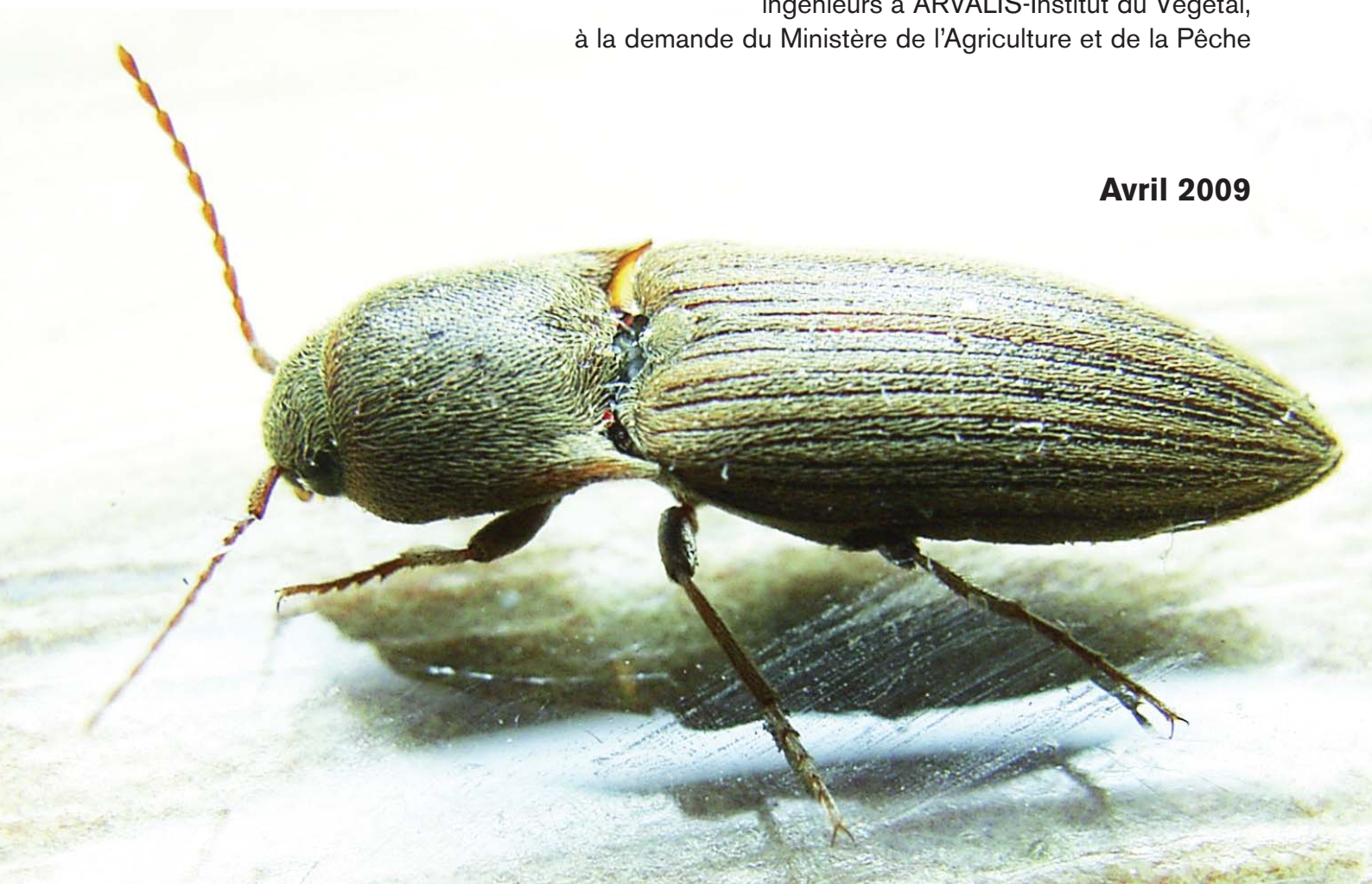


# Lutte contre les taupins :

- **Etat des recherches et des connaissances techniques en France et dans l'U.E.**
- **Voies de recherche à privilégier**

Travail coordonné par Charles-Antoine Dedryver,  
directeur de recherche au centre INRA de Rennes,  
avec la collaboration de  
Nathalie Robin, Pierre Taupin, Jean-Baptiste Thibord,  
ingénieurs à ARVALIS-Institut du Végétal,  
à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

**Avril 2009**



# Résumé

On observe une recrudescence des dégâts de taupins depuis 10 ans sur de nombreuses cultures. Ceci semble être la conséquence, pour partie de l'abandon des traitements de sol en plein, mais aussi du développement, en particulier dans la moitié sud de la France, des populations de l'espèce *Agriotes sordidus*, à cycle biologique plus court que celui des espèces traditionnellement nuisibles dans notre pays.

Dans la première partie de ce rapport, il est fait le point sur les recherches et connaissances techniques sur les taupins en France et en Europe. Elles concernent :

- 1) La connaissance des principales espèces du point de vue de leur détection, de leur répartition géographique et de leur biologie ;
- 2) La caractérisation des risques aux échelles de la parcelle, du paysage et de la région ;
- 3) L'efficacité et l'évolution des traitements insecticides ;
- 4) Le développement de méthodes alternatives à la lutte chimique.

Si de réels progrès ont été faits en particulier sur le point 1) pour toutes les espèces et sur le point 2) dans le cas des espèces à cycle long, en revanche il n'existe pas encore de solution alternative à la lutte chimique procurant un niveau de protection équivalent et surtout présentant une bonne stabilité d'action. Cela pose de façon aiguë la question de la gestion des populations de taupins à court terme.

Dans une deuxième partie il est présenté trois niveaux de recherche à privilégier en plus des expérimentations actuellement en cours :

- 1) Effectuer un état des lieux général des problèmes de taupins en France et caractériser les situations à risque en analysant des données anciennes mais surtout en en acquérant de nouvelles dans le cadre d'un réseau national spatialisé ;
- 2) Encourager l'aménagement de la lutte chimique et la recherche de substances actives et de techniques d'application nouvelles comme palliatifs au manque actuel de solutions de remplacement ;
- 3) Entreprendre une recherche à moyen terme sur la mise au point de solutions intégrées durables permettant d'abaisser les niveaux de populations larvaire dans les sols. Ceci nécessite l'acquisition de connaissances nouvelles, en particulier sur l'espèce à cycle court *A. sordidus*.

Les taupins étant des espèces à cycle pluriannuel, les expérimentations les concernant sont nécessairement pluriannuelles elles aussi.

# Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introduction : biologie et dégâts.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2. Etat des recherches sur les taupins.....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>2.1. Connaissance des espèces et de leur répartition .....</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1.1. Détection et détermination.....   | 8         |
| 2.1.2. Cartographie des différentes espèces en France .....  | 9         |
| 2.1.3. Biologie d' <i>A. sordidus</i> .....  | 10        |
| 2.1.4. Comportements et régimes alimentaires des larves .....  | 11        |
| <b>2.2. Caractérisation du risque à différentes échelles géographiques .....</b>   | <b>12</b> |
| 2.2.1. Typologie des parcelles à risques .....   | 12        |
| 2.2.2. Rôle du paysage.....  | 12        |
| 2.2.3. Rôle de la région.....  | 13        |
| <b>2.3. Efficacité et évolution des traitements insecticides .....</b>   | <b>13</b> |
| 2.3.1. Traitements larvicides .....  | 13        |
| 2.3.2. Traitements adulticides.....  | 15        |
| <b>2.4. Développement de méthodes de luttés alternatives aux traitements par insecticides de synthèse.....</b>                                 | <b>15</b> |
| 2.4.1. Réduction des populations d'adultes par piégeage massif à l'aide de phéromones  | 15        |
| 2.4.2. Développement de méthodes de lutte culturale .....  | 16        |
| 2.4.3. Résistance variétale.....   | 17        |
| 2.4.4. Incorporation de tourteaux et/ou organismes entomopathogènes.....   | 17        |
| <b>3. Voies de recherche à privilégier.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>3.1. Etat des lieux général et caractérisation multi-échelle des situations à risque .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>3.2. Encourager l'aménagement de la lutte chimique et la recherche de substances actives et de techniques d'application nouvelles .....</b> | <b>20</b> |
| <b>3.3. Une recherche à moyen terme sur les moyens d'assainissement partiels des sols .....</b>  | <b>21</b> |
| 3.3.1. Etudes biologiques de base sur <i>A. sordidus</i> .....   | 21        |
| 3.3.2. Limiter la ponte des adultes par épuisement des populations locales.....  | 22        |
| 3.3.3. Limiter les populations larvaires par des façons culturales appropriées.....  | 22        |
| <b>4. En conclusion .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>5. Bibliographie : .....</b>  | <b>24</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>6. Annexes .....</b>   | <b>I</b>   |
| <b>6.1. Annexe 1 : cycle biologique d'<i>Agriotes lineatus</i>.....</b>   | <b>I</b>   |
| <b>6.2. Annexe 2 : Sensibilité des cultures aux attaques de taupins .....</b>   | <b>II</b>  |
| <b>6.3. Annexe 3 : Coordonnées des principales équipes européennes effectuant des recherches sur les taupins (non exhaustif).....</b>   | <b>III</b> |
| <b>6.4. Annexe 4a : Carte de distribution géographique des <i>Agriotes</i> nuisibles à la culture du maïs en France (prélèvements de 2005 à 2007) : <i>A. sordidus</i> (Pic et al.2008) .....</b> | <b>IV</b>  |
| <b>6.5. Annexe 4b : Résultats de captures d'adultes de taupins à l'aide de phéromones sexuelles de 2005 à 2007 après détermination des espèces (INRA-ARVALIS-CNIPT 2008)</b>                      | <b>IV</b>  |
| <b>6.6. Annexe 5 : Lutte contre les taupins en production de maïs grain .....</b>   | <b>V</b>   |

# 1. Introduction : biologie et dégâts

Les taupins sont de vieilles connaissances des agriculteurs et l'intérêt ancien que leur ont porté les entomologistes européens depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle, témoigne de leur importance comme ravageurs des cultures. En France, Truffaut (1912), Balachowsky et Mesnil (1935) puis Bonnemaïson (1953) les considèrent comme faisant partie des ravageurs les plus nuisibles aux grandes cultures à une époque où la lutte chimique contre les insectes était largement moins pratiquée que dans les décennies ultérieures.

Les taupins sont des insectes coléoptères de la famille des Elateridae. Il en existe environ 200 espèces en France (Leseigneur, 1972) qui ont une biologie assez semblable, mais peu d'entre elles sont vraiment nuisibles. Dans notre pays, quatre espèces du genre *Agriotes* (*A. lineatus*, *A. sputator*, *A. obscurus* et *A. sordidus*) sont responsables de l'essentiel des pertes. Deux espèces d'*Athous* peuvent aussi être impliquées dans des dégâts sur blé (Blot et al., 1999). Dans le reste de l'Europe la situation est assez comparable avec un peu moins d'espèces nuisibles (2-3) dans le nord et quelques unes de plus en Italie et en Espagne (7) (Furlan & Toth, 2007).

Les adultes émergent en avril et peuvent rester en activité jusqu'en août. Ils ne font pas de dégâts aux cultures et semblent se disperser peu. Les femelles pondent leurs œufs au printemps dans la couche superficielle du sol, pourvu que cette dernière présente un certain degré d'humidité car les œufs et jeunes larves qui en éclosent sont très sensibles à la dessiccation. De ce fait, la ponte s'effectue essentiellement sous les couverts végétaux. Les larves vont effectuer leur développement dans le sol, elles présentent divers niveaux de polyphagie, d'où leur nuisibilité. Chez les espèces à cycle long, le développement larvaire et la nymphose s'étalent sur 5 ans, et l'adulte sort au printemps de la sixième année (Annexe 1). Chez l'espèce à cycle court (*Agriotes sordidus*), le cycle dure entre 2 et 4 ans, il sera détaillé plus loin.

La vie larvaire entièrement endogée des taupins et la longueur de leur cycle biologique en font des insectes peu accessibles contre lesquels il est difficile de lutter, mais aussi dont il est délicat d'étudier la biologie. Entretenir et manipuler des élevages de taupins à des fins expérimentales en laboratoire et/ou en conditions contrôlées sont en effet des opérations particulièrement difficiles, longues et coûteuses, ce qui explique que la plupart des travaux de recherche dont ils ont fait l'objet aient porté sur des observations ou des piégeages sur le terrain et que consécutivement, bien des traits de leur biologie soient encore imparfaitement connus.

Les dégâts sont effectués par les larves qui au printemps et en automne vivent dans la couche supérieure du sol et consomment les semences ou plants en germination, attaquent les plantules au niveau du collet (entraînant une perte de plantes), endommagent les racines et percent des trous dans les organes souterrains plus âgés (par exemple tubercules de pommes de terre). En hiver et en plein été, elles s'enfoncent dans le sol à une profondeur de 40-50 cm et cessent totalement ou partiellement de s'alimenter. Ces mouvements verticaux se produisent probablement en réaction aux variations du climat et de la physiologie des plantes, mais leur déterminisme n'a pas fait l'objet d'études. A ces périodes, les larves sont inaccessibles aux divers moyens de destruction. Du fait de la longueur de la phase de développement larvaire et de la faible dissémination supposée des adultes,

les mêmes parcelles sont contaminées tous les ans ce qui y entretient de fortes populations composées de larves de tous stades. Il est fréquent de trouver plusieurs dizaines de larves par mètre carré de sol infesté : à titre d'exemple sur maïs en France, un seuil de nuisibilité de 30 larves/m<sup>2</sup> est communément admis (Chabert et al., 1993). Les dégâts sont d'autant plus importants que la densité de plantes est plus faible, d'où une nuisibilité particulière des taupins sur les cultures dites « sarclées », maïs, sorgho, betteraves, différents types de légumes, etc. qui n'ont pas comme les céréales la possibilité de compenser les pertes de peuplement par le tallage. Ainsi sur maïs, on peut avoir jusqu'à 70% des pieds attaqués, voire 100% sur le maïs doux qui est particulièrement sensible. Toujours sur maïs, une attaque précoce de taupin entraîne la mort des pieds attaqués et en cas de forte réduction du peuplement il n'est pas rare d'enregistrer des baisses de rendement de plus de 40%. Néanmoins, les cultures sarclées ne sont pas favorables aux taupins à cycle long et Anglade (1960) a clairement démontré qu'une, et à plus forte raison, deux cultures sarclées successives sur la même parcelle font considérablement baisser les populations larvaires de ces espèces. Au contraire, les prairies entretiennent des populations larvaires très importantes (elles sont très favorables à la ponte) tout en souffrant peu de leur présence (sauf à l'implantation), d'où persistance de fortes populations et dégâts récurrents après rupture de prairies. Aujourd'hui, l'expansion de l'espèce à cycle court *A. sordidus* semble remettre en question les observations d'Anglade concernant l'incidence des plantes sarclées sur les populations de taupins.

Les pertes de rendement du fait des attaques de taupins (Annexe 2) sont donc particulièrement importantes sur maïs et betteraves, non négligeables sur céréales à pailles et tournesol, faibles sur colza, lin, soja et protéagineux. Sur pommes de terre, les rendements sont peu affectés mais les dégâts qualitatifs (trous) peuvent être très importants, les tubercules-fils attaqués n'étant pas commercialisables et devant être éliminés manuellement.

A une époque où la lutte chimique était encore peu développée et peu efficace en grandes cultures, Balachowsky et Mesnil (1935) ont résumé les connaissances plus ou moins empiriques sur les moyens culturaux défavorisant les populations de taupins :

- 1) éviter d'introduire des prairies de graminées ou de légumineuses dans la rotation ;
- 2) drainer les champs qui restent humides en fin de printemps ;
- 3) introduire des plantes peu attaquées par les taupins dans la rotation (crucifères, par exemple) et allonger les rotations en introduisant des cultures de printemps qui couvrent peu le sol en mai et sont défavorables à la ponte ;
- 4) faire des façons culturales superficielles par temps sec, en fin de printemps et en fin d'été quand les larves sont proches de la surface du sol afin d'entraîner leur mort par dessiccation.

Ces pratiques n'ont cependant qu'une efficacité partielle. En particulier l'efficacité de l'allongement des rotations avec des cultures de printemps est remise en cause par des observations actuelles sur les infestations dans certaines zones de monoculture de maïs.

Pendant les années 60 et 70 la sole de maïs s'est fortement accrue en France, et les retournements de prairies ont été nombreux, en particulier dans les régions de l'ouest. Les agriculteurs ont donc été confrontés à de graves problèmes de taupins sur le maïs qui faisait suite aux anciennes prairies. C'est à cette époque que s'est généralisée la pratique de traitements du sol contre les taupins, d'abord en plein, (avec des organochlorés, tous interdits en 1973 sauf le lindane utilisé jusqu'en 1998), puis en localisé sur la raie de semis (avec des organophosphorés et des carbamates), enfin en traitement de semences (néonicotinoïdes et phénylpyrazoles). Les traitements

de sols en plein au lindane ont fortement contribué à limiter la nuisibilité des taupins pendant une trentaine d'années en faisant baisser les populations larvaires. On observe une recrudescence de problèmes de taupins depuis 10 ans sur de nombreuses cultures (Annexe 2) y compris sur certaines d'entre elles autrefois réputées peu ou pas attaquées, comme le colza. Ces problèmes nouveaux peuvent être la conséquence, pour partie de l'abandon des traitements de sol en plein au profit des traitements localisés dans la raie de semis ou autour de la semence, qui protègent la plante plus qu'ils ne tuent les insectes, mais aussi comme on le verra ci-après, du développement, en particulier dans la moitié sud de la France, des populations de l'espèce de taupin *Agriotes sordidus*, à cycle biologique plus court que celui des espèces traditionnellement nuisibles dans notre pays.

## 2. Etat des recherches sur les taupins

Peu d'équipes scientifiques travaillent sur les taupins en Europe. Le cas de la France est éloquent, puisque les recherches sur la biologie et la nuisibilité des taupins ont été menées ces dix dernières années par un ingénieur Inra aujourd'hui à la retraite (Y. Blot) et deux ingénieurs d'Arvalis (P. Taupin et B. Naibo). Il faut y rajouter un investissement partiel et limité dans le temps (mais décisif) de l'Inra de Montpellier (CBGP : J.-Y. Rasplus, M. Martinez et C. Cocquempot) dans les domaines de la systématique classique et moléculaire, ainsi que des recherches sur le comportement alimentaire des larves en liaison avec la sensibilité à des insecticides, menées par un laboratoire de l'université de Grenoble (P. F. Chaton) en liaison avec une firme agrochimique.

En Europe, de petites équipes travaillant sur les taupins existent en Italie (Université de Padoue), en Grande Bretagne (ADAS, Wolverhampton et Université de Plymouth), aux Pays Bas (PPI, Wageningen et PPO Lelystad), en Allemagne (Université de Bonn) et en Hongrie (PPI Académie des Sciences Budapest). Ces équipes (Annexe 3) se rencontrent et collaborent au sein du sous-groupe de l'OILB<sup>1</sup> « soil insect pests ».

Les travaux effectués récemment peuvent être classés en trois grandes catégories : la connaissance et la répartition des espèces, la caractérisation des risques, les méthodes de lutte.

### 2.1. Connaissance des espèces et de leur répartition

#### 2.1.1. Détection et détermination

##### 2.1.1.1. Piégeages de larves

Seule une quantification assez précise des larves de taupins dans le sol permet d'évaluer le risque avant la mise en place d'une culture. Jusqu'à la fin des années 80, la seule méthode consistait à dénombrer les larves contenues dans des échantillons de sol prélevés à la tarière. Les travaux de Chabert et Blot (1990) et Chabert et al. (1993) ont permis de s'affranchir de ce dénombrement par sondage : un piège attractif adapté du piège de Kirfmann et al. (1986) constitué d'un pot de vermiculite et d'un appât constitué d'un mélange de grains de blé et de maïs, disposé dans le sol, permet après étalonnage d'obtenir des estimations représentatives de la population du sol considéré. Les seuils de nuisibilité en cultures ont pu être exprimés en nombres de larves capturées (par exemple sur le maïs, 0.5 larve par piège en moyenne). Un grand nombre de pièges est cependant nécessaire pour tenir compte de la forte variabilité des captures au sein d'une même parcelle. Pour cette raison, cette technique fastidieuse peut difficilement être utilisée en pratique par les agriculteurs pour estimer le risque parcellaire.

---

<sup>1</sup> Organisation Internationale de Lutte Biologique

### 2.1.1.2. Piégeages d'adultes

Le piégeage d'individus adultes à l'aide de phéromones a été mis au point par des chercheurs de l'ancienne Union Soviétique dans les années 80-90 (Yatsinin et al., 1984 ; 1996). Les connaissances sur le sujet ont beaucoup progressé depuis et on sait maintenant en fonction du dosage de 4 ou 5 hormones différentes (dérivés d'esters de geranyl) piéger sélectivement chaque espèce ou au contraire attirer plusieurs d'entre elles dans le même piège (Toth et al., 2003). Depuis 2004, des pièges à phéromones sont disponibles, testés et employés pour la détection de 4 espèces de taupins (*A. lineatus*, *A. sputator*, *A. obscurus* et *A. sordidus*) et l'étude de leur répartition géographique. Des recherches pour mettre en relation captures d'adultes et populations larvaires du sol ont été récemment initiées, mais il faudra plusieurs années pour que les résultats en soient exploitables, du fait de la longueur du développement larvaire. La distance d'attractivité de ces pièges est assez faible, entre 25 et 37 m pour le piège à phéromone d'*A. sordidus*, par exemple (P. Taupin, observation non publiée).

### 2.1.1.3. Détermination spécifique

En France, les espèces de taupins nuisibles aux cultures étaient toutes connues depuis les travaux de D'Aguilar (1962), néanmoins les critères de détermination utilisables jusqu'à la fin des années 90 étaient essentiellement basés sur la morpho-anatomie des adultes et en particulier sur des détails des génitalia mâles (Leseigneur, 1972), et donc difficilement utilisables pour comparer la fréquence et la répartition géographique des diverses espèces (il fallait soit se fier à la représentativité des récoltes d'adultes sur le terrain, soit récolter des larves au champ, les mettre en élevage et attendre la sortie des adultes...). Les recherches de l'Inra ont permis de franchir deux étapes majeures dans l'obtention d'outils de connaissance des espèces de taupins :

La première étape a été la mise au point d'une clé de détermination basée sur les critères morphologiques des larves, et donc directement utilisable sur les échantillons récoltés sur le terrain (Cocquempot et al., 1999).

La deuxième étape a été de différencier les espèces par leur empreinte génétique (« code barre » basé sur le polymorphisme d'un gène mitochondrial) afin de valider les critères de détermination morphologiques des larves, et d'affiner les déterminations au niveau infra-spécifique (Pic et al., 2008). Les avantages de la détermination moléculaire, qui doit à terme être employée en routine, sont premièrement de s'affranchir de déterminations morphologiques complexes (en particulier celles des adultes) nécessitant des compétences en entomologie qui se raréfient partout en Europe, et deuxièmement de permettre d'explorer le niveau infra-spécifique en détectant des biotypes ou des races géographiques.

## 2.1.2. Cartographie des différentes espèces en France

Au niveau français, une première carte de répartition des espèces résultant de l'application de la méthode de détermination morphologique des larves a été publiée en 1999 (Cocquempot et al., 1999). Outre la confirmation de la présence en mélange des trois espèces les plus fréquentes (*A. sputator*, *A. lineatus* et *A. obscurus*) dans la moitié Nord du pays, ces travaux mettaient pour la première fois en évidence la présence abondante de *A. sordidus* dans une grande moitié Sud de la France et jusqu'en Vendée. Cette espèce était déjà connue en France, y compris dans la moitié Nord, mais était jusque là considérée comme rare, sauf dans le Midi méditerranéen (Leseigneur, 1972).

Une cartographie basée sur l'application à un important échantillon de larves (6000) collecté entre 2005 et 2007 de la méthode de détermination moléculaire (« code-barres ») évoquée ci-dessus, a permis récemment, grâce à une collaboration entre l'Inra et Bayer CSF (Pic et al., 2008), de préciser la répartition des différentes espèces au niveau français et d'évaluer ses modifications par rapport à la situation de 1999. On constate en particulier que dans le sud ouest et dans la vallée du Rhône *A. sordidus* est en passe de remplacer totalement les autres espèces, et que dans le reste de la France il a gagné toutes les zones au sud de la Seine avec une présence particulièrement forte en Poitou-Charentes et Pays-de-Loire. Il est également bien présent en Alsace (Annexe 4). Néanmoins, la théorie selon laquelle *A. sordidus* aurait progressivement remonté du sud vers le nord de la France semble contredite par l'existence de deux variants moléculaires chez cette espèce, différant par leur répartition géographique, l'un au sud-ouest, l'autre en Pays-de-Loire, Franche-Comté et Alsace (Pic et al., 2008). Ceci conforte plutôt l'hypothèse de recrudescences simultanées de populations déjà implantées localement, pour des raisons climatiques (succession d'années « chaudes » depuis 1990) ou plus complexes. Cette cartographie basée sur les larves est cohérente avec un troisième type de cartographie effectuée au même moment, celle des adultes capturés aux pièges à phéromones (INRA-ARVALIS-CNIPT, 2008, Annexe 4).

Par ailleurs, la présence d'*A. sordidus* a été signalée récemment en cultures aux Pays Bas et en Grande-Bretagne, ainsi qu'en Allemagne et en Autriche. Il s'agit donc d'un phénomène démographique à l'échelle de l'Europe.

### **2.1.3. Biologie d'*A. sordidus***

*A. sordidus*, actuellement en expansion démographique en France, est depuis longtemps considéré comme un ravageur assez important dans les pays méditerranéens, particulièrement en Italie (Furlan et al., 2002). Néanmoins, pour des raisons liées à la grande précocité des semis de maïs en Italie, les dégâts y paraissent moins graves que dans le sud de la France. Ce sont les italiens qui ont étudié en détail son cycle biologique au cours de 13 (!) années d'expérimentation (Furlan, 2004). Ces travaux ont été complétés récemment par une étude de l'Inra et d'Arvalis (Blot et al., 2008).

Les deux études donnent des résultats concordants : ils indiquent que la durée totale du cycle biologique de cette espèce varie de 2 à 4 ans selon la température moyenne du sol, pour un développement larvaire de 1 à 3 ans. *A. sordidus* possède donc un potentiel biotique nettement plus élevé que les autres espèces (qui ont un cycle de 5 ans) en conditions chaudes, ce qui lui permet d'exclure ces dernières dans le Sud-Ouest et dans les zones méditerranéennes. Il a probablement un avantage sélectif plus faible sur les espèces « autochtones » sous les climats tempérés. Néanmoins, cet avantage paraît suffisant pour permettre à *A. sordidus* de s'implanter dans des zones plus septentrionales à la faveur des températures supérieures à la normale que nous avons eues depuis une décennie.

Les travaux de l'Inra et d'Arvalis ont permis de mettre également en évidence une variabilité de la vitesse de développement des larves d'*A. sordidus* pour une température donnée, correspondant peut-être à la coexistence chez cette espèce de phénotypes « hâtifs » et « tardifs ». Ceci peut être considéré comme un critère adaptatif d'après Biron et al. (1998) (optimisation de l'utilisation de la ressource alimentaire et de la résistance aux accidents climatiques).

Par ailleurs les travaux italiens ont montré la grande polyphagie des larves d'*A. sordidus* ainsi que leur résistance au manque de nourriture (1 an à 20°C) qui sont des facteurs supplémentaires de

nuisibilité. Le fait que les dégâts d'*A. sordidus* dans le sud de la France concernent une grande variété de cultures et en particulier la pomme de terre, illustre cette polyphagie. Ces dégâts d'*A. sordidus* dans le sud de la France ont considérablement augmenté en fréquence et en gravité et sont très difficiles à limiter du fait de la rapidité du cycle larvaire (des dégâts importants sont effectués par des larves de première année, l'agriculteur n'a donc même plus l'assurance de dégâts limités s'il plante dans une parcelle indemne l'année précédente) et de la rareté des possibilités de traitements.

#### **2.1.4. Comportements et régimes alimentaires des larves**

Le dégât quotidien moyen d'une larve a pu être estimé : il est de 2-3 µl de contenu de grains de maïs en germination (Chaton et al., 2003). La vitesse de déplacement d'une larve en conditions favorables paraît être de plusieurs dizaines de cm/h d'où un potentiel d'exploration considérable. Il y a controverse sur l'existence ou non d'un chimiotactisme positif vis-à-vis des racines en croissance, chez les larves de taupins : d'anciens auteurs défendent l'hypothèse d'une attirance par le CO<sub>2</sub> dégagé par les racines en croissance (Balachowsky, 1962) alors que des résultats récents montrent plutôt que les larves trouvent leur nourriture au hasard. Néanmoins, il y a des préférences alimentaires basées sur des différences d'appétence, entraînant le déclenchement de l'alimentation grâce à la stimulation de récepteurs sensoriels probablement situés sur les pièces buccales. Sur ces bases, un modèle de scénario alimentaire des larves d'*Agriotes* sur maïs a été établi mais reste à valider (Chaton et al., 2008).

Une étude plus générale des régimes alimentaires des larves de onze espèces de taupins collectées dans diverses régions d'Allemagne et d'Autriche a été effectuée en utilisant comme marqueurs alimentaires les rapports d'isotopes stables du carbone [<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C] et de l'azote [<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N] (Traugott et al., 2007). Trois types de résultats importants en découlent :

- 1) Les cinq espèces d'*Agriotes* étudiées (comprenant *A. lineatus*, *A. obscurus*, *A. sputator* et *A. sordidus*) ont un régime alimentaire essentiellement herbivore mais pas complètement. Ainsi 8% des larves d'*A. obscurus* analysées paraissent avoir un régime carnivore. Par ailleurs il ne semble pas que la matière organique du sol soit abondamment consommée par les larves d'*Agriotes* (<10% de l'alimentation), contrairement à des hypothèses formulées antérieurement. Les autres espèces étudiées, appartenant à des genres différents, sont plus franchement carnivores et/ou détritiphages.
- 2) *A. obscurus* a fait l'objet d'une étude plus complète. Ceux provenant des champs de maïs ont un régime alimentaire presque exclusivement composé de maïs lorsqu'ils proviennent de champs bien désherbés.
- 3) A l'inverse, ceux provenant de champs mal ou pas désherbés, consomment d'autant plus de mauvaises herbes (jusqu'à 30%) qu'il y en a dans les champs.

Ces études confirment donc que les populations de larves de taupins ravageurs des cultures, prises comme un tout, sont essentiellement des consommateurs généralistes de plantes vivantes (herbivores), néanmoins elles ne permettent pas de savoir si au sein d'une espèce, tous les individus sont généralistes ou si les populations sont des mélanges d'individus spécialisés sur différents types de plantes.

## 2.2. Caractérisation du risque à différentes échelles géographiques

### 2.2.1. Typologie des parcelles à risques

Pour une culture et une région donnée, les taupins ne font pas de dégâts graves partout et chaque année. Dans l'ouest de la France, Blot et al. (1997) estiment que 15% des parcelles semées en maïs présentent un risque taupin sérieux (plus de 15% des parcelles sont traitées mais avec des traitements permettant de lutter contre d'autres ravageurs comme les oscinies et géomyza). Pour Furlan (2007) en Italie, c'est seulement 5% des parcelles de maïs qui justifient un traitement. Nous avons vu plus haut que cette notion de risque parcellaire était prise en compte de manière empirique depuis très longtemps par les agriculteurs, qui avaient remarqué que les champs « à taupins » avaient des caractéristiques particulières. Néanmoins il a fallu attendre les années 90 pour qu'en Grande-Bretagne et en France essentiellement, des analyses multi-sites permettent un début de typage du risque taupin en fonction des caractéristiques parcellaires.

Ces études ont été menées dans des régions de taupins à cycle long : en Grande-Bretagne dans le cadre de projets ADAS (Parker & Seeney, 1997), en France elles ont été initiées par l'Inra et l'ACTA (Blot et al., 1997) et développées par Arvalis essentiellement en région Ouest (Madec, 2006). En France, dans la région concernée, les parcelles étudiées étaient en rotation maïs-blé avec présence ou non de précédent prairie, en Grande-Bretagne le maïs était remplacé par les pommes de terre. En plus des dégâts, de nombreuses variables entrent dans les analyses, liées pour les deux études à la structure du sol, à sa composition ou à son pH. L'étude anglaise prend également en compte les températures du sol et de l'air ambiant ainsi que les hauteurs de pluie annuelles, l'étude française l'orientation de la parcelle.

Les résultats sont très comparables. Les deux facteurs qui ressortent des analyses multivariées et influencent significativement l'intensité des dégâts de taupins sur le maïs et sur la pomme de terre concernent l'enherbement (existence d'un précédent « prairie » au cours des 10 années précédentes et sa durée) et la structure du sol (sols « légers » plus favorables aux dégâts) avec en plus une certaine influence de l'orientation sud de la parcelle pour l'étude d'Arvalis. Néanmoins, les modèles issus de ces analyses ont une trop faible robustesse et une trop faible représentativité géographique, pour pouvoir être utilisés en pratique à la prévision quantitative des dégâts. En particulier aucune région enquêtée n'était à dominante d'*A. sordidus*, ce qui rend d'autant plus nécessaire l'extension de ces enquêtes au sud et au sud-ouest de la France.

### 2.2.2. Rôle du paysage

Une étude à cette échelle a été menée récemment au Canada par Blackshaw et Vernon (2006). Dans une zone d'un seul tenant de 950 ha échantillonnée de 2002 à 2004, par piégeage sexuel. *A. lineatus* et *A. obscurus* présentent tous les deux une répartition agrégative extrêmement stable dans le temps, les plus grands agrégats étant localisés près des zones enherbées. Les auteurs en déduisent que ces dernières sont des zones refuges, et que le pourcentage de zones enherbées dans un paysage donné fournit une première approximation du niveau de risque propre au paysage considéré.

### **2.2.3. Rôle de la région**

Aucune étude scientifique n'est disponible, qui caractérise le risque d'attaque de taupins à une échelle régionale en Europe. Cependant, il existe indéniablement des régions où les taupins représentent un problème incontournable pour certaines cultures tandis que le risque sera beaucoup plus faible pour les mêmes cultures dans d'autres régions.

En France des travaux sont en cours dans le but de connaître les forces et faiblesses de l'itinéraire technique du maïs dans ses différentes régions de culture : Arvalis a entrepris un travail de segmentation des différents bassins de productions. Chaque bassin se caractérise par des parcelles relativement homogènes sur des critères pédoclimatiques, de potentiels de rendement, de systèmes de cultures... Cette étude réalisée à dire d'expert devra notamment déboucher sur une caractérisation des risques dus aux bioagresseurs dans chacun des bassins de production préalablement définis. Pour l'exemple des taupins, la description du risque considérera la fréquence annuelle des attaques, la fréquence de parcelles attaquées dans le bassin de production et l'intensité moyenne des attaques (ou nuisibilité). Cette étude est en cours. Sans anticiper sur ses conclusions, les premiers résultats partiels mettent déjà en évidence un fort risque d'attaques fréquentes par les taupins dans certains bassins de production du sud-ouest. D'autres régions (comme la Bretagne par exemple) se caractérisent par des attaques de taupins moins fréquentes, mais dont la nuisibilité s'avère aussi élevée que dans le sud-ouest au cours des années où elles se produisent. De plus, il existe dans chacune des régions une superposition des risques entre les taupins et d'autres bioagresseurs (comme les mouches pour l'exemple de la Bretagne) ce qui peut justifier une protection contre un complexe de ravageurs, et non contre les taupins uniquement.

## **2.3. Efficacité et évolution des traitements insecticides**

### **2.3.1. Traitements larvicides**

#### **2.3.1.1. Avec des insecticides seuls**

Il n'existe pas de méthodes de lutte curative permettant d'intervenir en végétation contre les larves de taupins, une fois les premiers dégâts observés : la lutte ne peut être que préventive. Au milieu des années 90, trois types de traitements préventifs contre les taupins en culture de maïs étaient encore à disposition des agriculteurs : les traitements de sol en plein au lindane, les traitements localisés dans la raie de semis (avec un carbamate ou un organophosphoré) et un traitement de semence avec un néonicotinoïde, l'imidaclopride (sous-famille des Chloronicotinyles). Des expérimentations de l'Inra (Blot & Brunel, 1995), ont permis de comparer l'action de ces trois types de traitements, d'une part sur le niveau de protection du maïs, d'autre part sur les populations de larves de taupins dans le sol. Les résultats montrent très clairement :

- 1) que les trois types de traitements ont le même niveau d'efficacité sur la protection du maïs (moins de 1% de mortalité de plantes dans chaque traitement contre 18% dans les témoins) ;
- 2) qu'ils ont cependant des actions très différentes sur les niveaux de populations larvaires dans le sol : seul le traitement en plein au lindane réduit significativement les effectifs de larves par rapport au témoin (passage en dessous du seuil de nuisibilité). Néanmoins, dans aucun cas il n'y

a assainissement du sol, les larves y restent nombreuses, y compris dans les parcelles traitées au lindane.

Ces deux résultats ne sont pas contradictoires. Les traitements de semence ou de la raie de semis ont probablement, en plus de leur toxicité, une action répulsive ou anti-appétante vis-à-vis des larves, d'où un faible pourcentage de plantes attaquées mais un taux de mortalité larvaire assez bas dû à la faible probabilité de rencontre entre la larve et l'insecticide.

Depuis le début des années 2000, le thiaméthoxam et la clothianidine, substances actives appartenant à la sous-famille des Thianicotinyles (Néonicotinoïdes) ont fait l'objet d'expérimentations, notamment sur maïs. Ces produits apportent un niveau de protection satisfaisant en traitement de semences.

Un an avant la suspension de l'imidaclopride (famille des Chloronicotinyles – Néonicotinoïdes) sur maïs et des usages agricoles du fipronil (famille des phénylpyrazoles) intervenus début 2004, des travaux de recherche ont été initiés par Arvalis avec des produits appartenant à la famille des pyréthriinoïdes pour lutter contre les taupins en culture de maïs, en traitement dans la raie de semis. Les résultats sont encourageants, bien meilleurs que ceux obtenus avec le dernier carbamate autorisé jusqu'en 2008 (problème de biodégradation accélérée des carbamates), mais plutôt moins bons que ceux des Chloronicotinyles (en traitement de semence et/ou dans la raie de semis). Ils n'assurent par exemple pas une protection optimale de la plante dans certaines conditions. Des travaux sont menés chaque année (Annexe 5) par Arvalis dans le but d'optimiser le mode d'application de différentes substances actives de cette famille (bifenthrine, téfluthrine, cyperméthrine) pour la lutte contre les taupins.

### **2.3.1.2. Lutte à l'aide d'un insecticide associé à un appât**

De 2000 à 2002 des expérimentations de plein champs sur pommes de terre dans le sud de la France, coordonnées par Arvalis et associant le CNIPT, l'ACTA les Chambres d'Agriculture du Gard et du Val de Durance, avaient mis en évidence l'intérêt d'une lutte avec une nouvelle molécule le Fipronil associée à un appât granulé. Appliqué en traitement de sol localisé dans la raie de plantation il avait une efficacité similaire à un traitement en plein avec de l'éthoprophos (organo-phosphoré), mais avec une dose réduite de substance active, soit 50g/ha au lieu de 6000g/ha pour l'éthoprophos.

Cet appât insecticide permet d'attirer à lui les larves de taupin et entraîne donc une réduction des populations plus forte que dans le cas de l'emploi de l'insecticide seul (cf supra).

Arvalis (ITCF) recherchait à l'époque avec la société Aventis des voies d'amélioration du procédé pour prolonger la diffusion de l'appât tout au long du cycle végétatif de la pomme de terre afin d'assurer la protection des tubercules fils. Avec l'interdiction d'utiliser le Fipronil en 2003 et 2004, les recherches sur ce nouveau concept de lutte ont été stoppées.

Dans le cas des pommes de terre, on se retrouve aujourd'hui dans une situation assez similaire à celle qui prévalait il y a plus de 50 ans à savoir appliquer à la plantation une forte quantité de substance active afin qu'il en reste suffisamment au moment des attaques de taupins sur les tubercules fils. La forte quantité de substance active disponible au départ de la culture est trop importante pour la protection des tubercules mères et n'est pas valorisée.

## **2.3.2. Traitements aduIticides**

### **2.3.2.1. Le traitement en végétation des adultes : l'alternative néerlandaise.**

Depuis 2004, deux instituts néerlandais (PPO-AGV à Lelystad et PRI à Wageningen) testent un système de lutte raisonnée contre les taupins basé sur le traitement en végétation des adultes au moment de leur pic d'activité (mai). Le système est essentiellement conçu pour les cultures de pommes de terre (Ester et al., 2004). Des pièges à phéromones sont implantés dans les champs (4 pièges pour 5 hectares) et permettent une estimation hebdomadaire de la population de taupins adultes mâles (*A. lineatus* et *A. obscurus* essentiellement) en activité dans la zone considérée. Immédiatement après que le pic de piégeage ait été dépassé (début de décroissance de la courbe de piégeage), une pulvérisation foliaire de pyréthriNoïde (deltaméthrine ou lambda-cyhalothrine) est effectuée. La poursuite du piégeage permet de vérifier (sur les mâles) l'efficacité du traitement. On peut donc s'attendre à une diminution importante du nombre d'œufs de taupins pondus dans les cultures, et consécutivement de jeunes larves. Ce système est actuellement mis en place sur environ un millier d'hectares dans les cultures de pommes de terre des polders de Flevoland. Il est prématuré de porter un jugement sur l'intérêt de cette méthode. En effet, pour les espèces *A. lineatus* et *A. obscurus* il est nécessaire d'attendre cinq années après les premiers traitements pour que les populations larvaires préexistant dans le sol aient entièrement disparu (transformées en adultes) et qu'on puisse observer une éventuelle diminution des dégâts du fait du non renouvellement du stock de larves. Avec *A. sordidus*, dont la durée de développement larvaire est plus courte, particulièrement dans le sud de la France (cf supra), une telle stratégie doit donner des résultats plus rapidement. En fait, les premières tentatives effectuées en France de traitement des adultes d'*A. sordidus* en cultures de pommes de terre et de maïs ne semblent pas couronnées de succès (Arvalis).

## **2.4. Développement de méthodes de luttés alternatives aux traitements par insecticides de synthèse**

### **2.4.1. Réduction des populations d'adultes par piégeage massif à l'aide de phéromones**

Ces phéromones sexuelles sont actuellement testées dans un système de piégeage de masse en vue de réduire les populations. En effet en situation de forte infestation, un seul piège peut capturer un millier d'adultes de taupins sur trois mois. Le principe consiste à quadriller la parcelle avec des pièges en utilisant les phéromones spécifiques correspondant aux espèces qui y sont présentes. Les adultes, attirés par la phéromone, meurent par noyade dans l'eau contenue à la base du piège. L'avantage de cette méthode est qu'on ne tue que les adultes des espèces visées. Les mâles représentent la majorité des captures mais il a été observé en parcelles de maïs dans le Sud-ouest jusqu'à 20% de femelles pour l'espèce *A. sordidus*. Des essais sont en cours (coll. Arvalis-Inra) pour relier les populations d'adultes piégés une année donnée aux effectifs de larves présents dans le sol les années suivantes : trois sites sont suivis sur prairie en rotation avec du maïs, en Ile-et-Vilaine, Loire Atlantique et Loiret.

Après trois années d'expérimentation et pour les trois sites il n'a pas été observé en 2008 dans les zones de piégeage d'adultes, de réduction ou de vieillissement de la population larvaire au voisinage des zones de piégeage d'adultes.

Le piégeage doit se poursuivre au moins jusqu'à 2011, afin de couvrir un cycle biologique complet de cinq ans des espèces à cycle long, comme *A. lineatus* et *A. sputator*.

Deux autres sites de piégeage de masse sont suivis en monoculture de maïs dans le sud ouest depuis 2007 et visent exclusivement à réduire les populations de l'espèce à cycle court *A. sordidus*, dans un contexte de faible à moyenne infestation et en milieu fermé (parcelle isolée). Bien que visant une espèce à cycle court, ces études doivent être poursuivies sur les campagnes à venir, pour s'affranchir notamment du contexte climatique particulier de l'année 2008 (faibles captures).

### **2.4.2. Développement de méthodes de lutte culturale**

Il ne semble pas exister de résultats d'essais comparant en un même lieu divers systèmes culturaux, du point de vue de la lutte contre les taupins, à l'exception des anciens résultats d'Anglade (1960) qui montrait que la meilleure façon de faire baisser les populations larvaires (espèces à cycle long) d'une parcelle infestée, était d'y cultiver du maïs plusieurs années de suite !

Un essai est en cours en Grande-Bretagne (près de Cambridge) dans le cadre du projet SA-LINK LK0982. Cet essai pluriannuel est centré sur la production de pommes de terre et compare différents régimes de rotation à base de blé à un témoin constitué de graminées fourragères. Il comprend également des modalités constituées de différentes techniques de travail du sol (labour et non labour). Les résultats ne sont pas encore disponibles.

En France, des résultats comparatifs (enquêtes et/ou observations) non publiés (Arvalis) apportent quelques éléments d'information :

- 1) il ne semble pas qu'il y ait des différences entre monocultures de maïs et rotations courtes de type blé-maïs. Pour les dégâts et les populations de taupins, ces dernières seraient davantage sensibles au type de sol et aux autres caractéristiques locales qu'à un effet rotations. Néanmoins des rotations plus longues et celles incluant des plantes reconnues comme peu favorables aux taupins ne semblent pas avoir été testées.
- 2) on observe parallèlement que certaines cultures autrefois considérées comme peu favorables aux taupins, comme le colza, font l'objet de dégâts de plus en plus fréquents. Ceci semble à mettre en relation avec le fait que les glucosinolates qui sont des répulsifs d'insectes, ont été systématiquement éliminés des variétés modernes de colza !
- 3) les comparaisons labour-non labour ne mettent pas non plus en évidence de différences pour les taupins, à la différence de ce qui se passe pour d'autres ravageurs du sol comme les zabres et les scutigérelles.

Certaines stratégies d'évitement utilisées en agriculture biologique paraissent efficaces. C'est le cas de l'arrachage précoce des pommes de terre (les larves de taupins sont attirées par les tubercules en maturation). Par contre, d'autres stratégies, comme les semis tardifs de maïs peuvent selon les conditions climatiques de l'année ne présenter aucune efficacité vis-à-vis des attaques des taupins tout en impactant fortement le rendement et la qualité sanitaire de la récolte.

### **2.4.3. Résistance variétale**

Il y a peu de résultats récents disponibles dans la littérature scientifique, néanmoins les sélectionneurs doivent en avoir. Il existe quelques résultats publiés sur pommes de terre en systèmes biologiques en Allemagne, mettant en évidence des pourcentages d'attaque variant du simple au double selon les variétés dans les mêmes conditions. Il semble qu'un arrachage précoce diminue également les taux d'attaque et interfère positivement avec l'effet variétal (Neuhof et al., 2007). Ceci est confirmé par des observations en France (Arvalis).

Une étude plus fournie en Grande Bretagne a permis de comparer une douzaine de variétés de pommes de terre pour leur pouvoir attractif vis-à-vis des larves de taupins et pour les dégâts dont elles font l'objet (Johnson et al., 2008). Selon les variétés les niveaux d'attaque sont très différents, allant de 15 à 63% de tubercules attaqués. Des tests de choix ont établi que les variétés les plus attaquées étaient aussi les variétés « préférées » par les larves. Il a été mis en évidence une relation assez faible entre la « résistance » et la concentration des tubercules en glyco-alcaloïdes.

Quelques essais mis en place par Arvalis sur maïs tendent à démontrer que les variétés peuvent avoir des comportements différents en situation d'attaque par les taupins, que ce soit en termes de taux de plantes détruites, ou de taux de plantes présentes à la récolte (avec des proportions variables de plantes stériles, de plantes normales avec un épi et de plantes très fertiles produisant 2 épis). Ainsi sur 13 variétés de maïs grain, le taux de plantes attaquées peut varier de 20 à 50 %. Ces écarts sont à relier à des différences spécifiques de vigueur au départ mais les différents mécanismes mis en œuvre ne sont pas connus (attractivité vis-à-vis de la larve, tolérance de la plantule face à une blessure...). Cependant, il n'existe pas de cultivars indemnes de dégâts de taupins et les différences intervariétales constatées à ce jour ne sont pas suffisantes pour envisager la lutte par ce seul levier (aucune résistance « vraie » mise en évidence sur 150 variétés).

Rappelons enfin qu'il n'existe pas d'OGM anti-taupins, mais qu'il en existe pour un autre coléoptère à vie larvaire endogée, *Diabrotica virgifera*.

### **2.4.4. Incorporation de tourteaux et/ou organismes entomopathogènes**

#### **2.4.4.1. Incorporation d'extraits de Neem**

Le tourteau de Neem (Nematorg®) a été testé à l'équivalent de 10t/ha contre les larves de *A. lineatus* en conditions semi-naturelles (élevages en terrines, nourriture avec tranches de pommes de terre) : on n'observe pas de diminution significative des populations larvaires, mais une réduction du pourcentage d'éclosion des œufs et de la vitesse de développement des larves (Blot, 2001, résultats non publiés). Il est considéré par Furlan (2007) comme inefficace sur maïs en conditions semi-naturelles (terrines), tant sur le nombre de larves que sur les dégâts.

#### **2.4.4.2. Autres tourteaux**

Le tourteau de ricin paraît inefficace en condition semi-naturelles selon Furlan (2007). D'après Blot (2001, résultats non publiés) il semble avoir le même niveau d'action que le Nematorg dans les mêmes conditions (pas d'effet larvicide mais réduction de l'éclosion des œufs et allongement du temps de développement larvaire). En condition de plein champ, il ne semble pas avoir d'effet aux doses normales d'emploi.

Par contre, d'après Furlan (2007) les isothiocyanates libérés par les tourteaux de certaines *Brassicaceae* (bio-fumigants) seraient toxiques ou repoussants pour les larves de taupins. Des expérimentations (Furlan 2007) mettent en évidence que *Brassica carinata* (ISCI7) en conditions semi-naturelles (incorporation à des sols infestés par des larves d'*Agriotes* sp.) diminue significativement les taux d'attaque de plantules de maïs et les populations larvaires, par rapport à un témoin non traité. Il en serait de même pour le tourteau de *Brassica juncea* (ISCI99). Ces tourteaux, ainsi que celui d'*Eruca sativa*, sont actuellement testés en Grande Bretagne (Parker, 2007).

Enfin, le purin de fougères paraît inefficace (résultats Arvalis)

#### **2.4.4.3. Incorporation de champignons entomopathogènes**

*Beauveria bassiana* n'a pas d'action en conditions semi-naturelles sur le nombre de larves et les dégâts sur maïs (Furlan, 2007). A l'inverse il est signalé par Ester & Huiting (2007) comme réduisant le pourcentage d'attaques sur pommes de terre.

*Metarrhizium anisopliae* a un effet significatif sur la mortalité larvaire en laboratoire mais pas en champ (Kabaluk et al., 2007). Concernant ce champignon entomopathogène, il y a globalement un manque de souches efficaces en laboratoire contre les *Agriotes* (Gormade et al., 2007). Néanmoins on note une présence endémique du champignon dans des populations larvaires de *A. lineatus* et /ou *A. obscurus* du Bassin de Rennes (Dedryver, observation personnelle), et de Grande Bretagne (Parker et Howard, 2001), ainsi qu'en Italie sur *A. ustulatus* (Parker et Howard, 2001).

#### **2.4.4.4. Incorporation de nématodes entomophages**

*Steinernema carpocapsae* paraît avoir une certaine efficacité sur adultes lors de tests en boîtes de Pétri car l'humidité saturante qui y règne permet les déplacements et la pénétration du nématode dans l'insecte. Par contre on ne note pas d'efficacité significative de *S. carpocapsae* sur *A. sordidus* adultes en conditions semi-naturelles (cages et pièges), (Blot com. pers.)

Inefficacité de *Steinernema feltiae* sur dégâts et nombre de larves, tests sur maïs en terrines (Furlan, 2007). Le nématode a besoin d'eau libre pour rentrer dans la larve et surtout pour se déplacer d'une larve à l'autre.

Un autre nématode entomopathogène *Heterorhabditis megidis* fait actuellement l'objet d'études (Arvalis) sur parcelles de maïs infestées par *A. sordidus*.

### 3. Voies de recherche à privilégier

Il n'existe pas de solution simple au problème posé par les taupins aux agriculteurs. Ce problème a été en partie éludé pendant une trentaine d'années par la généralisation et la répétition des traitements de sols en plein, qui avaient un certain impact sur les populations larvaires. Par la suite, un niveau correct de protection des cultures a pu néanmoins être assuré par des traitements appliqués sur les semences ou sur la raie de semis, occultant la remontée générale des populations larvaires.

Cette fausse sécurité n'a pas encouragé, à l'échelle européenne, les travaux de base sur la biologie des taupins et leurs relations avec les systèmes de culture, et en corollaire la mise sur pied de systèmes de lutte plus intégrés. Il est révélateur que les premières recherches sur les phéromones de taupins aient été entreprises dans les pays de l'ancienne Union Soviétique à une époque où le manque chronique de produits phytosanitaires y sévissait... En France, la situation est particulièrement grave car *A. sordidus* est devenu le principal problème dans beaucoup de régions et on ne possède pas sur cette espèce toutes les connaissances scientifiques et agronomiques qui sont disponibles pour les espèces à cycle long. Dans ce domaine, on ne peut bénéficier au niveau européen que des recherches italiennes.

La première chose à faire nous paraît être d'affiner notre connaissance du problème. Nous avons vu que les dégâts de taupins varient beaucoup selon les années et surtout des conditions agro-pédologiques s'exerçant à différentes échelles géographiques. Afin de pouvoir par la suite moduler la lutte en fonction de la probabilité du dégât, il importe de disposer dans de brefs délais d'un « état des lieux » des dégâts de taupins à l'échelle du territoire français et d'une typologie la plus complète possible des situations à risques dans chaque zone agro-climatique.

Dans certaines régions, le problème posé par les taupins aux agriculteurs est trop aigu pour qu'on puisse laisser ces derniers sans moyens de protection efficaces, même pendant un temps limité, à moins d'accepter pleinement l'éventualité de l'abandon de certaines cultures. Par ailleurs, nous ne disposons pas actuellement de substitutif à la lutte chimique procurant un niveau de protection suffisamment élevé et surtout présentant une bonne stabilité d'action.

Une période transitoire, au cours de laquelle différents aménagements de la lutte chimique seraient mis en œuvre, permettrait donc de maintenir un niveau convenable de protection des cultures tant que des systèmes alternatifs performants n'auront pas été mis au point et suffisamment éprouvés.

De manière concomitante, il faudra entreprendre des recherches sur le moyen terme, afin de mettre au point ces systèmes alternatifs intégrant des méthodes permettant d'abaisser durablement les niveaux de populations larvaires dans les sols. Cependant on peut déjà affirmer que l'adoption de ces méthodes sera coûteuse en temps et impliquera des aménagements des systèmes de culture actuels, sans que leur efficacité soit systématiquement garantie.

Nous proposons donc trois types d'actions de recherche :

- 1) Une typologie précise des zones et des pratiques à risques
- 2) Une recherche sur le court terme centrée sur la protection des cultures à l'aide de substances insecticides ou/et répulsives de synthèse ou autres
- 3) Une recherche sur les moyens d'assainissement partiels des sols, qui pourraient être déployés à moyen terme, à partir de connaissances biologiques nouvelles, en particulier sur *A. sordidus*, et de comparaisons de systèmes et techniques de culture.

### **3.1. Etat des lieux général et caractérisation multi-échelle des situations à risque**

Il paraît nécessaire de disposer à échéance de 4 ans d'une représentation hiérarchisée des risques taupins en France en fonction de l'échelle géographique ainsi que des caractéristiques agronomiques et pédoclimatiques des parcelles et des cultures qui s'y succèdent. Cette étude devrait être basée :

- 1) sur l'analyse, si elle se révèle possible, de l'ensemble des données disponibles dans les Instituts techniques, Chambres d'agriculture et autres structures de développement agricole. Du fait de leur hétérogénéité, ces données ne pourront sans doute pas faire l'objet d'une analyse unique à l'échelle nationale mais elles devraient permettre de caractériser certaines situations locales en prenant en compte les variations interannuelles.
- 2) sur l'acquisition de données nouvelles pendant au moins 4 années consécutives, dans le cadre d'un réseau national spatialisé. Ce réseau pourrait être construit autour du réseau « ravageurs du sol » d'Arvalis, et couvrir au niveau spatial la segmentation géographique des zones de maïsiculture entreprise par cet institut. Il fonctionnerait à plusieurs échelles emboîtées, région, zone pédoclimatique, et comparerait les parcelles à faibles et à fortes infestations en taupins, pour chaque espèce et pour le maximum de variables concernant la nature du sol, le climat et les techniques culturales et rotations employées.

Les résultats devraient à terme permettre de sectoriser les risques et de construire un outil d'aide à la décision (OAD), faisant par exemple appel aux statistiques bayésiennes, pouvant fonctionner à l'échelle nationale. Cet OAD devrait fournir pour chaque bassin de production et chaque culture cible (maïs, pomme de terre) une prévision quantitative ou semi-quantitative des risques encourus en fonction des caractéristiques de la parcelle. Ces prévisions pourraient aussi permettre des décisions ciblées sur l'usage d'insecticides en fonction des risques dans les zones concernées.

### **3.2. Encourager l'aménagement de la lutte chimique et la recherche de substances actives et de techniques d'application nouvelles**

Il paraît nécessaire de continuer les recherches sur les substances insecticides et les modes d'application substituables à certains produits actuels dont l'homologation est incertaine. L'exemple des recherches actuelles d'Arvalis sur l'utilisation de pyréthrinoïdes dans la raie de semis pour

protéger le maïs doit être suivi pour d'autres produits et d'autres applications, seules ou en association avec des appâts, qui permettraient d'abaisser encore les doses à l'hectare.

Il y a également lieu de faire un effort de recherche ciblé sur certains moyens naturels de destruction ou de répulsion des taupins. La caractéristique commune de ces produits est à la fois d'être moyennement voire peu efficaces et de nécessiter l'incorporation dans les sols de quantités très importantes de substance végétale ou d'inoculum : des différentes préparations testées, il semble que ce sont certains tourteaux de crucifères qui donnent les résultats les plus encourageants et qui puissent être produits et incorporés le plus facilement en grande quantité dans les sols. On peut :

- 1) Etudier plus en détail les possibilités d'incorporation de ces tourteaux à des doses efficaces, le réalisme des doses à incorporer, leurs éventuels effets indésirables sur l'applicateur et sur l'environnement, les possibilités d'approvisionnement, etc.
- 2) Etudier les possibilités d'isolement et de synthèse des principes actifs de *Brassica carinata* et *Brassica juncea*, et les tester en application dans la raie de semis et/ou en traitement de semence.

### 3.3. Une recherche à moyen terme sur les moyens d'assainissement partiels des sols

L'idée est de favoriser ou d'entraîner un assainissement progressif des parcelles, par diminution du stock d'œufs, et par épuisement ou limitation du stock de larves. Cela passe par l'acquisition préalable de connaissances biologiques supplémentaires, en particulier sur *A. sordidus* dont le cycle court diminue l'intérêt d'une lutte axée sur une gestion pluriannuelle des populations larvaires. Nous attirons l'attention sur le fait que ces études, si elles sont entreprises, seront consommatrices en temps, nécessiteront un budget important, et devront être entreprises par une équipe de recherche qui à l'heure actuelle n'existe pas. Une mutualisation des tâches au niveau européen pourra être recherchée en profitant de l'ouverture offerte par le réseau « Endure », et le GIS PIC GC-HP2E nouvellement créé entre l'Inra et plusieurs instituts techniques pourrait servir de cadre au projet suivant, de même d'ailleurs qu'aux propositions précédentes.

#### 3.3.1. Etudes biologiques de base sur *A. sordidus*

- 1) Caractériser biologiquement les variants moléculaires « nord » et « sud », en particulier faire le lien avec la durée de développement larvaire.
- 2) Décrire à partir des résultats de l'enquête proposée dans ce qui précède, les situations pédoclimatiques favorables à l'installation et à l'accroissement des populations d'*Agriotes sordidus*.
- 3) Caractériser le pouvoir de dispersion des adultes : à grande échelle on pourra approcher le problème indirectement par la génétique des populations appliquée aux larves et aux adultes (isolement par la distance). Le problème de la dispersion à courte distance est beaucoup plus délicat et ne risque de pouvoir être approché que par des techniques de marquage et recapture.
- 4) Mieux connaître la représentativité des piégeages d'adultes par phéromones par rapport aux populations totales d'une zone donnée (comparer avec d'autres méthodes de capture, comme l'emploi de filets fauchoirs) et établir une relation robuste entre les quantités d'adultes piégés et

les populations larvaires dans les champs voisins du piège considéré. Tout le problème réside dans la définition de l'échelle de travail adéquate (parcelle et ses bordures, quelques dizaines d'hectares d'environnement immédiat ?). Cette étape ne pourra être franchie que si l'on arrive à estimer la dispersion des adultes.

- 5) Enfin des zones d'ombre subsistent sur la dépendance des *A. sordidus* vis-à-vis de l'assolement, et son éventuelle originalité par rapport aux autres espèces. On peut penser que les résultats de l'enquête proposée suffiront aussi à éclaircir ces points, sinon il faudra entreprendre des expérimentations particulières.

### **3.3.2. Limiter la ponte des adultes par épuisement des populations locales**

- 1) par piégeage attractif, ce qui implique une meilleure connaissance des comportements de dispersion et de continuer les recherches sur les phéromones, en particulier pour l'attraction des femelles.
- 2) par traitement insecticide des adultes. Le principal problème est que dans les conditions actuelles un traitement ponctuel au moment du pic de piégeage n'éliminerait qu'une fraction mal connue de la population d'adultes.

### **3.3.3. Limiter les populations larvaires par des façons culturales appropriées**

Ceci nécessite la mise en place d'un observatoire des techniques de culture

L'objectif devrait être de mettre en évidence des systèmes de culture et des techniques culturales les moins favorables à l'expression de dégâts de taupins. Les enquêtes parcellaires citées précédemment devront permettre de faire émerger et de hiérarchiser les facteurs significatifs agissant sur le risque d'attaques et sur la nuisibilité des taupins. L'effet variétal sera également étudié, sous son aspect tolérance (on a vu qu'il y a très peu de chances de mettre en évidence des résistances utilisables). On peut envisager d'identifier d'éventuels phénomènes de tolérance variétale aux attaques (moindre sensibilité à l'attaque, capacité à régénérer des racines, ...). Ces travaux devront faire l'objet d'expérimentations sur des plateformes situées dans des zones où les dégâts de taupins sont récurrents (essais pluriannuels nouveaux ou valorisation d'essais systèmes de culture déjà en place), en intégrant dans l'étude, des modalités comportant des traitements insecticides à titre de comparaison.

## 4. En conclusion

Les problèmes actuellement rencontrés par l'agriculture française du fait des taupins sont dus à la conjonction de deux facteurs, d'une part la volonté générale en Europe d'une baisse des niveaux d'intrants phytosanitaires qui a pour conséquence la raréfaction des matières actives disponibles pour protéger les semis dans les parcelles infestées et la restriction de leurs conditions d'emploi, d'autre part une situation pour le moment surtout française qui est l'expansion démographique au moins dans le sud d'une espèce à fort potentiel biotique, dont les caractéristiques biologiques et en particulier les réponses aux variations de pratiques culturales et aux assolements sont mal connues. Les réponses ne pourront être apportées qu'au prix d'un effort de recherche et de développement, qui doit être encouragé et qui ne portera ses fruits que sur le moyen terme, du fait de l'absence actuelle d'alternatives efficaces aux traitements insecticides.

Dans les essais passés ou actuellement en place, aucun effet significatif sur les populations de taupins en champ n'a en effet été observé pour :

- Le piégeage massif à l'aide de phéromones (au moins jusqu'à présent) ;
- La manipulation des rotations culturales (sauf peut-être des stratégies d'évitement sur certaines cultures) ;
- La recherche de résistances variétales ;
- L'utilisation de tourteaux (sauf peut-être certaines *Brassicaceae*) ;
- La lutte biologique.

Il faut noter en tout état de cause que pour des ravageurs à cycle biologique pluriannuel, les cycles des expérimentations nécessaires sont nécessairement pluriannuels eux aussi. On ne peut donc pas attendre que les expérimentations actuellement en cours donnent des résultats fiables avant 2-3 ans. Cela pose la question de la gestion des taupins pendant une période transitoire durant laquelle les méthodes alternatives ne sont pas disponibles.

Ainsi qu'il l'a été demandé, ce rapport est exclusivement consacré aux taupins. Néanmoins, ces derniers ne sont actuellement que les éléments dont la dynamique est la plus « évolutive » d'un complexe de « ravageurs du sol » qui possèdent certains traits biologiques communs, en particulier l'alternance de formes adultes aériennes pondant sur le sol ou sur les très jeunes plantes, et de formes larvaires endogées ou endophytes à régime alimentaire herbivore, et plus ou moins généralistes. Ces insectes provoquent des dégâts dont les conséquences (disparition de plantules) sont assez comparables à celles des attaques de taupins. Il s'agit d'autres coléoptères comme les zabres (*Zabrus tenebrioides*) sur les céréales à paille et sur les graminées fourragères, des diptères comme les oscinies (*Oscinella frit*) et les *Geomyza* (*Geomyza tripunctata*) sur le maïs. Les traitements de sol et les traitements de semences sont également efficaces contre ces insectes, dont certains paraissent être en recrudescence actuellement. Il est évident que si des enquêtes et des observatoires sont, comme nous le proposons, mis sur pied concernant les taupins, il faudra les élargir à certaines au moins de ces autres espèces.

## 5. Bibliographie :

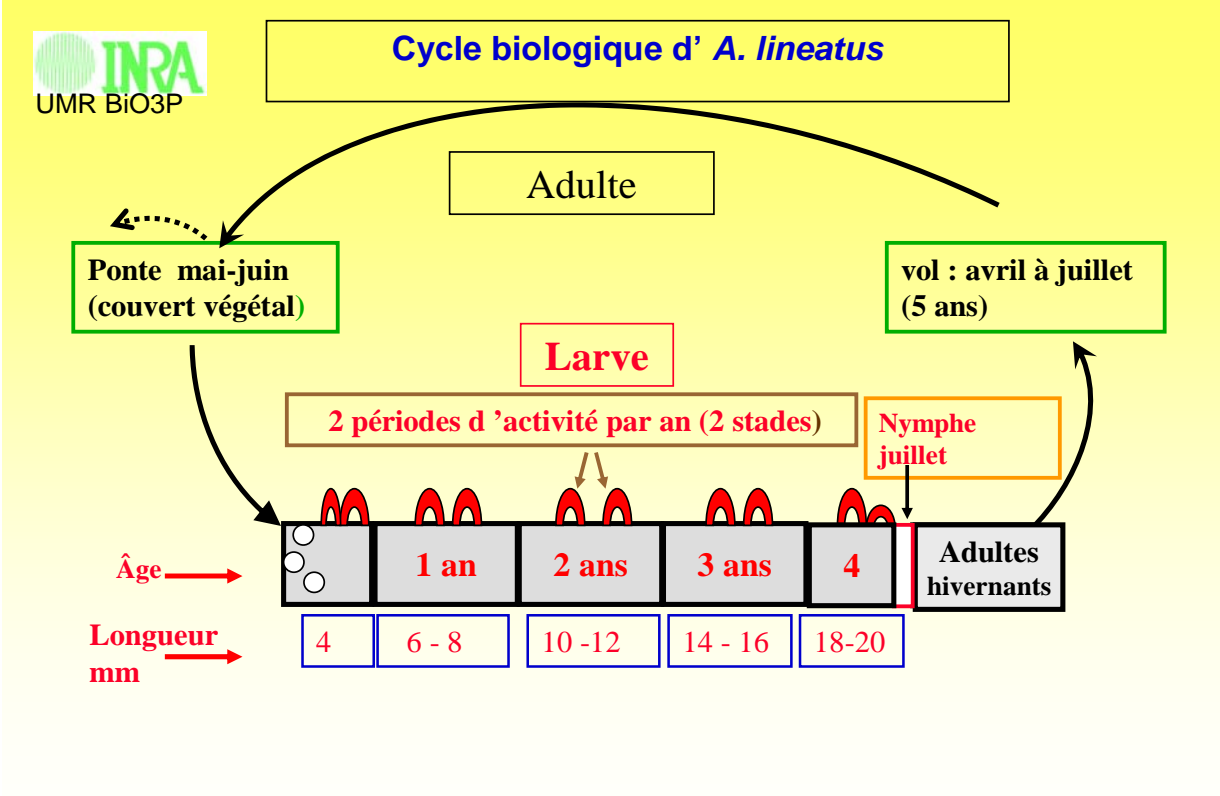
- AGUILAR (d') J., 1962. Famille des Elateridés. In Balachowsky A. *Entomologie appliquée à l'agriculture*, tome1 Coléoptères, vol1, Masson, Paris, 204-233.
- ANGLADE P., 1960. Incidence des façons culturales et des traitements chimiques sur les populations larvaires d'Elateridés (*Agriotes* spp). *Annales des Epiphyties*, 11(3), 297-323.
- BALACHOWSKY A., 1962. Entomologie appliquée à l'agriculture, tome 1 : Coléoptères, volume 1. Masson éd., Paris
- BALACHOWSKY A. & MESNIL L., 1935. - Les taupins. In : Balachowsky A. (ed.) Tome I "Les insectes nuisibles aux plantes cultivées", Paris, p. 754-787.
- BIRON D., LANGLET X., BOIVIN G., BRUNEL E., 1998 – Expressions of early and late-emerging phenotypes in both diapausing and non-diapausing *Delia radicum* L. pupae. *Entomologica Experimentalis et Applicata*. 87: 119-124.
- BLACKSHAW R. & VERNON R., 2006. Spatiotemporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. *Journal of Applied Ecology*, 43, 680-689.
- BLOT Y. & BRUNEL E. 1995. Conséquences de trois types de traitement chimique, en plein, en localisé et en traitement de semence, sur les taux de réduction des populations larvaires de taupins (*Agriotes* spp.) en culture de maïs. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*, 60, 945-961.
- BLOT Y., BRUNEL E. & CHABERT A., 1997. Protection raisonnée contre le taupin (*Agriotes*, spp.) en culture de maïs, résultats d'enquêtes effectuées en Bretagne. 4<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Montpellier, ANPP.
- BLOT Y., BRUNEL E., COURBON R., 1999 - Importance des taupins des genres *Agriotes* et *Athous* (Coléoptère, Elaterides) dans les parcelles de blé et de maïs dans l'ouest de la France. 5<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Montpellier, ANPP, 453-460.
- BLOT Y., TAUPIN P. & de MONTIGNY A., 2008. Biologie d'*Agriotes sordidus* Illiger (coleoptera : Elateridae). Développements larvaire et nymphal en conditions contrôlées. 8<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Montpellier, ANPP, 9 pp.
- BONNEMAISON L., 1953. Les parasites animaux des plantes cultivées et des forêts. Société d'Édition des ingénieurs Agricoles (1ere édition), Paris, 668pp.
- CHABERT A. & BLOT Y., 1990. Evaluation des populations de taupins au champ, comparaison de trois techniques d'échantillonnage des larves (Elateridae, *Agriotes* sp.). C.R. 2<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture., Versailles, ANPP, 159-166.
- CHABERT A., BRUNEL E. & BLOT. Y., 1993 – LES TAUPINS (Elateridae, *Agriotes* sp). Utilisation d'un piège attractif pour la prévision des risques C.R. 3<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture., Montpellier, ANPP, 1043-1050.

- CHATON P.-F., MAURAS R., RAVANEL P., MEYRAN J.-C. & TISSUT M., 2003. Taupins, comment les larves attaquent : les stratégies phytophages des larves d'*Agriotes* (Coléoptères, Elatérédés) sur la plantule de maïs. *PHYTOMA*, 557, 41-45.
- CHATON P. F., LEMPERIERE G., TISSUT M. & RAVANEL., 2008. Biological traits and feeding capacity of *Agriotes* larvae (Coleoptera:Elateridae): A trial to seed coating to control larval populations with the insecticide fipronil. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 90, 97-105.
- COCQUEMPOT C., MARTINEZ M., COURBON R., BANCHET A., CARUHEL P., 1999 - Nouvelles données sur l'identification des larves de taupins (Coleoptera: Elateridae): une aide à la connaissance et biologique et la cartographie des espèces nuisibles 5<sup>ème</sup> *Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture*. Montpellier, ANPP, 477-486.
- ESTER A., van ROSEN K. & GRIEPINK F., 2004. Tackling wireworms in a new way. *International Pest Control*, March/Apr 2004, 80-81.
- ESTER A. & HUITING H., 2007. Controlling wireworms (*Agriotes* spp.) in a potato crop with biologicals. *IOBC/WPRS Bulletin*, 30(7), 189-196.
- FURLAN L., 2004 - The biology of *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Journal of Applied Entomology*, 128 : 696-706.
- FURLAN L., 2007. Management and biological control of wireworm populations in Europe: current possibilities and future perspectives. *IOBC/WPRS Bulletin*, 30(7), 11-16.
- FURLAN L. & TOTH M; 2007. Occurrence of click beetle pest spp. (Coleoptera, Elateridae) in Europe as detected by pheromone traps: survey results of 1998-2006. *IOBC/WPRS Bulletin*, 30(7), 19-25.
- FURLAN L., TÓTH M., PARKER WE., IVEZI M., PANCIC S., BRMEZ M., DOBRINIC R., IGRC-BARCIC J., MURESAN F., SUBCHEV M., TOSHOVA T., MOLNAR Z., BITSCH B., and VOIGT D., 2002 - The efficacy of the new *Agriotes* sex pheromone traps in detecting wireworm population levels in different European countries. *IWGO Newsletter*, 23 : 16-17.
- GHORMADE V., JOSSI W., CHAVAN S. et al., 2007.Evaluation of *Metarhizium anisopliae* isolates for biocontrol of *Agriotes* based on genetic, biochemical and virulence characters. *IOBC/WPRS Bulletin*, 30(7), 77-82.
- JOHNSON S. N., ANDERSON E. A., DAWSON G. & GRIFFITHS D. W., 2008. Varietal susceptibility of potatoes to wireworm herbivory. *Agricultural and Forest Entomology*, 10, 167-174.
- KABALUK T., GOETTEL M., ERICSSON J., et al., 2007. Promise versus performance : working toward the use of *Metarhizium anisopliae* as a biological control of wireworms. *IOBC/WPRS Bulletin*, 30(7), 69-77.
- KIRFMAN G. W., KEASTER A. J. & STORY R. N., 1986. An improved wireworm (Coleoptera, Elateridae) sampling technique for Midwest cornfields. *Journal of Kansas Entomological Society*, 59(1), 37-41.
- LESEIGNEUR L., 1972 - Coléoptères Elateridae de la faune de France continentale et de Corse. (Bulletin mensuel de la société Linnéenne de Lyon), 41<sup>è</sup> année, février, Supplément, 379 pp.
- MADEC B., 2006. Evaluation du risque parcellaire de dégâts de taupins (Coleoptera, Elateridae) dans l'ouest de la France. Mémoire ITA Clermont-Ferrand, non publié, 43 pp+ annexes.

- NAIBO B. & SOMBRUN F., 1987. - Perte d'efficacité d'insecticides du sol vis-à-vis des larves de taupins, *Agriotes spp.*, en monoculture de maïs. - *Compte Rendu de la Conférence Internationale sur les ravageurs en Agriculture. Paris, ANPP*, II, 237-244
- NEUHOFF D., CHRISTEN C., PAFFRATH A. & SCHEPL U., 2007. Approaches to wireworm control in organic potato production. . *IOBC/WPRS Bulletin*, 30(7), 65-68.
- PARKER W. E., 2007. New approaches to wireworm management in the U. K., 2007. . *IOBC/WPRS Bulletin*, 30(7), 43-46.
- PARKER W. E. & SEENEY F. M., 1997. An investigation into the use of multiple site characteristics to predict the presence and infestation levels of wireworms (*Agriotes spp.*, Coleoptera: Elateridae) in individual grass fields. *Annals of Applied Biology*, 130, 409-425.
- PARKER W. E. & HOWARD J., 2001. The biology and management of wireworms (*Agriotes spp.*) on potato with particular reference to the U. K. *Agricultural and Forest Entomology*, 3, 85-98.
- PIC M., PIERRE E., MARTINEZ M., GENSON G., RASPLUS J.-Y. & ALBERT H., 2008. Les taupins du genre *Agriotes* démasqués par leurs empreintes génétiques. 8<sup>ème</sup> *Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Montpellier, ANPP*, 10 pp.
- TÓTH M., FURLAN L., YATSYNIN V., UJVARY I., SZARUKAN I., IMREI Z., TOLASCH. T FRANCKE W., JOSSI W., 2003 - Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests (Coleoptera, Elateridae) in central and western Europe. *Pest Management Science*, 59 : 417-425.
- TRAUGOTT M., PAZMANDI C., KAUFMANN R & JUEN A., 2007. Evaluating <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N and <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C isotope ratio analysis to investigate trophic relationships of elaterid larvae (Coleoptera: Elateridae). *Soil Biology & Biochemistry*, 39, 1023-1030.
- TRUFFAUT G., 1912. Les ennemis des plantes cultivées. Truffaut Ed., Versailles, p 43.
- YATSYNIN V. G & LEBEDEVA K. V., 1984. Identification of multicomponent pheromone in click beetles *Agriotes lineatus* L. and *A. ustulatus* L. *Khemoretsepsiya Naskomykh, Vilnius* 8, 52-57 [en russe].
- YATSYNIN V. G., RUBANOVA E. V., OKHRIMENKO N. V., 1996 - Identification of female-produced sex pheromones and their geographical differences in pheromone gland extract composition from click beetles. (Coleoptera., Elateridae), *Journal of Applied Entomology*, 120 : 463-466.

# 6. Annexes

## 6.1. Annexe 1 : cycle biologique d'*Agriotes lineatus*



## 6.2. Annexe 2 : Sensibilité des cultures aux attaques de taupins

|  | Céréales à paille           | Tournesol   | Colza d'hiver | Colza de printemps | Soja        | Lin oléagineux | Maïs                                  | Protéagineux                    | Pomme de terre                      | Betterave            |
|--|-----------------------------|-------------|---------------|--------------------|-------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Période de sensibilité de la culture                     | de la levée à fin tallage   | semis-levée | semis-levée   | semis-levée        | semis-levée | semis-levée    | levée à 7-8 feuilles                  | levée                           | à partir de début août (maturation) | levée à 4-6 feuilles |
| Nature des attaques (graine, racine, tige, tubercule...) | bas de tige troué et lacéré | racine      | racine        | racine             | racine      | racine         | bas de tige troué au niveau du collet | bas de tige troué, voire graine | tubercules fils                     | radicelles           |
| Importance des dégâts sur le rendement                   | ++                          | ++          | +             | +                  | +           | +              | +++                                   | 0 à +                           | 0 à +                               | +++                  |
| Importance des dégâts sur la qualité                     | 0                           | +           | 0             | 0                  | 0           | 0              | 0                                     | 0                               | +++                                 | 0 à +                |
| Fréquence des dégâts                                     | F                           | F           | R             | R                  | R           | R              | F à TF                                | R                               | Nord : R<br>Sud : TF                | R                    |
| Evolution des attaques depuis quelques années            | ↑                           | →           | ↑             | →                  | →           | →              | ↑                                     | pas d'attaque rapportée         | ↑                                   | →                    |

Les cultures de protéagineux ne font actuellement pas l'objet de conseils de lutte contre les taupins.

+++ = fort

++ = moyen

+ = faible

0 = nul

TF = très fréquent

F = fréquent

R = rare ou localisé

↑ = augmentation

→ = stagnation

### 6.3. Annexe 3 : Coordonnées des principales équipes européennes effectuant des recherches sur les taupins (non exhaustif)

**ADAS, Woodthorne, Wergs road, Wolverhampton WV68TQ, Royaume Uni**

W. E. Parker, [bill.parker@adas.co.uk](mailto:bill.parker@adas.co.uk)

**School of Biological Sciences, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL48AA, Royaume Uni**

R. P. Blackshaw, [rblackshaw@plymouth.ac.uk](mailto:rblackshaw@plymouth.ac.uk)

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving b.v., PO Box 430 8200 Lelystad, Pays Bas**

A. Ester, [albert.ester@wur.nl](mailto:albert.ester@wur.nl)

**Plant research international B. V., PHEROBANK, PO Box 16, 6700 Wageningen, Pays Bas**

F. Griepink, [pherobank@wur.nl](mailto:pherobank@wur.nl)

**Department of Agronomy, Entomology, Universita di Padova, Agripolis, via Romea 16, Legnaro PD, Italie**

L. Furlan, [lorenzo.furlan@inwind.it](mailto:lorenzo.furlan@inwind.it)

**Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Science, Budapest, POB 102, H-1525, Hongrie**

M. Toth, [h2371tot@ella.hu](mailto:h2371tot@ella.hu)

**Institut für organisches Ackerbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 3, 53111 Bonn, Allemagne**

D. Neuhoff, [d.neuhoff@uni-bonn.de](mailto:d.neuhoff@uni-bonn.de)

**Institute of Ecology, Mountain agriculture research unit, Innsbrück Universität, Technickerstrasse 25, 6020 Innsbrück, Autriche**

M. Traugott, [Michael.Traugott@uibk.ac.at](mailto:Michael.Traugott@uibk.ac.at)

**Laboratoire d'Ecologie Alpine, UMR 5553, Université Joseph Fourier, BP 53, 38041 Grenoble, France**

P. Ravanel, [patrick.ravanel@ujf-grenoble.fr](mailto:patrick.ravanel@ujf-grenoble.fr)

**INRA, UMR CBGP, Campus international de Baillarguet, CS 300016, 34988 Montferrier/Lez, France**

J.-Y. Rasplus, [rasplus@supagro.inra.fr](mailto:rasplus@supagro.inra.fr)

**INRA, UMR 1099 BiO3P, Domaine de la Motte, BP 35327, 35650 Le Rheu, France**

Activité terminée le 1<sup>er</sup> novembre 2008

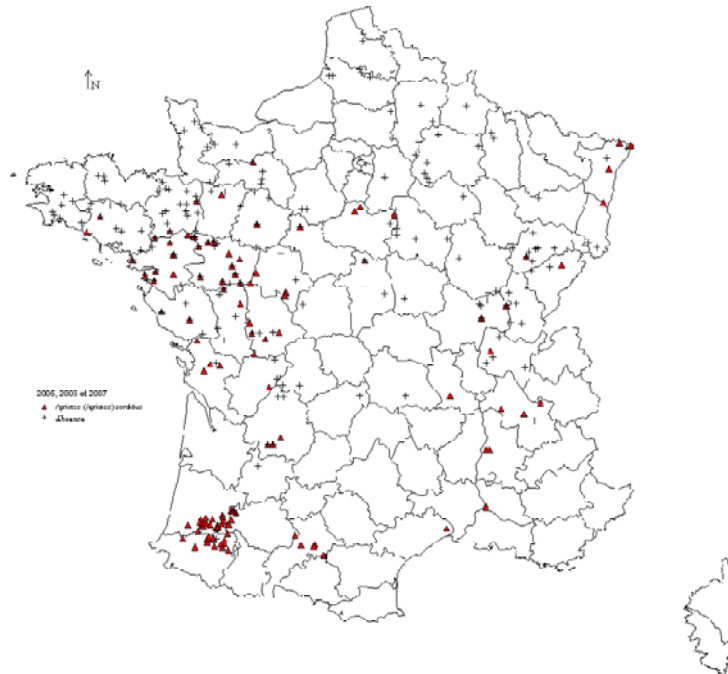
**Arvalis-Institut du Végétal, station expérimentale, 91720 Boigneville, France**

P.Taupin [P.TAUPIN@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:P.TAUPIN@arvalisinstitutduvegetal.fr)

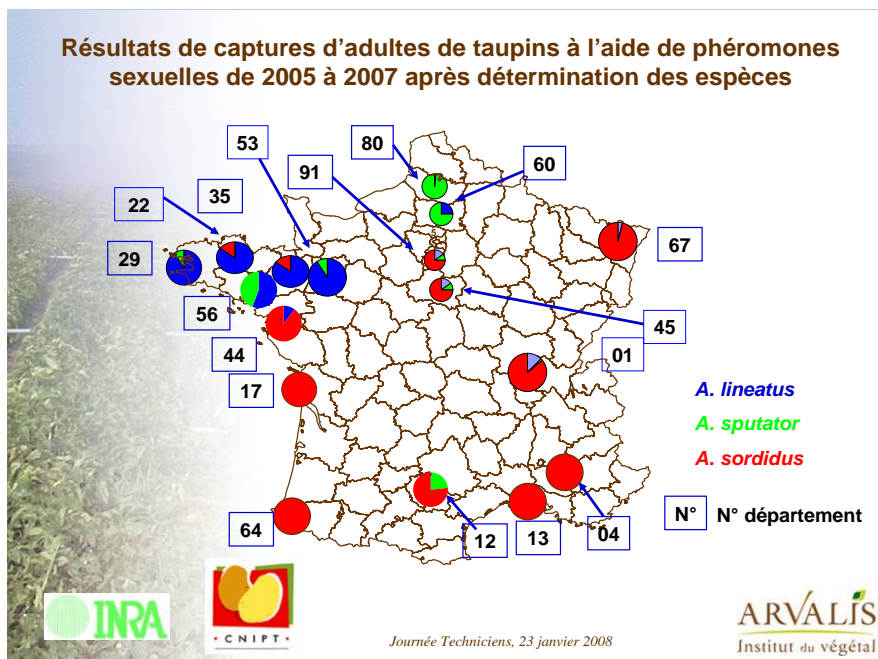
N. Robin [N.ROBIN@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:N.ROBIN@arvalisinstitutduvegetal.fr)

J.-B. Thibord [JB.THIBORD@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:JB.THIBORD@arvalisinstitutduvegetal.fr)

6.4. Annexe 4a : Carte de distribution géographique des Agriotes nuisibles à la culture du maïs en France (prélèvements de 2005 à 2007) : *A. sordidus* (Pic et al.2008)



6.5. Annexe 4b : Résultats de captures d'adultes de taupins à l'aide de phéromones sexuelles de 2005 à 2007 après détermination des espèces (INRA-ARVALIS-CNIPT 2008)

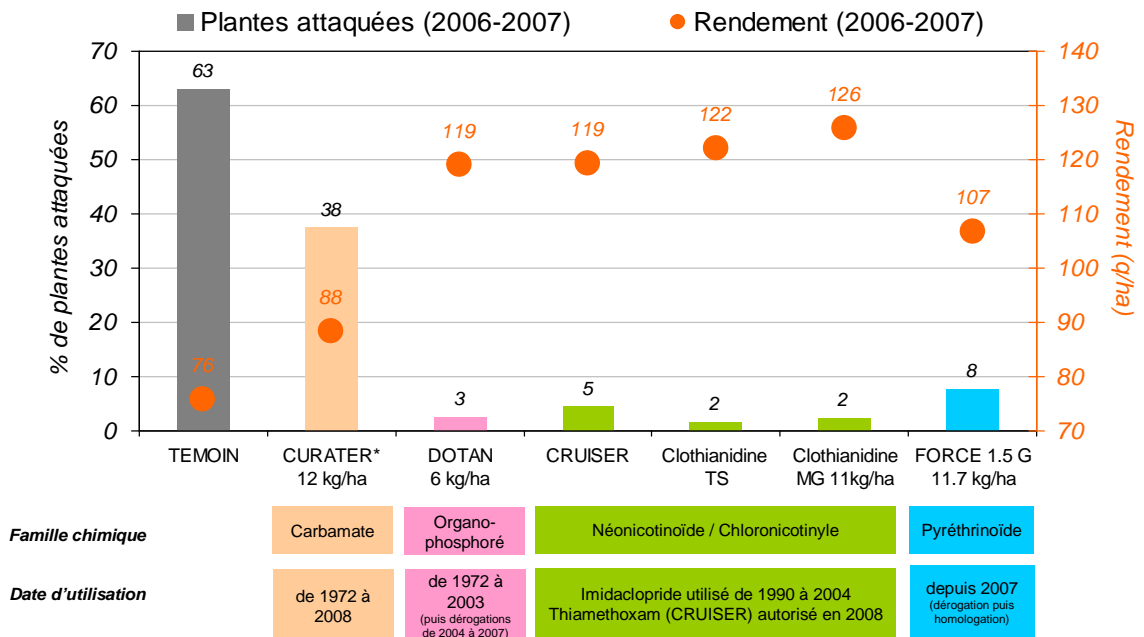


## 6.6. Annexe 5 : Lutte contre les taupins en production de maïs grain

### Lutte contre les taupins en production de maïs grain

Synthèse d'essais ARVALIS – Institut du végétal

Larreule (64)



Situation soumise à une biodégradation accélérée des carbamates (Naibo & Sombrun, 1987)