



BOURSE D'EXPERIMENTATION

LUTTE CONTRE LES VERS BLANCS DE HANNETONS

Rapport d'étude

**Etat des lieux de la situation actuelle dans le département des Vosges
et réalisation d'une étude de faisabilité en matière de lutte**

mars - novembre 2011

Sommaire

1. Introduction	p. 5
1.1. Historique	p. 5
1.2. Contexte	p. 5
1.3. Organismes concernés	p. 5
1.4. Objectif - Problématique	p. 6
1.5. Démarche de travail	p. 6
1.6. Présentation du plan	p. 6
2. Biologie	p. 7
2.1. Nomenclature	p. 7
2.2. Zone de répartition	p. 7
2.3. Cycle de vie, description et besoins	p. 8
3. Dommages et plantes attaquées	p. 14
3.1. Reconnaître les symptômes	p. 14
3.2. Estimation des pertes	p. 14
4. Diminution des populations	p. 18
4.1. Facteurs environnementaux limitants	p. 18
4.2. Prédations naturelles	p. 20
4.3. Méthodes de lutte	p. 21
5. Actions menées pour lutter contre les vers blancs	p. 31
5.1. Traitements et expérimentations (1945-2010)	p. 31
5.2. Bourse d'expérimentation 2011	p. 32
6. Conclusion – discussion	p. 37
Bibliographie	p. 39
Tables des illustrations	p. 41
Tables des matières	p. 43
7. Annexes	p. 45

Citations

« [...] Ils couvrirent la surface de toute la terre et la terre fut dans l'obscurité ; ils dévorèrent toute l'herbe de la terre et tous les fruits des arbres, [...] et il ne resta aucune verdure aux arbres ni à l'herbe des champs dans tout le pays [...] »

La Bible, Exode, chap. 10 v. 15

Sans aller jusqu'à la vision apocalyptique de la huitième plaie d'Égypte (les criquets), certains Vosgiens témoignent de grands vols de hannetons très impressionnants dans leur région : le nombre d'insectes peut être localement si élevé qu'ils sont comparés à

« de la grêle tapant les pare-brises des voitures »,

« des essaims géants passant d'un arbre à l'autre »,

« un bruit de pluie dans les lisières dû au crottes tombant sur le sol »,

« un passage du printemps à l'hiver en quelques jours avec des lisières de forêt complètement dénudées de leurs feuilles sur une dizaine de mètres »...

Ils le disent tous, « il faut le voir pour le croire » !

Bien que les dégâts des adultes puissent être très impressionnants, les ravages causés par leurs larves sont tout aussi spectaculaires et d'autant plus préjudiciables. Ainsi, l'herbe des prairies dessèche et meurt sur pied laissant de grandes étendues de terre dénudée de végétation.



P. Limaux

Remerciements

Suite à cette étude et après y avoir consacré neuf mois, je tenais particulièrement à remercier toutes les personnes ayant contribué à son bon déroulement.

Merci tout d'abord au Conseil Régional de Lorraine qui a financé en grande partie cette bourse d'expérimentation.

Merci à la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine et au Groupement de Défense contre les Ennemis des Cultures des Vosges représentés par leurs directeurs respectifs Thierry Defaix et Vincent Potaufoux pour m'avoir fait confiance dans l'attribution de mes fonctions.

Merci à Vincent Potaufoux (GDEC-GDS), Richard Cherrier (CRAL) et Emmanuelle Weinzaepflen (CR Lorraine) pour leur encadrement ainsi qu'à Jean-Luc Houot, Michel Blanck et Gérard Vuillemin (GDEC), Aline Le Bihan (FREDON Lorraine), Pierre Revest, Dominique Candau et Florian Hertement (CDA 88), Philippe Limaux et Thierry Bajolet (FDSEA 88) et Arnaud Joulin et Régis Mekdoud (DRAAF-SRAL) pour leurs conseils, leur collaboration et le suivi de cette étude.

Merci à Isabelle Dorand (Eric Schweizer SA), Bernard Tharel (Barenbrug SA), Stéphane Krick (Krick SARL), Michel Henry et son fils, Daniel Roi, Bernard Couval et son fils, Eric Henry (agriculteurs) ainsi que le service de l'eau de la commune du Val-d'Ajol, pour nous avoir aidé à la mise en place de nos expérimentations.

Merci aussi à nos collaborateurs d'expérimentation de la FREDON : Fanny, Cédric et Mathieu.

Merci au Groupement de Défense Sanitaire des Vosges et toute son équipe pour m'avoir accueilli tout au long de l'étude dans leurs locaux à Epinal, merci pour votre sympathie : Vincent, Bernadette, Carine, Eric, Fanny, Isabelle, Jérémy, Martha et Nadine.

Merci aussi à mes collègues de la CRAL, pour les bons moments passés avec vous : Richard, Aurélien, Aurore, Catherine, François-Xavier, Henri, Julie, Nathaël et Nicolas.

Merci à Andreas Reinecke (Max Planck Institute), Céline Cunin (FDSEA 88), Marie-Christine Adam (DDT 88), Didier Deleau (Arvalis - Institut du Végétal, station de St-Hilaire), Rémi Georgel (CDA 88), Christine Perini (DRAAF Lorraine), Christian Grun et Emile Montémont pour leurs conseils et services divers.

Merci enfin aux nombreux agriculteurs avec qui j'ai été en contact et notamment Robert Mouglin, Nicolas Valentin et famille, Caroline Barbier, Daniel Huguenel, Sylvain Logerot...

1. Introduction

1.1. Historique

Le hanneton et surtout sa larve, le ver blanc, est un insecte nuisible aux cultures connu depuis des siècles. Dès l'antiquité, Aristote et Pline mentionnent le ver blanc dans leurs écrits. Certaines famines du moyen-âge verraient leur origine dans d'importantes pullulations de l'insecte coïncidant avec des années sèches. En France, les premières traces écrites relatant des dégâts de hannetons datent du XV^{ème} siècle. Dans son journal, un bourgeois parisien indique des vols importants en 1422, 1428, 1434... et leurs conséquences sur les vignobles (Albouy V., 2005). En 1479, suite à d'importants dégâts, l'évêque de Lausanne va jusqu'à excommunier et bannir les hannetons. Malheureusement, ces derniers sont passés outre les condamnations de l'Eglise !

Jusqu'à un passé plus proche, le hanneton n'a pas cessé de faire parler de lui, et dès la fin du XIX^{ème} siècle, des recherches scientifiques ont été menées pour mieux connaître l'insecte et pour trouver des solutions de lutte plus efficaces que le hannetonnage et le ramassage des larves après le passage d'un outil agricole. Si des premiers tests de lutte biologique à base de champignon (*Beauveria*) furent testés en 1891, ce n'est vraiment qu'après la fin de la Seconde Guerre Mondiale que les recherches s'accrochèrent et notamment avec l'emploi de produits chimiques à base de DDT, de lindane ou encore d'heptachlore. Si l'utilisation massive des traitements phytosanitaires a fait fortement diminuer voire disparaître les populations de ce ravageur dans l'hexagone et surtout dans les régions céréalières, quelques secteurs herbagers et bocagers indemnes de pesticides ont vu persister le hanneton. Ainsi, le sud-ouest des Vosges est resté un foyer important et ce, malgré quelques campagnes de traitement ciblées sur les adultes. Aussi, de gros dégâts de vers blancs sur prairies ont eu lieu en 1974, 1977, 1986, 1989, 1998 et 2004.

1.2. Contexte

En 2010, suite à de nouveaux dégâts de vers blancs chiffrés à plus de 5 millions d'euros dans le département des Vosges, les agriculteurs et leurs syndicats se sont mobilisés pour faire connaître le problème aux autorités locales et nationales. Ils ont été soutenus dans leur démarche par le Groupement de Défense contre les Ennemis des Cultures et les Chambres Régionale et Départementale d'Agriculture.

Mis à part l'importance spectaculaire des dégâts, c'est l'absence de moyen de lutte qui a motivé ces derniers à faire une demande d'indemnités auprès des pouvoirs publics suite au sinistre agricole. Devant l'ampleur financière des dégâts déjà sous-évalués par prudence, le Conseil Régional de Lorraine a proposé l'attribution d'une bourse d'expérimentation pour permettre le recrutement d'un technicien spécialisé en protection des plantes sur une période de neuf mois afin de faire un état des lieux précis de la situation et de travailler sur des méthodes de lutttes potentielles.

1.3. Organismes concernés

Ainsi, le financement de l'étude est en grande partie assuré par le Conseil Régional de Lorraine ; l'encadrement administratif et professionnel est assuré par la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine (CRAL) et le Groupement de Défense contre les Ennemis des Cultures des Vosges (GDEC 88).

L'étude bénéficie de l'appui technique de la Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles des cultures de Lorraine (FREDON), du Service Régional de l'Alimentation (SRAL) de la Direction Régionale de l'Alimentation, l'Agriculture et la Forêt de Lorraine (DRAAF), de la Chambre Départementale d'Agriculture des Vosges (CDA 88) et de la Fédération Départementale des Syndicats d'Exploitants Agricoles des Vosges (FDSEA 88).

Indirectement, le Groupement de Défense Sanitaire des Vosges (GDS 88) a été aussi fortement impliqué au projet par la mise à disposition de ses locaux et de matériels techniques et informatiques.

1.4. Objectif - Problématique

Ainsi, l'objectif de la bourse d'expérimentation est de faire un état des lieux précis de la situation actuelle et de réaliser une étude de faisabilité afin de lutter efficacement contre les vers blancs de hannetons.

1.5. Démarche de travail

Le boursier a pour missions de réaliser :

- une étude bibliographie, afin de recenser l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques accumulées jusqu'à aujourd'hui,
- une étude réglementaire, pour faire le point sur les possibilités d'homologation ou de dérogation à l'utilisation de certains moyens de lutte efficaces,
- un état des lieux de l'importance de l'infestation en hannetons dans les Vosges et en France, et actualiser la cartographie des zones touchées,
- des expérimentations de moyens de lutte : chimique, biologique, mécanique et floristique,
- une enquête sur les pratiques culturales des agriculteurs en zone touchée, afin de les confronter en fonction du niveau de dégâts,
- une évaluation des pertes financières au sein des exploitations agricoles et horticoles.

Suite à ces travaux, des pistes réglementaires et techniques doivent être mises en avant et communiquées aux agriculteurs sous forme de fiches techniques.

1.6. Présentation du plan

Le rapport suivant a pour objectif de vous exposer les principaux résultats ressortant de l'étude et répondant aux différentes missions.

Ainsi, suite à cette première partie d'introduction,

- une seconde partie traite de la biologie générale du hanneton commun,
- une troisième partie est consacrée aux dommages causés par l'insecte et aux répercussions économiques,
- une quatrième partie détaille l'ensemble des facteurs permettant la réduction des populations
- une cinquième partie décrit les différentes actions menées les dix dernières années dans les Vosges contre le hanneton et notamment les travaux réalisés en 2011
- et une sixième partie apporte conclusions et perspectives à l'étude.

Une dernière partie rédigée en annexes compile un certain nombre de documents permettant de compléter les informations apportées dans le rapport : comptes-rendus et protocoles d'expérimentation, fiches techniques.

2. Biologie

Cette partie n'a pas pour objectif d'énoncer l'intégralité des connaissances relatives à la biologie du hanneton commun. Il y est décrit seulement les renseignements les plus essentiels permettant de reconnaître l'insecte et de comprendre son cycle de vie et ses exigences dans le but de cibler des méthodes de lutte adaptées et efficaces. Pour avoir des informations plus détaillées, il est conseillé de consulter un ouvrage spécialisé tel que :

Balachowsky A.S. (1962) Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1 : Coléoptère, 1^{er} volume, pp. 62-119. (une copie de l'exemplaire est disponible au GDS des Vosges)

2.1. Nomenclature

Chaque espèce vivante est soumise à un système de nomenclature scientifique permettant de la nommer précisément et de la classer parmi les autres espèces sans qu'il y ait de confusions possibles. Le nom commun français permet d'identifier l'espèce concernée souvent à l'aide d'un adjectif, de même que le nom latin (en italique) qui, lui, a une valeur internationale.

Le système de nomenclature permet par exemple de différencier le hanneton commun, *Melolontha melolontha*, du hanneton des châtaigniers, *Melolontha hippocastani* ou encore du hanneton de la Saint-Jean, *Amphimallon solstitialis*.

Le nom latin est en général accompagné du nom (souvent abrégé) de l'auteur qui l'a utilisé pour la première fois dans une publication valide et souvent avec la description originale de l'espèce.

Règne : Animal

Classe : Insecte

Ordre : Coléoptère

Famille : Scarabéidés

Nom latin : *Melolontha melolontha*

Description :

Auteur : L. (Carl von Linné ou Linnaeus)

Date : 1758

Nom commun français : hanneton commun

Nom commun anglais : common cockchafer

Nom commun allemand : Feldmaikäfer

Nom vulgaire de la larve : ver blanc

Pour plus de facilités, les termes « hanneton » et « ver blanc » employés de ce document se rapportent au hanneton commun, *Melolontha melolontha* L. (1758).

2.2. Zone de répartition

2.2.1. En Europe

Le hanneton commun est un insecte exclusivement européen. Il se rencontre dans une zone limitée à un climat tempéré, ni trop chaud, ni trop humide. Ainsi, il est historiquement abondant dans une zone allant de la France à l'ouest à la Pologne à l'est et passant par la Belgique, l'Allemagne, la Suisse, le nord de l'Italie, l'Autriche, la Slovénie et la République Tchèque. Sur l'ensemble de ces pays, certains spécialistes estiment que les hannetons sont bien implantés sur 155 000 ha dont 70 000 en subissent les ravages (Keller S. et Zimmermann G., 2005). Mais c'est en France que la zone de répartition est la plus importante (la moitié de la surface européenne touchée).

Il est aussi présent hors de cette zone dans des secteurs restreints en Angleterre, Nord de l'Espagne, Hollande, Danemark, sud de la Suède, pays d'Europe centrale et jusqu'à la frontière russe mais il y est rarement nuisible.

Au sud de son aire de répartition, il se développe surtout en altitude alors qu'au nord, à cause de la fraîcheur du climat, le développement larvaire a besoin d'une année supplémentaire pour atteindre le stade adulte soit un cycle de quatre ans (Balachowsky A.S., 1970).

2.2.2. En France

Historiquement, le hanneton était bien implanté en France au nord de la Loire et au sud dans des zones d'altitude du Massif Central et des Alpes. Il était particulièrement abondant dans les Pays de la Loire, en Bretagne, Normandie, Picardie, Ile de France et Lorraine.

Suite à l'utilisation ciblée de produits insecticides puissants (DDT) après guerre, puis à la généralisation de l'utilisation de produits phytosanitaires plus ou moins rémanents (lindane) dans les années 70 et enfin, au travail mécanique du sol en profondeur et à la modification du paysage agricole (remembrement, destruction des haies...), les populations de hannetons ont fortement régressé voire disparu dans certaines régions.

Actuellement, les dernières zones où le hanneton est encore bien implanté sont des secteurs souvent herbagés et boisés et notamment en Basse-Normandie, Limousin et surtout en Lorraine (Albouy V., 2005). La surface de répartition est estimée à 100 000 ha dont 35 000 présentant de réels dommages économiques.

Des populations très importantes accompagnées de dégâts spectaculaires sont attestées dans le Warndt en Moselle (bassin houiller de Forbach - Saint-Avold) et le département vosgien.

2.2.3. Dans les Vosges

Les hannetons sont bien implantés dans le sud-ouest du département des Vosges et particulièrement dans les cantons de Lamarche, Monthureux-sur-Saône, Darney, Bains-les-Bains et Xertigny, représentant ainsi le pays de la Vôge et le sud-ouest de la Plaine sous-vosgienne (fig. 2). La surface de la zone de répartition est estimée à 45 000 ha avec des secteurs plus touchés que d'autres.

Les secteurs céréaliers de la Plaine (Mirecourt, Charmes...) et du Pays de Neufchâteau semblent beaucoup moins touchés. Les Hautes-Vosges, quant à elles, sont indemnes.

Historiquement, c'est le secteur de Monthureux-sur-Saône - Les Thons qui enregistrait après guerre les dégâts les plus importants du département et même jusque dans les années 90 ; ce qui lui a même valu des traitements ciblés sur lisières de forêts en 1991.

De nos jours, si les hannetons sont toujours présents dans ce secteur (Monthureux-s/-S. – Les Thons), les dégâts s'y font moins ressentir que dans les secteurs voisins et il semblerait que leur population ait diminué, sûrement à cause de la mise en cultures d'une partie des prairies naturelles.

Cependant, ces dernières années, on observe une progression de l'aire de répartition (et des dégâts) sur des communes plus à l'est (cantons de Plombière-les-Bains, Epinal, Remiremont) et quelques communes plus au nord (fig. 3).

On remarque par ailleurs que les départements voisins : la Haute-Marne et la Haute-Saône, semblent moins touchés et ne déclarent pas (ou peu) de dégâts.

2.3. Cycle de vie, description et besoins

Le hanneton a un cycle de vie d'une durée de trois ans répartis sur quatre années civiles (fig. 4). On y observe un stade œuf, une vie larvaire comptant trois stades séparés par une mue, un stade nymphal (passage de la larve à l'insecte vrai) et un stade « adulte » ou imaginal :

- Œuf (1 mois)
- Premier stade larvaire ou L1 (2 mois)
- Deuxième stade larvaire ou L2 (9 mois)
- Troisième stade larvaire ou L3 (13 mois)
- Insecte « adulte » ou imago (9 mois dont 8 sous terre et 1 en milieu aérien)

2.3.1. Un cycle majoritaire

Dans le département des Vosges, 80-90% de la population de hannetons suit le même cycle. C'est-à-dire que pour une année donnée, 80-90% de la population sera constituée de larves de même âge et de même taille ou de hannetons adultes. Ce cycle est appelé « cycle majoritaire ».

Il peut aussi y avoir présence sur une même parcelle d'un ou deux cycles décalés d'une ou deux années mais pour chacun, ils ne représentent généralement que 5-15% de la population. Ils sont appelés « cycles croisés ».

C'est pourquoi les années de grand vol ne reviennent que tous les 3 ans. Pour les années de forts dégâts, elles reviennent aussi tous les 3 ans mais elles sont d'autant plus perceptibles lors d'années sèches. (Aussi, certains secteurs où les cycles sont fortement croisés peuvent noter des baisses de rendements significatives même hors des années à forts dégâts du cycle majoritaire.)

On établit alors le calendrier suivant :

- Grand vol : 2006, 2009, 2012, 2015
- Dégâts importants : 2007, 2010, 2013, 2016
- Faibles dégâts : 2008, 2011, 2014, 2017

« Mais comment expliquer la dominance d'un cycle majoritaire sur les deux années suivantes ? »

(Question régulièrement posée par les agriculteurs)

Quelques hypothèses de compétition entre stades larvaires ont été avancées, notamment lorsqu'il y a une forte invasion en vers blancs, la recherche de racines à consommer est moins évidente et surtout pour les plus jeunes larves moins mobiles, ce qui aura tendance à les affaiblir voire à les faire mourir de faim.

De plus, lorsque deux larves se rencontrent, elles ont tendance à se mordre ; non pas qu'il s'agisse de cannibalisme mais les blessures de « combat » ainsi engendrées facilitent les infections par des bactéries et des champignons et les jeunes larves y sont beaucoup plus sensibles que celles d'un ou deux ans (Hurpin B., 1968). Les morsures des plus grosses larves sont par ailleurs bien plus sévères que celles des plus petites.

Aussi, les adultes étant une véritable manne lors des grands vols pour certains prédateurs aériens en pleine période de reproduction (chouette chevêche, chauve-souris, oiseaux divers), avoir deux années sur trois avec une quasi-absence de proies, limite le développement des insectivores et préserve le développement de la proie.

Enfin, un cycle majoritaire avec présence de beaucoup d'insectes adultes une année sur trois est plus favorable pour la rencontre des sexes et la reproduction que des années consécutives avec des vols moyens ou faibles.

Alors, si les zones à cycles fortement croisés sont peu fréquentes, on peut tout de même mentionner ce phénomène dans le Warndt, le secteur de Bains-les-Bains et ailleurs sur quelques parcelles isolées.

2.3.2. Les œufs

Difficiles à trouver, ils se rencontrent dans le sol, souvent en groupe de 10 à 30 (fig. 5).

- Couleur blanche
- « Coquille » molle
- Longueur d'environ 2 mm

Au cours de leur incubation, ils augmentent de 5 fois leur volume et triplent leur poids en absorbant l'eau du sol. En cas d'été chaud et sec, une grande partie des œufs seront détruits.

2.3.3. La larve ou ver blanc

2.3.3.1. Description de la larve

Les larves se trouvent dans le sol, proche de la surface (2 à 6 cm) pendant la belle saison et plus en profondeur (20 cm à 1 m) pendant les périodes de non alimentation.

- Corps mou et blanchâtre, recourbé en arc, extrémité de l'abdomen noirâtre
- Grosse tête orangée, munie de fortes mandibules brunes foncées
- Pattes thoraciques jaunes, allongées, grêles et velues
- Taille variant en fonction de l'âge (fig. 7) :
 - o été, 1^{ère} année : 10-20 mm
 - o automne, 2^{ème} année : 30-35 mm
 - o printemps, 3^{ème} année : 40-45 mm
- Se déplace sur le côté sur un plan horizontal (fig. 9) et jusqu'à 30 cm par jour
- Alimentation : racines de nombreuses plantes (prairie, potager, verger...)

Ainsi, on ne trouve que très rarement des vers blancs dans les jeunes tas de fumier et les composts où l'on rencontre plutôt la larve de la cétoine dorée (cf annexe : Fiche technique n°1).

2.3.3.2. La vie larvaire

La vie larvaire dure deux années au cours desquelles on compte trois stades séparés par deux mues. Suite à la ponte et à une incubation d'environ 4 à 6 semaines, les œufs éclosent (fig. 6) et libèrent les jeunes vers blancs de 3 mm de long. Ces derniers se dirigent alors directement vers les racines des plantes les plus proches et commencent à les ronger.

En septembre, ils muent pour la première fois et entrent dans le deuxième stade larvaire, puis ils s'enfoncent dans le sol pour hiberner à une profondeur variable en fonction de la profondeur du sol et de la dureté du sous-sol (entre 30cm et 1 m de profondeur) (fig. 10).

Au printemps suivant, courant avril, ils remontent et reprennent leur alimentation, c'est là que les dégâts sur prairies commencent à apparaître.

En juin, ils muent une seconde fois (fig. 8) et entrent en 3^{ème} stade larvaire tout en continuant leur consommation de racines jusqu'en septembre.

Une nouvelle période d'hibernation (toujours entre 30 cm et 1 m de profondeur) a lieu entre octobre et avril, après quoi, les larves remontent une dernière fois pour se nourrir.

Ayant atteint leur taille finale en juin, elles redescendent en profondeur (15 cm – 1 m) pour se nymphoser (passer de l'état de larve à l'état d'insecte).

2.3.3.3. Alimentation et diversité floristique

Les vers blancs sont polyphages, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent d'une grande diversité de plantes. Dans le département des Vosges, on rencontre les principaux dégâts de vers blancs en prairie herbagère, que ce soit prairie de fauche ou en pâture. Mais ils ne dédaignent pas non plus les cultures de pomme de terre, de bleuetiers (myrtiliers) et de fraisiers. On peut aussi constater des dégâts dans les potagers des particuliers (betteraves, oignons, salades, choux...), les pelouses et gazons, sur les jeunes arbres fruitiers et les aménagements paysagers.

Ils n'y a pas véritablement une reconnaissance de plantes favorites auprès desquelles les femelles viennent pondre leurs œufs. Par contre, ces dernières préfèrent pondre en milieu découvert à une distance de 50 m à 2 km de leurs arbres nourriciers (plus généralement entre 200 et 900 m). Aussi, elles pondent généralement dans une zone proche de leur lieu de « naissance » (ou tout du moins de vie larvaire). C'est pourquoi on note l'absence de vers blancs sous les grands arbres et en forêt (où une autre espèce, le hanneton des châtaigniers le relaie).

Par contre, certaines plantes semblent plus atteintes par les larves que d'autres, mais là, il est difficile de dire si certaines sont plus appétentes ou si elles sont moins résistantes aux attaques.

D'après des relevés floristiques et les dires d'agriculteurs, les dernières plantes présentes sur les zones attaquées sont le lotier corniculé, *Lotus corniculatus* (en sol séchant) et les renoncules, *Ranunculus acris* et *R. bulbosus* (en sol humide).

D'après les spécialistes, les racines de certaines plantes auraient de meilleures valeurs nutritionnelles que d'autres et pour se développer convenablement, la larve aurait besoin de se nourrir auprès de différentes espèces.

Aussi, les espèces les plus intéressantes au niveau nutritif seraient :

- le pissenlit, *Taraxacum officinale*
- la grande marguerite, *Leucanthemum vulgare*
- l'achillée millefeuille, *Achillea millefolium*
- le laitron des champs, *Sonchus arvensis*
- le plantain lancéolé, *Plantago lanceolata*
- la carotte sauvage, *Daucus carota*

Puis viendraient les légumineuses (ou fabacées) :

- le trèfle des prés ou violet, *Trifolium pratense*
- le lotier corniculé, *Lotus corniculatus*

Et enfin, les graminées (ou poacées) :

- le dactyle aggloméré, *Dactylis glomerata*
- la phléole des prés, *Phleum pratense*
- le ray-grass anglais, *Lolium perenne*

On arrive malheureusement au constat qu'une prairie naturelle avec une grande diversité floristique est plus propice au développement des larves qu'une prairie temporaire avec une seule espèce de graminées ou de légumineuses.

Par ailleurs, on peut noter que suite à une forte attaque de vers blancs, les espèces qui repoussent au printemps suivant ne sont généralement pas des plantes qui ont résisté mais de nouvelles plantes issues de graines présentes dans le sol. Suite aux dégâts, on observe couramment :

- le céraiste des fontaines, *Cerastium fontanum*
- la houlque laineuse, *Holcus lanatus*
- le pâturin des prés, *Poa pratensis*
- le pâturin annuel, *Poa annua*
- la renoncule âcre, *Ranunculus acris*
- la renoncule bulbeuse, *Ranunculus bulbosus*
- la carotte sauvage, *Daucus carota*
- le rumex à feuilles obtuses, *Rumex obtusifolius*

Il n'y a donc pas de relation entre ces plantes et leur degré d'appétence vis-à-vis des larves ; il s'agit plutôt d'espèces colonisatrices profitant de la place libérée suite à l'attaque pour se développer.

2.3.3.4. Type de sol

Au niveau du sol, contrairement à ce qu'on pourrait penser, les larves de hannetons ne se développent pas uniquement dans un type de sol particulier. Cependant, si elles sont moins remarquées dans les sols argilo-calcaires, c'est surtout du fait que ceux-ci sont plus propices aux cultures céréalières qui induisent des retournements fréquents des sols et l'utilisation d'insecticides réduisant fortement les populations de hannetons. Ainsi, c'est dans les régions plus portées sur la production herbagère que se rencontrent les plus fortes populations de hannetons. Ces régions ayant souvent des sols à dominance sableuse, on attribue parfois à tort, ces types de sols comme propices aux hannetons. D'ailleurs, des populations importantes de vers blancs sont aussi rencontrées en sol argileux et humide. Les sols caillouteux ne sont pas non plus indemnes.

Malgré tout, les vers blancs se développent plus facilement dans des sols profonds, meubles et sains.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'apparition des dégâts, le type de sol peut avoir une grande influence. En effet, pour les parcelles dont les sols ont une faible rétention en eau comme les sols sableux mais aussi les parcelles en pente, exposées au sud ou encore drainées, les plantes sont encore moins aptes à résister aux attaques.

2.3.4. La nymphe

La nymphe se rencontre dans le sol entre 15 cm et 1 m de profondeur (selon la nature du sous-sol) dans une logette de terre (fig. 12). Avant, la nymphose, le ver blanc devient plus mou et jaunâtre et il vide son tube digestif (disparition de la tâche noirâtre au bout de l'abdomen) (fig. 11). Comme la chrysalide pour les papillons, la nymphe est le stade qui permet aux hannetons de passer du stade larvaire à l'état d'insecte vrai (appelé aussi imago).

- Longueur d'environ 35 mm,
- Couleur jaune-orangé
- Immobile et cachée dans une logette

2.3.5. L'insecte « vrai » ou imago

2.3.5.1. Description de l'imago

L'insecte est facilement reconnaissable pour ceux qui ont au moins une fois eu affaire à lui (fig. 13) :

- Tête brune avec deux yeux sur les côtés et une paire d'antennes terminées en 6 petites lamelles orangées pour les femelles et 7 grandes lamelles pour les mâles (fig. 13)
- Thorax brun foncé avec face ventrale recouverte d'abondants poils gris d'où partent 3 paires de pattes brunes se terminant par une paire de griffes
- Abdomen noir recouvert d'élytres brun rougeâtre, se terminant en une pointe aplatie appelée pygidium, face ventrale noire luisante présentant de chaque côté des taches triangulaires blanches (fig. 14)
- Les ailes sont repliées sur l'abdomen sous les élytres quand l'insecte est au repos
- Taille : 20 à 30 mm de longueur sur 10 mm de largeur
- Vol : fin avril à mi-mai, le soir (fig. 15)
- Alimentation : jeunes feuilles (chêne, hêtre, mirabellier...)

En plus des caractéristiques physiques, le bourdonnement bruyant et le vol maladroit sont assez remarquables. Les hannetons se cognent souvent dans les chéneaux ou encore s'accrochent aux vêtements et cheveux.

2.3.5.2. La vie « adulte » ou vie imaginale

Après deux mois de nymphose, l'insecte adulte est formé mais il va passer un dernier hiver sous terre. En avril-mai, lorsque la température du sol dépasse les 8°C, les hannetons adultes sortent de terre au crépuscule et entament leur premier vol (fig. 17), dit préalimentaire : les insectes se dirigent en direction des massifs boisés proches marquant l'horizon (lisière, haie ou verger).

Pendant une dizaine de jours, les adultes se nourrissent de jeunes feuilles d'arbres caducs et s'accouplent (fig. 16). Puis les femelles, retournent dans les prairies en sens inverse du vol préalimentaire et pondent dans le sol une vingtaine d'œufs à 10-20 cm de profondeur.

Beaucoup meurent mais un tiers d'entre elles repartent alors s'alimenter sur les mêmes arbres et reviennent pondre une seconde fois. Aussi, lorsque le temps est clément, quelques femelles peuvent retourner s'alimenter et pondre une 3^{ème} fois.

2.3.5.3. Alimentation et milieu

Les fortes populations de hannetons se retrouvent dans les milieux propices aux larves mais aussi propices aux adultes. Ainsi, l'insecte adulte a besoin pour subsister d'un milieu riche en arbres à feuilles caduques. Si sa préférence est envers les jeunes feuilles de chênes fraîchement débourrées, les insectes adultes ne sont pas moins polyphages que les larves et on peut aussi les trouver en train de dévorer toute la frondaison de hêtres, bouleaux, érables, mirabelliers, cerisiers... Ainsi, les fortes populations de hannetons sont fréquentes dans des milieux avec présence proche de lisières de forêt, de bois, de haies, de vergers, de friches ou encore de jardins et d'espaces verts avec de nombreux arbres d'agrément (fig. 18).

Ainsi, les régions lorraines ayant de fortes populations de hannetons : la Vôge, le canton de Lamarche, et le Warndt, correspondent bien aux besoins des larves et des insectes adultes (fig. 19) :

- Présence de prairies (secteurs principalement herbagers)
- Présence de forêts de feuillus (chênaies-hêtraies) et vergers
- Sols souvent meubles (sables sur grès)
- Climat tempéré (absence de longues périodes sèches)
- Absence de traitements insecticides et de travail du sol

3. Dommages et plantes attaquées

3.1. Reconnaître les symptômes

3.1.1. Attaques de vers blancs

Comme dit précédemment dans le chapitre sur l'alimentation des vers blancs, les plantes attaquées sont très diverses : espèces de prairies herbagères, cultures fruitières et légumières, jeunes arbres, aménagements paysagers.

A l'échelle d'une parcelle, on observe un roussissement des plantes attaquées en grandes zones homogènes (fig. 22 et 23) où l'herbe s'arrache par plaques (fig. 21).

Au niveau de la plante, les symptômes aériens sont un flétrissement suivi d'un dessèchement des feuilles et souvent de la mort de la plante.

Les symptômes souterrains sont une découpe des racines en dessous du collet (fig. 20) ou le creusement des tubercules et pivots en marques de rongement de 0,5 à 5 cm de large. Les plantes se détachent alors facilement du sol lorsqu'on tire sur les parties aériennes. Sur les ligneux (jeunes fruitiers, bleuetiers, vigne), les racines sont écorcées.

3.1.2. Attaques d'insectes adultes

Les hannetons consomment de préférence les jeunes feuilles de chênes fraîchement débourrées, mais aussi celles des autres feuillus forestiers (hêtres, charmes, érables, châtaigniers et marronniers) et des fruitiers (noyers, noisetiers, mirabelliers, pruniers, cerisiers, poiriers...). On les retrouve un peu moins sur saules, aulnes, peupliers et bouleaux et il semble que les frênes, tilleuls, robiniers et pommiers soient délaissés.

Parmi les résineux, seul le mélèze est parfois attaqué.

Les feuilles de vigne peuvent aussi occasionnellement être attaquées.

Les attaques sont généralement localisées sur le haut des arbres et peuvent amener à une perte presque totale de la frondaison (fig. 25). Seule les tiges et quelques nervures (fig. 24) attestent l'existence de jeunes feuilles quelques jours auparavant. Si par mauvais temps, les adultes se figent contre les feuilles et les tiges, en pleine activité, en plus de leur présence visuelle, le bruit de leur bourdonnement est inratable. En cas de forte concentration d'insectes, il est aussi accompagné d'un bruit de « pluie » de déjections tombant sur les feuilles basses et le sol.

3.2. Estimation des pertes

Nous en venons enfin à la raison principale qui justifie les études réalisées pour mieux connaître et comprendre l'insecte : les conséquences économiques qu'induisent les dégâts.

Et si presque partout en France, les hannetons sont si rares qu'on s'émeut d'en revoir à nouveau quelques uns après des années d'absence, en zones infestées, il est d'autant plus difficile de faire comprendre aux non initiés l'étendue des dégâts que peut provoquer ce ravageur des cultures. Et en plus de la perte de récolte, ces dégâts peuvent aussi provoquer une dévalorisation des produits et engager des pertes économiques sur plusieurs années (dans le cas d'attaques sur arbres et plantes pluriannuelles).

3.2.1. Seuil de nuisibilité

Avant de se pencher plus précisément sur les coûts économiques, il est important d'indiquer à partir de quelle quantité de vers blancs, les dégâts peuvent se faire sentir.

Le seuil de nuisibilité indique un nombre de larves au m². Ainsi pour comparer l'état d'infestation d'une parcelle par rapport à un seuil, il faut effectuer un comptage : enlever délicatement le couvert sur une surface de 1m² et mettre de côté les vers blancs déjà visibles. Puis creuser sur 30 cm de profondeur en faisant attention de bien casser les mottes tout en continuant de mettre les vers blancs de côtés. Enfin, faire le compte du nombre de vers blancs trouvés (fig. 26 et 27).

Les seuils de nuisibilité varient pour chaque type de culture et pourraient aussi être réajustés en fonction de la vigueur des plantes, la nature et fertilité du sol, les conditions climatiques...

Ainsi, les seuils communément admis (en année de dégâts soit en stade L2) sont :

- Prairies : 20-30 L/m²
- Céréales : 15-20 L/m²
- Cultures sarclées : 3-5 L/m²
- Productions horticoles : 2-3 L/m²

(Balachowsky A.S., 1970)

En prairie, certaines parcelles ont recensé des populations localement supérieures à 150 L/m².

3.2.2. En production fourragère

Suite à une enquête réalisée dans le département des Vosges, sur 50 exploitations fortement touchées, les agriculteurs ont perdu en 2010 en moyenne 3,4 tonnes de matière sèche de fourrage par hectare de prairie soit une baisse de 52% par rapport à la production de 2009.

Dans les secteurs touchés, on estime en moyenne à 2 à 3 tonnes de matière sèche de perdues lors des années de fortes consommation des larves (1 année sur 3) et les pertes sont d'autant plus importantes lorsque l'année est sèche.

En plus des pertes de productions, des pertes de qualités s'ajoutent : foin à faible valeur nutritive, faible appétence, présence de terre dans les bottes. Et cela se répercute sur la santé des vaches, la production de lait et aussi sa qualité.

Aussi, pour restaurer le couvert fortement dégradé et pour ne pas que des mauvaises herbes s'installent dans les zones dénudées, les agriculteurs sont souvent obligés de retravailler mécaniquement leur parcelle et de la ressemer, ce qui engendre des coûts supplémentaires.

Enfin, pour les agriculteurs ne pouvant pas récolter assez de fourrage pour nourrir leurs bêtes pendant l'hiver, l'achat de foin extérieur est nécessaire et vient s'ajouter à toutes ces pertes financières et coûts de remise en état.

D'après nos données d'enquête, en additionnant tous ces frais :

- Pertes de fourrage : 3 tMS x 120 €/t = 360 €/ha
- Remise en état : 150 € (travail du sol) + 110 € (semences) = 260 €/ha
- Soit une perte financière de **620 €/ha**.

En moyenne, les exploitations fortement impactées avaient une quinzaine d'hectares à ressemer, soit une perte de **9 300 € par exploitation**.

Enfin, pour ceux n'ayant pas assez de stocks de fourrage pour pouvoir nourrir leurs bêtes tout l'hiver, ils avaient un rachat moyen de 2 000 € de fourrage soit **11 300 € par exploitation dans le pire des cas**.

Sur le département des Vosges, pour l'année 2010, la surface fourragère avec présence de vers blancs est estimée à 45 000 ha (soit 7% du département). En minimisant une perte moyenne à 1 tMS/ha à 120 €/t, les seuls vers blancs sont responsables d'une perte de plus de **5 millions d'euros** sans compter les frais de rachat et de remise en état.

3.2.3. En grandes cultures

Si à l'heure actuelle le travail mécanique et l'utilisation d'insecticides empêchent l'installation des vers blancs en grande culture, jusque dans les années 50, céréales et betteraves sucrières subissaient des attaques de vers blancs.

A partir d'historiques de rendements d'une sucrerie entre 1925 et 1950, les pertes moyennes étaient de 5 t/ha en année de larves de 1 an et de 4 t/ha en année de larves de 2 ans pour une production de 31 t/ha en année de vol.

De nos jours, faut-il s'inquiéter d'un retour possible de hannetons en grande culture suite à un engouement pour les techniques culturales simplifiées (semis direct, absence de travail du sol) et la diminution des traitements insecticides ?

3.2.4. En production maraîchère

Pour ces productions à haute valeur ajoutée, malheureusement, quelques vers blancs au mètre carré suffisent pour faire perdre la rentabilité de la culture.

Et en plus de la mort de certains plants ou de la baisse de production (en tubercule de pomme de terre par exemple), ce qui reste, bien que récoltable, peut être abimé et ainsi perdre de sa valeur voire être invendable.

Enfin, en affaiblissant les plants par leur consommation de racines, ceux-ci sont plus sensibles aux maladies bactériennes et cryptogamiques (INRA, 2011).

Chez un producteur vosgien de pommes de terre, suite aux dégâts des larves sur tubercules, environ 20% de la récolte a été perdue et parfois 100% pour certaines variétés précoces comme l'Amandine et la Charlotte.

Il a ainsi perdu 15 tonnes de tubercules à 700 €/t soit une perte de **10 500 € pour l'exploitation**.

3.2.5. En production fruitière arbustive et pluriannuelle

De même qu'en production maraîchère, les attaques de vers blancs provoquent des pertes quantitatives et qualitatives de productions. Mais ces cultures étant pluriannuelles, lors de la plantation, les producteurs investissent sur plusieurs années de production. Ainsi les retards de croissance, les pertes de vigueur, la sensibilité aux maladies et même la mort des plants sont des manques à gagner pour les années suivantes.

Dans les Vosges, nous avons l'exemple particulier de deux cultures :

- En fraisier (fig. 28), sur 1 hectare, 15% des plants en deuxième année sont morts, soit 1,2 tonnes de fraises en moins à 2,7 €/kg et donc une perte de **3 240 €/ha/an**. Comme il restait encore une année de production à ces fraisiers, le total perdu s'évalue à au moins 6 500 €/ha.
- En bleuetier (myrtillier de culture), les premières années d'implantation sont très importantes, en cas de dégâts de vers blancs, les pieds perdent beaucoup de vigueur, ont des retards de croissance et produisent moins (voire meurent). Ainsi, avec une perte estimée à 2,5 t/ha de fruits pour 4,5 €/kg, le manque économique est de **11 250 €/ha/an** et sûrement autant les années suivantes.

En une seule année, une même productrice, avec 1 ha de fraisiers et 3 ha de bleuetiers touchés a ainsi perdu **37 000 € de vente de fruits** sans compter les pertes pour les années suivantes et le remplacement des plants morts.

3.2.6. En verger et production forestière

En verger, les jeunes fruitiers peuvent être fortement endommagés par des vers blancs entraînant toujours des retards de croissance et des pertes de vigueur. Certains dégâts sont notamment recensés dans le Limousin en vergers de pommiers. Dans certains secteurs européens (Suisse et Italie), les larves peuvent être très nuisibles dans les vignobles et particulièrement dans les jeunes plantations. Par contre, une fois bien implantés, les arbres fruitiers sont beaucoup moins sensibles aux attaques de racines. Malgré tout, comme pour les arbres de lisière de forêt, la défoliation de leur jeune frondaison et parfois des fleurs par les insectes adultes l'année du vol n'est pas indemne de conséquences : notamment une baisse de production et une baisse de vigueur. Des attaques régulières et importantes peuvent être mises en évidence par la coupe transversale de certains arbres forestiers où un cerne de croissance sur trois est plus mince que les deux suivants.

3.2.7. En espaces verts et jardins

Les massifs des villes, pelouses et potagers de particuliers ne sont pas en reste niveau dégâts. Mais dans le cas de culture d'agrément (fig. 29) et d'activité de loisir, estimer des pertes est bien délicat. Enfin, sur certains gazons et terrains de golf, d'autres espèces de hanneton peuvent causer plus de dégâts que le hanneton commun et notamment le hanneton de la Saint-Jean, *Amphimallon solstitialis* et le hanneton horticole, *Phyllopertha horticola*. (cf annexe : Fiche technique n°1)

4. Diminution des populations

Après avoir compris l'importance économique du hanneton dans certains systèmes de cultures, nous en venons aux facteurs ayant un impact sur leur population, qu'ils soient naturels ou anthropiques.

4.1. Facteurs environnementaux limitants

Les facteurs environnementaux et notamment la nature du sol, les conditions climatiques et la qualité de l'alimentation peuvent avoir une influence sur les populations de hannetons. Elles peuvent avoir un impact différent en fonction du stade : œufs, larve ou insecte adulte.

4.1.1. Climat

Le climat a une influence négative par plusieurs de ses composantes : la pluviométrie, la température et de manière plus anecdotique, le vent.

4.1.1.1. Vol

Pour certains spécialistes, le niveau des populations de vers blancs est en grande partie déterminé par le climat du printemps au moment des vols.

Une régression des populations serait constatée suite à un printemps froid, pluvieux et venteux. Cela viendrait plus d'une diminution de vitalité que d'une mortalité anormale. En effet, les insectes adultes sont capables de résister au froid et même au gel : plusieurs heures à -8°C et même une heure à -12°C et les gelées de fin avril – début mai ne sont généralement ni très fortes, ni très prolongées.

Contrairement à cela, un printemps doux avec une période de beau temps prolongée est en général suivie d'une augmentation de la population de hannetons.

Ainsi, le climat correspondant à la période de reproduction, soit un seul mois sur un cycle de trois ans, peut avoir un impact sur la dynamique des populations (Balachowsky A.S., 1970).

4.1.1.2. Pontes et jeunes larves

Contrairement aux adultes, pour les œufs et les larves, ce sont les temps trop chauds et trop secs qui auront un effet néfaste. Une température du sol supérieur à 25°C détruit les embryons et les jeunes larves. Aussi, suite à certaines sécheresses succédant la ponte (ex. 1949), les populations de vers blancs se sont fortement réduites (Balachowsky A.S., 1970).

De même en cas de sécheresse, même si les larves de 2^{ème} et 3^{ème} stade sont capables de s'enterrer pour échapper à la déshydratation, elles ne peuvent alors plus s'alimenter et s'affaiblissent.

Par contre le froid et l'humidité de l'hiver n'a pas vraiment de conséquence sur les vers blancs enterrés à quelques dizaines de centimètres de profondeur. Aussi, ils sont capables de supporter l'inondation pendant plusieurs jours.

Ainsi, plus que le mauvais temps en période de vol, un temps très chaud et sec pendant l'incubation des œufs et pendant le développement des larves de premier stade a un fort impact sur le niveau de population.

En effet, le climat de la première année du cycle a plus d'importance que celui des deux années suivantes. Et même si une sécheresse a lieu en deuxième année de cycle, les larves en sont moins affectées mais les dégâts sont d'autant plus impressionnants.

4.1.2. Type de sol

Le facteur « type de sol » a un impact essentiellement lié au climat général et à l'humidité du sol. En conditions sèches, les sols légers et drainants entrent rapidement en déficit hydrique et deviennent

alors défavorables au développement des larves contrairement aux sols de fond de vallée plus lourds et plus humides. Par contre, en conditions climatiques très humides, les larves en sols drainants se développent plus rapidement.

On peut ainsi citer l'exemple de Monthureux-sur-Saône où en 1947, les dégâts de vers blancs étaient très importants en terre argilo-calcaire sur le plateau, alors qu'ils étaient très restreints dans les alluvions humides de fond de vallée. En 1949, suite à un été exceptionnellement chaud et sec, les œufs et les jeunes larves se trouvant dans les sols secs des plateaux ont été presque entièrement détruits alors que ceux présents dans les alluvions ont trouvé suffisamment d'humidité pour se développer convenablement. Ainsi, l'année suivante, en 1950, la répartition de la population de vers blancs et de dégâts était inversée entre plateaux et vallée (Balachowsky A.S., 1970).

4.1.3. Végétation

4.1.3.1. Diversité floristique et valeur nutritive

Comme expliqué précédemment dans le paragraphe sur l'alimentation des vers blancs, ces derniers ont besoin de se nourrir d'une diversité de plantes. Suite à des expérimentations, il a été remarqué qu'un régime uniquement basé sur des graminées se révélait franchement insuffisant pour la survie des larves contrairement à un régime composé de plusieurs familles et espèces botaniques dont le pissenlit, la grande marguerite ou encore l'achillée. Un régime basé sur des légumineuses n'est pas non plus avantageux pour les larves mais il est meilleur qu'un régime exclusif de graminées (Balachowsky A.S., 1970).

Ainsi, les prairies naturelles par leur diversité floristique sont très propices au développement d'importantes populations de vers blancs. A l'opposé, les prairies semées (temporaires ou permanentes jeunes) n'ayant rarement plus de 5 espèces, qui de surcroît sont exclusivement composées de graminées et de légumineuses, offrent peu de diversité alimentaire et cela doit se répercuter en une plus faible population de vers blancs.

4.1.3.2. Suffisance en nourriture et compétition

Si les besoins alimentaires des vers blancs requièrent une certaine qualité, la quantité reste un facteur tout aussi déterminant. Ainsi, si la nourriture vient à manquer, ils s'affaiblissent et sont incapables de parachever leur cycle.

Cela a particulièrement lieu lorsque la concentration en larves au mètre carré est très importante et que le couvert végétal a complètement disparu. Ainsi, des spécialistes ont pu observer que sur des zones entièrement dénudées par une forte population de vers blancs, les émergences d'insectes adultes étaient très peu nombreuses.

L'affaiblissement dû au manque de nourriture accompagné d'un contact rapproché entre les larves lié à la concentration, sont aussi des facteurs favorisant le développement de maladies bactériennes, virales et fongiques ainsi que certains parasites mortels.

De plus, lorsqu'une larve en rencontre une autre (ou tout autre être vivant mobile), son instinct de défense l'incite à jouer des mandibules contre « l'agresseur ». Ainsi, lorsque la concentration des larves est importante, les blessures dues aux morsures ne sont pas rares et elles facilitent les infections.

Ainsi, cycle après cycle, les zones à forte concentration de vers blancs ont tendance à se délocaliser sur une même parcelle, ne se renouvelant pas (ou moins) sur les anciennes zones infestées où les prédateurs et maladies sont bien établis et où les ressources alimentaires sont dégradées (fig. 30 et 31) (Chessel D. et al., 1984).

4.2. Prédations naturelles

4.2.1. Vertébrés

Parmi les vertébrés prédateurs, il n'y en a aucun pour qui le hanneton (ver blanc et insecte adulte) ait une importance essentielle dans leur régime alimentaire. Les larves sont généralement des proies occasionnelles alors que les adultes constituent ponctuellement jusqu'à 95% du régime de certains animaux. Mais même s'ils représentent une véritable manne pour leurs prédateurs, leur présence étant périodique (lors des grands vols, 2 à 3 semaines tous les 3 ans), les prédateurs savent subvenir à leurs besoins en leur absence.

Les adultes sont des proies appréciées par de nombreux oiseaux insectivores comme le corbeau freux et l'étourneau, et lors de leurs vols crépusculaires, par la chouette chevêche et plusieurs espèces de chauve-souris (Kervyn, 2004).

Quant aux larves, dans le sol, elles ont comme prédateurs souterrains le campagnol, le mulot et la taupe avec un peu plus d'impact sur les populations pour les deux premiers.

Les prédateurs aériens ne sont pas moins redoutables et on peut citer les corbeaux freux et corneilles (fig. 32) qui se posent en grand nombre sur les prairies fortement touchées par les vers blancs, et bien entendu, le sanglier dont les fortes populations dans les Vosges n'hésitent pas à sortir régulièrement en milieu découvert pour labourer des parcelles entières à la recherche de larves (fig. 33).

Malheureusement, les plus grands consommateurs de larves (corbeau, campagnol et surtout sanglier) ont également un très fort potentiel de nuisibilité et le service rendu en débarrassant les prairies de leurs vers blancs est le plus souvent étouffé par les nombreux autres dégâts qu'ils occasionnent : destruction de la récolte, dégradation de la parcelle et ainsi encore plus de pertes quantitatives et qualitatives au niveau du fourrage et la nécessité de remettre en état.

D'autres vertébrés peuvent aussi être des prédateurs occasionnels : hérisson, grenouille, pie, huppe fasciée, vanneau huppé, alouette et autres oiseaux.

Parmi les animaux domestiques, les cochons peuvent bien évidemment se substituer aux sangliers. Les poules et autres galliformes sont friands des larves comme des adultes.

Enfin, l'anecdote nous ayant été citée plusieurs fois, certains chiens seraient de grands amateurs de vers blancs et n'hésiteraient pas à donner de la patte pour les débusquer.

4.2.2. Invertébrés

Le hanneton figurant déjà parmi les plus grands invertébrés des zones tempérées européennes, peu d'insectes prédateurs sont capables de s'attaquer à lui.

Et si l'union fait la force, certaines espèces de fourmis sont capables de s'attaquer aux vers blancs et de les dépecer (fig. 34). L'expérience l'a prouvé suite à un stockage de larves malencontreusement proche d'une fourmilière qui, en une seule nuit, a pratiquement éliminé la trentaine de vers blancs précédemment présents.

On peut néanmoins mentionner que lors d'une série de comptages sur une même parcelle infectée, un nombre significatif de larves d'une grande espèce de carabe a été relevé. Ces larves voraces étant prédatrices de gastéropodes et de lombrics, on peut émettre l'hypothèse qu'elles ne doivent pas non plus passer à côté des vers blancs se plaçant sur leur chemin.

Parmi les parasites des larves, on recense des nématodes (*Mermis sp.*) (fig. 35), une espèce de micro-guêpe de l'ordre des hyménoptères (*Tiphia femorata*) et quelques espèces de mouches de la famille des tachinaires (et notamment *Dexia rustica*). Ils se nourrissent des fluides présents dans le corps de la

larve. Et avant la nymphose, ils émergent du ver blanc en tant qu'insecte adulte ou expulsent leurs œufs hors de leur hôte (pour les nématodes). Par la suite, la larve meurt si elle ne l'est pas déjà. Cependant, le taux de parasitisme des vers blancs dépasse très rarement les 5%.

4.2.3. Microorganismes

Il s'agit là de protozoaires (*Polymastix melolontha*), de bactéries (*Pseudomonas*, *Bacillus*) et de champignons.

Parmi les champignons qualifiés d'entomopathogènes, les plus importants sont les *Beauveria* (*B. bassiana*, *B. brongniartii*) (fig. 36) formant une mycose blanche sur toute la surface de la larve et *Metarrhizium anisopliae*, agent responsable de la muscardine verte (Keller S. et Schweizer C., 2007). Ces champignons font l'objet d'expérimentations pour être utilisés en moyen de lutte biologique.

D'après certains spécialistes, si les chaleurs estivales après le vol et la nature du sol sont les principaux facteurs naturels de régression des populations de hannetons, certains cas de quasi-disparition de vers blancs s'expliquent mal par ces deux phénomènes et doivent être l'œuvre de maladies localement très implantées.

4.3. Méthodes de lutte

En ce qui concerne les méthodes de lutte, deux procédés peuvent être envisagés pour réduire ou éviter les dégâts :

- La lutte directe contre les larves par désinsectisation des sols des parcelles infestées. On cible alors directement les insectes là où les dégâts sont problématiques mais le fait de s'attaquer à des ravageurs souterrains engendre des difficultés techniques d'application et une efficacité aléatoire.
- La lutte indirecte contre les insectes adultes lorsqu'ils sont hors du sol. Il s'agit plutôt d'une action préventive à l'infestation et aux dégâts. Mais même si les moyens de lutte aériens sont généralement plus commodes, l'accessibilité aux cimes des arbres où les hannetons se nourrissent s'avère plus délicate qu'on ne le suppose.

4.3.1. Anciens moyens de lutte

Au Moyen-âge, les pullulations de hannetons étaient considérées comme des malédictions divines au même titre que les épidémies de peste ou à l'image biblique des nuages de criquets dévorant les récoltes, une des dix plaies d'Égypte. En effet, à cette époque où les récoltes étaient maigres et vitales à l'échelle locale, d'importants dégâts dus aux vers pouvaient engendrer des périodes de disette.

Ainsi, dans certains pays, les « moyens de lutte » religieux n'ont pas tardé à se faire entendre : processions, exorcismes et autres rituels furent utilisés avec foi et dévotion. En 1479, en Suisse, dans le canton de Vaud, suite à une importante pullulation, s'en était trop et l'évêque de Lausanne n'y est pas allé par quatre chemins : les hannetons sont jugés au tribunal de la ville et ont même le droit à un avocat (du canton voisin de Fribourg). La sentence est lourde : les ravageurs sont bannis, maudits et excommuniés (fig. 37) ! Ils ont cinq jours pour quitter le territoire de la Confédération. L'histoire ne dit pas si les malheureux insectes sont allés chercher leur salut dans d'autres contrées ou s'ils ont continué de hanter la région du lac Léman (Cherix D. et Freitag A., 2000).

Toujours est-il que les premières traces d'utilisation de moyens de lutte plus rationnels nous viennent également de Suisse. En 1664, le canton d'Uri instaura une mesure de lutte directe en adoptant un décret pour la collecte massive de hannetons et leur destruction (Cherix D. et Freitag A., 2000).

Jusqu'à l'arrivée des premiers insecticides de synthèse après la Deuxième Guerre Mondiale, le ramassage des vers blancs après un passage d'outil agricole (fig. 38) ou la collecte des insectes adultes

sur les arbres (fig. 39), appelée aussi hannetonage, ont été les deux seuls moyens de lutte en Suisse, en France et ailleurs en Europe (Hément F., 1889).

Dans certaines communes, les vers blancs ou les insectes adultes collectés étaient payés au poids par les municipalités. Au tout début du XX^{ème} siècle, des cultivateurs du canton de Gorrion (Mayenne) formèrent un syndicat pour la destruction des hannetons et de leurs larves. Dans les 11 communes du canton, 75 000 kilos de hannetons furent ramassés et payés en moyenne huit centimes (de franc de l'époque) pour un kilo. Le kilogramme compte environ 1 200 insectes, soit un total d'environ 90 millions de hannetons collectés. En résumé, le syndicat de Gorrion a dépensé 8 000 francs et réutilisé les cadavres des hannetons en tant qu'engrais. Suite à l'opération, il a été estimé que plus de deux millions de francs de récoltes auraient été préservés d'éventuels dégâts (de Lamarche C., 1907).

Plus généralement, le hannetonage et le ramassage des larves avaient des résultats assez aléatoires et les pourcentages d'insectes prélevés étaient souvent dérisoires vis-à-vis de la population totale.

Aussi, à cette époque, le ramassage des vers blancs dans les parcelles travaillées à la charrue ou à la herse était le travail des femmes et des enfants, une main d'œuvre gratuite. Le hannetonage des insectes adultes était lui aussi souvent réalisé par les écoliers avec des résultats insignifiants par rapport aux efforts déployés.

4.3.2. Lutte chimique

Avant la Seconde Guerre mondiale, la lutte chimique contre les insectes était dans ses balbutiements. Ainsi, les premiers traitements utilisés contre les hannetons ont été des composés arsenicaux (insectes adultes), le sulfure de carbone (gaz larvicide) et la naphthaline (répulsif aux femelles avant la ponte). Mais les techniques d'applications étaient souvent délicates, les résultats peu efficaces et l'utilisation à grande échelle trop onéreuse.

Ce n'est qu'à la suite de la découverte des insecticides de synthèse dans le milieu des années 40, que les techniques de lutte chimique se développèrent un peu plus. Ainsi, après des premiers essais de traitement au DDT sur adultes en Rhénanie en 1944, quelques opérations de traitement à l'aide d'avion ou de poudreuse au sol (fig. 40) eurent lieu en Allemagne, Autriche, France, Suisse et Tchécoslovaquie entre 1948 et 1952. Dans le département des Vosges, une opération de traitement des lisières de forêt au DDT, issus des stocks de guerre, eut lieu en 1949. Si l'efficacité du produit n'est pas à prouver, la mise en place des traitements nécessite des moyens techniques considérables.

A partir des années 60 : lindane, chlordane, aldrine, dieldrine, heptachlore, parathion et esters phosphoriques font partie de l'arsenal des traitements utilisables contre les hannetons adultes et les vers blancs.

Cependant ces insecticides de synthèse ont une forte toxicité non seulement pour les hannetons mais aussi pour tous les autres organismes du sol et des lisières de forêts. De plus, certains d'entre eux sont fortement rémanents.

Le dernier traitement chimique réalisé à grande échelle dans les Vosges a été réalisé en 1991 dans le secteur de Monthureux-sur-Saône – Les Thons. Ce sont du diméthoate et de la delta-métrine qui ont été déversés par avion sur 450 ha de lisières de forêt et de bois (fig. 41 et 42). Ces produits ont une très bonne efficacité sur hanneton adulte (Benker U. et Leuprecht B., 2007).

Les années 90 marquent aussi le retrait des produits phytosanitaires utilisables pour lutter contre les hannetons. En 2000, le traitement sur lisière de forêt est définitivement interdit et à l'heure actuelle, en 2011, aucun insecticide n'est homologué sur prairie en France (ACTA, 2011). Et il y a peu de chances pour que se produise un retour en arrière.

4.3.3. Lutte biologique

Si dans l'antiquité, les Egyptiens utilisaient déjà les chats comme raticide biologique, les premiers véritables essais de lutte biologique pour combattre des ravageurs de cultures datent de 1891. L'auxiliaire utilisé était un champignon entomopathogène et l'insecte ciblé était bel et bien le hanneton ou plutôt, sa larve.

Ainsi les travaux de Le Moult en 1891-92 ont été repris en 1922 avec des expérimentations en plein champ de traitement avec du *Beauveria*. Malheureusement, la biologie du champignon de même que l'écologie de l'hôte étaient trop mal connues et les résultats alternaient entre échecs et effets spectaculaires.

D'autres études et expérimentations ont repris dès 1950 en Pologne, en Suisse, en France (Hurpin B. et Robert P., 1972 ; Paris S. et Ferron P., 1979) et aux Etats-Unis (sur une espèce invasive de hanneton japonais, *Popillia japonica*). Différentes souches de bactéries et de champignons ont été isolées et notamment pour ces derniers, le *Beauveria sp.* et la *Metarrhizium anisopliae*.

Suite aux travaux de la station suisse de recherche en agriculture Agroscope à partir de 1976, un traitement biologique à base du champignon *Beauveria brongniartii* est mis sur le marché en 1991. Le *Beauveria* est un champignon entomopathogène naturellement présent en Europe qui provoque la mort des vers blancs et des insectes adultes en les mycosant (fig. 43). La souche sélectionnée est particulièrement virulente et a l'avantage d'être spécifique au hanneton commun *Melolontha melolontha*. Le champignon est inoculé sur des grains de blé ou d'orge stérilisés. Ces derniers sont ensuite appliqués dans le sol des prairies infectées à l'aide d'un semoir à semis direct. Le champignon pourrait se maintenir dans le sol plus d'une dizaine d'années (Enkerli J. et al., 2004). Ainsi, jusqu'à aujourd'hui, plus de 2 000 ha de prairie ont été traités et d'après une enquête, 90% des utilisateurs seraient satisfaits (Agroscope, 2006).

D'autres méthodes d'inoculation ont aussi été testées par l'application sur adultes par avion d'une solution à base de conidiospores du champignon (Jung K., 2007).

Dans le même sens, de nombreux chercheurs européens associés au sein de l'International Organisation for Biological Control (IOBC) ont formé un sous-groupe de travail sur les insectes ravageurs du sol, plus communément désigné par le nom évocateur de « Melolontha » (appartenance au groupe « Insect pathogens and entomoparasitic nematodes »). L'objectif de ce sous-groupe, coordonné par Siegfried Keller, est de favoriser les échanges de connaissances et de promouvoir la recherche en lutte biologique à l'aide de champignons entomopathogènes. Ils ont ainsi mené de nombreuses études sur le *Beauveria brongniartii* et ont montré à plusieurs reprises son efficacité (Klein M.G., 1988 ; Pozenel A. et Rot M., 2007 ; Ciornei C. et al., 2011). Cependant, le type de sol et la pluviométrie, en jouant sur l'hygrométrie du sol, peuvent avoir un impact sur l'installation du champignon qui craint les milieux trop secs (Krueger S.R. et al., 1991 ; Kessler P. et al., 2003).

On peut aussi citer le projet BIOPESCO (Biological Pest Control) mené par Hermann Strasser en collaboration avec d'autres chercheurs européens, s'intéressant au fonctionnement biologique de champignons entomopathogènes afin d'en améliorer l'utilisation en tant qu'outils de lutte contre les ravageurs du sol.

Malgré tout, après quelques années d'utilisation dans certains pays européens (Allemagne, Autriche, Italie), tous les produits composés de *Beauveria brongniartii* perdent leur autorisation de mise en marché au niveau de l'union européenne en mars 2009.

La Suisse reste ainsi le seul pays européen autorisant l'utilisation de produits biologiques (à base de *B. brongniartii*) pour lutter contre les hannetons.

A l'heure actuelle, même si des expérimentations de produits biologiques (*Beauveria brongniartii*, *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae*) sont réalisées avec le soutien des services de protection de végétaux de l'Etat (DRAAF-SRAL), les demandes d'autorisation de mise en marché nécessitent des procédures trop lourdes et coûteuses de la part des entreprises déposantes pour renseigner les différents éléments nécessaires au dossier et les retombées économiques de leur vente potentielle restent très limitées aux vues des surfaces infectées. Ainsi, certaines entreprises suisses se sont résignées à ne pas vendre leur produit biologique en U.E. et notamment en France.

Un autre point noir qui vient s'ajouter à l'utilisation de *Beauveria* en France est son prix : entre 400 et 600 €/ha, des sommes à verser trop importantes pour le secteur de la production herbagère mais tout de même envisageables pour les cultures à plus forte valeur ajoutée (pommes de terre, petits fruits).

4.3.4. Piégeage et filets de protection

A l'heure actuelle, différentes méthodes de piégeage ont été testées mais n'ont toujours pas prouvé leur efficacité.

L'utilisation de phéromones sexuelles et de substances volatiles attractives (alcools libérés par les feuilles lorsqu'elles sont consommées) sur les insectes adultes a été testée en 2003 dans le secteur des Thons (88) par le chercheur allemand Andreas Reinecke. Mais si l'action attractive de ces substances était avérée, le pourcentage d'insectes capturés était relativement faible vis-à-vis de la population présente sur la zone de piégeage (fig. 44) (Reinecke A., 2005).

Le piégeage lumineux à l'aide d'ampoule à rayons ultra-violet a été une des pistes de l'étude menée en 2011 dans les Vosges. L'idée est venue d'un constat d'attractivité de certains lampadaires sur les adultes et par la fabrication artisanale d'un piège à l'aide de néons UV (fig. 45) par un particulier mosellan (secteur du Warndt). Cet outil de piégeage n'a pas pu être testé en 2011 car l'année ne correspondait pas à une année de vol. Cependant, après une étude plus poussée sur le vol de l'espèce dans la bibliographie scientifique, les mécanismes régissant l'orientation des insectes sont assez complexes et remettent en question l'efficacité d'un tel dispositif (Couturier A. et Robert P., 1956 ; Robert P. et Couturier A., 1973). Le piège lumineux devrait tout de même être testé en 2012.

Si les systèmes de piégeages par attraction olfactive ou lumineuse ne permettent de capturer qu'une faible proportion de hannetons par rapport à la population présente, des chercheurs allemands (Koller R. et al., 2005) ont eu l'idée d'associer une de ces techniques (le piégeage par phéromones) avec une contamination au *Beauveria brongniartii*. Les hannetons mâles piégés dans des cages sont mis en contact avec les spores du champignon et lorsqu'ils repartent dans une autre cage contenant des femelles, ils les contaminent à leur tour en s'accouplant. Cette étude mérite d'être poursuivie et notamment pour savoir si les femelles contaminées ont le temps d'aller pondre et si elles transmettent également le champignon à leurs œufs.

A l'inverse des mécanismes de capture, les filets de protection visent à exclure les insectes adultes des zones où ils pourraient nuire. Ainsi, des filets à maillage fin sont parfois appliqués sur des arbres fruitiers ou sur des cultures maraîchères (Keller S. et Brenner H., 2005).

4.3.5. Lutte mécanique

Le travail mécanique du sol est à l'heure actuelle le seul moyen curatif de lutte utilisable contre les vers blancs. Son efficacité provient de l'écrasement, des chocs ou de la remontée en surface des larves au passage de l'outil. A l'air libre, elles sont soumises à une déshydratation rapide (fig. 46) sous les rayons du soleil et sont également à la merci des prédateurs (corbeaux et oiseaux divers). Les larves choquées ou abimées en terre sont quant à elles affaiblies et plus sensibles aux maladies.

La lutte mécanique permet aussi de remettre en état un couvert dégradé que les mauvaises herbes auraient tendance à envahir (fig. 47 et 48). Il est en général suivi d'un ressemis.

4.3.5.1. Réglementation

Si on peut comprendre que, pour des raisons de sécurité alimentaire et environnementale, l'utilisation de produits phytosanitaires (d'origine chimique ou biologique) soit très réglementée, l'utilisation de moyens de lutte mécaniques s'avère elle aussi soumise à une réglementation particulière.

En effet, le cahier des charges spécifique aux surfaces de prairies recevant des subventions de l'Union Européenne, et en particulier les primes herbagères agroenvironnementales (PHAE 2), mentionne un droit réglementé en termes de travaux mécaniques du sol. Et ceci dans l'objectif de préserver des surfaces de prairies naturelles et d'éviter une reconversion de ces surfaces en prairies temporaires.

Ainsi, pour pouvoir labourer à la charrue suite à des dégâts de vers blancs, les agriculteurs engagés en PHAE 2 doivent préalablement contacter la Direction Départementale des Territoires pour obtenir un formulaire de demande de dérogation à l'interdiction au labour suite à dégâts de ravageurs. En complément de ce formulaire, ils doivent demander un constat de dégâts réalisé par un expert (dans le département des Vosges, le GDEC est compétent pour constater les dégâts de vers blancs et en attester à la DDT). Le formulaire et le constat de dégâts doivent être retournés à la DDT pour obtenir la dérogation.

Si l'agriculteur souhaite réaliser un travail superficiel du sol (herse rotative, herse étrille, déchaumeur, cultivateur, chisel...) pour remettre en état sa parcelle suite aux dégâts, il n'est pas obligé de faire une demande de dérogation.

Bien entendu, que ce soit suite à un labour ou un travail superficiel, l'agriculteur est obligé de ressemer la parcelle avec des espèces fourragères de prairie. Et dans les deux cas, il est conseillé de prendre quelques photos pour attester l'étendue des dégâts en cas de contrôle.

Dans le cas d'une parcelle engagée en Natura 2000, il faut se référer au cahier des charges correspondant.

4.3.5.2. Travail du sol profond

Par travail du sol profond, on entend labour à la charrue. L'utilisation du labour permet d'atteindre les larves plus en profondeur (25-30 cm) lorsqu'elles sont en période de repos. Mais même en descendant à 30 cm de profondeur, certains vers blancs seront enfouis plus profondément si la nature du sol le leur permet. Ainsi, il est préférable d'utiliser le labour lorsque les larves sont en surfaces.

Toutefois, le labour est une méthode de travail du sol relativement coûteuse (énergie, temps) par comparaison aux travaux du sol superficiels et elle n'est à privilégier que si l'intervention est réalisée tardivement (lorsque les larves redescendent hiberner en fin septembre) ou au début du printemps (lorsque les larves remontent, en avril). Aussi, cette technique est sans doute à conseiller pour les parcelles ayant des sols lourds ou compactés.

Certaines sources (BIPESCO, 2005) donnent une efficacité de 70 à 90 % pour un labour sur jeunes larves (soit l'année du vol) et de 10 à 50 % sur des larves de stades avancés (année des dégâts et année suivante).

4.3.5.3. Travail du sol superficiel

Par travail superficiel, on entend utilisation de tout outil agricole autre que la charrue et travaillant le sol dans les 5 à 15 premiers centimètres. On peut citer parmi ces outils : la herse rotative (fig. 50), la herse étrille, le déchaumeur à disques (ou cover crop) (fig. 49), le déchaumeur à dents, le cultivateur, le chisel, le rotavator... Pour avoir un effet curatif sur la population de vers blancs, il faut que le passage de l'outil soit réalisé lorsque les larves sont en surface, soit avant le début du mois de septembre pour l'année des dégâts ou entre la fin avril et le début juin pour l'année suivante. Il faut aussi raisonner en fonction des dates conseillées pour les semis de prairies (par exemple : avant fin août pour le département des Vosges).

Parmi les différents outils, le niveau d'efficacité peut être variable mais il est généralement compris entre 60 et 95% (Benker U. et Leuprecht B., 2005 ; Strasser, 2005) permettant ainsi à la parcelle de retomber sous le seuil de nuisibilité. Aussi les combinaisons d'outils les plus couramment utilisés et donnant les résultats les plus satisfaisants sont les déchaumeurs à dents, à pates d'oie ou à disques (cover crop) suivi d'un ou deux passages à la herse rotative. Certains agriculteurs n'hésitent pas à faire plusieurs passages de déchaumeur. L'utilisation répétée de plusieurs outils pour lutter contre les larves n'est pas forcément nécessaire pour passer sous le seuil de nuisibilité mais ces travaux ont aussi une

fonction de remise à niveau du sol, surtout s'il y a eu des dégâts de sangliers. Les passages de rouleaux ont plus une fonction de préparation du lit de semences et de tassement suite au semis.

Certaines expérimentations (BIPESCO, 2005) donnent les efficacités suivantes en termes de lutte contre les vers blancs :

- herse rotative : 63%
- rotavator : 78%
- labour + herse : 67-90%
- herse rotative (2 passages) : 95%

Pour maximiser l'efficacité du traitement mécanique, il est important de travailler le sol lors de journées ensoleillées et chaudes. Ainsi, les larves sont d'autant plus soumises à la déshydratation.

4.3.5.4. Travail d'entretien du couvert

D'autres outils se sont révélés avoir un intérêt en termes de lutte directe contre les larves mais ayant une action préventive vis-à-vis des dégâts qu'elles provoquent. En effet, les outils de scarification des couverts de prairie (herse de prairie) (fig. 51), en enfonçant leurs dents ou leurs lames sur les 3 à 10 premiers centimètres (fig. 52) peuvent avoir un effet sur les œufs et les larves si le traitement a lieu pendant la bonne période (juin à août en année de vol, mai à septembre l'année suivante et fin avril à début juin deux années après).

Certaines prairies ainsi traitées se sont montrées moins touchées que les parcelles voisines non traitées. Ces constats ont aussi été approuvés par l'expérimentation en 2011 sur une parcelle vosgienne où le traitement à la herse de prairie (A-Airsol) a montré 80% d'efficacité par rapport au témoin et a permis de passer en dessous du seuil de nuisibilité.

4.3.5.5. Compaction

En marge des autres moyens de lutte mécanique, la compaction à l'aide de rouleaux de 2,5 tonnes remplis d'eau est une méthode larvicide testée en Nouvelle-Zélande sur une espèce proche du hanneton commun. Un passage serait nécessaire au moment de la ponte et un second après l'éclosion des jeunes larves. Son efficacité serait très satisfaisante (88% de mortalité) mais sa mise en place s'avère peu évidente sur les parcelles pentues. La structure du sol suite au traitement ne doit pas ressortir améliorée, bien au contraire. (Duval J., 2003)

4.3.6. Méthodes culturales

Indépendamment de toute volonté de lutte, certaines pratiques culturales peuvent avoir un effet sur les populations de hannetons. D'autres en revanche, n'ont pas la faculté de faire diminuer le nombre de hannetons d'une parcelle mais permettent cependant de limiter les pertes de rendements.

4.3.6.1. Ressemis

Bien évidemment, une rotation des cultures serait un point clé pour faire diminuer les populations. Par exemple, suite à une prairie, cultiver deux ou trois années de suite une céréale ou une autre culture annuelle puis ressemer en prairie. L'utilisation potentielle de travaux mécaniques du sol et d'insecticides sur les cultures seraient des moyens de lutte à action directe sur les larves alors que le choix de la culture suivant la prairie, de préférence une céréale, leur limiterait la valeur qualitative de leur source d'alimentation (les racines). En effet, comme nous avons pu le voir dans le paragraphe sur l'alimentation des larves, si les graminées, et par conséquent les céréales (en particulier l'avoine), constituent l'intégralité de leurs ressources alimentaires, alors cette nourriture non « équilibrée » provoque un retard de croissance et un affaiblissement général.

Malheureusement, les engagements en primes à l'herbe (PHAE 2) ne permettent pas de transformer des surfaces engagées en prairies naturelles en cultures ou même en prairies temporaires. Aussi, certains agriculteurs ont une activité essentiellement herbagère et n'ont pas le matériel nécessaire à la culture des céréales. S'ajoutent à cela des contraintes pédologiques (sols acides, rocheux, séchant) et climatiques (parcelle inondable, altitude) ne permettant pas autre chose que la prairie permanente.

Cependant, si la rotation n'est pas permise ou possible, suite à un travail mécanique du sol, l'agriculteur est en général obligé de ressemer sa parcelle (fig. 53 et 54). Et sans le savoir, en ressemant des graminées (ou même un mélange graminées – légumineuses), il va fortement diminuer la diversité floristique de sa parcelle et comme pour la rotation, limiter la valeur qualitative de la source d'alimentation des larves et potentiellement, les « affaiblir ».

Le semis doit se faire de préférence avant fin août (de l'année des dégâts) pour une reprise suffisante pour pouvoir supporter l'hiver, ou alors au début du printemps (en cas de travaux mécaniques au printemps).

Enfin, une autre pratique culturelle anecdotique a été remarquée en Belgique comme ayant un impact (non intentionnel) sur les populations de hannetons : il s'agit de la plantation forestière de bandes d'épicéas le long des lisières de forêt en bordure de prairie. Les hannetons adultes ne consomment pas les aiguilles des résineux persistants et les pessières forment des barrières d'accès aux feuillus de la forêt. Le vol préalimentaire des insectes adultes est alors perturbé (Kervyn, 2004).

4.3.6.2. Fertilisation

La fertilisation des prairies, qu'elle soit organique ou minérale, a comme intérêt d'accélérer la croissance de l'herbe, d'augmenter les rendements de production et de fortifier le couvert vis-à-vis d'éventuels ravageurs, notamment les attaques des insectes du sol.

Ainsi, dans des problématiques d'attaques de vers blancs et de baisse des volumes de fourrage récolté, une bonne fertilisation est essentielle.

Parmi les rôles joués par les principaux éléments fertilisants, l'azote est un facteur de croissance végétative, le phosphore contribue au développement des racines et le potassium facilite la régulation de l'économie d'eau et la résistance vis-à-vis des agressions des ravageurs et du climat.

En effet, un couvert herbager bien nourri peut faire face plus facilement à une attaque de vers blancs qu'un couvert faiblement amendé. Aussi, suite à une forte attaque, une bonne fertilisation peut permettre une meilleure reprise.

Enfin, les femelles hanneton préfèrent pondre dans les endroits où la végétation est peu développée. Alors, en année de vol, il est conseillé d'ajuster la fertilisation pour avoir un couvert épais et dense et ainsi, gêner leur progression et limiter les pontes sans pour autant favoriser la verse (en lien avec la préconisation de fauche tardive du paragraphe 4.3.6.3.).

Ainsi, la fertilisation des prairies infestée est essentielle :

- en année de vol : pour gêner la ponte (pas trop importante si fauche tardive)
- en année de dégâts : pour fortifier les plantes et optimiser le potentiel de production
- en dernière année de cycle : pour faciliter la reprise du couvert herbager

4.3.6.3. Dates de première fauche

Tardive avant vol

Dans la même logique que le paragraphe précédent, en fauchant tardivement en année de vol, c'est-à-dire, plutôt fin mai – début juin (ou du moins après le vol), le couvert herbager est haut et dense et ne facilite pas la progression des femelles pour aller pondre. Ces dernières préfèrent la végétation basse

pour y déposer leurs œufs. Aussi, une végétation courte se réchauffe beaucoup plus rapidement, profitant ainsi aux femelles (Horner M., 2005).

Une première fauche tardive occasionnelle peut permettre au couvert de monter à graines. Les semences ainsi produites permettent d'enrichir la réserve de graines du sol. Suite à d'éventuels dégâts l'année suivante, les plantes mortes peuvent être remplacées plus facilement par les semences prêtes à germer et cela facilite le renouvellement du couvert (surtout si l'agriculteur ne souhaite pas travailler mécaniquement sa parcelle).

Attention, si on choisit volontairement dans cette optique de laisser monter à graines son couvert, il est nécessaire que celui-ci soit composé d'espèces fourragères intéressantes et soit peu envahi de plantes indésirables (chardons, carottes sauvages, laitérons...). En effet, ces dernières produiront elles aussi une grande quantité de graines et leur caractère invasif ne sera qu'encouragé. En plus, leurs racines ont des qualités nutritives intéressantes pour les vers blancs, favorisant ainsi leur développement.

Précoce avant dégâts

Suite à une enquête agricole réalisée en zone infestée en 2011 dans le cadre de la bourse d'étude, nous avons été surpris de voir que la date de fauche pouvait avoir un impact sur la proportion des pertes de fourrage.

En effet, en relevant les pratiques culturales des agriculteurs, nous nous sommes intéressés aux dates habituelles de première fauche que nous avons comparées aux pertes de matière sèche lors d'une année à forte pression de vers blancs (rendements moyens en année normale ou 2009 – rendements moyens en année à dégâts ou 2010).

Nous avons ainsi montré la tendance suivante : plus la date de première fauche est précoce et moins il y aura de pertes de fourrage (fig. 55).

Et si en année normale, ceux qui pratiquent une première fauche précoce (1^{ère} quinzaine de mai) récoltent en moyenne moins de foin à l'année que ceux qui pratiquent des premières fauches plus tardives (du 16 mai au 15 juin), en année à dégâts de vers blancs, la tendance est inversée et plus la première fauche est précoce, plus les rendements des deux coupes sont élevés.

Les principaux écarts de production se remarquent en 2^{ème} coupe où les agriculteurs qui avaient fait leur première coupe début mai récoltent en moyenne 1,8 tonne de matière sèche à l'hectare contre moins de 0,5 tMS/ha par les autres.

Sur le total des deux coupes, les agriculteurs fauchant la première quinzaine de mai récoltent en moyenne 4,8 tMS/ha contre un peu moins de 4 tMS/ha pour la deuxième quinzaine de mai et moins de 3 tMS/ha pour ceux fauchant en juin.

NB : pour les trois graphiques de quantités, les rendements moyens de première coupe ajoutés aux rendements moyens de deuxième coupe ne sont pas toujours égaux aux rendements moyens des deux coupes. Cela provient des données d'enquêtes où pour certains agriculteurs, seule la première coupe était pratiquée (la parcelle étant pâturée par la suite) ou pour d'autres, seul le rendement global des deux coupes pouvait nous être fourni (sans le détail par coupe). Et par manque de données, nous avons préféré utiliser le maximum de réponses fiables qui nous étaient données.

Ainsi, suite à l'année de vol (et donc en année de dégâts), il est conseillé de pratiquer une première fauche précoce (début mai). Pour l'année suivante, les dégâts de vers blancs étant beaucoup moins marqués, une fauche précoce n'est pas nécessairement obligatoire, et notamment si le couvert a été abimé et qu'il a une reprise de croissance un peu retardée.

Mais comment expliquer cet effet « date de première fauche » sur le rendement ?

(Voici une hypothèse basée sur des déductions logiques)

Comme tous les végétaux, les plantes de prairie ont besoin d'une proportion racines/feuilles équilibrée pour que les racines puissent subvenir aux besoins en eau (et en éléments minéraux) des feuilles.

Ainsi, si la proportion de feuilles est trop importante par rapport à la proportion de racines, les feuilles évaporent plus d'eau que les racines ne peuvent en absorber dans le sol et la plante est soumise à un dessèchement partiel ou total (fig. 56).

En fauchant tôt en saison, on diminue la partie aérienne des plantes de prairies au moment même où les vers blancs commencent à consommer les racines. Ainsi, même si les racines sont attaquées, le peu qui reste est plus ou moins capable de subvenir aux besoins en eau des feuilles coupées court.

Par contre, en fauchant tardivement, la proportion de feuilles devient trop importante par rapport à la proportion réduite de racines. Les racines attaquées ne sont plus capables d'absorber assez d'eau par rapport à ce que les feuilles perdent par évapo-transpiration. Ceci provoque un dessèchement important des plantes pouvant aller jusqu'à la mort.

Ainsi, plus la fauche est précoce, moins les plantes souffrent des attaques de vers blancs.

Au contraire, plus la fauche est tardive, plus il y a de mortalité au sein de couvert herbager et plus la repousse est compromise.

Ainsi, en fauchant tôt en année à forte pression de vers blancs, les récoltes de fourrage sont plus importantes et on garantit une certaine pérennité du couvert.

NB : Pour les parcelles contractualisées en Natura 2000, certains cahiers des charges autorisent une fauche précoce pour un certain pourcentage de la surface fourragère d'une même exploitation. Il est donc intéressant de se renseigner sur les possibilités autorisées dans le cadre de ces mesures agro-environnementales.

4.3.6.4. Pâturage

S'il est plus difficile d'estimer les pertes de fourrage en prairie pâturée par rapport aux prairies de fauche, de nombreux dires d'agriculteurs s'accordent sur le fait que les pâtures ont moins de dégâts apparents que les prairies de fauche.

Maintien d'un système aérien court

Dans le même sens qu'une fauche précoce, le pâturage permet au couvert herbager de garder un système aérien court. Donc, en cas d'attaque racinaire, les plantes ayant des difficultés à absorber l'eau du sol, ont moins de pertes d'eau par transpiration au niveau des feuilles. Ainsi, l'herbe se dessèche moins et a plus de facilités pour se maintenir en vie.

Piétinement

Aussi, le piétinement aurait un rôle mécanique sur les larves. La pression exercée sur le sol par le poids des animaux au niveau des sabots serait responsable d'une certaine mortalité au sein des populations de vers blancs.

Mais pour l'instant, aucune étude rigoureuse n'a pu être mise en place pour tester expérimentalement l'effet pâturage et pour déterminer les différences de rendements avec cette pratique culturale.

4.3.7. Préconisations générales sur les méthodes de lutte

Ainsi, l'ensemble des moyens de lutte mécanique et les pratiques culturales permettant de limiter les pertes sont synthétisés sous forme de préconisations dans la figure 57 et le tableau suivant.

BILAN PRECONISATIONS	Vol + L1 2012, 2015, 2018	L2 (dégâts) 2013, 2016, 2019	L3 2014, 2017, 2020
Date de 1^{ère} fauche (ou mise à l'herbe)	Tardive (juin, après vol) <i>Freiner la ponte</i> <i>Laisser monter à graine</i>	Précoce (début mai) <i>Préserver le couvert</i> <i>du dessèchement</i>	Pratiques habituelles
Fertilisation	Faible <i>Car fauche tardive</i>	Importante <i>Fortifier le couvert</i> <i>Limiter les pertes</i>	Pratiques habituelles
Scarification	Début septembre <i>Avant la descente des larves</i>	Début septembre <i>Avant la descente des larves</i>	Pratiques habituelles
Travail mécanique (Remise en état)	/	Juillet – août (par temps chaud) <i>Détruire un maximum de larves</i>	(possible début avril)
Ressemis	/	Mi-août <i>Avoir un couvert suffisamment</i> <i>développé avant l'hiver</i>	(possible début avril)

Aussi, parmi la liste de préconisations, il est important d'en relativiser l'utilité vis-à-vis :

- des objectifs de production (intensif, extensif)
- du mode de conduite (conventionnel, biologique)
- du potentiel et de l'intérêt de la parcelle (faible potentiel, parcelle éloignée)
- d'engagements agro-environnementaux (PHAE 2, Natura 2000)

Ainsi, les conseils ci-dessus sont proposés de manière globale.

Aussi, les différentes pratiques culturales préconisées sont établies en fonction des années du cycle majoritaire dans les Vosges. Si vous êtes dans une zone à cycle décalé, il faut réajuster les années.

5. Actions menées pour lutter contre les vers blancs en Lorraine

5.1. Traitements et expérimentations (1945-2010)

5.1.1. Historique 1945 - 2000

1947 : dégâts très importants sur prairie (larves en stade L2)

1949 : grand vol, **traitement au DDT**

1974 : dégâts très importants (L2)

1977 : dégâts très importants (L2)

1986 : dégâts très importants (L2)

1989 : dégâts très importants (L2)

1991 : grand vol, **traitement par avion** (delta-métrine et dimétoate) sur 450 ha : Les Thons

1998 : dégâts très importants (L2)

2000 : grand vol, mais **interdiction de traiter** les adultes (aucun produit homologué)

5.1.2. Essai à Martinville (FREDON - 2002)

2002 (année du cycle : L3), mise en place de l'essai

Modalités :

- mécanique : rotavator
- chimique : Volaton 5
- chimique : Carbofuran
- biologique : Melocont – *Beauveria brongniartii*
- biologique : Schweizer – *Beauveria brongniartii*

➔ Résultats peu significatifs

2003 (vol + L1)

- 2ème traitement biologique de Melocont (mais dans de mauvaises conditions)

➔ Résultats peu significatifs

2004 (L2)

➔ 48% d'efficacité pour les traitements Melocont, Volaton 5 et rotavator.

Analyses de sol : présence de *Beauveria bassiana* dans toutes les modalités y compris témoin (champignon endémique). *Beauveria brongniartii* bien présent dans les modalités où il a été appliqué

5.1.3. Existence d'un comité de pilotage « hannetons » en 2005

Participants : GDEC Vosges, FREDON Lorraine, SRPV Lorraine, CDA 88, INRA Mirecourt, FDSEA Vosges

4 projets proposés :

- poursuite essai «Martinville »
- Cartographie précise des zones infestées
- Nouvel essai : comparaison de méthodes chimiques, biologiques et mécaniques sur 5 parcelles différentes dans les Vosges
- Monter un dossier de demande d'AMM pour le Melocont

Septembre 2005 : La FREDON a contacté Agrifutur pour les inciter à déposer une demande d'homologation pour Melocont, en leur signalant que leur demande serait appuyée par Jean-Claude Mallet (DGAL) et Pierre Taupin (Arvalis).

La sollicitation est restée sans réponse et à l'heure actuelle, Agrifutur ne produit plus de Meloncont.

5.1.4. Essai à Landaville (GDEC, FREDON - 2006)

2006 (vol + L1), mise en place de l'essai
Modalité : *Beauveria brongniartii*

2007 (L2)

→ 73% d'efficacité mais faible infestation

(1,8 larves/m² en zone traitée contre 6,7 larves/m² dans le témoin non traité)

5.1.5. Essai à Maupotel (GDEC, FREDON - 2008)

2008 (L3), mise en place de l'essai

Modalité : *Beauveria brongniartii*

Infestation initiale faible : 7,4 L/m²

2009 (vol + L1)

→ 40% d'efficacité

(témoin : 23,5 L/m², traité : 14 L/m²)

2010 (L2)

→ 36% d'efficacité

(témoin : 25 L/m², traité : 16 L/m²)

2011

→ 33% d'efficacité mais très faible infestation

(témoin : 6,5 L/m², traité : 3,5 L/m²)

Infestation trop faible pour montrer un effet significatif du traitement

5.1.6. Essai à Harol (FREDON - 2010)

2010 (L2), mise en place de l'essai

Modalités :

- *Beauveria bassiana*
- *Metarhizium anisopliae*

Infestation initiale : 60 L/m²

→ 0% d'efficacité 2 mois après traitement

Analyses de sol : *B. bassiana* est retrouvé dans la zone traitée (pas dans le témoin), *Metarhizium anisopliae* n'est pas retrouvé dans sa zone de traitement (ni dans le témoin).

2011 (L3)

Dégâts de sangliers sur toute la partie traitée

→ 0% d'efficacité avec une forte hétérogénéité au sein des différents comptages.

(18 L/m² dans les zones de traitement et le témoin)

5.2. Bourse d'expérimentation 2011

Dans le cadre de la bourse d'expérimentation 2011, plusieurs grandes actions ont été menées. Nous vous exposons ainsi dans cette partie les principaux travaux réalisés et les différentes contraintes et limites rencontrées au cours des neuf mois d'étude.

5.2.1. Recherches bibliographiques

Dans tout type d'étude, il est toujours important de débiter son travail en recherchant ce qui a été fait avant et ce qui a été fait (ou est fait) ailleurs. Ainsi, dans le cadre de la bourse d'expérimentation, un travail important de recherche bibliographique a été mis en place.

Que ce soit par des articles techniques ou de la littérature scientifique, plus de soixante-dix références ont été relevées. Les thèmes traités y sont très variés : de la biologie du hanneton (et insectes proches) aux méthodes de lutte.

Les résultats de ces recherches sont recensés dans une base de données informatiques associant références bibliographiques et si possible, texte intégral (site internet, pdf).

5.2.2. Expérimentations

L'objectif de la mise en place d'essais expérimentaux était d'avoir plus de références sur l'efficacité de certaines méthodes de lutte (autorisées ou non) et potentiellement, d'avoir quelques informations sur le mode de vie des hannetons.

5.2.2.1. Essai du Val-d'Ajol

L'essai du Val-d'Ajol est une expérimentation menée en collaboration avec la FREDON Lorraine et le SRAL (DRAAF).

L'objectif était de comparer l'efficacité de différentes méthodes de lutte :

- biologique : *Beauveria bassiana*
- biologique : *Beauveria brongniartii*
- chimique : Dursban 5G (chlorpyrifos-ethyl)
- mécanique : herse de prairie A-Airsol

Malgré l'existence de certains biais, les résultats sont tout de même intéressants : on constate ainsi que le traitement mécanique apporte 83% d'efficacité contre 72% pour le traitement chimique et 15 à 66% pour les traitements biologiques.

Ainsi, ces résultats sont encourageants par rapport à l'utilisation de la herse de prairie et d'autres essais méritent d'être mis en place pour les confirmer.

Le déroulement de l'expérimentation, les résultats, les conclusions et les préconisations pour poursuivre l'étude sont plus amplement détaillés dans le compte-rendu d'expérimentation joint en annexe du rapport.

5.2.2.2. Essai Semis

Cet essai a été mis en place à Epinal derrière les locaux du GDS. L'objectif est d'étudier le comportement de différents couverts vis-à-vis d'une infestation maîtrisée en vers blancs.

Ainsi, sur plusieurs microparcelles, différentes espèces et mélanges ont été implantés cette année :

- Ray-grass anglais, *Lolium perenne*, var. Barmilka
- Fétuque élevée, *Festuca arundinacea*, var. Barolex
- Fétuque des prés, *Festuca pratensis*, var. Pradel
- Fléole des prés, *Phleum pratense*, var. Barfleo
- Dactyle aggloméré, *Dactylis glomerata*, var. Lumont
- Trèfle blanc, *Trifolium repens*, var. Avalon
- Trèfle violet, *Trifolium pratense*, var. Barfiola
- Luzerne, *Medicago sativa*, var. Alfa
- Mélange 1 : graminées, nom commercial Super + Mixte
- Mélange 2 : graminées et légumineuses, nom commercial Prairie Multiflore

L'année prochaine (2012), une inoculation maîtrisée de vers blancs aura lieu à partir de femelles fécondées prêtes à pondre.

Différents critères seront étudiés dont notamment la production de matière sèche.

On en déduira ainsi la « résistance » aux attaques de vers blancs pour chaque couvert et les espèces les plus productives en cas d'infestation dans le but d'établir des préconisations de semis auprès des agriculteurs.

Au delà des informations de rendement, certains critères biologiques propres au hanneton pourront être étudiés en parallèle comme ses « préférences » alimentaires, les plantes lui étant le plus profitables ou encore, les distances de déplacement potentiel des larves en fonction du temps.

Le déroulement de l'expérimentation et les préconisations pour poursuivre l'étude sont plus amplement détaillés dans le compte-rendu d'expérimentation joint en annexe du rapport.

5.2.2.3. Piégeage lumineux

Parmi les pistes d'étude pour de nouveaux moyens de lutte, le piégeage lumineux est apparu au départ comme une méthode qui méritait d'être étudiée.

Suite à quelques difficultés, le dispositif de piégeage n'a pu être testé cette année et après réflexion, cette méthode apparaît comme difficile à mettre en place et à généraliser dans le cas d'une lutte à grande échelle en prairie.

Cependant, si l'étude du piégeage lumineux en tant que méthode de lutte n'apparaît plus comme prioritaire, l'outil ne perd pas son intérêt pour permettre de capturer des individus de hannetons. Et en effet, il sera utilisé dans le cadre de l'essai semis pour capturer les femelles fécondées.

Le protocole de départ et les préconisations d'utilisation du piège sont plus amplement détaillés dans le compte-rendu d'expérimentation joint en annexe du rapport.

5.2.3. Enquête auprès des agriculteurs

Certaines données ne pouvant pas être obtenues expérimentalement en 2011 (année du cycle non propice), il a été choisi de récupérer ces informations par l'intermédiaire d'une enquête réalisée auprès d'agriculteurs ayant signalé des dégâts de vers blancs sur leurs parcelles les années précédentes.

Cinquante agriculteurs ont ainsi été questionnés (par rendez-vous ou téléphone) sur leurs pratiques culturales, sur les pertes de production, la situation géo-climatique des parcelles touchées et l'efficacité de la lutte mécanique.

Les objectifs de cette enquête étaient de chercher des corrélations entre présence de vers blancs et différents facteurs (type de sol, pratiques culturales, fertilisation), d'établir un constat sur les pertes potentielles de production (quantitatives, qualitatives, financières) et de recueillir les témoignages des agriculteurs.

Parmi les différents facteurs environnementaux, aucune corrélation spécifique n'a été relevée.

Et même contrairement à une idée reçue, les hannetons se sont révélés être présents dans tous les types de sol : sableux, limoneux ou argileux, acide ou calcaire, profond, superficiel ou caillouteux, séchant ou hydromorphe. Cependant, les dégâts s'exprimeront d'autant plus rapidement en sols séchants, sableux, drainés...

Au niveau des différents types de fertilisations et des doses, aucun lien n'a pu être mis en évidence du fait de la diversité des possibilités par rapport à la taille de l'échantillon.

Par contre, il a été montré que la date de première exploitation (fauche ou mise en pâture) avait un effet sur la production de matière sèche récoltée. Plus la date de première exploitation est précoce, moins ils y a de pertes de production en année de dégâts par rapport à une année normale de production. Pour expliquer ce constat, l'hypothèse de l'équilibre du ratio racines-feuilles (expliquée précédemment dans le rapport) a été avancée.

Au niveau de l'estimation des pertes, parmi les 50 enquêtés, la perte moyenne de fourrage était de 3,4 tonnes de matière sèche par hectare en 2010 soit une baisse moyenne de 52 % par rapport à la production de 2009. En moyenne, chaque exploitation avait une quinzaine d'hectares touchés. En estimant les pertes financières à 360 €/ha, la perte financière s'évaluait à 5 400 € par exploitation. Pour ceux qui avaient dû racheter du fourrage suite aux pertes de production, la perte financière totale s'évaluait en moyenne à 7 400 €.

Ces résultats mériteraient d'être confirmés et approfondis par de nouvelles enquêtes et avec des échantillons plus grands lors des futurs cycles de l'insecte.

Le questionnaire d'enquête est joint en annexe du rapport.

5.2.4. Rédaction de documents de communication

Dans la mission de la bourse d'expérimentation figurait bien évidemment une partie communication. Ainsi, suite aux actions menées, les résultats devaient être communiqués sous forme d'un rapport d'étude et de fiches techniques.

Ces documents sont destinés à être mis en ligne sur le net et distribués librement.

5.2.4.1. Rapport d'étude

Le présent rapport d'étude est le document expliquant le contexte de mise en place de cette bourse d'étude et synthétisant les informations importantes relevées dans la bibliographie, les résultats d'enquête et d'expérimentations.

Ce document est à destination du principal organisme financeur de la bourse : le Conseil Régional de Lorraine, des deux organismes de maîtrise d'œuvre : le Groupement de Défense contre les Ennemis des Cultures des Vosges et la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine, des organismes collaborateurs, des agriculteurs et de toute autre personne intéressée par le sujet.

5.2.4.2. Fiches techniques

Une quinzaine de fiches techniques ont été rédigées. Elles renseignent certains points essentiels de la biologie du hanneton ou mettent en avant les différentes pratiques permettant de limiter les dégâts. Elles sont destinées dans un premier temps aux agriculteurs concernés par le problème « hanneton ». L'objectif est ainsi de leur exposer les différentes préconisations ressortant de l'étude.

Les fiches techniques sont jointes en annexe du rapport.

5.2.5. Contraintes et limites rencontrées

La principale difficulté rencontrée au cours de l'étude était en fait l'année même (2011) où a été positionnée la bourse. En effet, en 2011, le cycle majoritaire du hanneton correspondait à l'année des larves L3 et de la nymphose. C'est l'année la moins propice pour réaliser des expérimentations sur larves car d'une part, elles sont déjà moins nombreuses que lors des années L1 et L2 du cycle et d'autre part, elles ne sont présentes en surface que 3 mois (contre 5 en année L2). Aussi, dans le cas d'essais de traitements biologiques, les tests d'efficacité sont évalués à partir de comptages de larves réalisés plusieurs mois voire un an après application ; ils n'ont ainsi aucun intérêt à être placés en année L3 du cycle. De même, par rapport au cycle, l'année 2011 était très peu propice pour faire de l'expérimentation sur adultes.

Par ailleurs, plusieurs autres facteurs ont freiné la réalisation d'éventuelles expérimentations supplémentaires : la bourse a débuté en mars et avant toute mise en place d'essais, un travail minimum de recherches bibliographiques devait être effectué. Malheureusement, le printemps 2011 a été très

précoce et les larves sont remontées en surface avec un mois d'avance (fin mars). Du coup, elles sont aussi redescendues plus tôt que prévu (mi-juin). Nous avons ainsi été un peu pris de court.

Aussi, le printemps étant sec, les fauches ont été réalisées tardivement (en espérant une repousse suite à des pluies éventuelles). Les expérimentations (mécaniques, chimiques, biologique) ne pouvant être mises en place qu'après la fauche, le pas de temps d'action s'est avéré trop réduit pour imaginer toute intervention et surtout pour pouvoir en évaluer l'efficacité 1 ou 2 mois après.

La recherche de parcelles pour expérimentation n'a pas non plus été des plus faciles : les agriculteurs ayant malgré la sécheresse plus de production fourragère que l'année précédente suite aux dégâts, étaient plutôt réticents à accepter la mise en place d'essais sur leurs parcelles.

5.2.6. Suite à donner à la bourse

La bourse d'expérimentation a permis tout d'abord de rassembler une base de connaissances à partir des recherches bibliographiques. Un point sur la réglementation (homologation, dérogation) a aussi pu être effectué. Ainsi pour ces deux actions, un travail de veille serait intéressant à mettre en place ponctuellement.

En ce qui concerne l'enquête, il serait bien entendu intéressant de la remettre en place en 2013 (prochaine année de dégâts) en la proposant à tous les agriculteurs concernés. L'objectif étant de chercher à confirmer et à affiner les résultats provenant de l'enquête de 2011.

Pour les expérimentations, le suivi des essais déjà mis en place sera assuré en collaboration avec la FREDON Lorraine. Aussi, le service de la protection des végétaux de la DRAAF souhaiterait poursuivre les essais biologiques avec le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* car son homologation (par le biais d'une dérogation d'utilisation pour usage mineur) serait plus facile que pour le *Beauveria brongniartii* (retiré de l'annexe I de la directive 91/414/CEE). Enfin, de nouveaux essais de « traitement » mécanique avec un scarificateur de prairie pourraient être mis en place pour confirmer les résultats de l'essai du Val-d'Ajol.

Dans l'éventualité de nouveaux essais, des méthodes expérimentales spécifiques devront être observées comme par exemple éviter les traitements en bandes. (Ces méthodes sont précisées dans le point 8 du compte-rendu d'essai du Val-d'Ajol joint en annexe).

Pour l'essai semis, les travaux nécessitent d'être poursuivis et notamment l'inoculation des couverts en larves (voir compte-rendu en annexe).

A noter tout de même que l'expérimentation de méthodes de lutte sur vers blancs de hannetons est assez délicate car elle peut être soumise à de nombreux biais :

- La répartition des vers blancs sur une parcelle est très hétérogène.
- Certains aléas climatiques peuvent avoir un grand effet sur les populations (surtout les sécheresses)
- Les produits biologiques (champignons) peuvent mettre plusieurs mois pour s'implanter et faire effet (suivi pluriannuel obligatoire)
- Mobilité des zones de forte infestation d'un cycle à l'autre (suivi sur plusieurs cycles délicat)
- Le choix d'une parcelle est assez délicat : si la population est trop importante, il est possible qu'il y ait des facteurs de mortalité autres que les traitements (absence de ressources alimentaires)

Ainsi, pour donner suite aux travaux engagés, un recrutement de stagiaire pourrait être envisagé sur une période de 2 à 3 mois en 2012 et 3 à 5 mois en 2013.

6. Conclusion - discussion

C'est suite à d'importants dégâts de vers blancs de hannetons dans les prairies vosgiennes en 2010 que les agriculteurs et la Fédération Départementale des Syndicats d'Exploitants Agricoles des Vosges (FDSEA 88) ont réclamé aux organismes compétents et aux pouvoirs publics d'agir pour trouver des solutions au problème. En effet, depuis peu, plus aucun traitement chimique (2000) ou biologique (2009) n'est homologué contre le ravageur. Et ces dernières années, les dégâts sont de plus en plus importants et la surface géographique touchée s'étend.

En effet, pour l'année 2010, le Groupement de Défense contre les Ennemis des Cultures (GDEC) et la Chambre Départementale d'Agriculture des Vosges (CDA 88) avaient évalué la zone touchée à 45 000 ha avec des pertes économiques s'élevant à 5 millions d'euros.

Ainsi, face à l'ampleur du problème, le Conseil Régional de Lorraine a attribué une bourse d'expérimentation pour permettre le recrutement d'un technicien spécialisé en protection des plantes sur une période de neuf mois. L'objectif de la bourse était d'établir un état des lieux précis de la situation et de travailler sur des méthodes de luttés potentielles. Son encadrement a été réalisé par la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine (CRAL) et le Groupement de Défense contre les Ennemis des Cultures (GDEC).

Dans ses travaux, le technicien a pu bénéficier de l'appui technique de la Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles des cultures de Lorraine (FREDON), du Service Régional de l'Alimentation (SRAL) de la Direction Régionale de l'Alimentation, l'Agriculture et la Forêt de Lorraine (DRAAF), de la Chambre Départementale d'Agriculture des Vosges (CDA 88), de la Fédération Départementale des Syndicats d'Exploitants Agricoles des Vosges (FDSEA 88) et du Groupement de Défense Sanitaire des Vosges (GDS 88).

Suite à des travaux de recherches bibliographiques, d'enquête et d'expérimentations, des constats et des résultats ont pu être avancés :

Pour les produits phytopharmaceutiques, on peut comprendre que leur toxicité pour la faune utile des prairies et pour l'environnement puisse remettre en cause leur utilisation. Aussi, les méthodes d'applications (sur larve comme sur adulte) sont délicates à mettre en œuvre et les résultats constatés sont aléatoires. Il semble ainsi très peu probable que se produise un retour en arrière en terme de législation.

Par rapport aux produits biologiques, seul le champignon entomopathogène *Beauveria brongniartii* est reconnu comme efficace contre les vers blancs. Malheureusement, son retrait de l'annexe I en 2009 complique considérablement les procédures d'homologation. Aussi un dossier de demande de mise en marché est particulièrement coûteux pour les entreprises dépositaires et les débouchés économiques sont très faibles.

Enfin, l'utilisation de ces produits (biologiques et chimiques) est particulièrement coûteuse. Elle est souvent deux fois plus onéreuse que le recours à une méthode de lutte mécanique (travail du sol et ressemis). Et les prairies permanentes sont des cultures à très faible valeur ajoutée. L'utilisation de tels traitements ne seraient vraisemblablement pas rentable.

Ainsi, pour l'instant, seule la lutte mécanique par travail du sol et ressemis suite aux dégâts permet de détruire la quasi-totalité de la population de vers blancs d'une parcelle. Si malheureusement, cette méthode de lutte ne s'applique que de manière curative face à une attaque, elle permet à la prairie de retrouver rapidement un couvert dense et productif tout en évitant la prolifération des mauvaises herbes.

Certaines pratiques culturales peuvent aussi avoir un effet non négligeable en tant que moyens de lutte préventifs ou simplement en permettant de limiter les pertes (sans effet sur la population). On peut ainsi mentionner la date de fauche, la fertilisation et l'utilisation d'outils de scarification qu'il est intéressant de raisonner en fonction du cycle de l'insecte.

L'ensemble de ces résultats a pu être synthétisé et expliqué dans une série de 15 fiches techniques à destination des agriculteurs. Ainsi, si l'éradication du hanneton n'est pas envisageable techniquement, les producteurs d'herbes disposent d'outils leur permettant de limiter leurs pertes de rendement et de freiner les pullulations de larves sur leurs parcelles.

Le problème de nos préconisations pourrait se trouver dans le fait qu'une grande partie des surfaces infectées par les vers blancs correspondent à des parcelles contractualisées en mesures agroenvironnementales (PHAE2, Natura 2000). Ces parcelles sont soumises à des cahiers des charges particuliers en termes de pratiques culturales. Nos recommandations en termes de fertilisation, dates de fauche et travail du sol sont donc à adapter en fonction du contrat lié à la parcelle. Mais généralement, les réglementations agroenvironnementales ne sont pas incompatibles avec les préconisations ou alors, il est possible de bénéficier d'une dérogation.

Nous ne souhaitons pas non plus que les agriculteurs intensifient leurs méthodes de productions, nous cherchons simplement à argumenter que pour récolter en zone soumise aux dégâts de hannetons, la culture de l'herbe doit être raisonnée.

Aussi, pour ceux qui s'inquiètent des préconisations de travail du sol et ressemis de 4 à 5 espèces de graminées et légumineuses comme facteur d'appauvrissement de la biodiversité et de la richesse floristique, nous tenons à signaler qu'après dégâts de vers blancs, la terre est souvent mise à nue. La parcelle est alors sensible au salissement en mauvaises herbes (rumex, carotte sauvage, chardon), ce qui amène à un intérêt floristique quasi nul et remet en question le soutien financier des aides agroenvironnementales si rien n'est fait.

Aussi, il est conseillé aux agriculteurs d'effectuer des fauches tardives en année de vol. Cela permet entre autre aux nombreuses espèces présentes sur la parcelle (avant dégâts) de monter à graine. Ainsi, l'année suivante, s'il y a un ressemis (après dégâts), les semences des espèces présentes auparavant germeront elles aussi et petit à petit, la flore se diversifiera de nouveau.

Enfin, si cette étude a permis d'établir certaines réponses au problème « hanneton », il est important que les organismes impliqués poursuivent les travaux engagés, notamment par un travail de veille mais aussi en mettant en place de nouvelles enquêtes et expérimentations pour confirmer et compléter les résultats obtenus en 2011.

A noter aussi que pour certaines productions spécialisées (pomme de terre, bleuetier, fraisier), des méthodes de lutte mécanique sont potentiellement efficaces mais difficiles à mettre en place. Les résultats de la bourse n'ont pas permis de faire avancer le problème en matière de lutte pour ces cultures.

Le cas très particulier du hanneton dans le département des Vosges ne doit pas être perdu de vue ni considéré comme définitivement réglé.

Bibliographie

ACTA (2011) Index phytosanitaire ACTA 2011. , 900 p.

Agroscope (2006) Le hanneton et les méthodes de lutte. Fiche technique
<http://www.agroscope.admin.ch/oeko-pflanzenschutz/04698/index.html?lang=fr>

Albouy V. (2005) Le cycle des hannetons de la guerre de Cent ans à la Vème République. Les petites bêtes dans l'histoire, Insectes : 136 (1), p. 14
<http://www.inra.fr/opie-insectes/pdf/i136albouy.pdf>

Balachowsky A.S., Institut Pasteur (1970) Entomologie appliquée à l'agriculture, Coléoptères. 1 (1), p. 59-121.

Benker U. et Leuprecht B., Institute for Plant Protection (2005) Field experience in the control of Common cockchafer in the Bavarian region Spessart. IOBC wprs Bulletin : 28 (2), p. 21-24.

Benker U. et Leuprecht B., Institute for Plant Protection (2007) The swarming flight of Common cockchafer *Melolontha melolontha* L. in two different areas of Bavaria and an approach to control the egg deposition. IOBC wprs Bulletin : 30 (7), p. 91-94.

Cherix D. et Freitag A., Musée de zoologie de Lausanne (2000) Ennemi public hier, le hanneton est aujourd'hui presque rare nuisible. Le Matin.ch
[http://archives.lematin.ch/LM/LMS/actu-6/article-2000-08-907/ \[...\]](http://archives.lematin.ch/LM/LMS/actu-6/article-2000-08-907/)

Chessel D. et al. (1984) L'échantillonnage des larves du hanneton commun *Melolontha melolontha* L.. Acta Oecologica-Oecologia Applicata : 5 (2), p. 173-189.

Ciornei C. et al. (2011) Integrated control of *Melolontha melolontha* L. in Romanian forest nurseries. IOBC wprs Bulletin : 66, p. 225-228.

Couturier A. et Robert P. (1956) Principaux aspects de l'orientation astronomique chez le hanneton commun. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Colmar : 47, p. 27-42
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/psy_0003-5033_1958_num_58_1_26684

de Lamarche C. (1907) Vers blancs et hannetons. Collection INRA : Les insectes de la Belle Époque, Le Magasin pittoresque, p. 207-209
<http://www.inra.fr/opie-insectes/be1907-2.htm>

Duval J., McGill University (2003) Le hanneton commun et les vers blancs. Ecological Agriculture Projects
<http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab360-06.htm>

Enkerli J. et al. (2004) Long-term field persistence of *Beauveria brongniartii* strains applied as biocontrol agents against European cockchafer larvae in Switzerland. Biological Control : 29, p. 115-123.

Hément F. (1889) Le hannetonage. Collection INRA : Les insectes de la Belle Époque, La Nature : 17 (1), p. 391-394
<http://www.inra.fr/opie-insectes/be1889-1.htm>

Horner M., Office phytosanitaire cantonal de Neuchâtel (2005) "Hannetons pas communs". Fiche technique, 4 p.
http://www.ne.ch/neat/documents/economie/Agriculture_6245/ProdVegetale_6247/Herbages_6251/HerbagesAccueil_files/hannetons.pdf

Hurpin B. et Robert P. (1972) Comparison of the activity of certain pathogens of the cockchafer *Melolontha melolontha* in plots of natural meadowland. Journal of Invertebrate Pathology : 19, p. 291-298.

Hurpin B. (1968) The influence of temperature and larval stage on certain diseases of *Melolontha melolontha*. Journal of Invertebrate Pathology : 10, p. 252-262.

INRA (2011) Hanneton commun. Fiche technique
<http://www.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3melmel.htm>

Jung K. (2007) Spraying adult forest cockchafer with *Beauveria brongniartii*-conidiospores: preliminary results of a large field trial nearby Darmstadt during the main flight in 2006. IOBC wprs Bulletin : 30 (7), p. 95-100.

Keller S. et Brenner H. (2005) Development of the *Melolontha* populations in the canton Thurgau, eastern Switzerland, over the last 50 years. IOBC wprs Bulletin : 28 (2), p. 31-35.

Keller S. et Schweizer C. (2007) White grub control in golf courses. IOBC wprs Bulletin : 30 (7), p. 101-104.

Keller S. et Zimmermann G. (2005) Scarabs and other soil pests in Europe: Situation, perspectives and control strategies. IOBC wprs Bulletin : 28 (2), p. 9-12.

Kervyn T. (2004) L'enquête « Hanneton commun ». Inventaires de biodiversité
http://old.biodiversite.wallonie.be/offh/inventaires/enquete_passe.html

Kessler P. et al. (2003) The effect of application time and soil factors on the occurrence of *Beauveria brongniartii* applied as a biological control agent in soil. Journal of Invertebrate Pathology : 84, p. 15-23.

Klein M.G. (1988) Pest management of soil-inhabiting insects with microorganisms. Agriculture, Ecosystems and Environment : 24, p. 337-349.

Koller R. et al. (2005) Biocontrol of the forest cockchafer (*Melolontha hippocastani*): Experiments on the applicability of the "Catch and Infect"-Technique using a combination of attractant traps with the entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii*. IOBC wprs Bulletin : 28 (2), p. 37-44.

Krueger S.R. et al. (1991) Effect of soil environment on the efficacy of fungal pathogens against scarab grubs in laboratory bioassays. Biological Control : 1, p. 203-209.

Paris S. et Ferron P. (1979) Study of the virulence of some mutants of *Beauveria brongniartii*. Journal of Invertebrate Pathology : 34, p. 71-77.

Pozenel A. et Rot M. (2007) A great increase of population of Common Cockchafer (*Melolontha melolontha* L.) in Idrija region in Slovenia. IOBC wprs Bulletin : 30 (7), p. 109-112.

Reinecke A., Freien Universität Berlin (2005) Chemical Orientation of European Cockchafers, *Melolontha melolontha* L.. thèse, , 97 p..

Robert P. et Couturier A. (1973) Influence de la qualité spectrale de la lumière sur le rythme nyctéméral d'activité et rôle des radiations du soleil sur l'orientation du hanneton commun. International Congress on the Sun in the Service of Mankind; Paris: B. 39, 10 p.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000067/006762FB.pdf>

Strasser H. (2005) Melocont®-Pilzgerste for control of *Melolontha melolontha*. Support de présentation orale.

Tables des illustrations

Figure 1 : Hanneton commun mâle, fier sur sa brindille	p. 5
Figure 2 : Carte des écorégions vosgiennes	p. 8
Figure 3 : Evolution de la répartition du hanneton dans les Vosges (par communes)	p. 8
Figure 4 : Cycle évolutif du hanneton commun	p. 9
Figure 5 : Œufs de hanneton	p. 9
Figure 6 : Larve sortant de l'œuf	p. 9
Figure 7 : Différentes larves appartenant à 3 cycles décalés	p. 10
Figure 8 : Deuxième mue larvaire avec larve encore dépigmentée et ecxuvie	p. 10
Figure 9 : Larve en déplacement	p. 11
Figure 10 : Mécanismes de fouissement de la larve de hanneton d'après Schwerdtfeger	p. 11
Figure 11 : Larve se préparant à la nymphose / nymphe	p. 12
Figure 12 : Nymphes dans leur logette	p. 12
Figure 13 : Planches morphologiques du hanneton	p. 12
Figure 14 : Hanneton au repos	p. 12
Figure 15 : Hanneton à l'envol	p. 12
Figure 16 : Accouplement	p. 12
Figure 17 : Schéma des vols de la femelle	p. 12
Figure 18 : Habitats propices aux hannetons	p. 13
Figure 19 : Carte des écorégions de Lorraine et localisation des zones à hannetons	p. 13
Figure 20 : Larve s'alimentant de racines	p. 14
Figure 21 : Plaques d'herbes s'arrachant à la main	p. 14
Figure 22 : Roussissement d'une prairie (été 2010)	p. 14
Figure 23 : Prairie dégradée (mars 2011)	p. 14
Figure 24 : Hanneton dévorant des feuilles	p. 14
Figure 25 : Dégâts sur cerisier (gauche) et érable champêtre (droite), grand vol, mai 1991	p. 14
Figure 26 : Comptage de larves sur 1 m ²	p. 15
Figure 27 : Comptage final des larves	p. 15
Figure 28 : Vers blancs mangeant des racines de fraisier	p. 16
Figure 29 : Hannetons mangeant des feuilles de lilas	p. 17
Figure 30 : Constat de la délocalisation des zones de forte densité en larves (et donc des zones de dégâts) sur une même parcelle, à Rouffach (68), pour trois cycles successifs	p. 18
Figure 31 : Schéma explicatif de la délocalisation des zones de dégâts d'un cycle à l'autre	p. 19
Figure 32 : Corbeaux sur parcelle infestée de vers blancs	p. 20
Figure 33 : Dégâts de sangliers sur parcelle infestée de vers blancs	p. 20
Figure 34 : Fourmis attaquant une larve	p. 20
Figure 35 : larve parasitée par un nématode (<i>Mermis sp.</i>)	p. 20
Figure 36 : Vers blancs mycosés par du <i>Beauveria brongniartii</i>	p. 20
Figure 37 : L'évêque de Lausanne excommuniant les hannetons	p. 21
Figure 38 : Ramassage des vers blancs après la herse	p. 21
Figure 39 : Hannetonnage fait par des enfants	p. 21
Figure 40 : Poudreuse en opération en lisière forestière (traitement sur adultes)	p. 22
Figure 41 : Avion de traitement, 1991	p. 22
Figure 42 : Insectes morts après traitement	p. 22
Figure 43 : Vers blancs atteints de <i>Beauveria brongniartii</i> sur une parcelle traitée	p. 22
Figure 44 : Mise en place de pièges à phéromones dans des mirabelliers par A. Reinecke	p. 23
Figure 45 : Piège lumineux artisanal	p. 23
Figure 46 : Bleuissement caractéristique d'une larve cognée ou en déshydratation	p. 24
Figure 47 : Salissement d'une parcelle suite à des dégâts de hannetons	p. 24
Figure 48 : Schéma explicatif de la lutte mécanique	p. 25
Figure 49 : Déchaumeur à disques	p. 26

Figure 50 : Herse rotative en mouvement	p. 26
Figure 51 : Scarificateur de prairie (A-airsol)	p. 26
Figure 52 : Prairie scarifiée	p. 26
Figure 53 : Parcelles voisines non ressemée et ressemée (Tollaincourt, avril 2011)	p. 26
Figure 54 : Parcelles voisines ressemée et non ressemée (Villotte, juillet 2011)	p. 26
Figure 55 : Comparaison des volumes de foin récoltés en fonction de la date de fauche	p. 27
Figure 56 : Schéma explicatif de la relation entre la hauteur du couvert et la déshydratation	p. 28
Figure 57 : Schéma bilan des interventions culturales conseillées pour faire face aux vers blancs en prairie	p. 29

Tables des matières

Sommaire	p. 2
Citations	p. 3
Remerciements	p. 4
1. Introduction	p. 5
1.1. Historique	p. 5
1.2. Contexte	p. 5
1.3. Organismes concernés	p. 5
1.4. Objectif - Problématique	p. 6
1.5. Démarche de travail	p. 6
1.6. Présentation du plan	p. 6
2. Biologie	p. 7
2.1. Nomenclature	p. 7
2.2. Zone de répartition	p. 7
2.2.1. En Europe	p. 7
2.2.2. En France	p. 8
2.2.3. Dans les Vosges	p. 8
2.3. Cycle de vie, description et besoins	p. 8
2.3.1. Un cycle majoritaire	p. 9
2.3.2. Les œufs	p. 9
2.3.3. La larve ou ver blanc	p. 10
2.3.3.1. Description de la larve	p. 10
2.3.3.2. La vie larvaire	p. 10
2.3.3.3. Alimentation et diversité floristique	p. 10
2.3.3.4. Type de sol	p. 11
2.3.4. La nymphe	p. 12
2.3.5. L'insecte « vrai » ou imago	p. 12
2.3.5.1. Description de l'imago	p. 12
2.3.5.2. La vie « adulte » ou vie imaginale	p. 12
2.3.5.3. Alimentation et milieu	p. 13
3. Dommages et plantes attaquées	p. 14
3.1. Reconnaître les symptômes	p. 14
3.1.1. Attaques de vers blancs	p. 14
3.1.2. Attaques d'insectes adultes	p. 14
3.2. Estimation des pertes	p. 14
3.2.1. Seuil de nuisibilité	p. 15
3.2.2. En production fourragère	p. 15
3.2.3. En grandes cultures	p. 16
3.2.4. En production maraichère	p. 16
3.2.5. En production fruitière arbustive et pluriannuelle	p. 16
3.2.6. En verger et production forestière	p. 17
3.2.7. En espaces verts et jardins	p. 17
4. Diminution des populations	p. 18
4.1. Facteurs environnementaux limitants	p. 18
4.1.1. Climat	p. 18
4.1.1.1. Vol	p. 18

4.1.1.2. Pontes et jeunes larves	p. 18
4.1.2. Type de sol	p. 18
4.1.3. Végétation	p. 19
4.1.3.1. Diversité floristique et valeur nutritive	p. 19
4.1.3.2. Suffisance en nourriture et compétition	p. 19
4.2. Prédations naturelles	p. 20
4.2.1. Vertébrés	p. 20
4.2.2. Invertébrés	p. 20
4.2.3. Microorganismes	p. 21
4.3. Méthodes de lutte	p. 21
4.3.1. Anciens moyens de lutte	p. 21
4.3.2. Lutte chimique	p. 22
4.3.3. Lutte biologique	p. 23
4.3.4. Piégeage et filets de protection	p. 24
4.3.5. Lutte mécanique	p. 24
4.3.5.1. Réglementation	p. 24
4.3.5.2. Travail du sol profond	p. 25
4.3.5.3. Travail du sol superficiel	p. 25
4.3.5.4. Travail d'entretien du couvert	p. 26
4.3.5.5. Compaction	p. 26
4.3.6. Méthodes culturales	p. 26
4.3.6.1. Ressemis	p. 26
4.3.6.2. Fertilisation	p. 27
4.3.6.3. Dates de première fauche	p. 27
4.3.6.4. Pâturage	p. 29
4.3.7. Préconisations générales sur les méthodes de lutte	p. 30
5. Actions menées pour lutter contre les vers blancs	p. 31
5.1. Traitements et expérimentations (1945-2010)	p. 31
5.1.1. Historique 1945 - 2000	p. 31
5.1.2. Essai à Martinville (FREDON - 2002)	p. 31
5.1.3. Existence d'un comité de pilotage « hannetons » en 2005	p. 31
5.1.4. Essai à Landaville (GDEC, FREDON - 2006)	p. 32
5.1.5. Essai à Maupotel (GDEC, FREDON - 2008)	p. 32
5.1.6. Essai à Harol (FREDON - 2010)	p. 32
5.2. Bourse d'expérimentation 2011	p. 32
5.2.1. Recherches bibliographiques	p. 33
5.2.2. Expérimentations	p. 33
5.2.2.1. Essai du Val-d'Ajol	p. 33
5.2.2.2. Essai Semis	p. 33
5.2.2.3. Piégeage lumineux	p. 34
5.2.3. Enquête auprès des agriculteurs	p. 34
5.2.4. Rédaction de documents de communication	p. 35
5.2.4.1. Rapport d'étude	p. 35
5.2.4.2. Fiches techniques	p. 35
5.2.5. Contraintes et limites rencontrées	p. 35
5.2.6. Suite à donner à la bourse	p. 36
6. Conclusion - discussion	p. 37
Bibliographie	p. 39
Tables des illustrations	p. 41
Tables des matières	p. 43
7. Annexes	p. 45

7. Annexes

Compte-rendu essai du Val-d'Ajol

Compte-rendu essai semis – Epinal

Protocole – Piège lumineux

Questionnaire d'enquête

Fiches techniques