

<p align="center">E.N.I.H.P. 2 rue Le Nôtre - 49045 ANGERS cedex 01</p> <p><u>Département</u> : Sciences Biologiques</p> <p><u>Professeur</u> : Elisabeth Rat- Morris</p>	<p align="center">MEMOIRE DE FIN D'ETUDES - DIPLOME d'INGENIEUR de l'E.N.I.H.P.</p> <p><u>DATE</u> : 29 août 2005</p>
<p><u>Auteur</u> :</p> <p>Fargeas Elodie</p>	<p><u>Organisme d'accueil</u> : UMR ENITA / INRA 1065 « Santé Végétale » ENITA de Bordeaux</p> <p><u>Adresse</u> : 1 cours du Général de Gaulle 33175 Gradignan - FRANCE</p> <p><u>Maître de stage</u> : Maarten Van Helden</p>
<p>RESUME :</p> <p>Dans un contexte actuel de développement d'une agriculture raisonnée, la filière vigne s'oriente progressivement vers une production intégrée notamment dans la lutte contre les ravageurs de la vigne. L'étude s'inscrit parfaitement dans cette démarche. Elle consiste à mesurer l'influence potentielle de la structure des paysages limitrophes aux parcelles, à une échelle restreinte, sur les populations de deux ravageurs de la vigne, le ver de la grappe <i>Lobesia botrana</i> et la cicadelle verte <i>Empoasca vitis</i>. De nombreuses études scientifiques ont montré qu'en moyenne l'impact des ravageurs est plus faible dans les agrosystèmes diversifiés que dans les agrosystèmes pauvres. Cette étude vise à identifier la pression du paysage exercée sur les ravageurs clés des vignobles bordelais, ce qui permettra à terme d'aménager les espaces de manière à stimuler la biodiversité fonctionnelle des milieux viticoles. Un réseau de pièges a été mis en place sur les parcelles de vigne de l'appellation Pessac-Léognan. L'hétérogénéité du paysage a été mesurée autour de ces pièges. Les recensements d'insectes se sont étalés de fin avril à fin juillet 2005. Compte tenu des analyses, il semble que les populations de <i>Lobesia botrana</i> s'établissent plus favorablement dans des paysages simples, au sein de grands îlots de vigne, alors que les populations d'<i>Empoasca vitis</i> paraissent être plus abondantes à proximité des habitats diversifiés, notamment des boisements.</p>	
<p>ABSTRACT :</p> <p>Viticulture, just as all other agricultural production systems is developing towards more sustainable practices. Integrated pest management against the main insect pests is one of the major cornerstones of this strategy. The study presented in this volume aims at detecting the link between landscape structure of the immediate surroundings of the vineyards and the abundance of two of the main vine pest insects <i>Lobesia botrana</i>, the grape berry moth, and <i>Empoasca vitis</i>, the green leafhopper. Many comparable studies have shown that pest insect damage is lower in more diversified agro-ecosystems compared to monocultures. This study aims at detecting the link between landscape structure and the population levels of the main pest insects in the viticultural landscape of Bordeaux. Future objectives might be to manage the landscape in order to stimulate functional biodiversity in viticultural production areas. An insect trapping network was set up in the Pessac-Léognan appellation. The landscape structure was analysed around these traps. Insects presence was monitored from april to the end of July 2005. The results indicated that the populations of <i>Lobesia botrana</i> were more abundant in simplified landscapes, especially in large monoculture production sites, whereas the populations of <i>Empoasca vitis</i> seemed to be more abundant close to diverse habitats, especially woodlands.</p>	
<p>MOTS CLES : Structure du paysage Hétérogénéité du paysage Biodiversité Zone Ecologique Réservoir (ZER) Ravageurs de la vigne <i>Lobesia botrana</i> <i>Empoasca vitis</i></p>	<p>Diffusion et référence :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Non limitées <input type="checkbox"/> Sous réserve d'accord <input type="checkbox"/> Non autorisées</p>
<p>Je soussignée, Elodie Fargeas, propriétaire des droits de reproduction du résumé du mémoire mentionné ci-dessus autorise par la présente, toutes les sources bibliographiques à signaler et publier ledit résumé.</p> <p>Date : le 29 août 2005</p> <p align="right">Signature :</p>	

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
I. RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES.....	4
I- A. BIODIVERSITE ET PAYSAGE	4
1. <i>Biodiversité, biodiversité agricole et biodiversité fonctionnelle.....</i>	4
2. <i>Les « Zones Ecologiques Réservoirs » (ZER)</i>	5
3. <i>Les « distances écologiques »</i>	6
4. <i>Le paysage et sa structure.....</i>	7
5. <i>Impact de la structure du paysage sur les dynamiques de populations d'insectes.....</i>	8
I- B. LES RAVAGEURS ETUDIES ET AUXILIAIRES DE LA VIGNE	10
1. <i>Les ravageurs étudiés.....</i>	10
2. <i>Les auxiliaires de la vigne.....</i>	12
I- C. LA FLAVESCENCE DOREE.....	13
II. MATERIELS ET METHODES	14
II- A. PRESENTATION DU VIGNOBLE ETUDIE : L'APPELLATION PESSAC-LEOGNAN ...	14
II- B. CHOIX DES INSECTES ET AUXILIAIRES RECENSES	15
II- C. RECENSEMENT DES POPULATIONS D'INSECTES	15
1. <i>Recensement des populations adultes d'Eudémis et de Cicadelles Vertes</i>	15
2. <i>Recensement des populations larvaires d'Eudémis et de Cicadelles Vertes ...</i>	16
3. <i>Etude du parasitisme des larves d'Eudémis</i>	17
4. <i>Etude du parasitisme des œufs de Cicadelle Verte</i>	17
II- D. RECOLTE DES DONNEES HISTORIQUES ET CARACTERISTIQUES DES "PARCELLES- PIEGES"	17
1. <i>L'enquête</i>	17
2. <i>Mesure d'un indice de vigueur de la vigne.....</i>	18
II- E. SAISIE DE LA STRUCTURE DU PAYSAGE A PROXIMITE DES PIEGES	18
1. <i>Utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG).....</i>	18
2. <i>Méthodologie.....</i>	18
II- F. LES ANALYSES DESCRIPTIVES ET STATISTIQUES UTILISEES.....	19
1. <i>Détermination des variables</i>	20
2. <i>Identification des facteurs à tester</i>	20

3.	<i>Présentation des analyses effectuées</i>	20
III.	RESULTATS	21
III- A.	LE SUIVI DES POPULATIONS DE RAVAGEURS	21
1.	<i>Recensements « Eudémis »</i>	21
2.	<i>Recensements « Cicadelle Verte »</i>	22
III- B.	LES PARASITOÏDES RECENSES	22
1.	<i>Les parasitoïdes d'Eudémis</i>	22
2.	<i>Les parasitoïdes de la Cicadelle Verte</i>	22
III- C.	LES CARACTERISTIQUES PARCELLAIRES ET HISTORIQUES DES PARCELLES- PIEGES DU DISPOSITIF	22
III- D.	LE PAYSAGE LIMITROPHE A NOS PARCELLES ETUDIEES	23
1.	<i>Caractéristiques du paysage de la zone d'étude</i>	24
2.	<i>Caractéristiques descriptives des paysages délimités par les buffers</i>	24
3.	<i>Mise en évidence du degré d'hétérogénéité structurelle des buffers</i>	24
III- E.	ANALYSE DE L'IMPACT DES CARACTERISTIQUES DU PAYSAGE ET DES FACTEURS PARCELLAIRES SUR LES RECENSEMENTS D'INSECTES.....	25
1.	<i>Sélection des variables 'insectes'</i>	25
2.	<i>Analyse des facteurs « proximité de boisement » et « enherbement » sur les recensements d'insectes</i>	26
3.	<i>Analyse des facteurs du paysage et des facteurs parcellaires quantitatifs</i>	27
4.	<i>Analyses des facteurs parcellaires qualitatifs</i>	28
IV.	DISCUSSION	29
IV- A.	INTERPRETATION DES RESULTATS	29
1.	<i>Hétérogénéité spatiale des populations d'Eudémis et de Cicadelle Verte au sein de l'appellation</i>	29
2.	<i>Intérêt des recensements de parasitoïdes</i>	29
3.	<i>Variabilité des caractéristiques parcellaires modérée</i>	29
4.	<i>Identification de ZER potentiellement prometteuses</i>	30
5.	<i>Impact potentiel des facteurs « enherbement » et « proximité de boisement »</i> 30	
6.	<i>Pertinence des indices de paysage testés</i>	31
7.	<i>Corrélations entre indices du paysage et facteurs parcellaires</i>	31
8.	<i>Influence de la structure du paysage et des caractéristiques parcellaires sur l'Eudémis et la Cicadelle Verte</i>	32

IV- B.	LE DISPOSITIF	34
1.	<i>Les limites du dispositif</i>	34
2.	<i>Quelles sont les pistes d'amélioration ?</i>	36
IV- C.	CRITIQUE DE LA METHODOLOGIE	36
1.	<i>La multitude de recenseurs</i>	36
2.	<i>L'importance de la période choisie pour les recensements ponctuels</i>	37
3.	<i>L'amélioration du protocole pour étudier Anagrus atomus</i>	37
4.	<i>La double saisie du paysage</i>	37
IV- D.	ORIENTATIONS POSSIBLES DU PROJET	38
	CONCLUSION	40
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42
	ANNEXES	

Introduction

Dans un contexte actuel de développement d'une agriculture raisonnée, la filière vigne s'oriente progressivement vers une production intégrée notamment dans la lutte contre les ravageurs de la vigne. Ainsi, certains syndicats viticoles, ainsi que les Services Régionaux de Protection des Végétaux (SRPV) et les Unités Mixte de Recherche (UMR) spécialisées en vigne, s'impliquent de plus en plus pour faire évoluer les pratiques phytosanitaires, et développer des outils d'aide à la décision.

A titre d'exemple, la présence d'acariens prédateurs, dans les vignobles et les vergers, se révèle aujourd'hui être de loin la solution la plus écologique et la plus efficace pour résoudre le problème des acariens phytophages. L'adoption des principes de la protection intégrée vise ainsi à nous mettre à l'abri des problèmes liés à la lutte chimique, mal maîtrisée, comme les résistances aux pesticides de plus en plus pressantes (Baudry et al., 1999).

Cependant, d'autres ravageurs, comme la Cicadelle de la Flavescence Dorée (*Scaphoïdeus titanus* Ball), la Cicadelle Verte (*Empoasca vitis* Göthe) ou l'Eudémis (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.), peuvent encore représenter une menace importante pour les viticulteurs. L'utilisation d'insecticides est dans certains cas nécessaire mais elle doit être réfléchie.

Le projet initialisé en 2004 par Maarten Van Helden (Maître de Conférences au sein de l'UMR ENITA/INRA Santé Végétale 1065), avec le syndicat viticole de l'appellation Pessac-Léognan et le SRPV, entre tout à fait dans cette démarche d'agriculture raisonnée, de par la mise en place d'un réseau d'observation recouvrant toute l'appellation. En effet, ce dispositif a permis d'estimer approximativement des populations d'insectes, présentes sur une parcelle à une date donnée. Il permet ainsi de justifier l'intérêt ou non d'un traitement, d'anticiper les risques et d'optimiser une intervention jugée nécessaire.

Les ravageurs ciblés dans ce projet sont les 3 insectes les plus préoccupants dans le vignoble bordelais : la Cicadelle de la Flavescence Dorée (CFD), insecte vecteur du phytoplasme de la Flavescence Dorée (maladie de quarantaine en France depuis 1987), la Cicadelle Verte (CV), responsable des grillures, l'Eudémis (E), nuisible sur les grappes et pouvant favoriser développement de la pourriture grise (*Botrytis cinerea*).

*En 2004, suite à la découverte d'un foyer de Flavescence Dorée en 2003, deux stagiaires, Vincent Jehanno et Mathieu Rolland, ont suivi un réseau de pièges en collaboration avec 29 châteaux de l'appellation Pessac-Léognan. Les objectifs étaient d'étudier la maîtrise de la Cicadelle de la Flavescence Dorée, la migration de la Cicadelle Verte et la répartition de

l'Eudémis sur une appellation en lutte obligatoire contre la Flavescence Dorée (Jehanno, 2004 ; Rolland, 2004).

*Pour cette année 2005, la collaboration UMR-Syndicat viticole se poursuit et de nouveaux objectifs sont mis en jeu.

Objectifs 2005 de l'étude pour le syndicat viticole de Pessac-Léognan

- faire l'état des lieux de la présence de la Cicadelle de la Flavescence Dorée sur l'appellation après une année de traitements obligatoires.
- étudier l'efficacité et la nécessité de la lutte chimique 2005.
- évaluer le besoin du troisième traitement obligatoire sur la commune de Léognan.
- évaluer les risques de re-colonisation des communes sorties du périmètre de lutte obligatoire.
- estimer la dynamique des populations d'Eudémis, de Cicadelles Vertes et de Cicadelles de la Flavescence Dorée de fin avril à fin août 2005.

Nouvelle démarche de l'UMR

Maarten Van Helden a entrepris cette année 2005 un projet reposant sur une problématique visant à étudier la relation entre le paysage viticole et les populations d'insectes ravageurs et d'auxiliaires.

Quelle est l'influence de la structure du paysage viticole sur les populations de ravageurs de la vigne ?

Justification d'une étude de paysage

Des travaux réalisés depuis 1998 sur la répartition intra-parcellaire de la Cicadelle Verte ainsi que les résultats des études en 2004 dans l'appellation Pessac-Léognan (Jehanno, 2004) ont conduit l'UMR à initialiser une étude d'impact de paysage sur des populations de ravageurs. L'hétérogénéité spatiale des recensements d'insectes ravageurs au sein d'une appellation, couplée à des pratiques culturales relativement homogènes, pose de nouvelles hypothèses pour essayer de comprendre la répartition et la dynamique des populations de ravageurs de la vigne, liées au paysage.

Hypothèses de l'étude

- L'environnement proche d'une parcelle de vigne a-t-il un impact sur les populations de ravageurs présents dans la vigne ?

Si oui, quels sont les éléments paysagers qui paraissent être les plus impliqués dans la répartition des populations de ravageurs? Y-a-t-il des « contextes paysagers » (structures paysagères limitrophes aux parcelles) (dé)favorisant spécifiquement un ravageur?

- * la proximité de zones écologiques réservoirs (boisement ou autres) ?
- * l'enherbement de la parcelle ?
- Quels sont les indices de paysage intéressants pour étudier l'influence du paysage sur des populations d'insectes ?
- Comment analyser et quantifier le paysage
 - * au niveau technique (observations de terrain, utilisation d'un SIG) ?
 - * à quelle échelle, pour tenir compte de l'écologie des insectes ravageurs ciblés ?

Organisation du projet

Le projet se réalise parallèlement dans les appellations Pessac-Léognan (33) et Saumur-Champigny (49).

Dans l'appellation Saumur-Champigny, Olivier Maurice (stagiaire DESS techniques horticoles, Faculté des sciences Angers 49) étudie l'impact de la structure du paysage sur les populations d'Eudémis, de Cochylis et de Cicadelles Vertes. Mélissa Thibaut (stagiaire Gestion Intégrée des Agrosystèmes et des Forêts, ENITA Bordeaux 33) est chargée d'identifier et de proposer des aménagements paysagers sur cette appellation. Les objectifs principaux sont de stimuler la biodiversité et réaliser un réseau de Zones Ecologiques Réservoirs (ZER) sur l'intégralité de l'appellation. Ainsi, par le biais de l'implantation de ZER, les viticulteurs espèrent rétablir un équilibre biologique entre les ravageurs et leurs ennemis naturels (Thibaut, 2005).

Dans l'appellation Pessac-Léognan, une étude sur l'impact de la structure du paysage sur les populations d'Eudémis et de Cicadelles Vertes est menée par 2 stagiaires, Magali Fronzes (stagiaire Agro-Environnement, ENSA Montpellier 34), et moi-même. Les responsabilités tenues vis-à-vis des viticulteurs, dans le cadre de mon stage, sont présentées en **Annexe 1**.

Plan du mémoire

Dans une première partie bibliographique, les notions clés de biodiversité et de paysage seront définies, suivies d'une synthèse bibliographique sur la problématique considérée. De plus, une présentation des ravageurs et auxiliaires de la vigne ciblés dans l'étude, et de la Flavescence Dorée permettra d'appréhender clairement l'étude et son contexte.

La deuxième partie présente le vignoble de Pessac-Léognan, ainsi que les matériels et les méthodes utilisés dans le projet.

Les troisième et quatrième parties présentent les résultats et la discussion.

Enfin, la conclusion recadre l'étude, souligne ses principaux résultats et s'oriente ensuite vers les perspectives du projet.

I. Recherches bibliographiques

I- A. Biodiversité et paysage

1. Biodiversité, biodiversité agricole et biodiversité fonctionnelle

a) La biodiversité

La biodiversité réfère à toutes les espèces végétales, animales et les micro-organismes existant et interagissant au sein d'un écosystème (McNeely et al., 1990).

Elle est généralement pensée selon trois paliers : la génétique, les espèces, les écosystèmes. Ces niveaux sont reliés entre eux, mais suffisamment distincts pour que chacun puisse être étudié en soi. Les recherches sur la biodiversité portent le plus souvent sur les richesses en espèces, non que la diversité spécifique soit plus importante que les deux autres types; simplement, elle est plus facile à étudier (Bernhardt, 2005).

La biodiversité peut fournir des services écologiques clés, si elle est correctement « assemblée » dans le temps et l'espace. Elle peut conduire à des agrosystèmes capables de pourvoir à leur propre fertilité de sol, protection phytosanitaire et productivité (Altieri, 1999). L'agrosystème peut être défini comme « tout milieu artificiel créé et entretenu par l'homme dans le but d'obtenir des récoltes agricoles » (Jourdan, 2005), il s'applique à l'échelle parcellaire ou à l'échelle d'une exploitation agricole. Le terme 'agro-écosystème' est plus employé à l'échelle d'une zone rurale.

b) La biodiversité agricole ou biodiversité des agrosystèmes

Les composantes de la biodiversité agricole peuvent être définies suivant leurs rôles dans le fonctionnement des systèmes de cultures. Ainsi, la biodiversité agricole, au sein d'une exploitation, peut être groupée ainsi (Swift and Anderson, 1993) :

- un biote production : cultures, arbres et animaux choisis par l'exploitant, qui jouent un rôle déterminant dans la diversité et la complexité de l'agrosystème.

- un biote ressource : organismes qui contribuent à la productivité à travers la pollinisation, le contrôle biologique, la décomposition...

- un biote destructeur : mauvaises herbes, insectes ravageurs, pathogènes microbiens...contre lesquels l'exploitant lutte à travers ses pratiques culturales.

Biote : L'ensemble des plantes, des micro-organismes et des animaux que l'on trouve dans une région ou dans un secteur donné.

D'après Vandermeer and Perfecto (1995), deux composantes distinctes de la biodiversité peuvent être reconnues dans les agrosystèmes (voir **Figure 1**).

- *la biodiversité mise en place par l'homme*, c'est-à-dire la diversité liée aux cultures et au bétail, qui peut varier en fonction de la gestion des intrants, et de l'organisation spatiale et temporelle des cultures.

- *la biodiversité spontanée associée*, incluant toute la faune et la flore du sol, les herbivores, les carnivores, les décomposeurs..., tout ceux qui colonisent l'agrosystème à partir des environnements voisins et qui vont s'adapter à celui-ci, suivant son mode de gestion et sa structure.

D'après Southwood and Way (1970), **le degré de biodiversité spécifique** dans les agrosystèmes, à l'échelle parcellaire, dépend de **4 principales caractéristiques**.

- la diversité de la végétation à l'intérieur et autour de l'agrosystème,
- la permanence de différentes cultures à l'intérieur de l'agrosystème,
- l'intensité de la gestion,
- l'isolement de l'agrosystème par rapport à une végétation naturelle.

c) La biodiversité fonctionnelle

A l'échelle d'une exploitation, c'est la partie de la biodiversité qui peut contribuer directement à la gestion de l'agrosystème (Boller *et al.*, 2004).

Dans la bibliographie, la mise en évidence d'une biodiversité spécifique spontanée (Vandermeer et Perfecto, 1995) au sein d'un agrosystème peut être rapidement interprétée comme une biodiversité fonctionnelle. La problématique non résolue aujourd'hui est d'identifier la biodiversité fonctionnelle réelle au sein d'une biodiversité spécifique reconnue.

2. Les « Zones Ecologiques Réservoirs » (ZER)

« **Ecological infrastructure** » (Terme anglais correspondant à ZER utilisé par l'Organisation Internationale de Lutte Biologique et Intégrée contre les Animaux et les Plantes nuisibles, l'OILB)

Toute entité dans une exploitation ou dans un rayon d'environ 150 m qui porte une *valeur écologique* pour l'exploitation, telle qu'une haie, une prairie, une bande fleurie, une surface rudérale (Boller *et al.*, 2004).

Les **Zones Ecologiques Réservoirs** ou ZER sont les surfaces « non cultivées » de l'exploitation, sans apport de pesticides et de fertilisants. Elles ont pour but de maintenir et de

favoriser la *biodiversité floristique et faunistique* (biodiversité spécifique) au sein de l'agro-système (ITV, 2002).

La Zone Ecologique Réservoir en viticulture intégrée

Selon les directives de l'OILB, l'environnement proche du vignoble est considéré comme une *aire de compensation écologique*, c'est-à-dire un milieu refuge pour de nombreuses espèces utiles ou non à la viticulture, dans un site sous pression intensive, de par les pratiques culturales réalisées par l'homme (Malavolta and Boller, 1999). L'OILB et le Référentiel National pour la Production Intégrée de Raisins préconisent la gestion d'au moins l'équivalent de 5% de la Surface Agricole Utile en Zone Ecologique Réservoir dans l'objectif de favoriser la biodiversité spécifique. Différents éléments sont à prendre en compte et à favoriser, tels que les lisières des bois, les abords enherbés, les travers ... Le document cité assimile également la biodiversité spécifique à la biodiversité fonctionnelle (ITV, 2002).

3. Les « distances écologiques »

Les **distances écologiques** sont les distances associées à l'écologie et l'éthologie d'organismes cibles. Ce sont des dimensions importantes à considérer dans l'étude de la *biodiversité fonctionnelle* (Boller *et al.*, 2004). Elles doivent prendre en compte l'échelle opérationnelle des espèces animales à considérer.

Une recherche bibliographique concernant la dispersion des arthropodes permet d'émettre des premières hypothèses sur ces distances écologiques (Tshernyshev, 2003; Baur *et al.*, 1998).

*0-10 m: rayon d'activité prédatrice estimé pour la plupart des antagonistes.

*10-50 m: distance parcourue par de nombreux antagonistes rampants et volants, de leur habitat vers les surfaces cultivées (incluant les parasitoïdes et les prédateurs d'acariens).

*50-100 m: distance entre auxiliaires mobiles et leurs proies, pour laquelle les interactions 'ravageur-antagoniste' deviennent de plus en plus faibles (cas de nombreux parasitoïdes, des coléoptères prédateurs et des antagonistes transportés par le vent tels que les prédateurs d'acariens).

*100-500 m: distance associée à la capacité de mobilité des antagonistes migrants de moyenne et longue distances.

L'environnement présent autour d'une exploitation agricole et ayant une influence significative de la biodiversité fonctionnelle sur l'agro-système, est limité *a priori* à 100-200 m au-delà des parcelles cultivées (Boller *et al.*, 2004).

4. Le paysage et sa structure

a) Le paysage et la notion d'échelle

Le **paysage** est un espace géographique hétérogène d'une surface de l'ordre de quelques kilomètres de diamètre, composé d'un assemblage plus ou moins répétitif d'écosystèmes en interactions (Forman and Godron, 1986 in Pain, 2001).

Les concepts et méthodes issus de la discipline correspondante, « l'étude d'un paysage », sont applicables au-delà de la gamme d'échelles citée ici. Elle apporte des éléments dans l'étude de tout ensemble d'écosystème en interaction quelle que soit l'étendue qu'il couvre.

Ainsi, Wiens (2002) considère que le paysage n'est pas lié à une échelle spatiale précise, que l'hétérogénéité d'un paysage peut affecter des processus écologiques à l'échelle des individus, des populations, aussi bien qu'à l'échelle d'un écosystème.

En écologie du paysage, les environnements sont composés d'un mélange hétérogène d'habitats réduits, où ils sont des surfaces discrètes dans lesquelles un organisme obtient des ressources et/ou se reproduit (Fahrig and Merriam, 1994, in Josen and Fahrig, 1997).

Le choix d'une échelle d'étude pour analyser l'influence d'un paysage sur des populations animales doit donc s'adapter à l'écologie de ces populations, plus particulièrement à leurs capacités de dispersion dans les milieux écologiques considérés.

b) La structure d'un paysage

Dans la littérature (Hanski & Gaggioti, 2004; Pain, 2001), l'influence de la structure d'un paysage sur une espèce dépendra de trois paramètres principaux.

- *la surface d'habitat* disponible pour ces espèces. Dans un paysage donné, ce paramètre permet de quantifier la surface d'habitat exploitable (pour se nourrir, pour se reproduire...).

- *la qualité d'habitat* permet de décrire l'influence d'un écosystème donné sur la survie et la fécondité d'une espèce donnée. Des habitats différents offrent des ressources et/ou des abris de qualités différentes pour cette espèce. Un paysage peut donc contenir des habitats de qualités différentes qui seront ou non utilisés par les espèces étudiées. De plus, deux habitats différents peuvent avoir des fonctions différentes et être essentiels pour que le cycle de vie d'une espèce donnée soit complété, il y a complémentarité des deux habitats (Pain, 2001).

- *l'isolement (ou inversement, la connectivité)* entre les différents habitats. Ce paramètre dépend des capacités de dispersion des espèces considérées et permet d'estimer la probabilité de flux d'individus entre deux habitats potentiels.

Par ailleurs, le paysage a une *structure spatiale dynamique*. Celle-ci peut influencer la persistance de populations d'organismes à la fois locale et régionale (Josen and Farhig, 1997).

c) Les indicateurs utilisés pour exprimer le degré de complexité d'un paysage

Le degré d'hétérogénéité ou de complexité d'un paysage peut être mesuré suivant différentes méthodes.

*Une étude menée par Marino and Landis (1996), sur l'influence de la structure du paysage sur la diversité des parasitoïdes et le taux de parasitisme larvaire, différencie ainsi le paysage mosaïque ou complexe, du paysage monoculture ou simple, par les indicateurs suivants : la taille des parcelles, le ratio surface/périmètre, les longueurs de haie, la densité de haies et de bordures herbacées, la densité d'interfaces de culture à culture sur une surface agraire donnée.

*Une seconde étude, réalisée par Ryzkowski *et al.* en 1993, comparant le paysage simple et le paysage mosaïque sur les niveaux de biomasse d'insectes, utilise les paramètres suivants pour les différencier: le nombre d'habitats non arables, la taille des parcelles, la diversité des cultures et des rotations de culture.

*Il convient également de présenter l'indice de Shannon-Wiener H, lorsque l'on aborde l'hétérogénéité ou la complexité des structures paysagères, lequel est utilisé dans de nombreuses études d'impact du paysage (Weibull *et al.*, 2000; Jonsen and Fahrig, 1997 ; Thies *et al.*, 1999 ; Östman *et al.*, 2001). Il mesure la diversité et l'équitabilité des types d'espace au sein du paysage, en combinant le nombre de types et leur proportion.

$H = -\sum p_i \ln p_i$ avec p_i proportion de l'habitat i dans la surface considérée (Forman, 1995)

*Enfin, une mesure de l'isolement peut être intéressante, calculée à partir des distances séparant le site étudié et les surfaces non cultivées environnantes (Thies *et al.*, 1999). Il permet de mesurer la transparence des éléments du paysage.

L'isolement d'un site échantillonné est mesuré indirectement par une fonction exponentielle négative.

$$\text{Isolement } i = - \sum (e^{-\text{Distance}} * \text{surface non cultivée } j) / \sum e^{-\text{Distance}}$$

Les surfaces en non-culture incluent les jachères, les bordures de champs, les prairies, les haies et les bois.

5. Impact de la structure du paysage sur les dynamiques de populations d'insectes

a) Etat des recherches concernant les agrosystèmes

Dans le contexte du maintien de la biodiversité, de nombreuses études (Hanski and Gaggioti, 2004, Thies and Tschardtke, 1999; Thies *et al.*, 2003) ont tenté de faire le lien entre structure du paysage et structuration des communautés et des populations d'insectes. Dans des

paysages agricoles, quelques études (Landis et al., 2000; Östman *et al.*, 2001 ; Weibull *et al.*, 2000) se sont penchées sur l'influence de la *qualité d'habitat* (pratiques culturales, proximité de zones écologiques réservoirs: ZER) sur les populations de ravageurs et de certains auxiliaires associés. Ainsi, les ravageurs pourraient être supprimés par des effets de « bottom-up », opérant via le premier niveau trophique (la plante), par la gestion de la diversité des habitats, et non via l'augmentation du 3^{ème} niveau trophique (par les auxiliaires, effet « top-down ») (Landis *et al.*, 2000). Weibull *et al.* (2000) mettent en évidence que l'hétérogénéité d'un paysage semble être plus influente que le type de pratiques culturales sur la diversité des papillons dans un agrosystème.

De nombreuses études ont montré l'influence de la *structure du paysage*, en particulier des paramètres de surface, d'isolement et d'hétérogénéité, sur la biodiversité (Ryskowski *et al.*, 1993; Jonsen and Fahrig, 1997; Thies *et al.*, 2003; Weibull *et al.*, 2000). La richesse et l'abondance d'insectes généralistes, et de biomasse en général, sont plus grandes dans des paysages diversifiés dits « mosaïques », en comparaison aux paysages simples.

En revanche, peu de publications se sont focalisées sur l'influence de ces paramètres sur les ravageurs et leurs prédateurs dans les paysages agricoles. L'étude d'Östman *et al.* (2001) a mesuré dans ce sens l'impact de l'hétérogénéité du paysage sur des populations de pucerons et de leurs prédateurs. La présence de larges bordures de champs et de plantes pérennes à proximité des cultures favorise la survie et la reproduction des auxiliaires, et limite l'établissement des populations de ravageurs. En analogie avec les travaux sur les cultures associées, un paysage de monoculture représente pour un ravageur spécialisé un milieu favorable par sa grande quantité de ressources alimentaires (Resource concentration hypothesis, Long *et al.*, 2002). Par ailleurs, Marino and Landis (1996) ainsi que Thies and Tscharnke (1999) ont mis en évidence des taux de parasitisme plus élevés dans des paysages complexes, comparés à ceux mesurés dans des paysages simples.

b) « L'hypothèse des ennemis naturels »

Selon « l'hypothèse des ennemis naturels » ("Natural enemies hypothesis"; Root, 1973; Russel, 1989; cités dans Andow, 1991), les *haies ou zones boisées* bordant les cultures fourniraient un refuge aux populations d'ennemis naturels des ravageurs. Ces refuges ou Zones Ecologiques Réservoirs (ZER) permettraient aux auxiliaires, d'une part d'échapper aux épandages de pesticides lorsqu'ils sont obligatoires et d'autre part d'acquérir des ressources supplémentaires (pollen, nectar, proie ou hôte alternatif) qui sont parfois indispensables pour leur survie. Ainsi, des parcelles entourées par ces ZER représenteraient des habitats de moins bonnes qualités pour les ravageurs que des parcelles sans refuges pour les auxiliaires.

c) Bibliographie en viticulture

En viticulture, peu de publications existent. Nicholls *et al.* (2000) ont mis en évidence l'intérêt d'un couvert végétal floral dans un vignoble pour diminuer les densités de ravageurs et accroître l'abondance et la richesse spécifique des ennemis naturels. L'hypothèse testée est que le couvert végétal fournit un habitat et des ressources supplémentaires pour les auxiliaires. Par ailleurs, des études, menées à l'UMR « Santé Végétale » à Bordeaux (33), ont montré qu'une augmentation de la diversité en arthropodes, dans les parcelles de vigne, pouvait être favorisée par l'enherbement et les haies (Van Helden *et al.*, 2003). Des échantillons prélevés dans les haies et l'enherbement mettent en évidence la présence d'ennemis naturels connus ou présumés de la Cicadelle Verte, *Empoasca vitis*. D'autres interactions biologiques peuvent aussi influencer les populations de ravageurs : l'interaction 'enherbement-vigne', l'enherbement joue un rôle de compétiteur et abaisse la vigueur de la vigne. La baisse de vigueur pourrait jouer sur la qualité d'habitats de certains ravageurs (Decante *et al.*, 2002). L'hypothèse de la qualité des ressources peut ainsi intervenir sur la dynamique de dispersion des populations de ravageurs, et intégrer de fait l'impact des pratiques culturales sur ces populations.

Dans ce contexte, l'influence des pratiques culturales (hors traitements insecticides), des ZER à proximité des vignobles et de la complexité du paysage sur les densités de population des ravageurs et auxiliaires viticoles devrait être estimée en France.

I- B. Les ravageurs étudiés et auxiliaires de la vigne

La position systématique de chaque insecte présenté ci-dessous figure dans le **Tableau 1** ci-contre.

1. Les ravageurs étudiés

Les ravageurs étudiés comptent parmi ceux qui présentent aujourd'hui des risques potentiels pour la vigne, et ainsi pour la qualité de la récolte viticole en France.

a) L'Eudémis de la vigne (Stockel, 2000)

L'Eudémis, *Lobesia botrana* Den. & Schiff., est un des « vers de la grappe », considéré aujourd'hui comme étant le principal ravageur de la vigne dans le bordelais et même dans toute l'Europe méridionale. (**Figures 2 et 3**; description de l'insecte en **Annexe2**)

Spécificité phytophage de l'Eudémis

Bien que très polyphage, puisque signalé sur vingt-quatre plantes-hôtes (Bovey, 1966), l'Eudémis est un ravageur permanent du genre *Vitis* auquel il s'est parfaitement adapté.

Biologie (Cycle biologique de *Lobesia botrana* en Aquitaine en **Annexe 3**)

Le papillon effectue un cycle polyvoltin (plusieurs générations annuelles) conditionné par la photopériode (Roehrich, 1970). Dans le bordelais, on observe généralement 3 générations par an. Le premier vol d'adultes de génération G0 apparaît en avril. Les stades larvaires se développent sur les boutons floraux en G1, en formant des glomérules (agglomérats de soie tissés autour de boutons floraux) et sur les baies en G2 et G3, en effectuant des perforations. Courant septembre, les chenilles G3 se nymphosent sous l'écorce des ceps et donnent des chrysalides diapausantes capables de passer l'hiver (Roehrich, 1970).

Symptomatologie et dégâts

En s'attaquant aux boutons floraux, puis aux baies, les chenilles peuvent entraîner une perte quantitative de la récolte. Généralement, ce sont les 2^{ème} et 3^{ème} générations qui peuvent provoquer de réels dégâts. Mais ce ravageur entraîne également une perte qualitative à la récolte. En effet, en pénétrant dans les baies, il a été montré que les chenilles favorisent l'installation de la pourriture grise, *Botrytis cinerea* (Fermaud and Le Menn, 1989).

Mobilité de l'insecte

La dispersion naturelle des adultes après l'émergence varie d'environ 30 m pour les femelles à 45 m pour les mâles. Les distances parcourues par les stades larvaires sont en moyenne comprises entre 10 et 30 cm. (Torres-Vila et al., 1997).

b) La Cicadelle Verte (VanHelden, 2000)

La Cicadelle Verte, *Empoasca vitis* Göthe, ou appelée « cicadelle des grillures », est un insecte piqueur-suceur présent sur toutes les zones viticoles européennes. En France, on la retrouve surtout dans les régions Aquitaine et Languedoc. (**Figures 4 et 5**; description de l'insecte en **Annexe 2**)

Spécificité phytophage de la Cicadelle Verte

La Cicadelle Verte n'est pas inféodée à la vigne puisqu'elle effectue son cycle de développement sur plusieurs plantes-hôtes.

Biologie (Cycle biologique de *Empoasca vitis* en **Annexe 4**)

Elle effectue un cycle polyvoltin. Dans le bordelais, on observe 3 générations d'individus par an. L'hivernation se fait au stade adulte, avec des femelles déjà fécondées, sur des *plantes hôtes d'hiver* (conifère, ronce,...) (Cerruti, 1989). L'immigration sur les parcelles de vigne

CV G0, a normalement lieu fin mars, début avril, avec la ponte de la 1^{ère} génération de larves G1 sur la vigne. Il apparaîtrait que les pontes aient préférentiellement lieu dans les parcelles précoces au débourrement (Decante, 2002). Les adultes de cette 1^{ère} génération apparaissent alors courant juin, suivront les larves de 2^{ème} génération CV G2 en fin juin et juillet, suivi des adultes, puis ceux de la 3^{ème} CV G3 en fin juillet-août.

Symptomatologie et dégâts

Quelques semaines après la piqûre des larves, apparaît un rougissement puis un dessèchement du bord du limbe vers l'intérieur : les « grillures ». Cela entraîne une diminution de la surface foliaire fonctionnelle. Il peut alors en résulter un possible retard de maturation, une diminution du taux de sucre ou une baisse du rendement à la récolte (Galet, 1982).

Mobilité de la Cicadelle Verte : Un insecte migrateur ?

Depuis 1998, l'équipe de L'ENITA de Bordeaux réalise de nombreux travaux concernant la répartition et la dynamique des populations de CV. Les résultats montrent que la génération la plus importante est la 1^{ère} génération estivale G1 (juin-juillet). Seulement, il paraît difficile de prévoir l'importance d'une génération en fonction des précédentes, aucune corrélation n'existe entre ces différentes générations. La raison semble être une forte importance de migrations d'individus sur les parcelles de vignes à chaque génération (Van Helden *et al.*, 2000), mais cela n'a pas encore été réellement mis en évidence à ce jour. Par contre, ce phénomène de migration a déjà été montré aux Etats-Unis pour une autre cicadelle (*Empoasca fabae*, Harris). Cet insecte est apparu comme étant un véritable migrateur, se déplaçant sur de très longues distances grâce aux vents (Taylor *et al.*, 1995).

2. Les auxiliaires de la vigne

En protection phytosanitaire, les auxiliaires sont des êtres vivants qui, par leur mode de vie, entraînent l'inhibition ou la destruction d'espèces nuisibles à l'agriculture (Reboulet, 1999). On distingue les prédateurs des parasitoïdes.

a) Les prédateurs (Reboulet, 1999)

Le prédateur est un animal se nourrissant de proies. Aujourd'hui, aucun insecte prédateur à efficacité potentielle importante sur les ravageurs de la vigne n'a été clairement identifié. Les prédateurs connus ont une efficacité potentielle faible, ce qui signifie que l'auxiliaire parvient que rarement, à lui seul, à limiter l'infestation du ravageur. Les prédateurs observés sur vigne, pour la plupart généralistes, sont la Chrysope *Chrysoperla carnea* et l'Hémérobe *Hemerobius sp*, l'Anthocoride *Orius sp*, les Tachinaires ou les Staphylins.

b) Les parasitoïdes (Reboulet, 1999)

Le parasitoïde est un organisme auxiliaire entomophage qui vit au dépens d'un seul hôte dans lequel il se développe, provoquant systématiquement la mort de l'hôte. L'insecte parasitoïde le plus connu aujourd'hui vis-à-vis des ravageurs de la vigne est *Anagrus atomus*, parasitoïde de la Cicadelle Verte, présenté ci-dessous. *Stethynium triclavatum* peut être cité également. Concernant l'Eudémis, excepté 2 espèces de Brachonides Microgastrinae, les parasitoïdes observés en France sont des Ichneumonidae. *Campoplex capitator* (Campopleginae), *Itopectis alternans* et *I. maculator* (Pimplinae) sont considérés abondants dans les régions viticoles d'Aquitaine, de Bourgogne et d'Alsace (Thiery *et al.*, 2001). Cependant, une étude réalisée à l'INRA de Bordeaux a mis en évidence que, parmi les parasitoïdes présents dans l'environnement, *Campoplex capitator* est largement dominant en matière d'efficacité d'action (Thiery and Xuereb, 2003).

Anagrus atomus Haliday (Reboulet, 1999)

A. atomus est un hyménoptère parasitoïde mesurant 0.6 mm (Maisonneuve *et al.*, 1995) (voir **Figure 6**). La durée de développement, de l'œuf à l'adulte, est de seize jours selon MacGill (1934), la durée de vie de l'adulte est de l'ordre de quelques jours (7 à 10 jours à 20°C) (Maisonneuve *et al.*, 1995). Selon Rousseau (1994), *A. atomus* peut éliminer 90% des œufs d'*E. vitis*, selon Vidano *et al.* (1985), il est capable de parasiter en moyenne 50% des œufs, par contre Genini (1999) évalue ce parasitisme à moins de 1%.

A. atomus hiverne à l'extérieur du vignoble dans des œufs d'autres cicadelles, le plus souvent déposés sur des rosiers, des mûriers, des noisetiers.

I- C. La Flavescence Dorée

La Flavescence Dorée est considérée comme une des plus graves maladies des vignobles européens (Ducom, 1998). Elle est présente en France dans les régions du Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Aquitaine et Poitou-Charentes, et malgré la mise en place des mesures réglementaires de lutte contre cette maladie, elle continue de progresser.

La Flavescence Dorée est causée par un phytoplasme parasite strict et intracellulaire et transmise par la cicadelle *Scaphoideus titanus* (Rolland, 2004).

Symptomatologie et dégâts (Annexe 5)

Les symptômes apparaissent après la floraison : les feuilles ont une teinte jaune vif sur les cépages blancs, et rouge sur les cépages rouges. En fin de saison, les rameaux ne sont pas aoûtés et ceux-ci ne produisent pas de baies. Cette maladie entraîne une baisse des

rendements, une forte acidité, ainsi qu'une plus faible teneur en sucre de la récolte, nuisant à la qualité de la récolte. Au bout de quelques années, les ceps contaminés meurent.

La Cicadelle de la Flavescence dorée, *Scaphoïdeus titanus* Ball (Boudon-Padieu, 2000)

Originnaire d'Amérique du Nord, *S. titanus* a été importée en France en 1927 et s'est répandue dans tout le sud du pays. L'insecte n'est pas nuisible en lui-même mais il est vecteur de la Flavescence Dorée (**Figure 7**; description de l'insecte en **Annexe 2**).

Cet insecte est une espèce univoltine qui hiverne à l'état d'œuf dans les anfractuosités du bois de vigne. En France, les éclosions peuvent être étalées sur plusieurs semaines, de mai jusqu'en début juillet. Les adultes apparaissent à partir de mi-juillet et sont présents jusqu'en septembre. L'insecte assure la vexion du phytoplasme de la Flavescence Dorée selon le mode persistant, circulant et multipliant.

II. Matériels et méthodes

II- A. Présentation du vignoble étudié : l'appellation Pessac-Léognan (Conseil des Vins de Graves, 2005)

Cette étude a été réalisée au sein de l'appellation bordelaise Pessac-Léognan, située au nord de la région des Graves, à proximité de l'agglomération bordelaise (33).



Faisant autrefois partie de l'appellation des Graves, l'AOC Pessac-Léognan a été créée en 1987. Elle regroupe 61 châteaux répartis sur 9 communes pour une surface totale de vignoble de 1300 ha.

Sa production annuelle s'élève à 60 000 hl, soit près de 8 millions de bouteilles (80 % de rouges et 20 % de blancs secs), exportés à 75 %.

Au cours de la campagne 2003, un foyer de Flavescence Dorée (304 pieds) a été découvert sur la commune de Léognan, entraînant son passage en zone de lutte obligatoire contre la CFD en 2004.

Zone de lutte obligatoire « Flavescence Dorée » depuis 2004

*En 2004, la commune de Léognan est passée en zone à trois traitements obligatoires, et les communes limitrophes en zone à 2 traitements obligatoires. Quelques communes de l'appellation, sont restées en dehors de la zone de lutte obligatoire (Mérignac, Pessac, Saint-Médard-d'Eyrans).

*En 2005, la sortie du périmètre de lutte obligatoire des communes limitrophes à Léognan a été validée ainsi qu'une zone aménagée pour la commune de Léognan par décision de la commission du SRPV de Gironde. Léognan a été distinguée en 2 zones : une zone à proximité du foyer qui reste à 3 traitements obligatoires, une zone hors-foyer qui doit effectuer obligatoirement les deux premiers traitements, le troisième traitement en suspens, sous condition d'un recensement négligeable de CFD sur le réseau 2005 de pièges jaunes en juillet.

II- B. Choix des insectes et auxiliaires recensés

L'étude de la problématique 'paysage' porte principalement sur des recensements des ravageurs *Lobesia botrana* (E) et *Empoasca vitis* (CV). Ce sont les deux ravageurs qui, dans la région bordelaise, occasionnent des dégâts directs sur la vigne. *Scaphoïdeus titanus*, insecte recensé durant les prélèvements, n'a pas été inclus dans l'étude 'paysage' en raison de la lutte sévère menée contre cette cicadelle depuis 2004, qui a limité considérablement sa présence dans les vignes. Par ailleurs, les recensements d'auxiliaires ciblent strictement les parasitoïdes de *Lobesia botrana* et *Empoasca vitis*.

II- C. Recensement des populations d'insectes

1. Recensement des populations adultes d'Eudémis et de Cicadelles Vertes

a) Le réseau de pièges jaunes

Entre mars et avril, un réseau de 70 pièges a été mis en place dans l'appellation Pessac-Léognan, effectif le 25 avril 2005 (répartition spatiale des pièges, **Figure 8**). Celui-ci a été décidé en accord avec les 32 châteaux qui se sont portés volontaires au projet (liste en annexe 17), acceptant les engagements préalablement définis (participation aux recensements des insectes et financement). Le réseau de pièges s'étend sur 5 communes : Cadaujac, Martillac, St-Médard d'Eyrans, Léognan et Villenave d'Ornon. 38 des 70 « parcelles-pièges » sont situées dans Léognan.

b) Le piège jaune englué (Figure 9)

Le piège Tri-Δnglué © utilisé, fabriqué à l'ENITAB, est une adaptation des pièges à phéromones type INRA. Il est constitué d'un abri plastique en forme de tente, au fond duquel est disposée une plaque engluée. Une capsule micro-dosée de phéromones sexuelles de synthèse est fixée sur une languette plastique au milieu de l'abri. Cette capsule de phéromones sexuelles femelles Eudémis permet ainsi de capturer sur le piège les Eudémis mâles adultes. Ce piège permet également de piéger les CV et les CFD, par attirance chromatique, liée à sa couleur jaune vif (Beck, 2003).

c) La disposition des pièges

Les pièges ont été mis en place dans des parcelles répondant à certaines exigences:

- parcelles de cépage merlot ou cabernet sauvignon, strictement, pour éviter la variabilité importante liée aux cépages rouges et blancs,
- parcelles de superficie supérieure à 0.5 ha,

De plus, le réseau de pièges a été effectué de manière à ce que le dispositif soit le plus équilibré possible concernant les 2 facteurs suivants:

- la *proximité ou non d'un boisement (bois, haie ou parc)*, avec des parcelles à environ 50 m d'un boisement et des parcelles éloignées de plus de 150 m d'un boisement (**Figures 10 et 11**),
- la *présence ou l'absence d'enherbement* sur la parcelle (**Figures 12 et 13**).

Les pièges, situés au minimum à 150 m de distance entre-eux sont considérés indépendants car le rayon d'attraction olfactive (diffuseurs à phéromones 'microdosées') et visuelle (jaune) est estimé inférieur à 50 m.

d) L'organisation du recensement

Les relevés d'E, CV et CFD ont été réalisés sur chaque piège trois fois par semaine (lundi, mercredi et vendredi). Les plaques engluées étaient remplacées tous les quinze jours, voire plus souvent. Les capsules de phéromones sexuelles étaient changées tous les quinze jours.

2. Recensement des populations larvaires d'Eudémis et Cicadelles Vertes

a) Les recensements sur les parcelles-pièges

Les recensements de populations larvaires ont été réalisés uniquement sur la première génération d'insectes, en raison des traitements insecticides appliqués fin juin.

b) Protocole Eudémis génération G1: recensement de glomérules

Ce recensement s'est déroulé le 14 et 15 juin 2005 (semaine 24). Il consiste à observer, autour de chaque piège, 50 grappes (une grappe choisie au hasard par cep) et à comptabiliser

le nombre de glomérules. Ensuite, la présence ou l'absence de larves a été notée (Eudémis ou Cochylys, qui est un autre ver de la grappe).

c) Protocole Cicadelle Verte génération G1

Le recensement a été effectué entre le mardi 31 mai et le vendredi 3 juin 2005. Il consiste à observer, autour de chacun des pièges, la face inférieure de 200 feuilles (2 feuilles/cep) et à comptabiliser le nombre d'individus larvaires présents.

3. Etude du parasitisme des larves d'Eudémis

Lors du recensement de glomérules, les larves observées ont été récoltées afin d'étudier leur parasitisme et d'identifier les espèces de parasitoïdes. Elles ont été mises dans des tubes, recouverts par un tissu en soie, pendant 20 jours. Après éclosion des parasitoïdes (ou papillons) un stagiaire, spécialiste de la taxonomie des hyménoptères parasitoïdes, Takuma Yoshida, a réalisé le travail d'identification.

4. Etude du parasitisme des œufs de Cicadelle Verte

Lors du recensement de larves de Cicadelles Vertes de la première génération, 50 feuilles ont été récoltées autour de chaque piège, pour étudier le parasitisme des œufs de CV et identifier les espèces parasitoïdes. Les lots de feuilles ont été disposés dans des éclosiers (voir **Figure 14**), des seaux couverts d'un tissu en soie, pendant 15 jours environ.

Puis, un rinçage des feuilles a été réalisé afin de recueillir dans chaque seau les insectes présents. L'eau de rinçage a été alors filtrée à l'aide de deux filtres superposés, à 500 et 365µm. Les observations à la loupe binoculaire ont été effectuées sur ce qui a été retenu entre les deux filtres.

Le protocole suivant a été réalisé également pour la 2^{ème} génération, étant donné que la ponte n'était pas ciblée par les produits insecticides appliqués fin juin. La récolte de feuilles a eu lieu le 27 et 28 juin 2005.

II- D. Récolte des données historiques et caractéristiques des "parcelles-pièges" et des pratiques culturelles

1. L'enquête

Une enquête a été réalisée auprès des châteaux participant à l'étude (exemplaire en **Annexe 6**). Elle a permis de recueillir des informations sur la gestion globale des vignobles vis-à-vis des ravageurs de la vigne, et plus particulièrement sur les caractéristiques et les

pratiques culturales des parcelles-pièges. Ainsi, les facteurs du paysage seront étudiés et comparés aux facteurs parcellaires dans le traitement des données.

2. Mesure d'un indice de vigueur de la vigne

La vigueur des parcelles-pièges a été estimée, le 20 juin 2005, grâce à un appareil utilisé habituellement pour piloter la fertilisation azotée en culture céréalière, le N-tester. L'utilisation de cet outil a été validée en viticulture (Van Leeuwen *et al.*, 2000).

Les valeurs affichées par le N-tester correspondent à un indice de réfraction de la chlorophylle présente dans la feuille. La mesure est effectuée sur 30 feuilles adultes et saines, portées par un rameau primaire, à proximité de chaque piège. Cette mesure sera testée également comme facteur parcellaire.

II- E. Saisie de la structure du paysage à proximité des pièges

1. Utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG)

Le paysage a été saisi sur la dernière version 8.3 du logiciel Arcview, à l'aide d'orthophotos rectifiées (BD CARTO®, ©IGN PARIS-2000) Lambert II étendu, ainsi qu'avec des scans de cartes topographiques au 1/25000 géoréférencées, le Scan 25 (IGN).

2. Méthodologie

a) Délimitation d'un rayon d'étude

Le rayon d'étude choisi pour cette étude est 100 m autour du piège. Ce choix paraît pertinent vis-à-vis de la bibliographie existante sur les distances écologiques (Boller *et al.*, 2004), couplée aux connaissances actuelles sur l'éthologie des insectes étudiés, plus particulièrement leur capacité de dispersion. De plus, la réactualisation du paysage de 2005 a été jugée plus applicable sur une étendue limitée.

b) Choix d'une typologie d'éléments paysagers et de ZER

*Typologie des « structures-types » paysagères (Tableau 2)

La typologie des « structures-types » paysagère a été décidée suivant la structure des éléments paysagers, leur fonctionnalité, leur densité végétale, leur superficie, le degré d'intervention de l'homme en matière de gestion du milieu et leur perméabilité au sol.

*Choix des différentes ZER prises en compte

Le choix des ZER parmi les « structures types » a été décidé en fonction du potentiel écologique en biodiversité végétale et animale, en excluant les autres cultures agricoles et les alignements d'arbres (non présents dans notre domaine de saisie). Les arbres isolés n'ont pas

été considérés dans l'analyse des données, étant donné leur surface limitée au sol. Cela reste un choix arbitraire. Les différentes ZER considérées sont indiquées sur le **Tableau 2**, des photographies prises sur le terrain figurent en **Annexe 7**.

*Critères de distinction des ZER

La différenciation entre les ZER a été établie en tenant compte des paramètres cités dans la typologie des « structures-types », en ajoutant également la biodiversité spécifique et le ratio diversité spécifique/surface.

c) Mesures des coordonnées GPS de chaque piège

Un relevé GPS de l'emplacement des pièges a été réalisé, la latitude et la longitude de chaque piège ont été ainsi déterminées afin de localiser les pièges sur Arcview.

d) Saisie du paysage sur le logiciel SIG Arcview

La première étape est de réaliser la couche de pièges avec les coordonnées GPS et de créer une couche de buffers (cercles concentriques) de 100 m de rayon, dont les centres sont les pièges représentés par des points (voir **Figure 15**). Ensuite, la seconde étape est de saisir, selon la typologie définie, tous les éléments paysagers présents dans chaque buffer, dans leur intégralité, en tenant compte exclusivement des orthophotos. Ce travail a été effectué à l'échelle 1 : 1000. Certaines entités, telles que des bois, s'étendent très largement au-delà des buffers. Ainsi, une nouvelle couche est créée ensuite, sélectionnant uniquement le surfacique des buffers (voir **Figure 16**).

e) Actualisation du paysage

En raison de l'ancienneté des orthophotos exploitées, datant de 2000, il a été indispensable de réaliser des observations sur le terrain pour réactualiser le paysage saisi sur Arcview. Par ailleurs, certains détails étant difficiles à identifier sur les photos, tels que l'enherbement des interstices, il est préférable d'effectuer la démarche dans tous les cas. Les observations ont été effectuées mardi 26 juillet, jeudi 28 juillet et mardi 2 août 2005.

Le paysage des buffers a été ensuite réactualisé sur Arcview, en intégrant nos observations.

II- F. Les analyses descriptives et statistiques utilisées

Le traitement des données recueillies tout au long du stage a été effectué à l'aide des logiciels Arcview, Access, Excel et XLstat. Avant d'effectuer des analyses descriptives et statistiques, il est nécessaire de bien définir les variables et les facteurs pertinents pour tester les hypothèses (cf Introduction).

1. Détermination des variables

Les variables à considérer pour les analyses sont obtenues à partir des variables de mesure. Ces dernières sont les différents recensements d'insectes effectués.

Dans le cas des recensements des adultes de CV et d'E, il a été jugé plus intéressant d'effectuer des cumuls d'effectifs par génération pour les analyses statistiques. Ces cumuls sont donc des variables calculées à partir des variables de mesure.

Variables de mesure : les recensements d'adultes (CV et E) dans les pièges, le recensement de glomérules, celui de larves de CV et les recensements des parasitoïdes des larves d'E et des œufs de CV.

Variables calculées : le cumul d'insectes adultes par génération (CV et E). Pour la CV, un cumul regroupant les générations G1 et G2 a été également calculé.

2. Identification des facteurs à tester

Les analyses envisagées concernent deux types de facteurs à tester sur les effectifs d'insectes : les facteurs liés au paysage à proximité des pièges et les facteurs liés à l'historique et les caractéristiques des parcelles-pièges.

a) Les indicateurs du paysage sélectionnés pour l'analyse

Les indicateurs utilisés dans l'analyse sont :

- la proximité (50 m) ou non (>150 m) d'un boisement (bois, haie ou parc) vis-à-vis du piège,
- la présence ou non d'enherbement dans la parcelle-piège,
- le pourcentage de vignes, de ZER et 'autres' présents par buffer,
- le pourcentage de chaque « structure-type » présente par buffer,
- le nombre de « structures-types » présentes par buffer,
- l'indice de Shannon calculé par buffer (cf partie Bibliographie).

b) Les caractéristiques des « parcelles-pièges » considérées

Les facteurs parcellaires, « potentiellement » influant sur les populations d'insectes, ont été ainsi sélectionnés : le type de sol, le cépage, la superficie, l'année de plantation, la densité de plantation, l'orientation des rangs, le type de gestion du sol 2005, l'indice de vigueur et le contexte de lutte obligatoire CFD en 2005.

3. Présentation des analyses effectuées

Des premières analyses descriptives présentent les suivis des effectifs d'adultes recensés (E et CV), de fin-avril à début-août, ainsi que les recensements ponctuels larvaires et ceux des parasitoïdes sans tenir compte du paysage.

Ensuite, les résultats de l'enquête et des analyses sur la structure des paysages, caractérisant notre échantillon de parcelles-pièges, seront résumés.

Puis, les variables envisagées pour les analyses statistiques (cumul des effectifs adultes par génération, recensement des larves), ont été testées afin d'identifier leur loi de distribution (loi Normale ou autres).

Des premières analyses descriptives et statistiques testent les facteurs *enherbement* et *proximité d'un boisement* et leur interaction sur chacune des variables.

Ensuite, l'influence des autres facteurs du paysage et des facteurs parcellaires sur les variables est présentée à l'aide d'Analyses en Composantes Principales (ACP) et de tests de comparaison d'échantillons.

III. Résultats

III- A. Le suivi des populations de ravageurs

Une forte hétérogénéité des recensements d'insectes entre les parcelles-pièges a été observée au niveau de tous les recensements. L'hétérogénéité était cependant différente entre les recensements « Eudémis » et ceux « Cicadelle Verte ». Les répartitions spatiales des recensements totaux d'adultes E et CV sont présentées ci-contre **Figures 17 et 18**.

1. Recensements « Eudémis »

a) Suivi des Vols (voir **Figure 19** page suivante)

Le premier vol d'adultes Eudémis, vol de la génération G0, s'est étalé sur plus 5 semaines, entre mi-avril et fin mai. Les recensements de ce vol ont été globalement très intenses cette année avec un pic de vol autour du 11 mai. Le deuxième vol (G1) s'est déclaré vers le 15 juin, a présenté un pic la dernière semaine de juin et s'est terminé mi-juillet. Il a été plus court et moins intense que le premier. Le début du troisième vol a été détecté début août.

b) Recensements de glomérules et de larves G1

Le nombre de glomérules par relevé a été variable suivant les parcelles-pièges (de 0 glomérule observée sur 100 grappes à plus de 5 glomérules/grappe).

Concernant les recensements de larves, les observations ont été très limitées, la majorité des glomérules étant vide. Seules des larves d'Eudémis ont été observées (aucune Cochylis).

Le tableau récapitulatif figure en **Annexe 8**.

2. Recensements « Cicadelle Verte »

a) Suivi des Vols (Figure 20)

Le premier vol observé jusqu'à début juin est le vol d'émigration sur la vigne (génération G0). Il est resté faible, avec des moyennes de piégeage de 15 individus par piège par semaine. En revanche, le deuxième vol (génération G1) a été très prononcé avec un pic situé autour du 18 juin. Un chevauchement entre les vols des générations G1 et G2 est clair sur le graphique. Cependant, d'après les recensements bruts, on peut supposer que la G2 a commencé son vol vers le 4 juillet.

b) Recensement des larves G1

Les observations sont relativement hétérogènes selon les parcelles (entre 0 larve observée à plus d'une larve par feuille). Cependant, en grande majorité, les effectifs sont faibles (en moyenne, 27 larves sur 100 feuilles). D'autre part, les stades observés sont aussi très variables, des premiers stades larvaires (0.5 mm) au dernier stade (3 mm). Le tableau récapitulatif figure en **Annexe 9**.

III- B. Les parasitoïdes recensés

1. Les parasitoïdes d'Eudémis

Sur 149 larves récoltées, 37 ont été parasitées. Il a été identifié 36 *Campoplex capitator* et 1 *Itopectis maculator*. Le taux de parasitisme observé sur la totalité de l'échantillon de larves récoltées est de 25 %.

2. Les parasitoïdes de la Cicadelle Verte

Il a été observé au total 20 hyménoptères sur 31 seaux de 100 feuilles de vigne. 14 *Anagrus atomus* et 3 *Stethynium triclavatum* ont été identifiés, et 3 autres individus non identifiés à ce jour ont été observés.

III- C. Les caractéristiques parcellaires et historiques des parcelles-pièges du dispositif

Ces résultats sont basés sur les données récoltées durant l'enquête, ainsi que sur des mesures effectuées dans les parcelles (vigueur, appréciation de la gestion des sols).

La répartition des cépages des parcelles échantillonnées est : 33 parcelles de cépage Cabernet Sauvignon et 37 de Merlot.

L'âge des vignes est très variable, avec des années de plantation partant de 1951 jusqu'à 2003, et une moyenne d'âge de 16 ans.

La densité de plantation moyenne est de 7 300 pieds/ha, mais là aussi, il y a une variabilité assez importante puisque la densité varie entre 5 000 et 10 000 pieds/ha.

L'orientation des rangs est à 85% nord-sud, sinon Est-Ouest.

Le terroir est assez homogène, la majorité des parcelles-pièges (66%) se caractérise par un sol sablo-graveleux, la proportion de graves variant légèrement suivant les parcelles. Toutefois, certaines parcelles sont situées sur des sols à dominante argileuse, calcaire ou parfois strictement sableux. Nous avons ainsi regroupé les sols en 5 classes pour l'analyse des données : sol sablo-graveleux ('sables-graves'), sol graveleux-argileux ('graves argiles'), sol à dominante argileuse ('argile'), sol à dominante calcaire ('calcaire'), sol à dominante sablo-limoneuse ('sable fin').

La superficie moyenne des parcelles-pièges est de 1.29 ha, la plus grande parcelle s'élevant à 4.66 ha.

La *gestion du sol* des parcelles du dispositif est diversifiée.

*La moitié des parcelles (37) est travaillée mécaniquement (entre 2 passages et 10 passages à l'année).

*22 parcelles sont enherbées. L'enherbement est soit naturel (10 parcelles), soit semé (12 parcelles), il est très majoritairement plurispécifique. Les châteaux utilisent un assemblage de Poacées, telles que le Ray-grass et les fétuques pour l'enherbement semé. Selon les conditions météorologiques, certains châteaux pratiquent l'enherbement maîtrisé, afin de limiter la concurrence avec la vigne. Ils suppriment ainsi l'enherbement en juin.

*9 parcelles sont en gestion mixte du sol, mécanique et chimique.

*2 parcelles sont en gestion chimique du sol, avec 2 passages à l'année.

Les zones de lutte obligatoire contre la CFD cette année concernent 39 parcelles parmi les 70 parcelles-pièges.

L'indice de vigueur a été mesuré le 20 juin 2005, au moment où le développement de la végétation était contrôlé par les rognages mais restait important. Il varie entre 363 et 604 (mesure en valeurs relatives), avec 75% des vignes situées au-dessus de 500.

III- D. Le paysage limitrophe à nos parcelles étudiées

Ces résultats sont basés sur les observations réalisées *in situ* et sur les indices de paysage calculés à partir de notre saisie sur Arcview. L'objectif est de mettre en évidence des caractéristiques structurelles du paysage à proximité des pièges dans les buffers de 100 m.

1. Caractéristiques du paysage de la zone d'étude

Le paysage des communes de Léognan, Martillac et St Médard d'Eyrans, est caractérisé tout d'abord par une activité viticole très forte, avec des îlots de vignes plus ou moins importants, concentrés principalement dans la commune de Léognan. Excepté le développement de la culture du muguet à Martillac, la vigne reste la seule activité agricole présente. Des zones boisées importantes ont été conservées. Cependant, il y a peu de connectivités entre elles. La présence de haies est faible. Les communes de Léognan, Martillac et St-Médard d'Eyrans se caractérisent enfin par un développement des zones résidentielles, lié à l'expansion de l'agglomération de Bordeaux.

2. Caractéristiques descriptives des paysages délimités par les buffers

Le contexte paysager des 70 pièges du dispositif, dans un rayon de 100 m, est caractérisé globalement soit par un paysage « simple », soit par un paysage « complexe ». Au sein des sites de production des châteaux, certaines parcelles-pièges sont isolées, d'autres sont en bordure d'îlots ou alors au centre des îlots.

*Le paysage « simple » concerne les pièges mis en place au centre d'îlots de vignes, qui peut présenter tout de même des ZER potentielles, telles que les interstices enherbées, (accotements, tournières, chemins d'exploitation), les fossés avec ou sans eau permanente, ou des prairies-jachères (liées à un arrachage des vignes).

*Le paysage « complexe » concerne les pièges localisés plus en bordure d'îlots ou dans des parcelles totalement isolées. Par conséquent, ce contexte intègre dans les buffers des structures-types très diverses, telles que des parcs (parcs des châteaux), des bois, des ripisylves, des haies, des prairies, des accotements de route, des zones d'habitation résidentielles et même industrielles.

3. Mise en évidence du degré d'hétérogénéité structurelle des buffers

Les buffers sont caractérisés par des proportions élevées de vignes, liées au positionnement des pièges à 50 m du bord de la parcelle. Cependant, les indices d'hétérogénéité du paysage mettent en évidence une variabilité intéressante au sein du dispositif en terme de complexité structurelle du paysage.

*En moyenne, dans les buffers considérés, le *pourcentage de vignes* s'élève à 71%. *Celui des ZER* prises en compte est de 24%. En distinguant par le facteur « proximité ou non d'un

boisement », les parcelles « proximité d'un boisement » comptent en moyenne 60% de vignes et 31% de ZER en surface, alors que les parcelles « non-proximité d'un boisement » comptent 80% de vignes et 11% de ZER.

*Concernant *le nombre de types d'occupation du sol*, il varie de 2 à 11 suivant les buffers.

**L'indice de Shannon* varie entre 0.16 et 1.31 pour l'ensemble des buffers, avec une moyenne 0.85 pour les parcelles « proximité d'un boisement » et de 0.43 pour les parcelles « non-proximité d'un boisement ».

III- E. Analyse de l'impact des caractéristiques du paysage et des facteurs parcellaires sur les recensements d'insectes

1. Sélection des variables 'insectes'

Au vu des faibles recensements de parasitoïdes, ces variables n'ont pas pu être prises en compte dans les analyses suivantes.

Les variables considérées sont les générations G0, G1 d'E, le rapport E G1/G0 et les glomérules, ainsi que les générations G0, G1, G2, G1+G2 et les larves de CV.

La segmentation des recensements pour distinguer les générations d'insectes s'est basée sur l'étude des suivis de vol moyens avec la prise en compte des suivis individuels.

Eudémis : G0 du 25 avril au 13 juin, G1 du 15 juin au 29 juillet,

CV : G0 du 25 avril au 3 juin, G1 du 6 juin au 1^{er} juillet, G3 du 4 juillet au 1^{er} août.

Ensuite, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été effectuée entre ces variables 'insectes' pour visualiser et analyser rapidement les corrélations (**Tableau 3** et **Figure 21**).

*CV G1G2 présente une corrélation très importante avec les variables CV G1 (cor = 0.925) et CV G2 (cor = 0.880). Il a été décidé de poursuivre les analyses avec les variables distinguant les 2 générations, CV G1 et CV G2, et de supprimer CV G1G2. Malgré le chevauchement de ces générations non négligeable, l'importance des traitements insecticides, ciblant les larves G2 sur l'ensemble des vignobles de l'appellation, nous fait penser qu'il serait plus pertinent de considérer les adultes G1 et G2 séparément..

*Les variables semblent clairement être corrélées par type d'insectes (Eudémis et CV) mais la corrélation paraît plus forte concernant les Eudémis.

*Par ailleurs, la matrice des corrélations met en évidence des corrélations négatives entre les variables E et CV.

*Les graphiques représentant la répartition des pièges (voir **Annexe 10**), selon les 3 axes F1, F2 et F3, a permis d'identifier 4 pièges à recensements extrêmes, jugés aberrants (pièges 46, 54, 64 et 68). Ils ont été supprimés pour les prochaines analyses.

2. Analyse des facteurs « proximité de boisement » et « enherbement » sur les recensements d'insectes

Les deux facteurs, « proximité de boisement » et « enherbement », ont été étudiés *en supposant l'existence d'une interaction entre ces facteurs*. Ainsi, quatre modalités croisées sont testées pour chacune des 8 variables 'insectes': **E-Bois**, **NE-Bois**, **E-NBois** et **NE-NBois** (E = enherbement ; EN = non-enherbement ; Bois = proximité de boisement ; NBois = non-proximité de boisement).

Analyses descriptives

Le **Tableau 4** ci-contre présente le nombre de répétitions par modalité, ainsi que les moyennes, médianes et écart-types calculés par modalité et par variable. Globalement, les moyennes sont différentes des médianes, et les écarts-types sont élevés. La variabilité au sein de chaque modalité est importante pour l'ensemble des variables. Les Boxplots traduisent clairement celle-ci. Les Boxplots de CV G1 et E G1 sont présentés ci-contre à titre d'exemple **Figures 22 et 23**. Les autres figurent en **Annexe 11**.

Analyses statistiques

Le test de normalité a été effectué pour chacune des variables 'insectes'. Le type de distribution est semblable par insecte (forte dominance des valeurs basses) (**Annexe 12**). Aucune variable ne suit une loi normale (**Annexe 12**). Des tests non paramétriques de Kruskal Wallis, comparant les 4 modalités pour chaque paramètre 'insectes', ont donc été réalisés (voir **Tableau 5 page suivante**).

Seule la variable CV G1 présente un P-value de 0.031, inférieur à 0.05. Cela signifie que pour cette variable, un effet modalité est significatif. Pour les variables CV G0 et le rapport G1/G0 Eudémis, l'effet modalité est observé avec respectivement 9.4% et 9.5% de risque, résultats à prendre donc avec précaution. Malgré le % de risque supérieur au seuil significatif de 5%, ces résultats sont des tendances non négligeables car le % de risque reste faible et le nombre de répétitions est relativement faible.

Pour identifier les effets des modalités, des tests non paramétriques de comparaison croisant les modalités deux à deux ont été effectués, les tests de Mann-Whitney et de Kolmogorov-Smirnov (voir **Tableau 6**).

Pour CV G1 et CV G0, seule une différence significative entre les modalités NE-Bois et NE-NBois a été mise en évidence, avec 0.3% de risque pour CV G1 et 1.3% pour CV G0, les CV étant plus abondantes dans les parcelles non enherbées à proximité de boisement.

3. Analyse des facteurs du paysage et des facteurs parcellaires quantitatifs

a) Etude des corrélations entre les paramètres du paysage et les caractéristiques quantitatives des parcelles

La matrice des corrélations est présentée ci-contre, **Tableau 7**.

L'ACP, met en évidence des *corrélations positives significatives très élevées* entre Indice de Shannon et % ZER, ainsi qu'entre Indice de Shannon et Nombre d'occupations du sol.

Par ailleurs, les indices d'hétérogénéité du paysage sont corrélés négativement au % de vignes et positivement à l'année de plantation de la parcelle-piège.

La superficie de la parcelle-piège apparaît significativement corrélée négativement à la densité de plantation.

b) ACP avec les indices de paysage et caractéristiques quantitatives des parcelles et les variables supplémentaires 'insectes' (voir **Figure 24 page suivante**)

La matrice des corrélations (voir **Tableau 8 page suivante**) met en évidence des corrélations significatives :

***négatives**

→ tous les recensements d'Eudémis et glomérules sont en corrélation négative avec les indices d'hétérogénéité du paysage,

→ CV G1 est corrélé négativement avec la proportion de vignes,

→ les recensements glomérules EG1 et adultes E G0 sont corrélés négativement à l'année de plantation et les adultes E G1 à la densité de plantation.

***positives**

→ tous les recensements d'Eudémis adultes et glomérules sont en corrélation positive avec le % de vignes,

→ CV G1 est corrélé positivement aux indices d'hétérogénéité du paysage,

→ E G0 est corrélé positivement à l'indice de vigueur,

→ les glomérules et les larves de CV G1 sont corrélés positivement à la superficie de la parcelle.

Parmi les indices d'hétérogénéité du paysage, le nombre de types d'occupation a systématiquement la corrélation la plus élevée, suivi de très près de l'Indice de Shannon (**Tableau 8** p 27).

4. Analyses des facteurs parcellaires qualitatifs

Une Analyse en Composantes Multiples (ACM) a été effectuée (**Annexe 13**). Elle ne présente pas d'intérêt car la variabilité expliquée est relativement faible (31%) et la lisibilité du graphique difficile. Des tests non paramétriques de comparaison entre échantillons ont été jugés plus pertinents.

a) Analyse des facteurs à 2 modalités

Les facteurs *cépage*, *zone de lutte obligatoire CFD* et *orientation des rangs* ont été étudiés avec les tests bilatéraux de Mann-Whitney et de Kolmogorov-Smirnov (**Annexe 13**).

**cépage* : une différence significative est observée pour les larves CV G1, avec plus de larves CVG1 sur le cépage *Merlot*.

**zone de lutte CFD* : une différence significative est observée pour les adultes CV G0, les larves CV G1, et tous les relevés « Eudémis », avec des populations plus abondantes dans la *zone hors périmètre* de lutte obligatoire 2005.

b) Analyse des facteurs à k modalités

Les facteurs *type de sol* et *gestion du sol* ont été étudiés avec le test de Kruskal Wallis (**Annexe 13**).

**type de sol* : une différence significative a été montrée pour les larves CV G1, qui semblent être plus présentes sur les sols 'sables fins', c'est-à-dire les sols à dominante sablo-limoneuse.

**gestion du sol* : aucune différence significative n'a été mise en évidence avec les modalités 'Enherbement', 'Mécanique', 'Mixte' et 'Chimique'.

IV. Discussion

IV- A. Interprétation des résultats

1. Hétérogénéité spatiale des populations d'Eudémis et de Cicadelle Verte au sein de l'appellation

D'après nos recensements, l'hétérogénéité spatiale des populations d'insectes est forte. Selon l'observation des viticulteurs, elle est relativement comparable d'une année sur l'autre (com. pers.). De plus, elle est différente selon l'insecte considéré, E ou CV. Au sein de l'appellation, l'Eudémis semble se concentrer au niveau de certains grands îlots de production, alors que la CV a une répartition plus aléatoire à cette échelle (**Figures 17 et 18** p.21). Ceci soulève ainsi de nombreuses hypothèses pour expliquer la dynamique des populations, parmi lesquelles l'influence du paysage et celle des pratiques culturales qui sont approfondies dans cette étude.

2. Intérêt des recensements de parasitoïdes

Les recensements de parasitoïdes ont permis d'estimer les espèces parasitoïdes présentes au niveau de l'appellation. Il apparaît ainsi une espèce dominante parasitant l'Eudémis, *Campoplex capitator*, et une espèce dominante parasitant la CV, *Anagrus atomus*. Il est important de noter que le nombre d'individus prélevés est très faible et que les protocoles sont à améliorer. En effet, il est fort possible que les résultats aient été limités en raison des protocoles et des périodes de prélèvement.

Une étude supplémentaire paraît intéressante pour posséder des effectifs suffisants, calculer les taux de parasitisme et analyser ensuite l'influence du paysage. En effet, on peut supposer que *Anagrus atomus*, parasitant d'autres cicadelles l'hiver, est influencée par la structure, notamment l'hétérogénéité du paysage (Reboulet, 1999).

3. Variabilité des caractéristiques parcellaires modérée

D'après les résultats de l'enquête, les parcelles-pièges du dispositif ont des caractéristiques parcellaires plus ou moins homogènes. La variabilité rencontrée concerne plus le *type de gestion du sol*, les *densités de plantation* et les *années de plantation*. Ceci était une des raisons d'effectuer cette étude dans l'appellation de Pessac-Léognan. La poursuite du projet devrait encore mieux cibler l'influence du paysage, en sélectionnant des parcelles-

pièges plus homogènes dans leurs caractéristiques (âge, cépage, densité) et leur mode de gestion du sol.

4. Identification de ZER potentiellement prometteuses

Le travail réalisé sur le terrain, de recensements et d'observations, a permis de percevoir le paysage de l'appellation, site d'étude intéressant pour étudier la problématique. En effet, elle présente des zones de production viticole intensives, mais également des zones diversifiées. Malgré l'expansion des surfaces viticoles chaque année, des ZER potentielles, telles que des bois, sont encore nombreuses.

En matière *de biodiversité spécifique* du paysage, les observations ont permis d'identifier les ZER potentiellement les plus intéressantes dans l'appellation. Ainsi, les bois et les haies présentant les trois strates herbacée, arbustive et arborescente, les fossés avec eau permanente, les prairies et jachères adjacentes aux parcelles, ainsi que les friches ont été retenus.

5. Impact potentiel des facteurs « enherbement » et « proximité de boisement »

a) Impact sur les Cicadelles Vertes

Les statistiques effectuées ont mis en évidence un effet significatif de la proximité de boisement sur les vols de CV G0 et G1, mais uniquement dans le cas des parcelles non enherbées. La proximité de boisement favorisant la présence de CV G0 et G1 sur les parcelles peut être expliquée ainsi : l'hivernation se faisant sur des plantes hôtes d'hiver, type ronces ou conifères, la proximité de boisement d'une parcelle accentue ainsi les risques d'être colonisée par ces insectes.

En comparant la taille des échantillons par modalité, ainsi que les médianes (**Tableau 4 p 26**), on peut émettre l'hypothèse que le nombre de répétitions par échantillon, suffisant uniquement dans le cas des parcelles non enherbées, a limité les analyses statistiques pour les autres modalités. On peut ainsi supposer, dans le cas de CV G1, que l'échantillon NE-Nbois est différent des trois autres modalités, si l'on regarde les médianes. Ceci doit cependant être testé de nouveau, avec un dispositif plus équilibré et un nombre de répétitions par modalité supérieur à 20.

Concernant CV G2, aucune tendance n'a été décelée. Il est probable que cette génération ait été directement perturbée par les traitements, inhibant toute autre influence possible.

b) Impact sur les Eudémis

Les analyses réalisées sur les recensements d'Eudémis soulèvent une valeur plus élevée du rapport G1/G0, avec 5.3% de risque, des parcelles non enherbées à proximité d'un boisement, comparées à celles éloignées d'un boisement. En raison du nombre limité de répétitions pour certaines modalités, il est possible que d'autres effets soient dissimulés. Cette 'tendance' mise en évidence, concernant uniquement le rapport G1/G0, est difficilement interprétable.

6. Pertinence des indices de paysage testés

Les corrélations négatives très fortes entre le pourcentage de vignes d'un côté et les indices d'hétérogénéité du paysage de l'autre confirment l'intérêt de ces indices pour étudier l'influence de la diversité d'un paysage. Cependant, il n'est pas nécessaire de tous les considérer, un seul suffit, celui qui apporte le plus d'information.

Parmi ces indices de paysage, le *nombre de types d'occupation* est celui le plus fortement corrélé aux variables insectes lorsqu'une influence de l'hétérogénéité a été mise en évidence. Cet indice ne tient pas compte des surfaces des structures-types. Ceci peut être lié au fait que la dimension des buffers, restreinte dans l'étude, est limitante pour étudier l'impact des surfaces de chaque structure-type. En effet, chaque buffer comprend une proportion importante de vignes, liée au positionnement des pièges à 50 m des bordures. Ainsi, l'utilisation de l'Indice de Shannon, tenant compte des surfaces, peut être ainsi plus adaptée pour des buffers plus importants, de 500 m par exemple.

7. Corrélations entre indices du paysage et facteurs parcellaires

Les corrélations entre % vignes et indices d'hétérogénéité du paysage sont très fortes. Il peut être redondant de les représenter tous dans une même ACP.

Par ailleurs, d'autres corrélations significatives ont été mises en évidence.

* la corrélation positive entre année de plantation et les indices d'hétérogénéité du paysage. On peut émettre l'hypothèse que la majorité des nouvelles plantations a lieu sur des nouveaux terrains récemment défrichés, qui se situent donc plus en marge des îlots de vigne.

* la corrélation négative entre superficie de la parcelle et densité de plantation. Une hypothèse historique et culturelle peut être avancée. Il y a 20 ans, de grandes unités de vignes à densité réduite étaient mises en place en vue de la mécanisation et la réduction des coûts de production. Aujourd'hui, les parcelles sont plus petites pour mieux s'adapter au terroir local (sol, exposition) et les densités sont augmentées pour améliorer la qualité de la récolte.

8. Influence de la structure du paysage et des caractéristiques parcellaires sur l'Eudémis et la Cicadelle Verte

Les analyses ACP mettent en évidence des corrélations significatives négatives entre les variables « Eudémis » et « Cicadelles Vertes ». Ainsi, le comportement de ces insectes est différent dans les parcelles de vigne, voire opposé face à la complexité du paysage. Ils ne sont pas sensibles aux mêmes pressions de leur milieu. Ils doivent être traités distinctement.

a) Influence de la complexité du paysage sur les populations de Cicadelles Vertes

D'après l'ACP, il apparaît une corrélation positive significative entre les adultes CV G1, c'est-à-dire la première génération estivale, et le degré d'hétérogénéité du paysage à proximité des parcelles. Ainsi, la Cicadelle Verte serait plus présente dans les vignes inscrites dans un paysage diversifié, s'opposant aux cœurs des grands îlots de vignes.

On sait que la Cicadelle Verte est une espèce adaptée à diverses plantes-hôtes telles que les ronces ou les conifères. La présence de boisement serait donc plus susceptible d'être corrélée avec la CV. Or la corrélation est significative également pour l'indice *nombre de types d'occupation*. Elle amène ainsi de nouvelles hypothèses.

-Comment la diversité d'un paysage peut-elle influencer sur les niveaux de populations de CV ?

-Est-ce la diversité d'habitats complémentaires situés à proximité des parcelles qui favorise la présence de CV ?

-L'effet de bordure d'îlots à proximité d'habitats complémentaires intervient-il ?

-Les CV proviennent-elles en partie de ces habitats de proximité lorsqu'elles migrent sur la vigne ? Ou bien les structures-types constituent-elles des barrières physiques agglomérant ainsi les CV dans les bordures des îlots ?

Par ailleurs, si les migrations de longue distance créent des dépôts homogènes dans une zone géographique, la recherche de plantes-hôtes peut être influencée par la structure du paysage où se sont déposées les CV. Ainsi, des zones présentant des structures-types non adaptées à la CV peuvent concentrer les CV sur les vignes les plus proches et accentuer ainsi les effectifs sur ces parcelles.

b) Influence de la complexité du paysage sur les populations d'Eudémis

LES RESULTATS METTENT EN EVIDENCE UNE CORRELATION POSITIVE ENTRE LES POPULATIONS D'EUDEMIS, TOUTES GENERATIONS

CONFONDUES, ET LE % DE VIGNES (ET DONC UNE CORRELATION NEGATIVE AVEC TOUS LES INDICES D'HETEROGENEITE DU PAYSAGE).

Ils soulignent le fait que l'Eudémis s'est parfaitement adapté à la vigne et semble être bien spécifique à celle-ci. Ainsi, les paysages monocultures privilégient l'établissement de la population et son développement.

Si l'Eudémis est inféodé à la vigne, l'isolement des parcelles peut avoir une influence directe sur les colonisations possibles. En effet, un traitement insecticide appliqué sur une parcelle donnée va induire une mortalité forte. Le gradient d'isolement de la parcelle, vis-à-vis d'autres vignes, peut alors influencer la capacité de recolonisation. Une parcelle localisée au centre d'un îlot sera plus facilement recolonisée par Eudémis qu'une parcelle totalement isolée. D'autre part, on peut supposer que la présence d'ennemis naturels est plus importante dans des paysages diversifiés, ce qui exerce ainsi plus de pression sur les populations d'Eudémis.

De nouvelles questions apparaissent.

- comment expliquer l'hétérogénéité des densités de populations d'Eudémis entre les îlots ?
- la taille des îlots de vigne a-t-elle un impact sur les niveaux de population d'Eudémis ?
- la répartition des Eudémis est-elle homogène sur un îlot ? Ou la répartition est-elle plutôt agrégative ?

c) Influence des facteurs parcellaires sur les populations d'Eudémis et de Cicadelles Vertes

Deux des corrélations significatives identifiées dans l'ACP peuvent être justifiées.

*La génération Eudémis G0 et les glomérules G1 sont corrélés négativement à *l'année de plantation* de la vigne. Les niveaux de population d'Eudémis sont donc plus intenses, lorsque la vigne est âgée. On peut supposer que la mobilité restreinte de cet insecte limite sa dispersion géographique après établissement, et accentue ainsi les densités de population avec les années sur la zone infestée.

De plus, l'acquisition d'un équilibre de la densité de grappes (site de reproduction de l'Eudémis) et surtout l'augmentation de la quantité d'écorce (refuge hivernal d'Eudémis) avec l'âge de la parcelle peuvent favoriser également l'établissement plus prononcé des populations (Stockel, 2000).

* L'effet *cépage* sur les recensements de larves CV G1 n'est pas étonnant, car les observations ont été menées sur un même nombre de feuilles, alors que les surfaces foliaires

sont bien plus importantes pour le cépage Merlot que pour le Cabernet Sauvignon. Il est logique de trouver plus de larves sur le cépage Merlot que sur le Cabernet Sauvignon.

*Par contre, les corrélations E G0 et *vigueur*, E G1 et *densité de plantation*, ainsi que les glomérules et les larves CV G1 avec la *superficie de la parcelle*, ont été observées mais ne peuvent pour le moment pas être expliquées.

IV- B. Le dispositif

1. Les limites du dispositif

a) La représentativité des recensements sur les pièges jaunes ?

L'indication donnée par les pièges est-elle un indicateur représentatif de la population présente sur la parcelle ?

Le piège jaune paraît être un outil performant pour détecter les périodes de vols et leur intensité. C'est un point de recensement, donc il n'est pas forcément représentatif de la parcelle, d'autant plus qu'il a été mis en évidence pour la CV une répartition en agglomérats à l'échelle parcellaire (Decante, 2002). Cependant, le piège est un indicateur intéressant qui permet de différencier des zones plus ou moins sensibles aux ravageurs.

b) L'interdépendance des points de recensements

Au sein du dispositif, certains pièges sont présents dans le même îlot et peuvent être relativement proches. La distance minimale entre deux pièges dans le réseau est égale à 180 m environ. Cependant, l'indépendance des pièges, considérée dans l'étude, est une supposition, basée sur l'estimation de la distance d'attraction des pièges à phéromones égale à 50 m. Cependant, si l'on considère, dans le cas de l'Eudémis, l'hypothèse d'un effet potentiel de *l'îlot*, les pièges localisés par unité d'îlot deviennent dans ce cas interdépendants.

c) Les difficultés rencontrées pour l'étude du facteur *enherbement*

Le facteur *enherbement* a été limitant pour l'analyse pour plusieurs raisons.

* Tout d'abord, les pratiques de l'enherbement sont peu développées sur l'appellation Pessac-Léognan, en raison des conditions climatiques et surtout du type de sol des Graves. La mise en place d'un dispositif équilibré pour étudier le facteur était difficile, sur un échantillon de 70 parcelles, avec les contraintes de cépages incluses.

* De plus, la variabilité des types et de la qualité de l'enherbement était forte et a apporté un biais important pour l'étude du facteur.

*Enfin, les conditions météorologiques extrêmement chaudes cette année 2005 et le manque d'eau ont eu un impact très fort sur l'enherbement, qui, dès le mois de juin, était desséché pour la majorité des parcelles enherbées échantillonnées.

Ainsi, il serait important de redéfinir des modalités précises et plus restrictives de l'enherbement que l'on souhaite étudier, pour tester son impact sur les populations d'insectes.

d) Les limites du facteur « proximité de boisement »

L'étude du facteur « proximité de boisement » a pu être biaisée par des effets potentiels « îlots », particulièrement pour l'Eudémis. En effet, certains pièges étaient à proximité de bois, tout en s'inscrivant également dans des grands îlots de vignes. Les populations d'insectes sont-elles plus sous l'influence de la proximité d'un bois ou bien de l'îlot auquel appartient la parcelle-piège ?

e) Un dispositif déséquilibré limitant pour les analyses factorielles

Les contraintes liées à l'enherbement, citées ci-dessus, ont limité les possibilités d'analyses statistiques, en raison du nombre réduit de répétitions pour les deux modalités croisées E-bois et E-NBois.

f) Un dispositif limité dans le temps par les traitements des viticulteurs

Les recensements d'insectes ont été effectués du 25 avril au 1er août 2005. Cependant, il est important de noter que la dernière quinzaine de juin a été une période de lutte insecticide relativement intensive, en raison des populations de 1^{ère} génération d'E relativement fortes et de la lutte obligatoire contre la CFD. En conséquence, les recensements d'insectes ont été perturbés.

*D'une part, les recensements larvaires en 2^{ème} génération n'avaient plus d'intérêt pour l'étude, de par l'influence maximale des traitements insecticides.

*D'autre part, les recensements des adultes dans les pièges jaunes, pour les 2^{ème} et 3^{ème} générations, sont à considérer avec recul pour l'étude d'impact du paysage, pour la même raison citée ci-dessus, tout particulièrement pour l'E. En effet, la lutte contre les G1 de la CV a été menée dans une partie des vignobles avec un Régulateur de Croissance des Insectes (RCI, inhibiteur formation chitine), qui agit uniquement sur les larves (action ovi-larvicide) au moment des mues et n'affecte pas les adultes.

Le dispositif étant totalement intégré dans les vignobles d'une appellation, il paraît difficilement envisageable d'imposer des pratiques de « non-traitement », même sur quelques

parcelles-pièges. L'enjeu de la récolte est prioritaire. La recherche appliquée doit ainsi s'y adapter.

2. Quelles sont les pistes d'amélioration ?

a) Améliorer l'estimation des populations d'insectes

Afin d'améliorer l'estimation des populations d'insectes, dans ce cas, des Eudémis, il pourrait être intéressant de mettre en place également des pièges alimentaires sur le dispositif (Thiery *et al*, 2002), pour capturer à la fois les femelles et les mâles Eudémis et ainsi, comparer l'efficacité des pièges à phéromones à celle des pièges alimentaires.

b) Améliorer le dispositif pour la problématique paysage

Il paraît essentiel de limiter la variabilité potentielle des parcelles échantillonnées (due aux pratiques culturales et facteurs historiques), si l'on veut étudier l'influence du paysage sur les populations d'insectes. Ainsi, les exigences pour la mise en place du dispositif pourraient être plus strictes. Celles qui pourraient être facilement envisageables dans l'appellation sont : la sélection d'un seul cépage, de sols uniquement sableux-graveleux (très majoritaires dans la zone) et des parcelles soit en gestion de sol « enherbée » soit en gestion « strictement mécanique ». Enfin, les années de plantation pourraient être plus homogènes.

c) Faire évoluer les pratiques destructrices de la biodiversité

Dans les vignobles de l'appellation, les pratiques phytosanitaires peuvent être améliorées sur le plan « écologique », dans le choix des produits insecticides. Une moindre perturbation anthropique pourrait permettre ainsi de mieux détecter l'influence du paysage. Des actions de sensibilisation (exemples en **Annexes 14 et 15**) peuvent peut-être permettre une évolution des pratiques. Alors, des études d'impact du paysage sur la biodiversité des insectes auxiliaires pourraient être envisageables dans les vignobles de l'appellation Pessac-Léognan.

IV- C. Critique de la méthodologie

1. La multitude de recenseurs

Le dispositif a été mis en place avec les viticulteurs, qui ont également participé activement aux recensements. Chaque semaine, deux des trois relevés effectués sur les pièges jaunes étaient sous leur responsabilité. Le fait de faire le tour des pièges une fois par semaine a permis de mieux impliquer les viticulteurs dans le projet, de répondre directement à leurs questions (sur les niveaux de recensements, les identifications difficiles). Cela permettait aussi de pouvoir signaler rapidement les problèmes de matériel (pièges détruits, plaques usées) et de 'superviser' le bon déroulement des recensements des viticulteurs chaque semaine.

Lors des recensements larvaires, toute l'équipe de Maarten Van Helden et le SRPV étaient présents. Ainsi, de nombreux recenseurs ont participé au projet. Cela peut constituer une source de variabilité de nos données brutes. Cependant, chaque recenseur était formé à ce type de travail.

2. L'importance de la période choisie pour les recensements ponctuels

Les recensements ponctuels réalisés, tels que les recensements larvaires et celui des glomérules, ont mis en évidence l'importance primordiale qu'il faut accorder à la période de recensements, lorsque l'on cible un stade larvaire, pour les CV et les glomérules des E. En effet, le comptage de larves de CV a été très bien ciblé. Par contre, les prélèvements pour l'étude du parasitisme des œufs de CV en 1^{ère} génération auraient été plus intéressants la semaine précédente. Concernant l'Eudémis, une semaine d'avance aurait sans doute permis de collecter de nombreuses larves pour l'étude du parasitisme. Pour identifier ces périodes optimales de recensement, il serait judicieux d'effectuer des observations régulières sur feuilles et grappes au niveau de quelques parcelles 'de référence'.

3. L'amélioration du protocole pour étudier *Anagrus atomus*

L'étude des parasitoïdes a été entreprise afin d'identifier les espèces présentes dans les vignobles de l'appellation et d'analyser si le paysage a un impact sur leur taux de présence. Des parasitoïdes ont été observés, mais la quantité était trop faible pour essayer d'établir un lien avec le paysage. Les résultats mettent en évidence la dominance d'*Anagrus atomus*. Il serait intéressant d'utiliser des tamis de mailles différentes, par exemple 600 et 100 µm, afin de vérifier si cette dominance d'*A. atomus* est réelle ou si d'autres hyménoptères sont présents. Par ailleurs, cela permettrait peut-être d'observer un nombre plus important d'individus. Il est possible que des individus *A. atomus* n'aient pas été retenus en raison des tamis utilisés.

4. La double saisie du paysage

Le travail de saisie informatique ayant été réalisé sur des photos prises en 2000, une réactualisation a été nécessaire. Basée sur des observations de terrain, celle-ci a été, dans certains cas difficile et doit assurément présenter des erreurs, liées à des manques de précisions. L'acquisition, l'année prochaine, des nouvelles photos prises en 2005, permettra de rectifier les erreurs. Cependant, les observations sur le terrain semblent dans tous les cas

inévitables, notamment pour vérifier la présence d'enherbement. Par ailleurs, des relevés GPS sur le terrain pourraient être effectués pour améliorer la précision de la saisie du paysage, en délimitant les éléments du paysage considérés.

IV- D. Orientations possibles du projet

L'intérêt de poursuivre le projet avec les recensements de CV et d'E est certain. Le paysage paraît exercer une pression très différente sur les densités de populations entre CV et E. Il est donc intéressant d'approfondir les nouvelles hypothèses sur ces deux espèces.

En tenant compte des interprétations des résultats, des pistes d'amélioration du dispositif et de la critique de la méthodologie, il est possible de définir les principales mesures à considérer et d'identifier plusieurs orientations possibles pour la poursuite du projet.

***dans tous les cas,**

CONCERNANT LE DISPOSITIF,

- **préserver l'échelle de l'appellation pour le réseau de pièges**, pour préserver des conditions météorologiques, des itinéraires techniques et des sols comparables entre les points d'échantillonnage,
- **mettre en place un dispositif plus homogène dans les caractéristiques édaphiques et culturelles des parcelles-pièges** (âge, cépage, densité...),
- dans le cas d'analyse de facteurs, **compter un minimum de 20 répétitions par modalité** de facteur.

concernant l'organisation des recensements,

Un recensement par semaine serait suffisant pour notre étude de paysage. Cependant, l'intérêt pour les viticulteurs serait moindre (moins de précisions sur les suivis) et pourrait ainsi limiter leur implication dans les projets futurs.

concernant l'étude du paysage,

- **réactualiser la saisie** effectuée sur Arcview avec les nouvelles photos BD CARTO®IGN 2005,
- **étendre les saisies sur Arcview** pour agrandir l'échelle d'étude à 200, 500 et 1000 m et ainsi tester différentes tailles de buffers correspondant peut-être mieux aux échelles d'interaction entre insecte et paysage,

- **éviter des mesures qualitatives du paysage**, qui sont difficiles à traiter statistiquement.
- **préserver les indices de paysage intéressants** (nombre de types d'occupation du sol, Indice de Shannon) **et sélectionner de nouveaux indices** permettant de mieux exprimer la variabilité des variables 'insectes', tels que le % *des différentes strates végétales présentes dans les buffers, la diversité spécifique des strates herbacées en distinguant les Poacées des Dicotylédones, l'isolement des parcelles, les distances entre les parcelles et les ZER potentielles.*

Les différentes orientations possibles du projet sont présentées ensuite.

***mieux cibler l'étude sur les populations parasitoïdes des E et CV**

Il est indispensable de tenir compte des remarques faites sur la méthodologie. Ceci permettra de tester l'influence du paysage sur les taux de parasitisme rencontrés. Cependant, cette orientation ne paraît pas prioritaire pour le projet, ciblant en premier lieu les corrélations potentielles 'ravageurs-structure du paysage'.

***cibler l'étude sur les ZER les plus prometteuses dans l'appellation**

Les ZER considérées ici sont les bois et haies à 3 strates, les fossés avec eau permanente, les prairies, les jachères et les friches.

Le dispositif peut être limité à l'étude d'une, deux ou trois ZER différentes avec un nombre de répétitions supérieur à 20, en disposant les pièges à 50 m de ces structures-types, sans oublier un échantillon témoin, disposé en « pure monoculture ». La sélection des bois, haies et fossés paraît plus adaptée pour constituer un dispositif important et équilibré au sein de l'appellation Pessac-Léognan. De plus, il serait intéressant de caractériser chaque ZER par les différentes strates qu'elle comprend, et de saisir cette information dans Arcview, pour calculer leur proportion au niveau des buffers.

***cibler l'étude sur l'hypothèse d'un effet « îlot »**

C'est l'orientation la plus pertinente pour la poursuite du projet, au vu des résultats de cette étude. Le dispositif pourrait être équilibré entre les trois modalités suivantes : les pièges positionnés au centre d'îlots, en bordure ou dans des parcelles totalement isolées. Pour avoir des points de recensements indépendants, il serait souhaitable d'avoir une répétition des trois modalités par îlot de vignes. Il sera donc nécessaire de supprimer certains pièges du réseau 2005, supposés redondants à l'échelle de l'îlot. De plus, il faudra identifier tous les îlots présents dans l'appellation, avant de contacter les châteaux pour mettre en place le réseau. Par ailleurs, il pourrait être intéressant de comparer ces prochains recensements avec ceux des années précédentes (recensements 2004, 2005).

Conclusion

Les objectifs de cette étude, dans le cadre d'une problématique très large, ont été :

- *de tester l'impact d'un paysage à une échelle locale, et plus particulièrement sa structure en matière de diversité, sur des populations d'insectes ravageurs et auxiliaires présentes dans la vigne,
- *de mettre en place les outils nécessaires pour pouvoir poursuivre l'étude de cette problématique pour les années à venir,
- *d'identifier des pistes d'études prometteuses.

Les résultats phares de l'étude ont été de déceler l'influence de la structure du paysage sur les populations d'Eudémis et celles de Cicadelles Vertes. Ainsi, l'Eudémis semble être une espèce très adaptée à la vigne, avec des densités de population corrélées nettement avec les paysages simples de production, type 'monoculture'. En revanche, la Cicadelle Verte paraît plus abondante dans les paysages diversifiés, ainsi qu'à la proximité de boisement.

Concernant l'intérêt des outils, le logiciel de SIG Arcview paraît pertinent pour étudier la structure du paysage, il est donc essentiel de poursuivre le travail effectué sur celui-ci.

Parmi les perspectives possibles du projet présentées dans IV- discussion, celle qui semble la plus justifiée est de cibler l'étude sur l'influence des îlots de vigne sur les populations de ravageurs et de parasitoïdes. Le paysage sera ainsi analysé à une échelle plus large autour de chaque piège, de quelques kilomètres. L'hypothèse d'un effet îlot sur les populations d'Eudémis est ressortie de notre étude et semble être primordiale à traiter par la suite. Cependant, il serait pertinent de prendre en compte de nouveaux indices de paysage pour mieux identifier l'influence du paysage (% de strates, degré d'isolement...).

Par ailleurs, il serait intéressant d'envisager une étude complémentaire de structure génétique des populations d'Eudémis et de Cicadelles Vertes pour mettre en évidence des niveaux d'isolement.

Des perspectives d'aménagement du paysage devraient être entreprises par la commune de Martillac dans les années à venir. Martillac semble intéressée par un projet d'aménagement sur la commune, dans l'objectif de favoriser les Zones Ecologiques Réservoirs et d'améliorer leur connectivité, pour stimuler la biodiversité spécifique.

Pour conclure, ce projet, initié avec l'appellation Pessac-Léognan et l'UMR depuis 2004, est intéressant de par l'implication des viticulteurs qu'il intègre dans l'organisation des relevés. Il se caractérise ainsi par une *démarche participative et pédagogique*, qui permet de sensibiliser les chefs de production directement sur les outils d'aide à la décision et sur les risques écologiques de certains produits. Il permet de confronter les milieux de la recherche et de la production, ce qui est profitable et utile pour les deux parties. Les objectifs et la méthodologie de cette étude ont été présentés aux viticulteurs, les résultats le seront prochainement.

Ce type de démarche, évolutif vers une agriculture plus raisonnée, doit, à mon sens, être valorisé auprès des professionnels mais également auprès du grand public par la presse spécialisée ou non. Cette valorisation pourrait non seulement servir à l'image de l'appellation Pessac-Léognan et celle de l'UMR « Santé végétale », mais également être utile pour sensibiliser d'autres structures de production du milieu viticole et même agricole aux outils d'aide à la décision, et pour les encourager à s'investir dans cette voie.

Références bibliographiques

- Altieri M. A.**, 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 74: 19-31
- Andow D. A.**, 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual Review of Entomology. Vol. 36: 561-586
- Baudry O., Brazier C., Breniaux D., Brun V., Fauvel G.**, 1999. Les phytoséiides prédateurs d'acariens en vergers. CTIFL. p109
- Baur R., Remund U., Kauer S., Boller E.F.**, 1998. Seasonal and spatial dynamics of *Empoasca vitis* and its egg parasitoids in vineyards in Northern Switzerland. IOBC/WPRS Bull. 21 (2):71-72
- Beck K.**, 2003. Développement d'un dispositif pour la capture simultanée de deux insectes ravageurs de la vigne : *Empoasca vitis* et *Lobesia botrana*. Mémoire de maîtrise en Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Bordeaux. pp 10
- Boller E.F., Häni F., Poehling H.M.**, 2004. Ecological Infrastructures: Ideabook on functional Biodiversity at the farm Level. Commission on Integrated Production Guidelines and Endorsement, pp 212
- Boudon-Padiou E.**, 2000. La Cicadelle vectrice de la flavescence Dorée (*Scaphoideus titanus*, BALL). Ravageurs de la vigne. Editions Féret, Bordeaux France, 110-120
- Bovey E.**, 1966. Die Traubenwickler in der Ostschweiz : III, Die Verbesserung des Warndienstes für den einbindigen Traubenwickler mit Hilfe von Temperatursummen Berechnungen. Schweizerische Zeitschrift für Obst und Weinbau, 112:643-656
- Cerruti F.**, 1989. Modellizzazione della dinamica delle popolazioni di *Empoasca vitis* Goethe nei vigneti del cantone e influsso della flora circostante sulla presenza del parassitoide *Anagrus atomus* Haliday. Thèse école polytechnique fédérale de Zurich.
- Decante D.**, (2002). Répartition intra-parcellaire de deux cicadelles ravageur: *Empoasca vitis* (Göthe) *Scaphoideus titanus* (Ball) dans le vignoble bordelais. Mémoire de DEA en Œnologie et Ampélogie. Bordeaux. 38 p.
- Decante D., Van Helden M.**, 2002 : Répartition intraparcellaire de la cicadelle verte dans le vignoble bordelais. AFPP 6e Conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. AGRO Montpellier (tome II): 497 – 504
- Ducom L.**, (1998). « La flavescence dorée : une maladie méconnue à ne pas sous-estimer ». Le paysan français, 970, décembre 1998. 16-25
- Feytaud J.**, 1920. Sur l'extension de l'Eudémis en France. Le Prog. Agric. Et Vitic., 75, pp.281-284

- Fermaud M., Le Menn A.**, 1989. Association of *Botrytis cinerea* with grape berry moth larvae. *Amer. Phytopathol. Soc.*, 79, pp 651-655
- Forman R.T.T.**, 1995. Land mosaïcs. The ecology of landscape and regions. Cambridge University Press, 632 p.
- Galet P.**, La cicadelle verte. Les maladies et les parasites de la vigne, Tome II. Imprimerie du Paysan du midi, Montpellier, pp1040-1044
- Genini M.**, 1999. Entomofaune auxiliaire de la vigne et des milieux environnants. Working group « Integrated Control in Viticulture », OILBn Florence, Italy.
- Hanski I, Gaggiotti O. E.**, 2004. Metapopulation Ecology, Genetics and Evolution (eds Hanski I, Gaggiotti OE). Academic Press, San Diego.
- ITV**, 2002. Viticulture durable : les outils supports à une mise en pratique. Référentiel National pour la Production Intégrée de raisins, décembre 2002, ITV, pp 23
- Jehanno V.**, 2004. Migration de la Cicadelle Verte et répartition de l'Eudémis sur une appellation en lutte obligatoire contre la Flavescence Dorée, mémoire de fin d'études, ENITAB. 54pp
- Jonsen I. D., Fahrig L.**, 1997 Response of generalist and specialist insect herbivores to landscape spatial structure, *Landscape Ecology*, Vol. 12, 185-197
- Landis D. A., Wratten S. D., Gurr G. M.**, 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*. Vol. 45: 175-201
- Long Z. T., Mohler C.L., Carson W.P.**, 2002. Extending the resource concentration hypothesis to plant communities effects of litter and herbivores. *Ecology*: Vol. 84, No. 3, pp. 652–665
- MacGill E.I.**, 1934. On the biology of *Anagrus atomus* (L.) an egg parasite of thr leaf-hopper *Erythroneura pallidifrons* Edwards. *Parasitology*, 26, 57-63
- Maisonneuve J.C., Blum J., Wardlow L.R., STE Saveol**, 1995. Contre la cicadelle de la tomate en serre, un nouvel auxiliaire : *Anagrus atomus*. *Phytoma-La Défense des Végétaux*, 471, 24-27.
- Malavolta et Boller**, 1999. Guidelines for integrated production of grapes. 2nd Edition. IOBC/WPRS
- McNeely J.A., Miller K.R., Reid W.V., Mittermeier R.A. and Werner T.B.**, 1990. Conserving the world's biological diversity. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources Institute, Conservation International, World Wildlife Fund, World Bank, Washington, DC
- Marino PD, Landis DA**, 1996. Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecological Applications* 6: 276–284
- Nicholls C. I., Parrella M. P., Altieri M. A.**, 2000. Reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agricultural and Forest Entomology* Vol. 2(2), 107-113

- Östman Ö., Ekbohm B., Bengtsson J.,** 2001. Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control, *Basic and Applied Ecology* **Vol. 2**, 365–371
- Pain G.,** 2001. Effets de la fragmentation des milieux sur la structure spatiale et la dynamique des populations animales: Contribution de l'analyse écologique du paysage au développement des modèles d'évaluation environnementale. Thèse présentée devant l'école nationale supérieure agronomique de Rennes, N° d'ordre: 2001-13, N° de série: D-37
- Reboulet J.N.,** 1999. Les auxiliaires entomophages. ACTA. pp136
- Roehrich R.,** 1970. La diapause de l'Eudémis et la pourriture grise de la vigne en vignoble et en conditions contrôlées. Thèse de doctorat, Faculté d'œnologie, Université Bordeaux II, pp75
- Roehrich R. and Schmid A.,** 1979. Lutte intégrée en viticulture. Tordeuses de la grappe : évaluation du risque, détermination des périodes d'intervention et recherches de méthodes de lutte biologique. Proc., Int., Symp., organised by IOBC/WRPS on Integrated Plant Protection in Agriculture and Forestry, Vienna, 8-12 October 1979, pp245-254
- Rolland M.,** 2004, Maîtrise de la Cicadelle de la Flavescence Dorée *Scaphoideus titanus* au sein de l'appellation Pessac-Léognan, mémoire de fin d'études, ENITAB. 44pp
- Rousseau J.,** 1994. La cicadelle verte : un équilibre écologique à préserver. *Alter agri*, 11 pp 27-29
- Ryszkowski, L., J. Karg, G. Margarit, M.G. Paoletti and R. Zlotin.,** 1993. Above ground insect biomass in agricultural landscapes of Europe. In R.G.H. Bunce, L. Ryszkowski and M.G. Paoletti (eds). *Landscape Ecology and Agroecosystems*, 71-82. Lewis Publishers, Ann Arbor.
- Southwood T.R.E. and Way M.J.,** 1970. Ecological background to pest management. In *Concepts of pest management*, R.L. Rabb and F.E. Guthrie, eds, North Carolina State University, Raleigh, NC, pp 7-13
- Stockel. J.,** 2000. L'Eudémis et la Cochyliis. *Ravageurs de la vigne*. Editions Féret. Bordeaux. pp 151-176
- Swift M.J. and Anderson J.M.,** 1993. Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. In *Biodiversity and ecosystem function*, E.D. Scholze and H. Mooney, eds. Springer, Berlin, Germany. pp 15-22
- Taylor P.S., Shields E. J., Tauber M. & Tauber C.,** 1995. Induction of reproductive diapause in *Empoasca fabae* (Homoptera: Cicadellidae) and its implications regarding southward migration. *Entomological Society of America*. Mars 1995. p. 1086-1095
- Thibaut M.,** 2005. Mise en place d'une campagne d'aménagement pour l'appellation Saumur Champigny. Mémoire de fin d'étude. ENITAB

- Thierry D., Xuereb A., Villemant C., Sentenac G., Delbac L., Kuntzman P.,** 2001. Les parasites larvaires de tordeuses de vognobles : aperçu de quelques espèces présentes dans trois régions viticoles françaises. *IOLBC/ WPRS bulletin*, 24 (7), 135-142
- Thierry D., Maher N., Xuereb A.,** 2002. Recherches sur la perspective de gérer les comportements de choix de la plante par les femelles des vers de la grappe. 2^{ème} conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. Lille.mars 2002. Session vigne, p535-543
- Thierry D. and Xuereb A.,** 2003. Relative abundance of several larval parasitoids of *Lobesia botrana* on different varieties of grapes. *IOLBC/WPRS bulletin* in press.
- Thies C., Tschardt T.,** 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems, *Science*, Vol. 285(5429), 893-895
- Thies C., Steffan-Dewenter I., Tschardt T.,** 2003. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales, *Oikos* Vol. 101(1), 18-25
- Torres-Vila L.M., Stockel J., Roehrich R., Rodriguez-Molina M.C.,** 1997. The relation between dispersal and survival of *Lobesia botrana* and their density in vine inflorescence. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Kluwer Academic Publishers. 84: 109-114
- Tshernyshev W.B.,** 2003. Why do outbreaks of pests in agrosystems arise? In: Rossing A.H., Poehling H.M. & Burgio G. (eds): *Landscape Management for Functional Biodiversity*. IOBC/WPRS Bull. 26 (4) 2003, pp 179-184
- Van Helden M.,** 2000. La Cicadelle verte (*Empoasca vitis*). In : *Ravageurs de la vigne*. Editions Féret. Bordeaux. pp121-129
- Van Helden M., Decante D., Papura D.,** 2003. Possibilities for conservation biological control against grape pests in the Bordeaux region. *IOBC/wprs bulletin*. Vol. 26(4): 191-196
- Van Helden M., Chauvin B., Buigues L., Monteyne E., Decante D., Clerjeau M.,** 2000. La cicadelle verte, un insecte migrateur? VITI, Colloque INRAVITI 2000, Bordeaux. France. 249, pp18-20
- Van Leeuwen C., Friant P., Ronco E., Jourdan C., Soyer J.P., Molot C., Chone X.,** 2000. Tools for assessing vine nitrogen status; role of nitrogen uptake in the “terroir” effect. 3e symposium International Terroirs Viticoles
- Vidano C., Arzone A., Arno C.,** 1985. Researches on natural enemies of viticolous Auchenorrhyncha. Proceeding of a meeting of the European Communities Experts “Group Integrated pest control in viticulture”, Portoferraio, 97-101
- Weibull A-C., Jan Bengtsson J., Nohlgren E.,** 2000. Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity, *Ecography*, Vol. 23, 743–750

Wiens J.A., 2002. Central Concepts and Issues of Landscape Ecology. In Applying Landscape Ecology in Biological Conservation, K. Gutzwiller, 3-17

Sites Internet

Bernhardt T., 2005. <http://www.canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/theory/threelevels.htm> consulté en août 2005.

Centre Canadien d'Information sur la Prévention de la Pollution, 2005.

<http://www.ec.gc.ca/cppic/Fr/glossary.cfm>, consulté en août 2005.

Conseil des Vins de Graves, 2005. www.vins-graves.com/pessac.htm, consulté en août 2005.

Jourdan E., 2005. <http://perso.wanadoo.fr/jourdan.eric/abc/glossaire.htm>, consulté en août 2005.

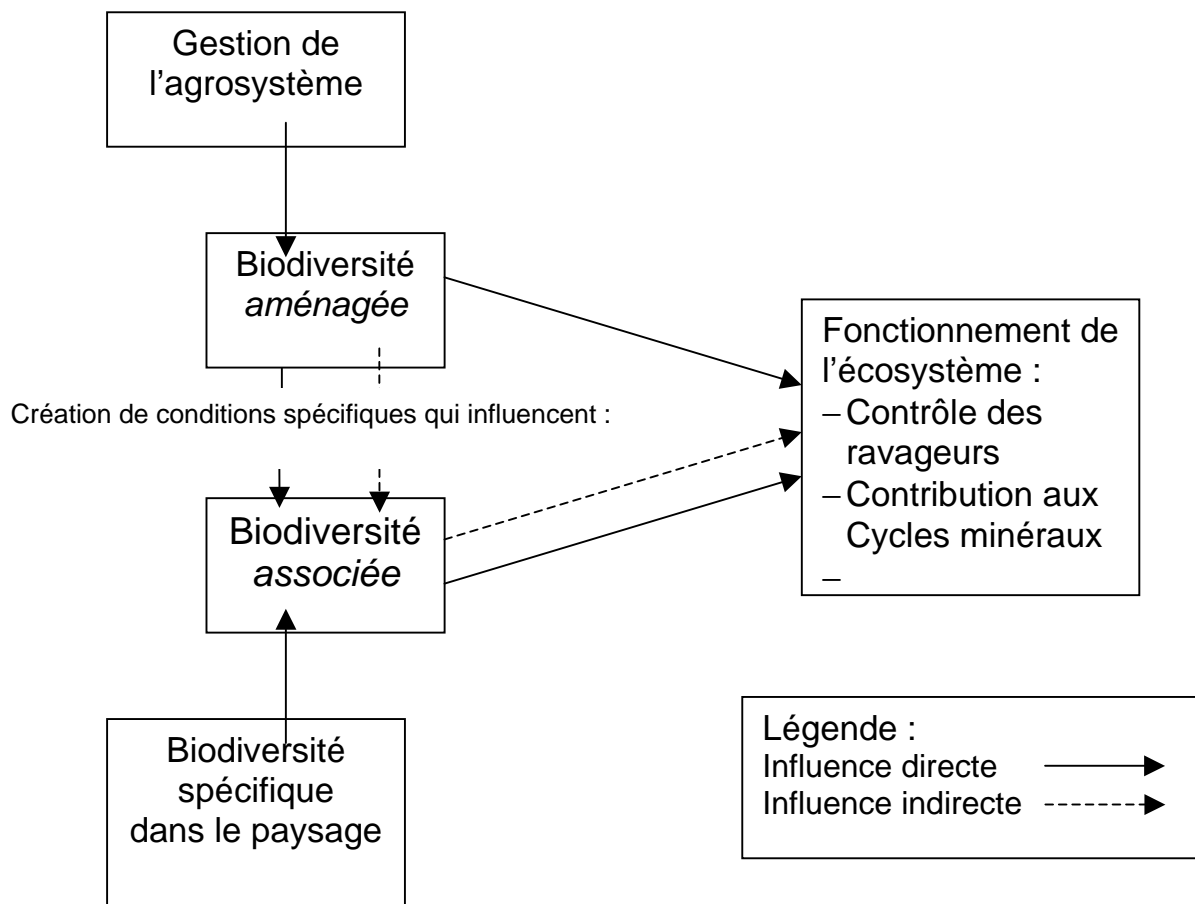


Figure 1 : Relation entre la biodiversité *aménagée* (mise en place par l'homme pour la gestion de l'agrosystème), et la biodiversité *associée* spontanée (issue des milieux environnants l'agrosystème), et leur influence sur le fonctionnement de l'écosystème (Altieri, 1999)

Tableau 1: Position systématique des insectes présentés

Ordre	Sous-ordre	Famille	Genre	espèce
Hemiptera	Homoptera	Cicadellidae	Empoasca	<i>Empoasca vitis</i>
Hemiptera	Homoptera	Cicadellidae	Scaphoideus	<i>Scaphoideus titanus</i>
Hymenoptera		Mymaridae	Anagrus	<i>Anagrus atomus</i>
Lepidoptera	Heteroneura	Tortricidae	Lobesia	<i>Lobesia botrana</i>
Neuroptera		Chrysopidae	Chrysoperla	<i>Chrysoperla carnea</i>



Figure 2: Eudémis, stade adulte
(www.vignerons-de-la-noelle.com/elabo/ela0101.htm)



Figure 3: Eudémis, stade larvaire
(www-ipm-vigne.enitab.fr)



Figure 4: Cicadelle Verte, stade adulte
(www.inra.fr)



Figure 5: Cicadelle Verte, stade larvaire
(photo ENITAB)



Figure 6: *Anagrus atomus*
(photo SRPV Brest)



Figure 7: Cicadelle de la Flavescence Dorée, stade adulte
(www.charriere-distribution.com/maladies/cicaf.htm)

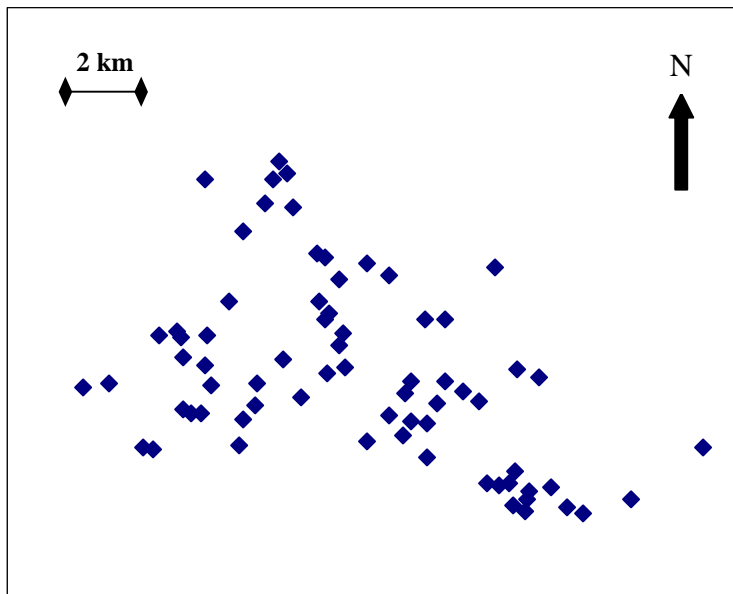


Figure 8 : Répartition spatiale des pièges



Figure 9: piège jaune
(photo : Fargeas E., 2005)



Figure 11 : Modalité « Non proximité de boisement »



Figure 10 : Modalité « Proximité de boisement »



Figure 12 : Modalité « Enherbement »



Figure 13 : Modalité « Non-Enherbement »

(photos : Fronzes M., Fargeas E., 2005)



Figure 14 : Eclosoir utilisé pour étudier le parasitisme des oeufs de cicadelles vertes
(photo : Fronzes M.)

Tableau 2 : Typologie des structures-types prises en compte dans la saisie du paysage

Structures-types	code arcview	description	critères de distinction
vigne enherbée	ve	tout type d'enherbement, permanent ou maîtrisé.	
vigne non enherbée	vne	tout type de gestion non enherbée	
bois	b	tout type de boisement > 4m de haut, >15m de large	distinction avec bois jeune par la hauteur moyenne du bois; distinction avec haie par sa <u>largeur minimale</u>
bois jeune	bj	tout type de boisement < 4m, >15m de large	distinction avec bois jeune par la hauteur moyenne du bois; distinction avec haie par sa <u>largeur minimale</u>
haie	h	struture végétale (arbusive ou arborescente) linéaire entre 2 et 15m de large	distinction avec bois par la <u>largeur de la structure</u> (haies des jardins exclues)
parc	p	boisement plutôt lâche avec une strate herbacée entretenue, sans strate arbusive	distinction avec bois par son <u>entretien et la présence ou non de strate arbusive.</u>
jardin d'habitation	j	jardins particuliers, incluant les haies des jardins.	distinction avec parc, par l' <u>étendue, le niveau d'intervention humaine, la richesse spécifique au m².</u>
prairie-jachère	prj	terrain herbacé, entretenu ou non, avec présence éventuelle d'arbres/arbuste isolés.	distinction avec prairie-jachère, par l' <u>absence de strates arbusives et arborescentes résurgentes.</u>
friche	fr	terrain anciennement boisée, défriché avec une reprise de la végétation, présence de bois morts.	distinction avec prairie-jachère, par <u>la/les strates arbusives et arborescentes résurgentes.</u>
interstices enherbées	ie	accotements, chemins d'exploitation, tournières	
interstices non enherbées	ine	accotements, chemins d'exploitation, tournières	distinction avec chemin de terre: cf chemin de terre
fossé avec eau permanente	fso		distinction avec l'interstice, par la <u>struture du fossé</u>
fossé sans eau permanente	fso		distinction avec l'interstice, par la <u>struture du fossé</u>
sol nu	sn	parcelle sans végétation, labourée ou non	
culture annuelle	ca		
verger	vg		
plan d'eau-bassin	o	bassin, mare, étang, lac, rivières > 2m	considéré en réseau hydrologique <u>si < à 2m</u>
bâti	bt	bâtis d'habitation ou professionnelle, inclus zone industrielle	
chemin de terre	rt	chemin de terre perméable, menant à des bâtis (châteaux, habitations...), traversant des bois, ou des vignobles.	différent des interstices <u>par son utilité et potentiellement non enherbable.</u>
surface goudronnée	rg	toute surface goudronnée (routes, parking...)	
réseau hydro		rivières, ruisseaux présents sur le scan 25, <2m	considéré en plan-bassin-d'eau <u>si > à 2m</u>
alignement d'arbres		grands arbres alignés le long de routes, chemins, avec une trouée importante entre le sol et le houpiér.	distinction avec haie, par l' <u>absence de strate arbusive;</u> distinction avec arbres isolés: <u>au moins trois arbres.</u>
arbres isolés		1 à 2 individus regroupés isolés d'autres boisements	

(structures-types considérées comme ZER)

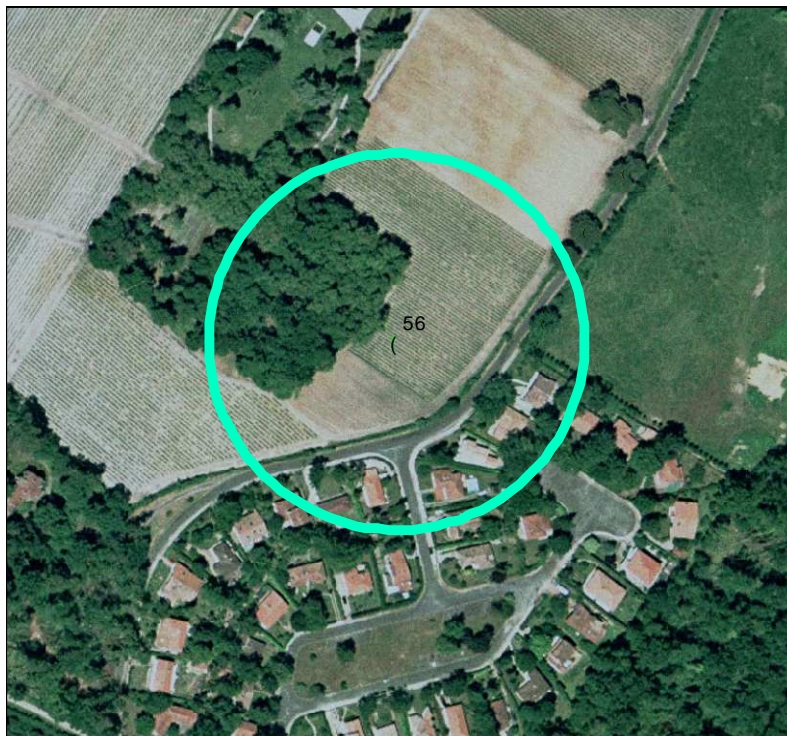
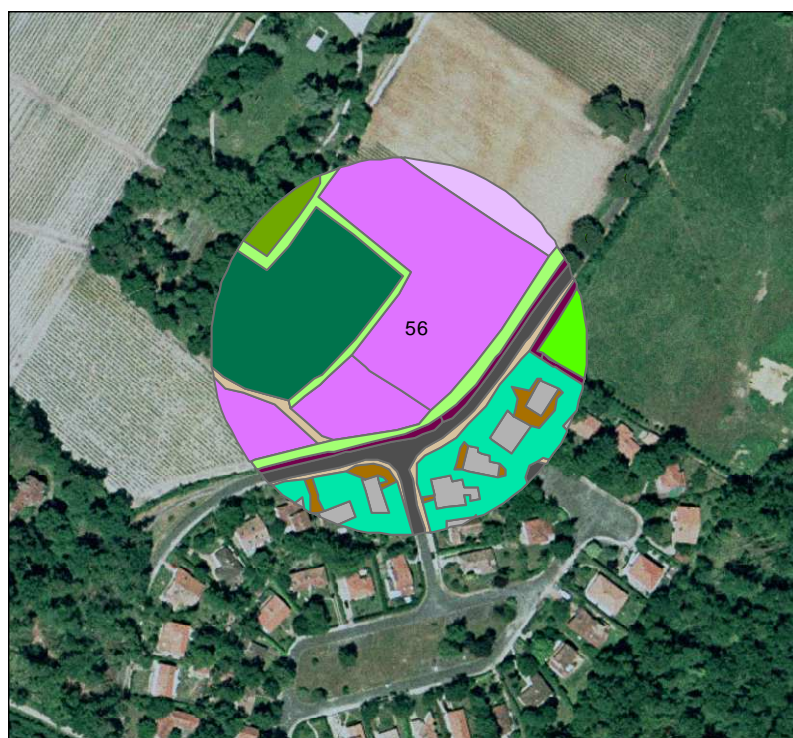


Figure 15 : Buffer de 100m autour du piège n° 56

(échelle 1:1500, BD CARTO®, ©IGN PARIS-2000, reproduction interdite)



Légende












	parcelle enherbée		haie
	parcelle non-enherbée		interstice enherbée
	bois		interstice non-enherbée
	parc		chemin de terre
	jardin		surface bâtie
			route goudronnée

Figure 16 : Buffer du piège n°56 avec la couche des structures-types

(échelle 1:1500, BD CARTO®, ©IGN PARIS-2000, reproduction interdite)

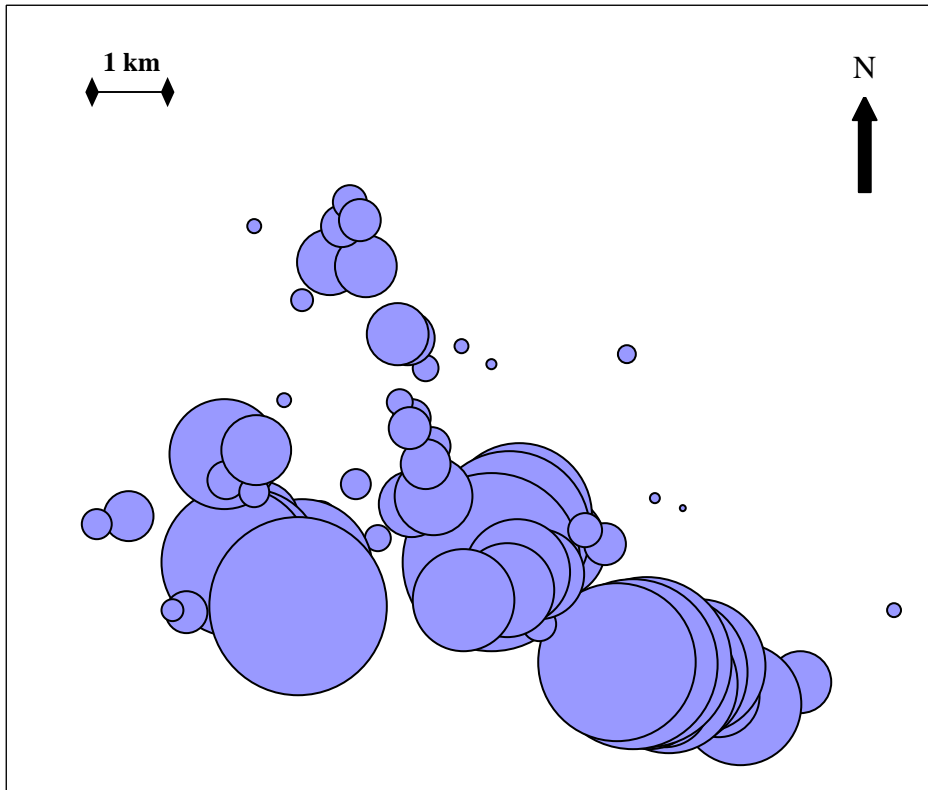


Figure 17 : Répartition spatiale des adultes d'Eudémis recensés sur le réseau de pièges

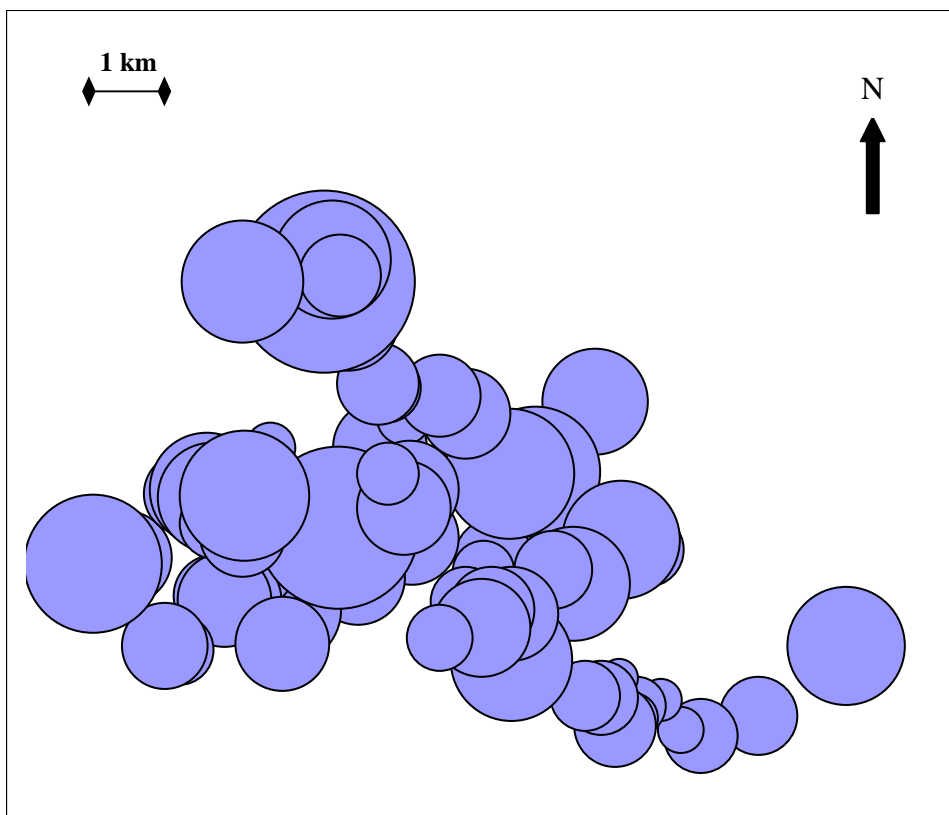


Figure 18 : Répartition spatiale des adultes de Cicadelles Vertes recensées sur le réseau de pièges

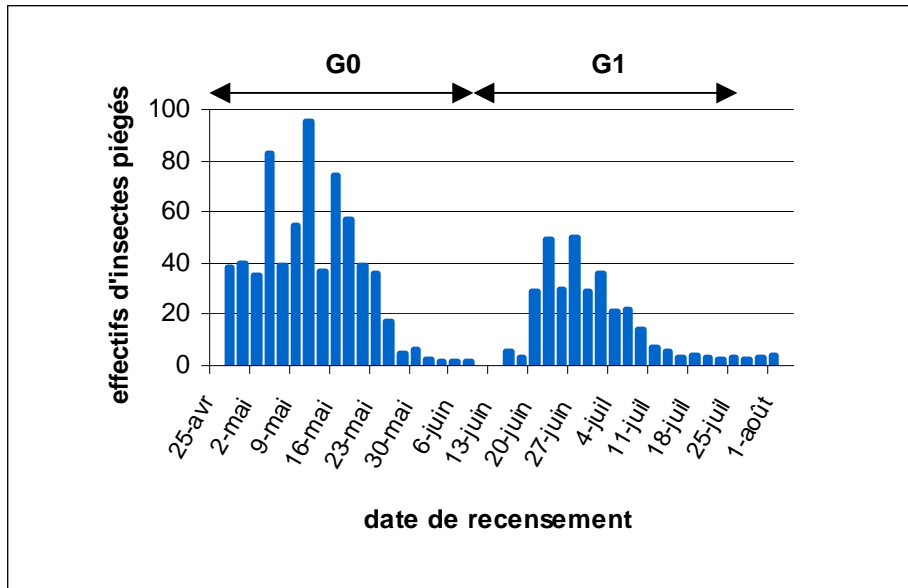


Figure 19 : Nombre moyen d'eudemis relevés par piège dans le réseau de l'appellation Pessac Léognan

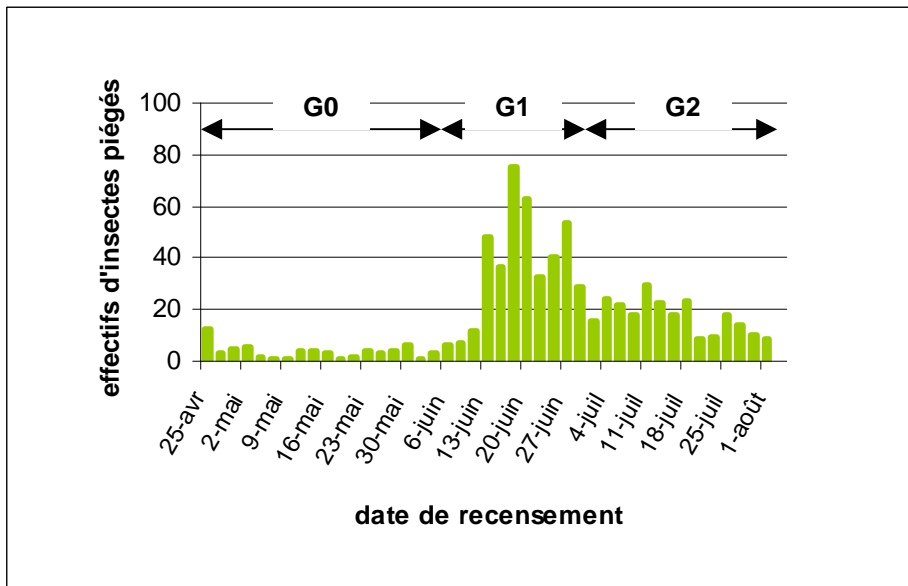


Figure 20 : Nombre moyen de cicadelles vertes relevées par piège dans le réseau de l'appellation Pessac Léognan

Tableau 3 : matrice des corrélations des variables 'insectes'

	larvesCV_G1	CV_G0	CV_G1	CV_G2	CV_G1G2	glomérules_E_G1	E_G0	E_G1
larvesCV_G1								
CV_G0	0,527							
CV_G1	0,253	0,507						
CV_G2	0,178	0,347	0,633					
CV_G1G2	0,243	0,481	0,925	0,880				
glomérules_E_G1	-0,208	-0,463	-0,336	-0,122	-0,266			
E_G0	-0,047	-0,450	-0,365	-0,121	-0,284	0,771		
E_G1	-0,078	-0,466	-0,319	-0,090	-0,240	0,825	0,883	

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral), corrélations significatives positives en jaune, extrêmes en rouge, négatives en orange

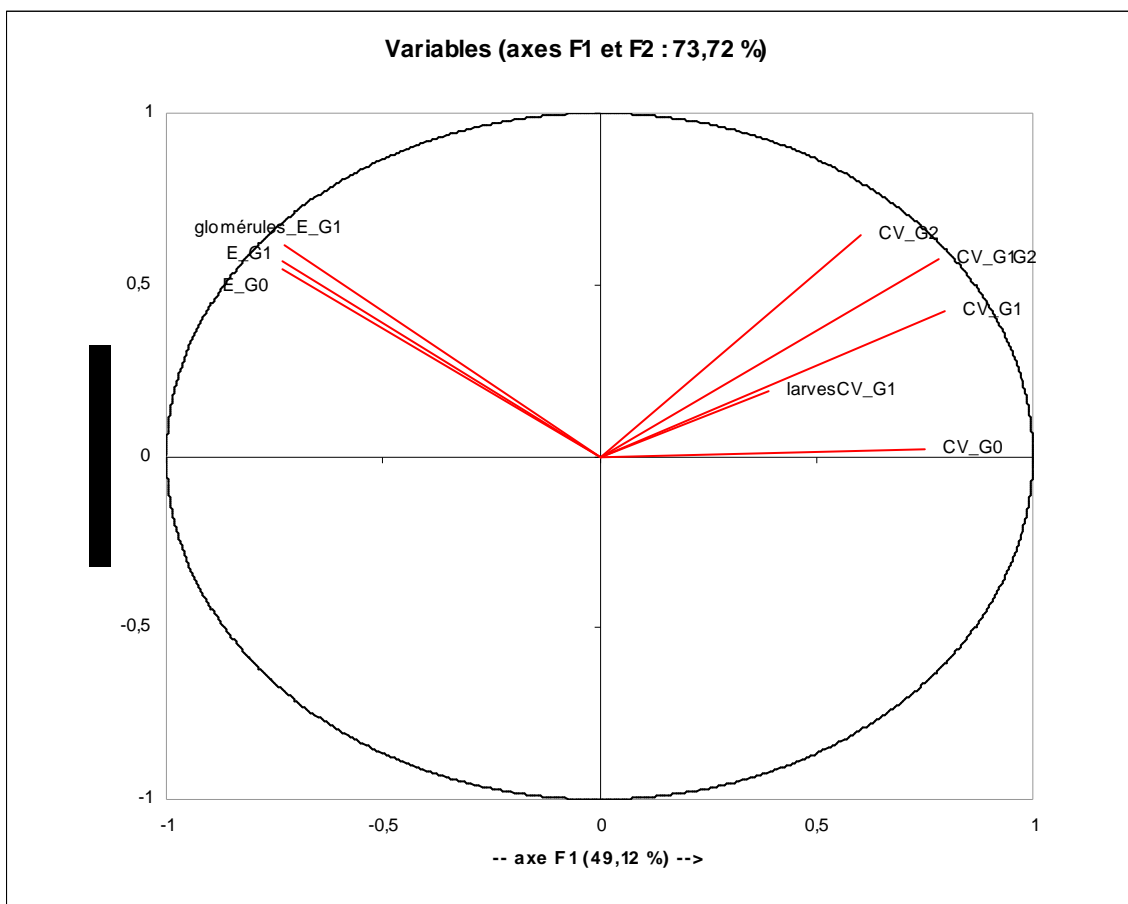


Figure 21 : Graphique de l'ACP avec les variables 'insectes'

Tableau 4 : Nombre de répétitions, médiane, moyenne et écart-type des différentes variables par modalité croisée

	E-Bois	E-NBois	NE-Bois	NE-NBois
Nb répétitions E	12	10	25	21
Nb répétitions CV	12	10	26	22
E G0	528,5 527,3 538,4	351,5 458,1 551,7	221 565,6 683,6	817 1080 974,7
E G1	90 258 269,3	94 128 137,2	105 306,2 406,3	252 490,2 525,1
Glom G1	17 17 15,6	6,5 8,9 9,1	11 31,3 46	13 66 74,9
CV G0	35 51,9 37,6	65,5 76,7 52,3	58 70,3 38,5	32 47,7 39,8
CV G1	470 407,9 213,3	480,5 505,4 276,3	450,5 506,3 271,5	271 305,2 169
CV G2	208,5 200,5 115	167,5 265,7 286,7	155 247,3 247,2	201 205,8 150
Larves G1	22 28,4 14	38 78,6 81,2	44 62,9 68,2	41 55,9 53,9
Rapp E G1/G0	0,422 0,575 0,392	0,276 0,369 0,220	0,522 0,651 0,500	0,351 0,386 0,228

Médiane E : enherbement Bois : proximité d'un boisement
Moyenne NE : non enherbement NBois : non proximité d'un boisement
Ecart-type

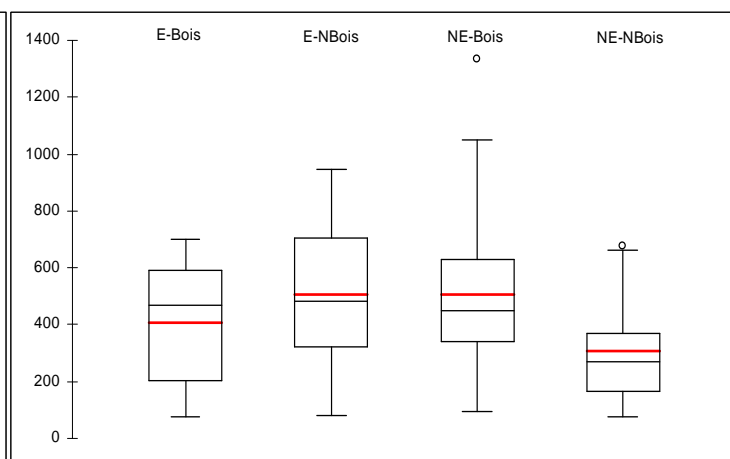
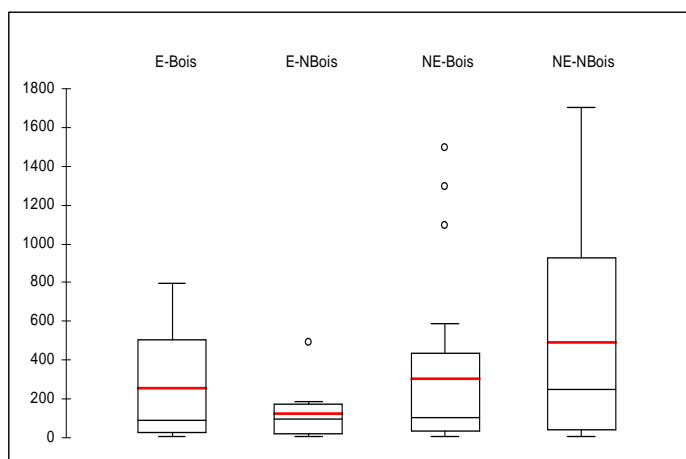


Figure 22 : Box plot pour la variable E G1 par modalité croisée

Figure 23 : Box plot pour la variable CV G1 par modalité croisée

Tableau 5 : Test de comparaison entre les 4 échantillons indépendants E-Bois / E-NBois / NE-Bois / NE-NBois (seuil de signification alpha = 0,05, p-value inférieur au seuil alpha en jaune, p-value inférieur à 0.1 en bleu)

	Test de Kruskal-Wallis
	p-value unilatérale
Eudémis G0	0,269
Eudémis G1	0,501
CV G0	0,094
CV G1	0,031
CV G2	0,993
CV G1G2	0,194
Glomérules G1	0,131
Larves CV G1	0,513
Rapport E G1/G0	0,095

Tableau 6 : tests de comparaison entre deux échantillons indépendants (seuil de signification alpha = 0,05, p-value inférieur au seuil en jaune)

		Test de Mann-Whitney	Test de Kolmogorov-Smirnov
		P-value associée	P-value associée
CV G1	E-bois / E-Nbois	0,468	0,624
	NE-bois / NE-Nbois	0,003	0,006
	E-bois / NE-bois	0,54	0,746
	E-Nbois / NE-Nbois	0,051	0,062
	E-bois / NE-Nbois	0,227	0,121
	E-Nbois / NE-bois	0,944	0,94
CV G0	E-bois / E-Nbois	0,339	0,554
	NE-bois / NE-Nbois	0,013	0,024
	E-bois / NE-bois	0,167	0,133
	E-Nbois / NE-Nbois	0,179	0,186
	E-bois / NE-Nbois	0,665	0,888
	E-Nbois / NE-bois	0,791	0,845
Rapport E G1/G0	E-bois / E-Nbois	0,242	0,371
	NE-bois / NE-Nbois	0,053	0,099
	E-bois / NE-bois	0,71	0,749
	E-Nbois / NE-Nbois	0,839	0,942
	E-bois / NE-Nbois	0,193	0,2
	E-Nbois / NE-bois	0,077	0,121

Tableau 7 : matrice de corrélation avec les indices de paysage et les facteurs parcellaires quantitatifs

	% de vigne	% zers	% autres	Nb. types d'occupation	Indice de diversité de shannon	indice vigueur	superficie	année de plantation
Proportion de vigne								
Proportion zers	-0,972							
Proportion autres	-0,432							
Nb. types occ	-0,722	0,630	0,591					
Indice de diversité de shannon	-0,935	0,869	0,555	0,870				
indice_vigueur	-0,104	0,087	0,099	0,052	0,122			
superficie	0,058	-0,034	-0,110	-0,112	-0,078	0,205		
annee_plantation	-0,462	0,520	-0,073	0,378	0,410	0,086	-0,151	
densite	-0,004	0,003	0,006	0,112	0,036	-0,235	-0,323	0,188

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)
 corrélations significatives positives en jaune, extrêmes en rouge, négatives en orange

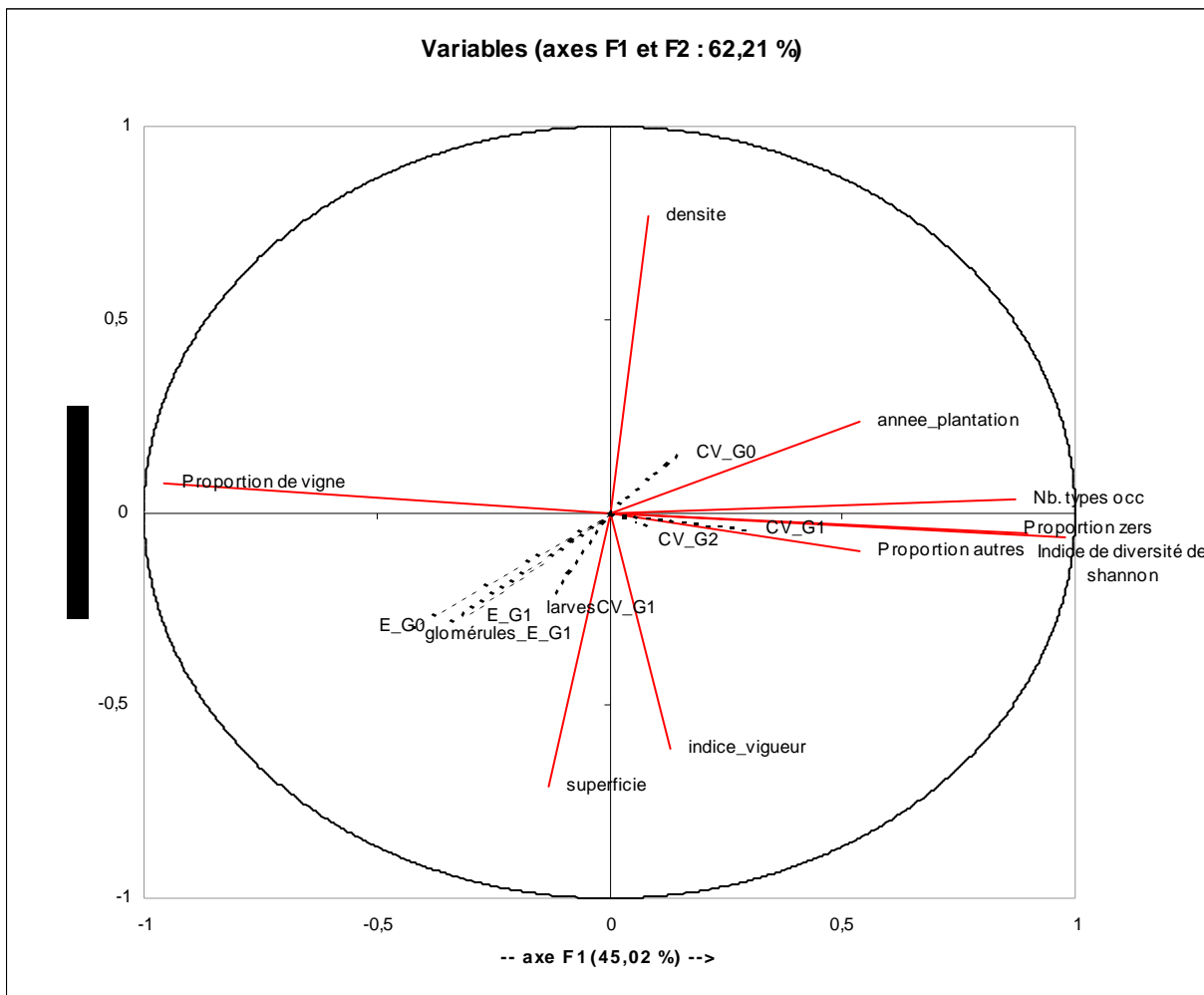


Figure 24 : Graphique de l'ACP avec les indices de paysage et les facteurs parcellaires quantitatifs en variables explicatives et les insectes en variables supplémentaires

Tableau 8 : Corrélations entre les variables "paysages" et "parcellaires" et les variables "insectes"

	% de vigne	% zers	% autres	Nb. types d'occupation	Indice de diversité de shannon	indice vigueur	superficie	année de plantation	densité de plantation
larvesCV_G1	0,088	-0,089	-0,026	-0,073	-0,118	-0,051	0,316	-0,143	-0,159
CV_G0	-0,153	0,173	-0,029	0,122	0,095	-0,138	0,039	0,227	0,186
CV_G1	-0,305	0,328	0,010	0,281	0,275	0,055	0,088	0,174	0,045
CV_G2	-0,197	0,216	-0,011	-0,004	0,068	-0,032	-0,076	-0,061	-0,113
glomérules E_G1	0,309	-0,309	-0,098	-0,320	-0,315	0,140	0,327	-0,284	-0,166
E_G0	0,373	-0,371	-0,129	-0,408	-0,393	0,251	0,223	-0,321	-0,194
E_G1	0,262	-0,252	-0,124	-0,313	-0,288	0,156	0,201	-0,171	-0,252

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)
Corrélations significatives positives en jaune, négatives en orange*