

ECOLE SUPERIEURE D'AGRICULTURE
55, rue Rabelais - B.P. 748 ADRESSE
49007 ANGERS CEDEX 01
TEL. : 02.41.23.55.55

ARVALIS INSTITUT DU VEGETAL
Station expérimentale
91 720 BOIGNEVILLE

**ETUDE DE L'INFLUENCE DES PRATIQUES CULTURALES ET
DE L'AMENAGEMENT ADJACENT
SUR LES POPULATIONS DE *CARABIDAE* PRESENTES DANS LA PARCELLE**



Source : <http://www.insecte.org>

PLESSIX Ségolène

Promotion 111

STAGE Recherche et Innovation- 2012

MOTS clefs : « Auxiliaires des cultures, lutte biologique, Carabidea »

ECOLE SUPERIEURE D'AGRICULTURE
55, rue Rabelais - B.P. 748 ADRESSE
49007 ANGERS CEDEX 01
TEL. : 02.41.23.55.55

ARVALIS INSTITUT DU VEGETAL
Station expérimentale
91 720 BOIGNEVILLE

**ETUDE DE L'INFLUENCE DES PRATIQUES CULTURALES ET
DE L'AMENAGEMENT ADJACENT
SUR LES POPULATIONS DE *CARABIDAE* PRESENTES DANS LA PARCELLE**



Source : <http://www.insecte.org>

PLESSIX Ségolène

Promotion 111

STAGE Recherche et Innovation- 2012

MOTS clefs : « Auxiliaires des cultures, lutte biologique, Carabidea »

Résumé d'auteur

<p style="text-align: center;">Bibliographical note</p> <p>AUTHOR : PLESSIX Ségolène</p> <p>CLASS : 111</p> <p>Reporting report : Study of the influence of cultural practices and infrastructure adjacent to the fields on <i>Carabidae</i> population present in the fields</p> <p style="text-align: center;">Mot clés : « Auxiliary cultures, biocontrol, Carabidea »</p>	
INDICATIVE PLAN	<p>Introduction</p> <p>Chapter I : Problematic and objectives</p> <p>Chapter II : Methodology</p> <p>Chapter III : Results</p> <p>Chapter IV : Discussion</p> <p>Conclusion</p>
GOALS OF THE STUDY	<p>The beetles have an important regulatory role, that's why the goal of this study is to identify practices which promote population of beetles on the field from the analysis of the database from the CASDAR "The entomophagous in field crops".</p>
METHODOLOGY	<p>A statistical analysis (ANOVA or Kruskal-Wallis test¹) was fulfilled to test the influence of variables on activity-density and cumulative species richness².</p>
RESULTS	<p>Air temperature, crop type installed, tillage and crop protection products applied impact activity-density of ground beetles. Cumulative species richness is quite influenced by the implementation dates of the culture and their dates of tillage, crop tillage installed, application of pesticides and repeated application of deep tillage.</p>
CONCLUSIONS	<p>This exploratory study confirmed the positive influence of extensive farming practices and the presence of an infrastructure on the populations of Carabidae present in the field.</p>

¹Tests to see if one or more variables to explain are related to one or more explanatory variables. ANOVA is a parametric test and the Kruskal-Wallis test is a nonparametric test ie it makes no assumption about the analytical forms of population distribution.

² Returns to calculate the number of different species observed at a given spatial scale and time scale.

Notice Bibliographique	
<p>AUTEUR : PLESSIX Ségolène</p> <p>PROMOTION : 111</p> <p>Signalement du rapport : Etude de l'influence des pratiques culturelles et de l'aménagement adjacent sur les populations de Carabidae présentes dans la parcelle</p> <p>Mot clés : « Auxiliaires des cultures, lutte biologique, Carabidea »</p>	
PLAN INDICATIF	<p>Introduction</p> <p>Chapitre I : Problématique et objectif</p> <p>Chapitre II : Méthodologie mise en œuvre</p> <p>Chapitre III : Résultats</p> <p>Chapitre IV : Discussion</p> <p>Conclusion</p>
BUTS DE L'ETUDE	<p>Les carabes ayant un rôle régulateur important, l'objectif de cette étude est de dégager des pratiques les favorisant sur la parcelle à partir de l'analyse de la base de données issue du CASDAR « Les entomophages en grandes cultures ».</p>
METHODES ET TECHNIQUES	<p>Une analyse statistique (ANOVA ou test de Kruskal-Wallis³) est appliquée pour tester l'influence des variables sur l'activité-densité et la richesse spécifique cumulée⁴.</p>
RESULTATS	<p>La température de l'air, le type de culture implanté, le travail du sol et les produits phytosanitaires appliqués impactent l'activité-densité des carabes. La richesse spécifique cumulée, quant à elle, est plutôt influencée par les dates d'implantation de la culture et de passage de travail du sol, l'application de phytosanitaires, le type de culture implanté et l'application répétée d'un travail du sol profond.</p>
CONCLUSIONS	<p>Cette première étude exploratoire a permis de confirmer l'influence positive des pratiques culturelles extensives et de la présence d'un aménagement en bord de parcelle sur les populations de <i>Carabidae</i> de la parcelle.</p>

³ Tests permettant de savoir si une ou plusieurs variables à expliquer sont en relation avec une ou plusieurs variables dites explicatives. L'ANOVA est un test paramétrique et le test de Kruskal-Wallis est un test non-paramétrique, c'est à dire qu'il ne fait aucune hypothèse sur les formes analytiques de distributions des populations.

⁴ Revient à calculer le nombre d'espèces différentes observées à une échelle spatiale donnée et à une échelle temporelle donnée.

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes d'Arvalis Institut du végétal disponibles pour répondre à mes interrogations tout au long de ce stage et de cette première année d'apprentissage.

Je pense tout d'abord à Delphine Bouttet, ma maître d'apprentissage, pour l'ouverture d'esprit qu'elle a pu m'apporter. Je souhaite aussi remercier tout particulièrement Julie Maillet-Mezeray, qui m'a encadré sur ce projet de stage et m'a permis d'approfondir ma connaissance des auxiliaires de cultures. Un grand merci à François Piraux, Florent Duyme, Catherine Vacher, Nathalie Chalmette, Marion Pottier, Patrick Retaureau, Jean-François Garnier, Lionel Jouy et Clotilde Toque pour leurs conseils avisés.

Enfin, je souhaite remercier l'ensemble de l'équipe de la Bergerie de Villarceaux, et tout particulièrement Olivier Ranke, le gérant de l'exploitation agricole ainsi que les salariés de la ferme, Emmanuel Boucher, Raphaël Drocourt, Sophie Penot et Alexandre Sarrazin, pour les connaissances techniques qu'ils ont pu m'apporter. Un grand merci aussi à Baptiste Sanson et Guyonne De Lepinau pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé dans les bureaux du centre d'écodéveloppement de Villarceaux toute cette année.

Table des matières

Table des matières

Chapitre I : Problématique et objectifs	3
I) Une recherche de méthodes alternatives contre les ravageurs des cultures en plein essor 3	
II) Arvalis Institut du végétal : une recherche appliquée au service des agriculteurs et des filières	3
III) Plusieurs objectifs à atteindre	5
A) Les Carabidae : des auxiliaires des cultures particulièrement intéressants	7
B) Lutte par conservation et gestion des habitats des <i>Carabidae</i>	11
C) Hypothèses et axes de travail.....	21
Chapitre 2 : Méthodologie mise en œuvre	25
I) Compilation et validation des données et des calculs	25
II) Les étapes de l'analyse statistique.....	27
A) Les variables à expliquer et les variables explicatives	29
B) Analyse de la significativité des tendances observées.....	31
C) L'analyse multifactorielle.....	37
Chapitre 3 : Résultats	39
I) Statistiques descriptives	Erreur ! Signet non défini.
A) Réponse des populations de carabes aux facteurs abiotiques.....	39
B) Etude de l'influence des pratiques culturales sur l'abondance et la richesse spécifique des carabes piégés au printemps dans les pots Barber	39
Chapitre 4 : Discussion	54
Conclusion.....	65
Bibliographie.....	69
Sitographie	72

Sigles et abréviations

AGPM technique : Institut technique européen du maïs

BE : Bande enherbée

CASDAR : Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural

ITCF : Institut Technique des Céréales et des Fourrages

n_i : Nombre d'individus de la modalité i

RS: Richesse spécifique

SUM SQ: sum of squares

MEAN SQ: mean square

Introduction

Dans le cadre de la protection intégrée, le monde agricole est à la recherche de méthodes de lutte alternative et/ou complémentaire aux insecticides pour maîtriser les populations de ravageurs. Il souhaite connaître les pratiques à mettre en œuvre ou à éviter pour favoriser la conservation et la gestion des habitats des auxiliaires. C'est dans cet objectif que le Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural « Les entomophages en grandes cultures » a été mené, de 2009 à 2011. Ce projet a permis de mobiliser de nombreux partenaires autour de l'étude des auxiliaires des cultures.

Ce stage suivi par Arvalis Institut du végétal s'inscrit dans la continuité du programme CASDAR. Focalisé sur l'étude des *Carabidae*, une famille présentant de nombreux avantages pour la protection des cultures, l'objectif est de conforter certaines hypothèses testées sur les saisons 2009-2010 en intégrant l'année 2011.

La problématique soulevée porte sur la recherche de moyens applicables pour favoriser les populations de carabes sur la parcelle. L'objectif est de comprendre l'influence des produits phytosanitaires et des outils de travail du sol utilisés sur les populations de *Carabidae* présents dans les aménagements (bosquet, haie, bande enherbée...) et les parcelles. Un autre enjeu consiste à mieux appréhender l'impact d'un aménagement sur les populations de *Carabidae* présentes sur la parcelle adjacente.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en avant l'impact de la température de l'air, du type de culture implanté, du type de travail du sol et des produits phytosanitaires appliqués sur l'activité-densité des carabes. La richesse spécifique cumulée⁵, quant à elle, est plutôt influencée par la date d'implantation de la culture en place et la date de passage du travail du sol. Le type de culture implanté, l'application de phytosanitaires et l'application répétée d'un travail du sol profond sont aussi des éléments à prendre en compte dans l'étude de la richesse spécifique cumulée.

Le rapport va débiter par un point sur le contexte et les enjeux de telles questions, puis une étude bibliographique permettra d'établir un état de l'art sur le sujet. Ensuite, après avoir développé l'ensemble des hypothèses à traiter, la méthodologie appliquée pour cette étude sera exposée. Les résultats seront ensuite discutés dans une dernière partie.

⁵ La richesse spécifique cumulée revient à calculer le nombre d'espèces différentes observées à une échelle spatiale donnée et à une échelle temporelle donnée.

Chapitre I : Problématique et objectifs

I) Une recherche de méthodes alternatives contre les ravageurs des cultures en plein essor

Les insectes ravageurs⁶ posent de nombreux problèmes en agriculture (baisse de la productivité et de la qualité des récoltes). Plusieurs pistes sont aujourd'hui explorées pour trouver des méthodes de lutttes alternatives ou complémentaires aux produits phytosanitaires contre ces derniers. Des réflexions sur le rôle de la rotation ou encore sur l'impact des modalités de semis (date et densité) sont explorées. Les recherches entreprises pour savoir comment favoriser les auxiliaires des cultures font partie de ces pistes. Aujourd'hui, différents essais menés en France et à l'étranger indiquent que la biodiversité fonctionnelle possède un réel potentiel.

Cependant, les modalités à mettre en œuvre pour la favoriser sont encore mal connues. A ce jour, de nombreuses études ont été conduites sur la pression exercée par les carabes sur les ravageurs des cultures, mais un grand nombre d'entre elles ont été effectuées en laboratoire et ne reflètent pas fidèlement ce qui peut se passer en conditions agricoles. Des expérimentations en parcelles agricoles ont donc été mises en place, notamment dans le cadre du programme « CASDAR entomophages », pour évaluer le service écologique rendu par ces espèces. Ce programme, soutenu par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche a été animé par Arvalis Institut du Végétal de 2009 à 2011.

II) Arvalis Institut du végétal : une recherche appliquée au service des agriculteurs et des filières

Arvalis Institut du végétal est un institut de recherche et de développement agricole géré et financé par des agriculteurs. Il est né en 2002 de la fusion de l'AGPM-technique et de l'ITCF. L'institut produit essentiellement des données expérimentales sur les céréales à paille, le maïs-sorgho, les pommes de terre, les protéagineux, les fourrages, les couverts végétaux et le lin. Ces données sont acquises dans de nombreux dispositifs expérimentaux en France. Des enquêtes peuvent aussi être menées auprès des agriculteurs et des expertises peuvent être

⁶ Les ravageurs s'attaquent aux plantes cultivées ou sont vecteurs de maladies pour les végétaux cultivés. On les retrouve au sein des insectes, acariens, rongeurs, nématodes, gastéropodes et petits vertébrés (Site INRA - HYPPZ).

proposées aux techniciens des organismes (Chambre d'agriculture, instituts techniques, coopératives, organismes stockeurs...) ou aux agriculteurs. La diversité de cultures étudiées permet de s'intéresser à des thématiques transversales, comme celle des auxiliaires des cultures. La structure comprend environ 400 collaborateurs dont plus de 300 ingénieurs ou techniciens, spécialisés sur une ou plusieurs thématiques. L'institut travaille essentiellement avec d'autres organismes de recherche ou de développement et les agriculteurs. Par exemple, dans le cadre du projet « CASDAR entomophages », huit autres partenaires techniques ont participé : la chambre régionale d'agriculture de Picardie, l'ENSAIA-l'INPL, l'ACTA, le CETIOM, l'ITB, l'ITAB, l'INRA de Rennes (SAD Paysage et Bio 3P).

Dans le cadre de mon apprentissage, je suis rattachée au service régional « Centre, Ile de France, Auvergne, Limousin » et à la délégation « Ile de France » basé à Boigneville (91). Cette délégation comprend ma maître d'apprentissage ; Delphine Bouttet (ingénieur régional, spécialité agriculture biologique) ainsi qu'une assistante et deux techniciens (*cf* annexe 2). Dans le cadre de mon apprentissage, je suis chargée du suivi d'un essai système⁷ en grandes cultures biologiques. Le souhait de travailler de nouvelles thématiques, autre que celles de la fertilité et de l'enherbement, a amené à s'intéresser à la biodiversité. Pour ce projet de stage Recherche et Innovation, je suis encadrée par Julie Maillet-Mezeray, ingénieure rattachée au service « Agronomie, économie et environnement » et au pôle « Environnement-démarches filières ». Plutôt que de mettre en place un suivi auxiliaire sur l'essai système de la Motte, comme envisagé au départ, il a semblé plus judicieux d'orienter le stage Recherche et Innovation sur la base de données existante issue du CASDAR.

III) Plusieurs objectifs à atteindre

Le projet CASDAR « Les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialité des habitats » a été mené de 2009 à 2011. Avec un budget total de 855 790 € dont 434 230 € de subvention CASDAR, ce projet visait à identifier la diversité des auxiliaires entomophages présents en grandes cultures. L'objectif était aussi d'évaluer les services rendus par ces derniers, en fournissant des évaluations chiffrées pour favoriser la lutte biologique en apportant des arguments aux conseillers (présentation détaillée du CASDAR sur le site internet du Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt). Dans le cadre de ce projet, différentes bases de données ont pu être créées. Ces données englobent l'ensemble des

⁷ C'est un essai de longue durée, l'évaluation du système est menée dans son ensemble plutôt que culture par culture.

relevés de carabes, des itinéraires techniques, des conditions météorologiques et des éléments du paysage sur 45 parcelles, dans 3 régions différentes sur la période 2009-2011. Certaines hypothèses concernant l'impact des pratiques culturales, des aménagements adjacents à la parcelle (haie, bosquet, bande enherbée...) ou encore l'influence du paysage⁸, ont déjà été testées à partir des années de suivis 2009 et 2010. Une grande disparité régionale a été mise en avant, à la fois en termes d'abondances, de richesses spécifiques et d'espèces dominantes présentes. Ces premiers travaux ont cependant permis d'apporter des réponses et de mettre à jour de nouvelles questions.

L'objectif est aujourd'hui, dans le cadre de ce stage suivi par Arvalis Institut du végétal, de compiler et d'exploiter les données dans leur globalité en intégrant l'année 2011 pour pouvoir proposer des orientations qui favoriseraient les populations de carabes et les services qu'ils rendent en grandes cultures. L'idée est de confirmer les premiers résultats en augmentant éventuellement leur significativité avec une année d'observation en plus. L'objectif est ensuite d'affiner les conclusions en explorant de nouvelles pistes.

Pour élargir les pistes d'analyses envisageables sur le jeu de données, une recherche bibliographique est nécessaire pour faire un état des lieux des connaissances sur le sujet. Cette étude permet de mieux appréhender l'intérêt des *Carabidae* en grandes cultures. L'autre objectif est de cibler au mieux les questions en suspens à ce jour sur cette thématique pour orienter les hypothèses à tester.

A) Les Carabidae : des auxiliaires des cultures particulièrement intéressants

Les *Carabidae* font partie des régulateurs des populations de ravageurs en grandes cultures parmi d'autres familles de coléoptères (comme les Staphylinidae) et toute une faune arthropodienne (araignées, myriapodes...). Cette famille présente de nombreux intérêts, détaillés par la suite.

1) Une activité de prédation importante, tout particulièrement des larves

De nombreuses espèces de carabes sont des prédateurs importants de ravageurs courants (RENKEMA and al ; 2009), ils sont donc considérés comme des acteurs majeurs de la régulation des populations d'insectes ravageurs.

⁸ C'est l'étude de l'influence de la structure et de la composition des paysages agricoles sur le fonctionnement des populations et des communautés de *Carabidae* qui les fréquentent.

Les comportements alimentaires des *Carabidae* sont très variés et peuvent s'adapter au cours de l'année en fonction des disponibilités alimentaires du milieu (GARCIN and al ; 2011). La plupart des carabes sont polyphages et se nourrissent de limaces, d'insectes (pucerons) ou de larves d'autres insectes (Taupin) (DIWO-ALLAIN, BOUT A ; 2004). Une consommation végétale est possible, des études ont montré que ce régime alimentaire pourrait impacter positivement l'activité agricole, elle permettrait de limiter la prolifération des adventices via la prédation des plants ou des graines d'adventices (BOHAN D.A and al ; 2011).

Il faut noter qu'il existe des différences morphologiques, alimentaires et écologiques entre la forme larvaire et la forme adulte. La majorité des carabes sont des prédateurs à l'état adulte, mais surtout à l'état larvaire (CHAPELIN – VISCARDI JD ; 2011).

2) Un rôle de bio-indicateur

Les arthropodes, de par leur vie terricole, sont directement exposés aux pratiques agricoles. Ces derniers évoluent en fonction des perturbations agricoles auxquelles ils sont sensibles. Certaines espèces auraient donc un rôle d'indicateurs biologiques, c'est-à-dire un rôle de témoin précoce des variations des facteurs intervenant dans leur environnement. Leur présence ou non permettraient d'évaluer le fonctionnement des agro-écosystèmes (RIBERA and al ; 2001 and LARSEN K.J and al ; 2004). Au sein des arthropodes auxiliaires, les connaissances taxonomiques sur les *Carabidae* sont déjà bien établies et les carabes sont facilement identifiables à l'espèce, contrairement aux araignées qui présentent pourtant le même rôle de régulation. C'est donc aussi pour des raisons pratiques que cette famille est souvent choisie dans les études sur les auxiliaires des cultures.

3) Une présence tout au long de l'année

Après éclosion, le cycle de développement des carabes comprend trois à quatre stades larvaires, puis les carabes entament leur métamorphose et se transforment en nymphe avant de devenir adulte (Figure 1).

Trois périodes de reproduction sont possibles selon les espèces : certaines se reproduisent au printemps, après une hibernation au stade adulte, d'autres à l'automne. Ces dernières passent l'hiver sous formes de larves et les adultes apparaissent au printemps suivant. Le troisième cas est plus complexe, certaines espèces peuvent se reproduire deux fois dans l'année, d'autres se développent sur plusieurs années lorsque les conditions climatiques (température de l'air, pluviométrie) sont défavorables (GARCIN A and al ; 2011).

Il faut noter que les larves comme les adultes réalisent une diapause pendant laquelle ils sont plus sensibles, d'où l'intérêt de la présence d'abris dans le milieu. Ensuite, l'activité épigée⁹ des larves s'avère être supérieure à celle des adultes en automne, hiver et début du printemps. C'est à ce moment que ces dernières peuvent être préférentiellement capturées dans les pots Barber¹⁰.

Pour conclure sur cette partie, l'observation des *Carabidae* semble pertinente pour mieux comprendre les impacts des actions anthropiques sur les auxiliaires épigés des cultures. La diversité spécifique de cette famille lui permet d'être présente sous différentes formes tout au long de l'année, ce qui lui confère un grand potentiel pour le contrôle des populations de ravageurs. Les assemblages d'espèces présentes en un lieu donné peuvent aussi être des bio-indicateurs de l'état du milieu.

B) Lutte par conservation et gestion des habitats des *Carabidae*¹¹

La lutte par conservation et gestion des habitats est une méthode de lutte biologique développée seulement depuis les années 80. Les phénomènes mis en jeu demeurent très complexes, mais certaines pratiques à éviter ou à privilégier ressortent des études menées sur le sujet.

1) Impact des pratiques culturales sur la parcelle cultivée et de la gestion des bordures de champs sur les populations de *Carabidae*

a) Effets des espèces végétales présentes

Aujourd'hui, un certain nombre d'études ont constaté un effet des dates d'implantation, du type de culture en place (annuelle, pluriannuelle), du caractère permanent ou non du couvert et des associations culturales sur les communautés de carabes présentes sur la parcelle.

Ainsi, les **cultures d'hiver** semblent favoriser plus que les **cultures de printemps** l'émergence des carabes (COLLARD and al ; 2011).

Les **cultures pluriannuelles**, types prairies hautes, abriteraient quant à elles une plus grande diversité de carabes et un plus grand nombre d'espèces spécialistes que les **cultures**

⁹ Sur le sol

¹⁰ Pot enterré à ras du sol rempli d'un liquide non attractif qui permet de conserver la faune du sol marcheuse et rampante qui s'y noie.

¹¹ Méthode qui vise à préserver et à valoriser des auxiliaires indigènes en utilisant leur diversité biologique, en promouvant la conservation de leurs habitats et en vérifiant leur compatibilité avec d'autres méthodes agronomiques.

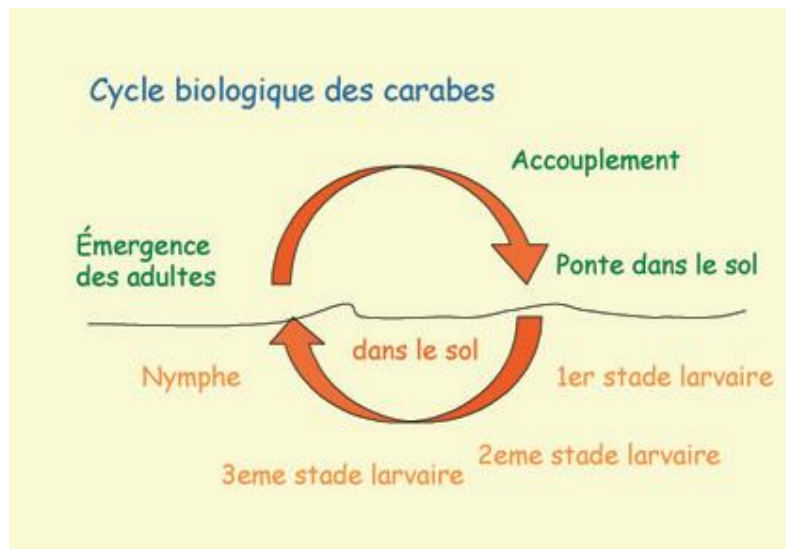


Figure 1 : Cycle biologique des carabes (CRITT Inophytt)

annuelles, moins stables (LARSEN K.J and al, 2003).

Pour aller plus loin, la mise en place d'un **couvert permanent** permettrait d'améliorer l'habitat des carabes. En favorisant l'hétérogénéité et la connectivité spatiale du milieu, cette technique augmenterait la richesse spécifique (DIWO-ALLAIN and BOUT A ; 2004). L'implantation d'une culture intermédiaire permettrait d'augmenter l'activité-densité des carabes, mais il n'y aurait pas d'effet de report de ce gain d'activité-densité des populations de carabes dans la culture suivante (CARMONA D.M and al ; 1999).

Le semis d'une **association culturale** tout comme l'implantation d'une couverture intercalaire¹² permettraient de réduire significativement les dégâts des ravageurs (SARTHOU J.P, 2007). Cependant, ces phénomènes seraient plus liés à la difficulté pour les ravageurs spécialisés de visualiser leur plante hôte que par une activité accrue des auxiliaires, même si ceux-ci prospectent plus fortement sur une parcelle en association que sur une culture pure (ANDOW, 1986 in SARTHOU J.P ; 2007). A noter aussi qu'en favorisant la diversité des variétés implantées au sein d'une même espèce et surtout la diversité des structures de développement des plantes, on favoriserait la diversité spécifique des communautés d'arthropodes associées (CHATEIL C, 2010).

L'effet des espèces végétales présentes ne s'arrête pas aux espèces implantées sur la parcelle. Les **espèces implantées dans les bordures de champs** ou au voisinage de la parcelle sont aussi des éléments importants à intégrer.

Il est important de bien connaître les relations plantes insectes pour éviter d'implanter des éléments favorisant les ravageurs et pour réinstaller des « plantes utiles¹³ », directement ou indirectement support d'auxiliaires en bordure de parcelle (SARTHOU J.P, 2006). Les crucifères, hôtes du puceron cendré du chou (ravageurs du chou et du colza), sont par exemple à éviter à proximité des parcelles de colza, d'autant plus que ces mêmes plantes vont aussi héberger des altises et des méligèthes. A l'inverse, des plantes telles l'achillée, le lotier corniculé ou le bleuet se sont révélées être des « plantes utiles » pour attirer les micro-hyménoptères parasitoïdes des pucerons (Site DévAB). Un autre point important est d'éviter l'installation de plantes très peu attractives pour les arthropodes entomophages (lin, consoude officinale, ...). Pour finir, la présence non concurrentielle de certains adventices en bordure de

¹² Semis entre les rangs de la culture principale.

¹³ Plantes particulièrement attractives pour les auxiliaires (présence de fleurs ou de nectaires extra-floraux à butiner ou encore abris pour les périodes hivernales).

champ pourrait permettre d'augmenter l'activité d'auxiliaires prédateurs et parasitoïdes au sein des cultures (SARTHOU J.P, 2007).

b) Effets du travail du sol

Les données concernant l'effet des différentes pratiques de travail du sol sur les populations de carabes sont peu nombreuses. Cependant, l'espèce et le stade de développement des *Carabidae* au moment de l'intervention (en lien avec la période de labour) seraient des facteurs importants à prendre en compte pour comprendre l'influence des perturbations du sol sur cette famille. On note un effet direct sur les organismes lors des passages de matériels et un effet indirect dû aux modifications des habitats et à la mise à jour des larves et nymphes. Celles-ci sont alors des proies faciles pour les oiseaux insectivores.

Pour ce qui a trait au **stade de développement des carabes**, les larves et les nymphes seraient particulièrement impactées par les labours, ces dernières possédant une faculté de dispersion moindre que les adultes (PURVIS G, FADL A ; 2002).

Pour ce qui concerne la **période d'intervention du labour**, certaines études mettent en avant un effet négatif des labours d'hiver, intervenant pendant l'hivernation des carabes. D'autres, au contraire, mettent en avant l'effet impactant des labours de printemps sur les carabes reproducteurs d'automne, au stade larvaire à cette période.

c) Effets de l'application de produits phytosanitaires

De nombreuses expérimentations ont montré une plus grande représentation de la biodiversité de manière générale dans les exploitations en agriculture biologique comparativement aux exploitations en agriculture conventionnelle (SARTHOU J.P, 2007). Une protection chimique réduite favoriserait les auxiliaires des cultures directement en diminuant leur taux de mortalité et indirectement en préservant une flore adventice diversifiée, zone refuge pour les auxiliaires (LE ROUX X and al ; 2008).

D'après Navntoft and al (2006), la **dose appliquée** impacte la survie des carabes. La réduction de l'utilisation des insecticides d'un quart par rapport aux applications habituelles permettrait d'augmenter de 25% l'abondance des *Carabidae*. Une autre étude contredit ces résultats. Elle a mis en avant que l'application d'insecticides pyréthroïdes (FURY10 EW, 0.15L/ha) n'a pas d'impacts sur l'abondance et la richesse spécifique des carabes piégés. Ce résultat est néanmoins à nuancer, l'application ayant été effectuée sur des plants de colza déjà bien développés : les auteurs suggèrent que le produit n'a peut-être pas touché le sol, ce qui expliquerait que la communauté de carabes n'ait pas été impactée (ŠLACHTA M and

VOKOUN J ; 2010). Le **stade de développement de la culture, en lien avec la date d'application** sont donc aussi des points importants d'interprétation des résultats.

D'autres études mettent en avant l'influence positive des systèmes en agriculture biologique sur l'efficacité de prédation des carabes par rapport aux systèmes conventionnels. Plus d'espèces remarquables sont aussi observées dans des parcelles conduites en agriculture biologique ou intégrée qu'en agriculture conventionnelle (CHAPELIN-VISCARDI J.D ; 2011).

En guise de conclusion intermédiaire, il a été montré que de par leur vie terricole, certains *Carabidae* caractéristiques des milieux ouverts sont défavorisés par l'intensification des pratiques de travail du sol ou des traitements phytosanitaires. Les espèces pionnières à faibles exigences écologiques et les ravageurs trouvent alors des niches favorables à leur développement.

d) Impact des milieux semis-naturels

Les milieux semi-naturels (bosquets, haies, bandes herbeuses...) peuvent être les **habitats des insectes**. 90 % des insectes auxiliaires zoophages ont besoin de ces structures à une ou plusieurs période de l'année, alors que seulement 50% des ravageurs sont dans ce cas (KELLER and HÄNI ; 2000 in SARTHOU J.P ; 2007). Ces éléments hébergent plus d'arthropodes zoophages que phytophages et majoritairement des arthropodes dits « neutres ». Ces derniers servent de proies ou d'hôtes aux zoophages, les aménagements en bord de parcelle ont donc une fonction de **réservoirs de proies potentielles** pour les auxiliaires. D'après LEE J.C and al (2011), les milieux semi-naturels servent de **zones refuges** pour les auxiliaires pendant les périodes de perturbation de la culture. Ces sites auraient une fonction de réservoirs en hiver et de point de départ de recolonisation des champs au printemps, des phénomènes de colonisations cycliques entre les habitats permanents et les habitats temporaires seraient ainsi observables.

Le **type de gestion** de bords de champs utilisé va en partie expliquer la composition des communautés. Une étude menée dans le paysage bocager breton a montré que les bords de champs non entretenus ou pâturés pendant 5 ans abritent essentiellement des espèces de carabes forestières, peu tolérantes aux perturbations, alors que les bords de champs soumis à une pulvérisation répétée d'herbicides en hébergent peu ou pas du tout (AVIRON S and al ; 2003).

L'**âge des aménagements** est aussi un élément non négligeable à prendre en compte : une faune plus riche en auxiliaires zoophages serait observée dans les structures les plus anciennes. Ainsi, d'après une étude anglaise, les arthropodes colonisent les bandes enherbées semées à partir de 11 à 15 mois après leur mise en place (THOMAS C.F.G and al, 1999).

Le **type d'aménagement** et les **variétés implantées** sont aussi des facteurs à intégrer. Les haies favoriseraient moins fortement et moins directement les communautés d'auxiliaires des grandes cultures que les bandes herbeuses et fleuries (NENTWIG, 1988 in SARTHOU J.P ; 2007). Quelques règles semblent néanmoins applicables pour favoriser les auxiliaires au niveau des haies. Les essences hébergeant des phytophages phyllogénétiquement proches de ceux affectant la culture, comme le sureau ou le noisetier qui ont tous deux un puceron spécifique, sont à privilégier dans les plantations pour fournir des proies d'appoints aux auxiliaires. Pour finir, les essences présentes à l'état spontané dans une région auront plus de chances de recruter des phytophages indigènes et de servir de nurserie (SARTHOU J.P ; 2007).

2) *Prise en compte du paysage*

L'échelle de la parcelle, souvent utilisée, ne permet pas de comprendre de façon complète la structure et la dynamique des communautés de *Carabidae* en grandes cultures. Les carabes ont besoin de ressources différentes au cours de leur cycle de vie, ils vont donc être amenés à se déplacer et vont dépendre de la disponibilité de ressources dans un paysage donné. Il est alors nécessaire de s'intéresser aux impacts du voisinage et à des considérations de surfaces pour comprendre de façon plus précise la structure de ces communautés. Il faut aussi prendre en compte le mode de locomotion des auxiliaires (volants, rampants...) pour comprendre leur capacité de dispersion dans le milieu.

a) *Notion de connectivité, de taille des zones refuges*

La survie des espèces de carabes est très liée au maintien de lieux d'habitats de tailles importantes et proches, connectés entre eux. Cette idée recoupe la théorie de Mac Arthur et Wilson (1963) qui montre que le taux d'immigration sera plus important entre des îles proches qu'entre des îles plus éloignées et que plus une île sera petite plus son taux d'extinction sera élevé. Ces résultats sont aussi valables sur le continent pour des milieux isolés, tels un bosquet dans une étendue de culture. La fragmentation des habitats peut affecter les assemblages de carabes, sans compter que la composition en espèces de fragments d'habitats peu étendus sera plus facilement altérée par l'invasion d'espèces provenant des abords (NIEMELÄ ; 2001). Pour illustrer cette idée, une étude d'Aviron and al (2005) a

montré que deux haies similaires en termes de composition et de positionnement par rapport aux champs adjacents, situés dans un contexte paysager différent, différeront au niveau de la structure de leurs communautés d'insectes. La fragmentation est aussi préjudiciable aux espèces fonctionnant en métapopulations¹⁴. Ces dernières risquent de s'éteindre, les échanges entre sous-populations n'étant pas envisageables dans un milieu fragmenté.

b) Des stratégies de colonisation inégales induisant des sensibilités différentes aux pratiques agricoles

En termes de modes de déplacement chez les *Carabidae*, on trouve une diversité d'espèces englobant des aptères tout comme des espèces macroptères aux ailes bien développées et fonctionnelles. Leur stratégie de colonisation du milieu ainsi que leur sensibilité aux pratiques agricoles ne sera pas la même, les macroptères auront une capacité de survie plus grande en cas de perturbation. En effet, d'après l'expertise scientifique collective sur la biodiversité, une intensification des pratiques agricoles impacte fortement la richesse spécifique des espèces peu mobiles à l'échelle du paysage. Pour les espèces plus mobiles, la complexité du paysage peut diminuer l'impact de l'intensification des pratiques à un endroit donné (Figure 2). L'étude d'AVIRON and al (2003) va plus loin en montrant que les pratiques de gestion favorisant le maintien des espèces peu mobiles de carabes ne pourraient être efficaces que dans des contextes paysagers favorables. Ces derniers ont démontré que les espèces forestières, à faible pouvoir de dispersion, sont associées aux bordures situées dans des contextes paysagers boisés et hétérogènes, alors que les bordures situées dans des zones homogènes de cultures sont dominées par des espèces de champs, plus petites et plus mobiles. Pour conclure sur cette partie bibliographique, l'observation des *Carabidae* semble pertinente pour mieux comprendre les impacts des actions anthropiques sur les auxiliaires des cultures. Les carabes et les services qu'ils rendent semblent être favorisés par une gestion extensive des zones agricoles (peu de travail du sol, peu d'application de phytosanitaire,...) et une diversité du milieu. Une analyse multi-échelle s'impose, il est nécessaire d'identifier de manière précise les éléments locaux tout en ayant une vision globale au niveau du paysage.

C) Hypothèses et axes de travail

A partir de cette étude bibliographique et de la prise en compte des études passées sur la base de données, de nombreuses questions restent soulevées autour de trois axes majeurs : l'influence des pratiques culturales, de l'aménagement et du paysage sur les populations de

¹⁴ Une métapopulation (LEVINS, 1969) est « une collection de sous-populations d'une même espèce occupant chacune une tache d'habitat favorable plongé dans un espace non favorable, fonctionnant ensemble comme une unité démographique ».

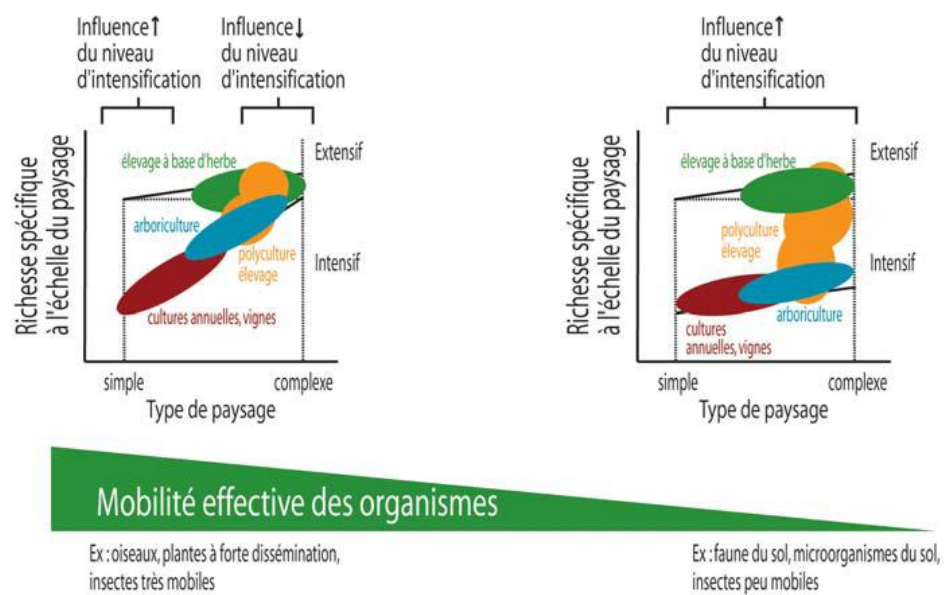


Figure 2 : Proposition de modèle conceptuel reliant la biodiversité et les paramètres spatiaux des paysages agricoles en fonction de l'intensification des pratiques (ESCo)

Carabidae présentes sur la parcelle. Compte tenu du temps imparti pour le stage, le choix a été fait de mettre de côté pour l'instant les questions relatives au paysage. Ce choix a été fait étant donné le caractère majoritairement peu mobile de la famille étudiée. Il a aussi été pris en compte que les espèces présentant un intérêt agronomique majeur sont celles qui se déplacent le moins, elles sont donc plus sensibles aux pratiques locales qu'à celles du voisinage. Il semblait aussi important de pouvoir appréhender au mieux les influences locales afin d'interpréter dans un second temps les influences du voisinage. La problématique posée se décline donc en deux sous-problématiques, développées ci-dessous :

Que faut-il mettre en œuvre pour favoriser les populations de carabes sur la parcelle ?

Les produits phytosanitaires appliqués et les outils de travail du sol utilisés ont-ils un impact sur les populations de carabidae présents dans les aménagements et les parcelles? Les pratiques culturales extensives favorisent-elles les populations de carabes ? Le type de culture implanté impacte-t-il la richesse spécifique cumulée et l'activité-densité des carabes ? La période et le type de passage de travail du sol impacte-t-elle les communautés de carabes ?

Quel est l'impact d'un aménagement sur les populations présentes dans la parcelle ? La présence d'un aménagement influence-t-elle la colonisation à l'intérieur de la parcelle ? Les différents types d'aménagement (bosquet, haie, bande enherbée, mixte) ont-ils tous le même impact sur l'activité densité et la richesse spécifique cumulée des carabes au sein de la parcelle ?

D'après l'étude bibliographique, sur la question des produits phytosanitaires, l'hypothèse est faite que les pratiques extensives à la parcelle (pas ou peu d'application de phytosanitaires ou de travail du sol profond) favorisent la richesse spécifique des carabes. D'après les premiers résultats issus des travaux sur la base de données (cf tableau 1), une autre hypothèse porte sur le fait que le type de culture en place impacte peu les communautés de carabes. Enfin, la date de passage du travail du sol impacte de façon différente les communautés de carabes selon la région. Le postulat est fait que la présence d'un aménagement en bord de parcelle favorise l'abondance et la richesse spécifique cumulée des espèces dans la parcelle. Ensuite, le type d'aménagement doit influencer l'abondance et la richesse spécifique des espèces dans la parcelle. Toujours sur cette thématique, l'hypothèse est faite que la présence d'un aménagement en bord de parcelle impacte la dynamique des carabes au sein de la parcelle.

Tableau 1 : Récapitulatif des résultats issus de la première analyse des données 2009-2010 de la base de données. Impact des pratiques et des aménagements sur l'abondance et la diversité des carabidés.

Résultats significatifs - Résultats non significatifs, tendances

Région	Centre	Picardie	Rhône-Alpes
Comparaison des habitats	-L'abondance est plus importante au sein des parcelles cultivées que dans les aménagements		
	-La RS est plus importante dans les aménagements que dans les parcelles. -L'abondance a tendance à augmenter avec la distance à la bordure	-La RS est équivalente dans les parcelles et dans les aménagements -Aucune tendance concernant l'abondance n'est à noter	-L'abondance a tendance à diminuer avec la distance à la bordure
Impact des aménagements sur les populations des parcelles adjacentes	Non étudié	-La RS a tendance à diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la bordure en l'absence d'aménagement adjacent à la parcelle.	- Les parcelles non bordées par un aménagement de type haie ou BE présentent des abondances et des RS plus faibles que dans les parcelles bordées par un aménagement.
Impact des pratiques culturales sur les populations dans les parcelles cultivées	Impact de la taille de la parcelle		
	-Pas d'impact sur les caractéristiques des communautés.		
	Impact du type de culture		
	-Les cultures de printemps tendent à être plus favorables à l'abondance des carabes que les cultures d'hiver. C'est l'inverse pour la RS. - Le type de culture (céréales, sarclées, oléo-protéagineuses) n'explique pas les répartitions de populations de <i>Carabidae</i> .	-L'abondance est favorisée par les cultures de printemps, la RS par les cultures d'hiver. - L'abondance est plus élevée dans les cultures sarclées de type betteraves et pommes de terre que dans les cultures céréalières, c'est l'inverse pour la RS.	-Les cultures de printemps sont les plus défavorables aux populations de <i>Carabidae</i> . -Le colza est la culture la plus favorable à l'abondance des <i>Carabidae</i> .
	Impact du travail du sol		
	-Pas d'impact du type de travail du sol ou de la date d'intervention sur l'abondance. -Un labour + travail simplifié favorise plus la RS que les autres types de travail du sol. ! Manque important de répétitions en région Centre à prendre en compte	- Un labour ou un labour + travail simplifié semblent plus favorables qu'un travail superficiel ou l'absence de travail du sol à l'abondance des <i>Carabidae</i> . C'est l'inverse pour la RS. - L'abondance est favorisée pour un travail du sol au printemps, la RS tend à être défavorisée par un travail du sol au printemps.	-Pas d'impact du type de travail du sol -Un travail en été ou automne est plus favorable à l'abondance.
	Impact des produits phytosanitaires		
	L'application ou la non application de pesticide explique très peu la caractéristique des communautés de <i>Carabidae</i> .		
Impact des éléments du paysage (segmentation)	! L'analyse par segmentation pour chaque région représente seulement entre 1,18 et 3% de l'information. Les facteurs prépondérants pour expliquer les communautés de <i>Carabidae</i> qui en découlent :		
	Le linéaire de chemin (26,5%) et la surface de la parcelle (10%).	Le linéaire de chemin (28%) et la surface de la parcelle (10%).	La surface de pois dans le périmètre autour de la parcelle (21%), puis la surface en céréale (11%) et le linéaire de BE (10%).

D'après Rabourdin and al, 2011

Chapitre 2 : Méthodologie mise en œuvre

L'ensemble des étapes du projet de stage sont reprises dans la figure 3.

I) Compilation et validation des données et des calculs

L'année 2011 a été compulsée dans la base de données mais n'avait pas encore fait l'objet d'une étude statistique. Il s'est avéré que les données disponibles étaient incomplètes et que certaines erreurs avaient pu être oubliées. Ces erreurs induisaient des incohérences dans le calcul des variables à expliquer, comme l'abondance. La première phase du travail a donc consisté à récupérer les données manquantes, auprès des partenaires et des agriculteurs chez qui avaient été installés les pièges, et de repérer et corriger les éventuelles erreurs. Ensuite, une étape de validation de l'ensemble des fichiers a été nécessaire pour s'assurer de leur exactitude. Cette première étape a permis aussi, indirectement, de se familiariser avec les dispositifs de suivi mis en place et les données disponibles.

II) Description de la base de données

Sur les trois ans d'études, 49 parcelles différentes ont été suivies : 19 en région Centre, 14 en Picardie, 16 en Rhône-Alpes. Le nombre de parcelles suivies par région n'a pas été constant sur la durée de l'étude (*cf* tableau 3). Les parcelles ont toutes été suivies au printemps, certaines ont aussi été suivies à l'automne. Les suivis automnaux concernent 18 dispositifs répartis sur les trois régions en 2009 et seulement 6 l'année 2010 en région Rhône-Alpes. Aucun suivi n'a été fait en 2011 à l'automne. Le choix a été fait de ne pas intégrer ces données aux analyses statistiques, pour lesquelles beaucoup moins de répétitions sont disponibles. L'ensemble des analyses portent sur les données relatives aux prélèvements de printemps. Au sein de ces différentes parcelles étudiées six étaient en agriculture biologique, dont une en Picardie, une en région Centre et trois en région Rhône-Alpes.

L'ensemble des dispositifs se décomposaient en lignes. Une ligne comprenait l'ensemble des pièges qui se trouvaient à une même distance de l'aménagement. Trois pièges étaient disposés par ligne dans les dispositifs du CASDAR. Les dispositifs étudiés comprenaient entre trois et quatre lignes par parcelle. La première ligne était disposée à 5 mètres du bord de la parcelle, la seconde à 30 mètres, la troisième à 50 ou 70 mètres. Enfin, la quatrième ligne n'était suivie que dans les parcelles présentant les superficies les plus importantes. Cette dernière ligne était

disposée au centre de la parcelle étudiée, soit à 70, 135, 150 ou 200 mètres du bord de parcelle en fonction de la taille du champ.

Les données exploitées dans le cadre de cette étude ont été constituées par piégeage au pot Barber. Cette méthode de piégeage est relativement simple à mettre en œuvre, un pot est enterré à ras du sol et permet de récupérer la faune qui y tombe. Un liquide non attractif permet ensuite de conserver les individus noyés. Dans le cadre de l'étude, les pots étaient relevés chaque semaine. Une identification à l'espèce était ensuite réalisée.

III) Les étapes de l'analyse statistique

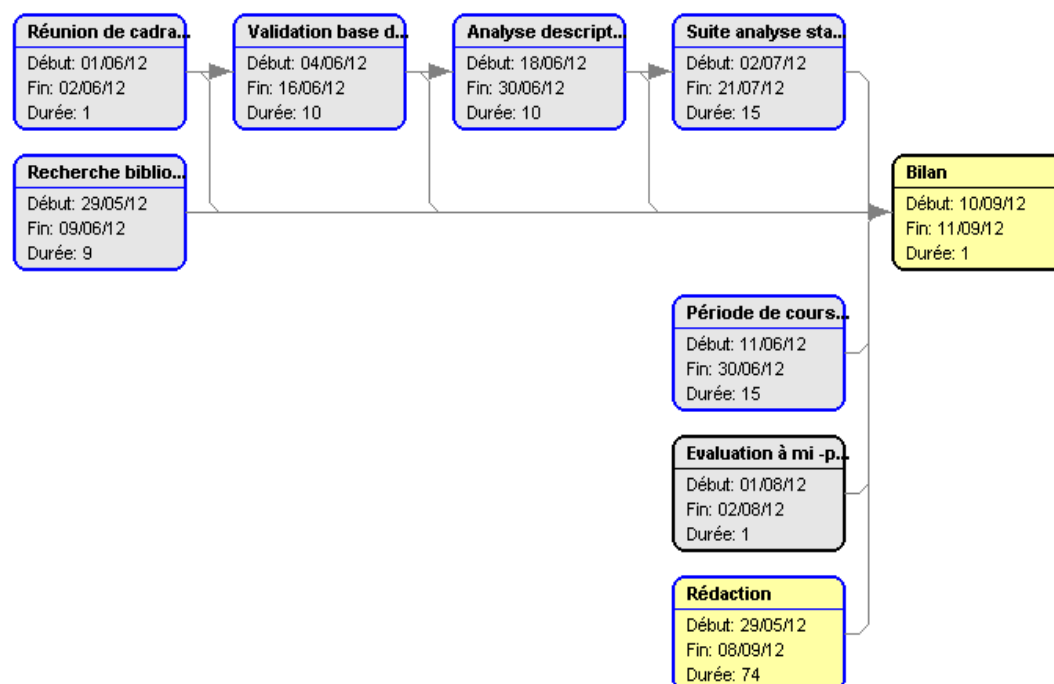
L'analyse statistique est réalisée avec le logiciel de traitement statistique de données R. Ce logiciel libre présente de nombreux intérêts : il est gratuit et il propose une large palette de fonctions statistiques, qui peut être complétée par les « packages¹⁵ », téléchargeables gratuitement sur internet. R a été initialement créé par Robert Gentleman et Ross Ihaka du département des statistiques de l'université d'Auckland, mais la diversité d'applications disponibles aujourd'hui est le fruit d'une collaboration scientifique internationale (site internet R-project).

Dans un premier temps, une analyse descriptive est primordiale pour prendre en main le jeu de données, elle permet aussi de proposer des ouvertures sur de nouvelles hypothèses et d'observer les tendances de réponses. L'objectif est encore d'analyser l'influence des facteurs abiotiques, afin de prendre en compte ces variables dans l'interprétation à venir.

L'analyse statistique va s'articuler autour de deux grandes thématiques : l'impact des aménagements et l'effet des pratiques culturelles. En fonction de la question posée, une ou plusieurs échelles spatiales et temporelles devront être prises en compte. Les échelles spatiales de la parcelle ou de l'aménagement seront exploitées et les échelles temporelles de la semaine ou de la saison. Des notions d'activité-densité, de richesse spécifique, de richesse spécifique cumulée (dans le temps et l'espace) ou encore de distance entre communautés d'espèces pourront être utilisées pour répondre aux différentes questions soulevées. Ces différentes variables sont détaillées par la suite.

¹⁵ Fichiers compressés qui regroupent des fonctions, les documentent. Ils peuvent contenir des jeux de données servant à illustrer l'utilisation des fonctions. Ils sont téléchargeables sur le site <http://cran.r-project.org/>.

Figure 3 : Diagramme de Pert du projet de stage Recherche et Innovation



	Centre	Picardie	Rhône-Alpes
2009	16	13	16
2010	16	13	14
2011	6	4	0

Tableau 2 : Nombre de parcelles suivies par région et année

A) Les variables à expliquer et les variables explicatives

I) Les variables à expliquer

a- L'activité-densité

L'activité-densité représentée par l'abondance moyenne recense le nombre d'individus piégés, pour une espèce donnée dans un ensemble de pièges. Cette donnée permet d'évaluer l'activité-densité des espèces : une espèce fortement piégée sera fortement présente et/ou fortement mobile.

b- La richesse spécifique

La richesse spécifique est le nombre d'espèces différentes à une échelle spatiale donnée et une date donnée. Dans le contexte de l'étude, elle a été compulsée à l'échelle du pot et de la semaine. A plus grande échelle, elle peut être utilisée pour comparer des milieux. Cette variable ne sera que peu utilisée dans l'étude, elle ne servira que pour l'analyse descriptive sur les facteurs abiotiques et pour les questions de dynamique de population au sein de la parcelle. La richesse spécifique cumulée, détaillée ensuite, sera privilégiée.

c- La richesse spécifique cumulée

La richesse spécifique cumulée revient à calculer la richesse spécifique en ne tenant compte que des nouvelles espèces présentes d'un pot à l'autre ou d'une date à l'autre. Cet indicateur peut donc se cumuler dans le temps et/ou dans l'espace. Dans le cadre de l'étude, la richesse spécifique cumulée sera calculée à l'échelle de la saison et à l'échelle spatiale de la parcelle ou de l'aménagement. Ce calcul permet d'avoir une approche plus juste de la diversité spécifique d'un milieu que l'utilisation de la moyenne des richesses spécifiques.

d- La distance entre communautés

Les données de présence/absence peuvent être transformées en matrice de distance. Ainsi, deux relevés peuvent être comparés par la liste des espèces présentes. Deux espèces peuvent aussi être comparées par la liste des relevés dans lesquels elles sont présentes.

La distance entre communautés est une notion qui permet de regrouper des communautés proches, elle permet d'identifier des communautés qui se ressemblent (distance faible) ou bien des communautés qui ont peu de points communs (distance importante).

Plusieurs indices peuvent être utilisés pour calculer des matrices de distances (site Université Lyon 1), l'indice de Sokal et Michener est l'un d'entre eux. La représentation euclidienne d'une matrice de distance de Sokal et Michener est une ACP simple implicite.

$$\text{Similarité} = (a+d) / n$$

Avec a : le nombre de concordances 1-1, d : le nombre de concordances 0-0, n : le nombre d'observations (cf Tableau 1).

Cet indice est égal ou inférieur à 1 et la distance (D) qui lui est associée est définie par :

$$D = \sqrt{1-S}$$

II) Les variables explicatives

Ces variables, détaillées ci-dessous, permettent d'interpréter les variables à expliquer.

a- Les données météorologiques

Ces informations sont importantes pour interpréter au mieux les résultats et s'assurer qu'une diminution du nombre d'observations ne soit pas uniquement due à l'impact d'une pratique culturale. L'amplitude des températures, la T° moyenne et la pluviométrie semblent notamment être des éléments utiles à analyser en parallèle des pratiques culturales.

b- Les pratiques culturales

De nombreuses sous-variables en lien avec les pratiques culturales sont à exploiter pour éclairer les variables à expliquer. Le couvert en place, les applications phytosanitaires (date + produit), le travail du sol (date + type) sont autant d'éléments à intégrer à l'analyse.

c- L'aménagement

La présence ou non d'un aménagement est un premier élément explicatif à prendre en compte dans l'analyse des données. Pour aller plus loin, la nature de l'aménagement (haie, bande enherbée, bosquet, chemin...) est un élément complémentaire à intégrer.

B) Analyse de la significativité des tendances observées

A partir de l'analyse descriptive, une analyse statistique complémentaire est nécessaire pour étudier la significativité des tendances observées. Dans la mesure du possible, les tests

	1	0	Total
1	a	b	a+b
0	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	n

a, b, c, d définissent une similarité entre les 2 objets.

Tableau 3 : Table de contingence

paramétriques, plus puissants, seront préférés aux tests non paramétriques. Ces tests présentent néanmoins l'inconvénient d'avoir plusieurs conditions d'applications à remplir.

a) Conditions d'applications

Pour utiliser les tests paramétriques, les échantillons doivent être tirés aléatoirement et indépendamment, les populations doivent être distribuées normalement et les populations doivent présenter des variances homogènes. Dans le cadre de l'étude, les carabes sont piégés de façon aléatoire et indépendante. Les deux autres hypothèses doivent être testées pour chaque analyse.

Pour l'étude de l'homogénéité des variances, les variables explicatives étant toutes qualitatives, un test de Bartlett sera appliqué. L'interprétation de ce test se fait de la façon suivante :

H0 : Les variances sont égales

H1 : Au moins deux variances sont différentes

Si la p value est supérieure à 0.05, on accepte H0 au seuil de 5% et l'hypothèse d'homoscédasticité est vérifiée.

Dans le cas où la condition d'homogénéité des variances n'est pas respectée, il faut regarder si certaines modalités contiennent trop peu d'observations ou si des valeurs aberrantes sont détectables. Dans le cas où certaines modalités comptent trop peu d'observations, il peut être nécessaire de les retirer de l'analyse

En ce qui concerne le test de la normalité des résidus, le test de Shapiro-Wilk sera utilisé. L'interprétation de ce test se fait de la façon suivante:

H0 : Les résidus suivent une loi normale

H1 : Les résidus ne suivent pas une loi normale

Si la p value est supérieure à 0.05, on accepte H0 au seuil de 5% et l'hypothèse de normalité est vérifiée.

Dans le cas où la condition de normalité n'est pas respectée, il faut regarder si des valeurs aberrantes sont détectables.

Pour cela, un test de Grubbs permettra de voir si des valeurs suspectes sont repérables dans le jeu de données. L'interprétation de ce test se fait de la façon suivante :

H_0 : Il n'existe pas de valeur suspecte.

H_1 : Il existe au moins une valeur suspecte.

Si la p value est inférieure à 0.05, H_1 est acceptée et le jeu de données comprend une donnée suspecte.

Il est délicat de retirer des données sans avoir une raison extra-statistique de le faire. Dans le cas de la base de données, les valeurs suspectes rencontrées ne sont pas des valeurs aberrantes mais des valeurs extrêmes, qui sont exactes et qu'il convient de ne pas modifier. Il a pu arriver ponctuellement qu'un nombre d'observation important ait pu être relevé dans un pot donné, ce n'est en rien une valeur fausse qui pourrait être retirée. Il faut noter que le test de Grubbs mis en œuvre pour détecter les données suspectes suppose la normalité de la variable étudiée.

b) Solutions alternatives

Dans le cas où les conditions d'application des tests paramétriques ne sont pas remplies, il est intéressant de relancer les tests en travaillant sur le logarithme ou la racine carrée de la variable à expliquer. La transformation des données permet parfois d'éviter d'avoir à utiliser un test non paramétrique. Lorsqu'une transformation fonctionne bien sur une variable, il faut alors l'utiliser systématiquement.

Enfin, si après avoir essayé ces différentes solutions les conditions d'application des tests paramétriques ne sont pas respectées, il est alors envisageable de se tourner vers un test non paramétrique. Le test de Kruskal-Wallis est alors appliqué, il permet de décider si k échantillons sont issus de la même population ou non.

H_0 : Les moyennes des observations dans les différentes populations sont égales

H_1 : Au moins 2 moyennes sont différentes

Si la p value est supérieure à 0.05, H_0 est acceptée.

c) Tests paramétriques à utiliser

Une fois les conditions d'applications vérifiées, les tests paramétriques peuvent être utilisés. Dans le cadre du stage, les variables à expliquer sont quantitatives (activité-densité ou abondance), les variables explicatives sont qualitatives. C'est donc une ANOVA qui sera utilisée. Son interprétation se fait de la façon suivante :

HO : Il n'y a pas de différence entre les moyennes des groupes

H1 : Il existe au moins une différence entre les moyennes des différents groupes.

Si la p value est inférieure à 0.05, on accepte H1 au seuil de 5% et la différence entre les groupes est significative.

C) L'analyse multifactorielle

A partir de l'analyse par facteur, les variables qui semblent les plus pertinentes pour expliquer la répartition et la composition des communautés de carabes peuvent être sélectionnées. Ces variables seront intégrées à l'analyse statistique multifactorielle : les forêts aléatoires¹⁶. En effet, il est intéressant de sélectionner un sous-ensemble de variables dans un but d'interprétation et de prédiction (GENUER, 2010). Cette sélection permet aussi d'obtenir une plus grande variété de modèles, cela permet d'obtenir une forêt plus robuste et précise.

L'information apportée par la forêt aléatoire à partir des variables explicatives sélectionnées est donnée sous forme de pourcentage. Ensuite, les variables explicatives qui présentent les pourcentages les plus élevés sont celles qui feraient perdre le plus d'information au modèle si elles étaient enlevées.

¹⁶ Les forêts aléatoires (Breiman, 2001) sont une méthode statistique non paramétrique, qui s'avère être très performante dans de nombreuses applications. Cette méthode consiste à construire un grand nombre d'arbres de décisions différents (une forêt) pour un même problème. A partir de cette forêt, une hiérarchisation des variables par importance peut être proposée.

Chapitre 3 : Résultats

Avant toute chose, il est intéressant de voir que la distance entre communautés, qui permet de regrouper des communautés proches, délimite clairement les 3 régions (*cf* figure 5). Les communautés de carabes des trois régions sont donc différentes. Les espèces présentes dans une région donnée n'auront pas forcément les mêmes besoins ni la même façon de réagir face aux pratiques culturales ou à la présence d'un aménagement. En fonction de l'écologie des espèces présentes, les pics d'abondance par région ne s'observeront pas forcément aux mêmes moments. De ce fait, décliner l'étude par région en complément de l'étude globale pour chaque question est primordial. Par soucis de place, seules une partie des sorties R relatives à l'analyse sur l'ensemble des trois régions seront présentées dans le corps du rapport, les autres seront disponibles en annexe.

A) Réponse des populations de carabes aux facteurs abiotiques

L'abondance semble favorisée à des T° moyennes comprises entre 14,5 et 16,5°C (*cf* figure 6), des températures minimales comprises entre 9 et 11°C et des températures maximales comprises entre 20 et 22°C. Ce sont donc des amplitudes entre 11,5 et 12,5°C qui semblent favoriser l'abondance des observations. Il est par contre moins évident d'observer des tendances de variation de l'abondance en fonction de la pluviométrie (annexe 3).

Pour ce qui est de la richesse spécifique, les données climatiques ne semblent que peut influencer sur les observations, que ce soit pour les températures moyennes (*cf* figure 7), les températures minimales, les températures maximales ou encore la pluviométrie (annexe 4).

B) Etude de l'influence des pratiques culturales sur l'abondance et la richesse spécifique des carabes piégés au printemps dans les pots Barber

I) Influence du type de culture en place

a) Activité-densité

D'après l'analyse non paramétrique, on rejette H0, il existe donc une différence de moyenne entre le type de culture en place et l'activité densité. L'activité densité moyenne est significativement inférieure dans les cultures d'oléagineux comparativement aux cultures de céréales (p value = 0.013) et aux légumes sarclés (p value = 0.042) (*cf* figure 8). L'étude par région (annexes 5 ,6 et 7) ne met néanmoins aucune différence significative en avant, que ce soit en région Centre (p value = 0.1122), en région Picardie (p value = 0.2412) ou en région Rhône-Alpes (p value = 0.2235).

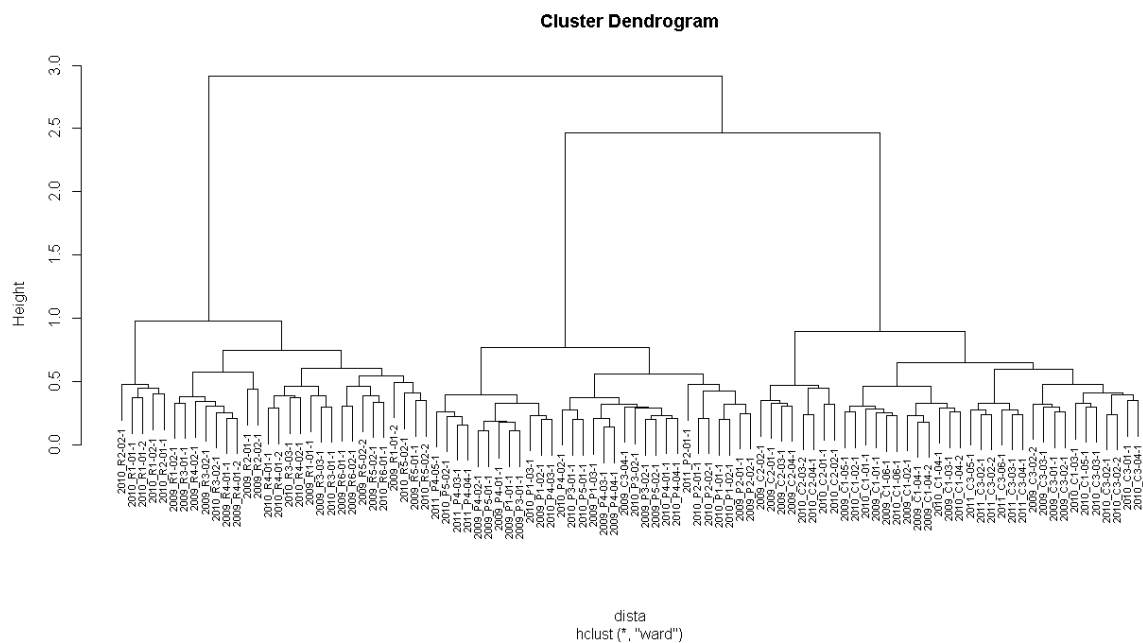


Figure 4 : Distance de Sokal et Michener de l'ensemble des observations par dispositif

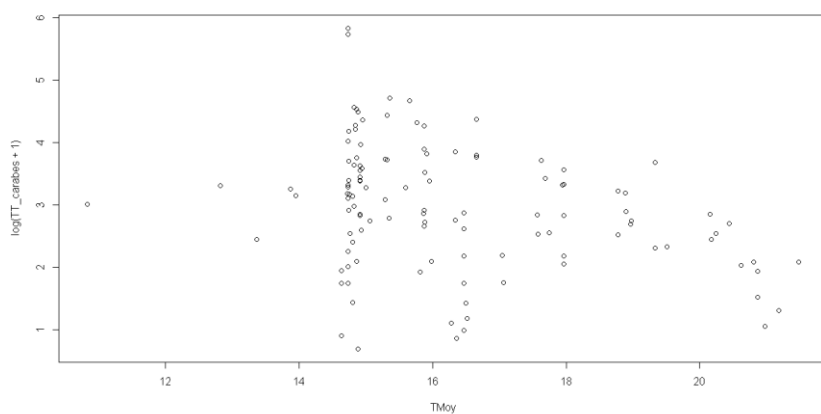


Figure 5 : Abondance moyenne des carabes par semaine et dispositif en fonction de la température moyenne

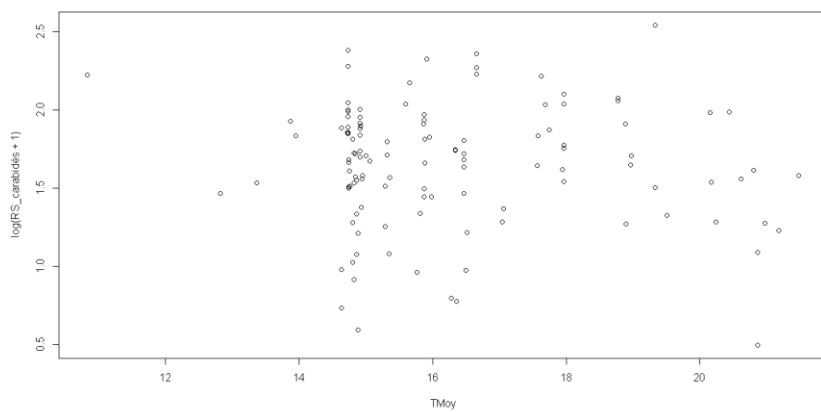


Figure 6 : Richesse spécifique moyenne des carabes par semaine et dispositif en fonction de la température moyenne

a) Richesse spécifique cumulée à la parcelle et la saison

Suite à l'analyse paramétrique, une différence très hautement significative a pu être mise en avant entre les légumes sarclés et les céréales ainsi qu'entre les légumes sarclés et les protéagineux ($p \text{ value} < 0.001$). Une différence très significative a pu être mise en avant entre les légumes sarclés et les oléagineux ($p \text{ value} = 0.00549$). Dans ces trois cas, les légumes sarclés présentent des abondances inférieures aux autres types de culture (annexe 8).

L'ANOVA par région (annexes 9, 10 et 11) ne met pas en avant de différence significative en région Centre entre les différents types de culture ($p \text{ value} = 0.247$) ni en région Rhône-Alpes ($p \text{ value} = 0.614$). Il n'y a cependant pas d'observation sur des parcelles d'oléagineux en région Centre et seulement une observation sur des parcelles de légumes sarclés en région Rhône-Alpes, qui a dû être retirée pour effectuer l'analyse statistique. En Picardie, néanmoins, une différence très hautement significative a pu être mise en avant entre les légumes sarclés et les céréales ($p \text{ value} = 0.000123$). Là aussi, les légumes sarclés présentent une richesse spécifique cumulée significativement inférieure à celle qui peut être observée dans les céréales. Dans le jeu de données de la région Picardie, il n'y a pas non plus d'observation sur oléagineux et seulement une sur protéagineux, retirée pour l'analyse statistique.

Il a pu être montré que les oléagineux présentent des moyennes d'abondances inférieures aux céréales et aux légumes sarclées dans le jeu de données sur l'ensemble des trois régions. D'autre part, les légumes sarclés semblent préjudiciables à la richesse spécifique des carabes, les cultures de protéagineux ou de céréales seraient à privilégier. Il semble intéressant de s'intéresser ensuite à l'influence de la période d'implantation de la culture en place sur l'activité densité et la richesse spécifique cumulée.

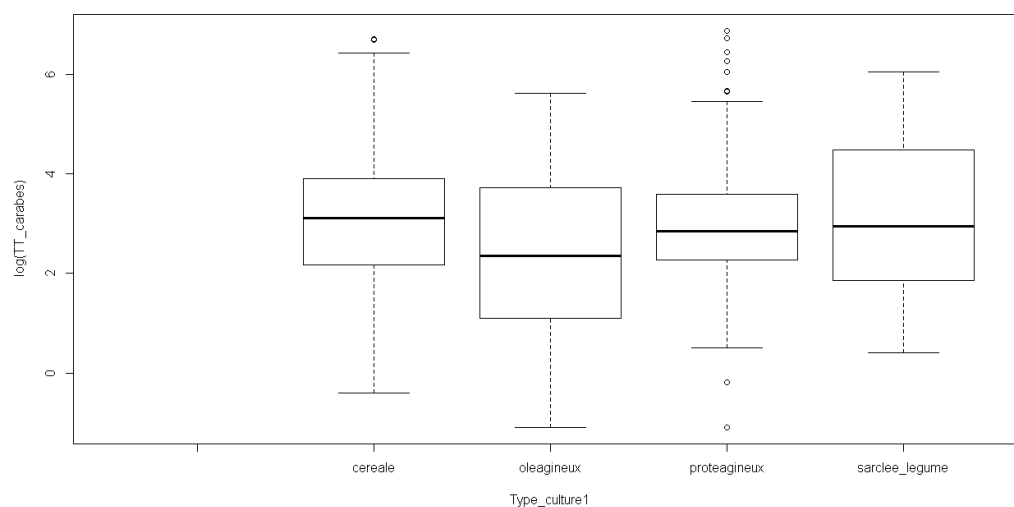
II) Influence de la période d'implantation de la culture en place

a) Activité densité

Les conditions d'application de l'analyse paramétrique n'étant pas remplies, un test de Kruskal-Wallis a été utilisé. Ce dernier n'a pas mis en avant de différence d'abondance selon la période d'implantation de la culture ($p \text{ value} = 0.5549$) (cf figure 9).

En région Picardie, le même résultat est ressorti ($p \text{ value} = 0.6127$) ainsi qu'en région Centre ($p \text{ value} = 0.05678$). Seul en région Rhône-Alpes, une différence significative a pu être observée : les moyennes d'abondances sont plus élevées dans les cultures implantées à l'hiver

Figure 7 : Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de culture en place



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 17.1331, df = 3, p-value = 0.0006636

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9962, p-value = 0.007952

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 13.316, df = 3, p-value = 0.004001

	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/modalité	766	75	152	112
Min	0	0	0	0
1st Qu	8.77	3.00	9.73	6.54
Median	22.33	10.42	17.25	19.00
Mean	45.74	35.55	56.28	64.93
3rd Qu	49.15	41.50	36.22	87.84
Max	810.20	274.60	967.60	418.60

Analysis of relative effects

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p value adjusted
1	p(cereale,oleagineux)	0.377	[0.284 ; 0.48]	-3.00035098	0.013
2	p(cereale,proteagineux)	0.467	[0.406 ; 0.529]	-1.34249902	0.518
3	p(cereale,sarclee_legume)	0.493	[0.41 ; 0.577]	-0.20840950	0.998
4	p(oleagineux,proteagineux)	0.608	[0.492 ; 0.712]	2.36125745	0.076
5	p(oleagineux,sarclee_legume)	0.614	[0.503 ; 0.714]	2.59872704	0.042
6	p(proteagineux,sarclee_legume)	0.503	[0.408 ; 0.598]	0.08635186	1.000

que dans les cultures implantées au printemps (p value <0.001) (annexes 12,13 et 14).

b) Richesse spécifique cumulée à la parcelle et à la saison

La richesse spécifique cumulée est significativement supérieure au sein des cultures implantées à l'hiver qu'au sein des cultures implantées au printemps (p.value = 0.004021) (cf figure 10). Cette tendance est significative en région Picardie (p.value = 0.03818) et en région Rhône-Alpes (p.value = 0.004662), ce n'est pas le cas pour la région Centre (p.value = 0.8666) (Annexes 15,16 et 17).

La date d'implantation de la culture en place ne semble pas avoir d'impact sur l'abondance des carabes. Par contre, les cultures implantées à l'hiver sont significativement bénéfiques à la richesse spécifique des observations de carabes au printemps.

III) Influence de la période d'application de produits phytosanitaires

m1 : avec application de phytosanitaires avant la période d'observation, sans application de phytosanitaires pendant la période d'observation (n1 = 77)

m2 : sans application de phytosanitaires avant la période d'observation, avec application de phytosanitaires pendant la période d'observation (n2= 93)

m3 : avec application avant et pendant la période d'observation (n3 = 569)

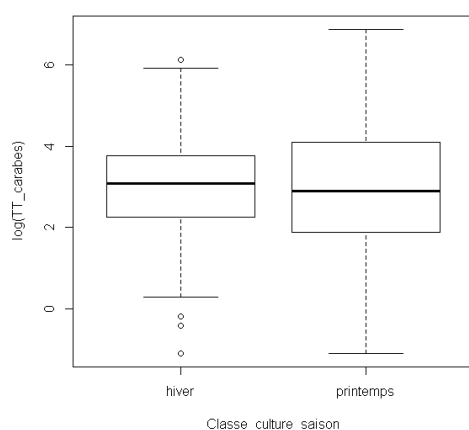
m4 : sans application avant et pendant la période d'observation (n4 = 366)

a) Activité densité

Le test de Kruskal –Wallis utilisé met en avant une différence significative entre les modalités m1-m2, m1-m3 et m1-m4 (p values < 0.001) : dans ces trois cas, la modalité m1 présente des moyennes d'abondances supérieures aux autres modalités. Des différences significatives ont aussi été relevées entre les m2-m3 (p value < 0.01) et m2-m4 (p value = 0.003), dans ces 2 derniers cas la moyenne de la modalité m2 est significativement inférieure aux autres modalités (cf figure 11).

En région Rhône-Alpes, les mêmes différences significatives que sur l'ensemble des 3 régions sont retrouvées. En région Centre, la modalité m3 présente des moyennes significativement inférieures à celles de la modalité m1 (p value <0.001) et m4 (p value = 0.009). En région Picardie, aucune différence significative n'a été mise en avant entre les moyennes des

Figure 8 : Abondance moyenne sur les trois régions en fonction de la période d'implantation de la culture en place



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 158.7587, df = 1, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

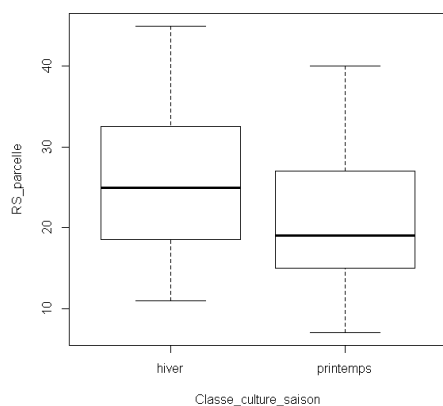
W = 0.8644, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.3487, df = 1, p-value = 0.5549

	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	617	464
Min	0.00	0.00
1st Qu	9.44	6.64
Median	21.78	18.15
Mean	36.68	65.62
3rd Qu	43.50	59.68
Max	452.30	967.60

Figure 9 : Richesse spécifique cumulée moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place sur les trois régions



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.1976, df = 1, p-value = 0.6567

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9804, p-value = 0.1618

Grubbs Test for one outlier

G.65 = 2.0459, U = 0.9555, p-value = 1

alternative hypothesis: lowest value -1.84199359643217 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Classe_culture_saison	1	7.125	7.1251	8.697	0.004021 **
Residuals	94	77.010	0.8193		

	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	55	41
Min	11.00	7.00
1st Qu	18.50	15.00
Median	25.00	19.00
Mean	26.15	21.00
3rd Qu	32.50	27.00
Max	45.00	40.00

différents groupes (p value = 0.7334) (Annexes 18 ,19 et 20). Il faut cependant noter que la région Centre ne présente pas de modalité m2 et que la région Picardie ne présente pas de modalité m1.

b) Richesse spécifique cumulée à la saison et à la parcelle

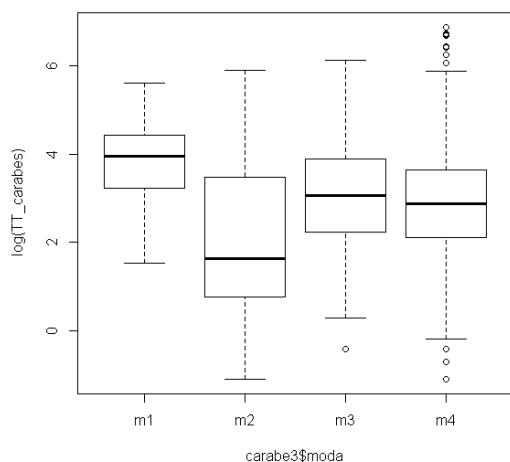
L'ANOVA (Annexe 21) met en avant une différence très hautement significative entre les modalités m2 et m1 et entre les modalités m4 et m2 (p value < 0.001%). Dans les 2 cas, la moyenne des richesses spécifiques cumulées est inférieure en modalité m2 que dans l'autre modalité. Une différence très significative est aussi relevée entre les modalités m3 et m2 (p value = 0.00952), la modalité m2 est là encore la modalité avec la moyenne des richesses spécifiques cumulées la plus faible. Enfin, une différence significative a été analysée entre les modalités m4 et m3 (p value = 0.03177), la moyenne des richesses spécifiques de m4 est significativement supérieure à celle de m3.

L'analyse par région (Annexes 22, 23 et 24) permet de mettre en évidence une différence significative entre m4 et m3 (p value < 0.001) en région Centre : les valeurs de richesses spécifiques cumulées de m4 sont plus élevées que celles de m3. Il n'y a cependant pas d'observations pour la modalité m2 dans cette région. Dans les deux autres régions, aucune différence significative n'a pu être mise en avant par l'ANOVA. Il faut cependant noter que la région Picardie ne présente pas d'observation pour la modalité m1.

L'application de phytosanitaires pendant la période d'observation a un effet néfaste sur l'abondance des carabes. Par contre, l'activité densité semble augmenter rapidement après application, les parcelles sur lesquelles l'application a eu lieu avant la période d'application présentent les abondances moyennes les plus élevées. Les parcelles ayant reçu une application avant et pendant la période d'observation présentent des abondances moyennes significativement plus élevées que les parcelles n'ayant reçu une application qu'avant la période d'application. L'application de phytosanitaire aurait donc une influence néfaste sur la richesse spécifique cumulée sur la parcelle. Cette influence semble d'autant plus marquée quand l'application est proche de la période d'observation des carabes. Cependant, l'application de phytosanitaires avant et pendant la période d'application est sensiblement meilleure pour la richesse spécifique cumulée qu'une application pendant la période d'application seule.

IV) Influence du type de produit phytosanitaire appliqué

Figure 10 : Abondance moyenne des carabes par parcelles selon différentes modalités d'application des phytosanitaires sur les trois régions



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	25.28	51.56	67.45	83.94	274.60

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	2.167	5.167	40.930	32.560	366.700

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	9.361	21.500	46.270	49.330	452.300

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	8.319	17.890	49.730	38.330	967.600

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 142.5098, df = 3, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.5127, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 65.284, df = 3, p-value = 4.361e-14

Analysis.of.relative.effects

Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p.value.adjusted
------------	------------	---------------------	---------	------------------

1	p(m1,m2)	0.248 [0.161 ; 0.361]	-5.210580	0.000
---	----------	-------------------------	-----------	-------

2	p(m1,m3)	0.322 [0.248 ; 0.407]	-5.126561	0.000
---	----------	-------------------------	-----------	-------

3	p(m1,m4)	0.281 [0.208 ; 0.368]	-5.943512	0.000
---	----------	-------------------------	-----------	-------

4	p(m2,m3)	0.683 [0.58 ; 0.77]	4.372711	0.000
---	----------	-----------------------	----------	-------

5	p(m2,m4)	0.637 [0.537 ; 0.727]	3.443574	0.003
---	----------	-------------------------	----------	-------

6	p(m3,m4)	0.452 [0.403 ; 0.501]	-2.480012	0.056
---	----------	-------------------------	-----------	-------

Mult.Distribution

Quantile	p.Value.global
----------	----------------

1	2.528105
	0

m1 : application de molluscicide/insecticide pendant la période d'observation

m2 : application de fongicide pendant la période d'observation

m3 : application d'herbicide pendant la période d'observation

m4 : sans application de phytosanitaire

a) Activité densité

Les conditions d'application d'une ANOVA n'étant pas remplies, c'est un test de Kruskal-Wallis qui a été appliqué. Aucune différence significative entre les moyennes d'abondance des différentes modalités n'a pu être mise en avant sur l'ensemble des régions (p value = 0.06144) (cf figure 12).

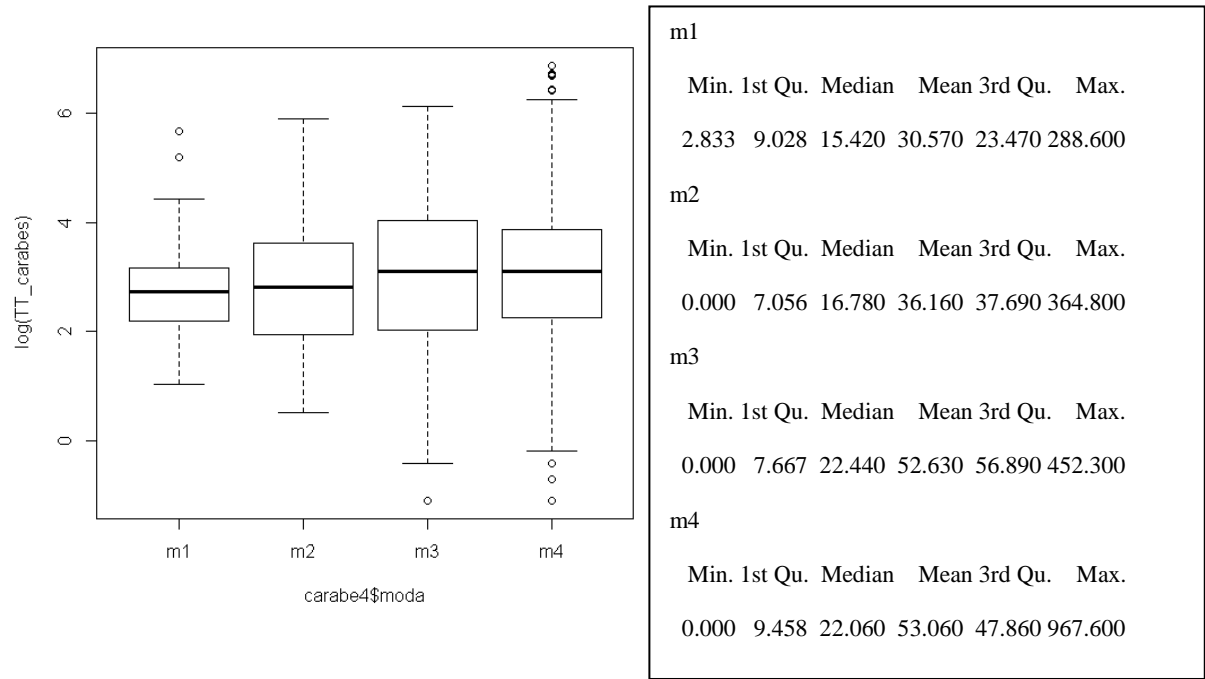
Le même constat a pu être fait en région Picardie (p value = 0.9837), cependant des différences significatives ont été observées en région Centre et Rhône-Alpes (Annexes 25 ; 26 et 27). En région Centre, les abondances moyennes de la modalité m1 sont significativement inférieures à celles de la modalité m3 et de la modalité m4 (p values < 0.001). De la même façon, les abondances moyennes de la modalité m2 sont significativement inférieures à celles de la modalité m3 et m4 (p value < 0.001). En région Rhône-Alpes, les modalités m3-m2 et m3-m4 (p values < 0.001) sont significativement différentes : dans les 2 cas c'est la moyenne de la modalité m3 qui est inférieure aux 2 autres. Il faut noter qu'il n'y a pas d'observation pour la modalité m1 dans cette région.

b) Richesse spécifique cumulée à la saison et à la parcelle

Sur l'ensemble des trois régions, le test de Kruskal Wallis a permis de mettre en avant une différence significative entre les modalités m1-m4 (p value = 0.003) et m3-m4 (p value = 0.001). Dans les deux cas la modalité m4 présente les richesses spécifiques cumulées les plus élevées (Annexe 28).

En région Centre, une différence très significative est mise en avant entre les modalités m4 et m1 (p value = 0.0033) et une différence significative entre les modalités m4 - m2 (p value = 0.0137) et m4 - m3 (p value = 0.0256). Pour les deux autres régions néanmoins, l'ANOVA n'a mis en avant aucune différence significative entre les différentes modalités, même si sur l'ensemble des graphiques d'analyse descriptive la modalité m4 présente systématiquement des valeurs moyennes de richesse spécifique cumulée supérieure aux autres modalités

Figure 11 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué (insecticide/herbicide/fongicide) pendant la période d'observation



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 141.894, df = 3, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.531, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 7.3535, df = 3, p-value = 0.06144

(Annexes 29, 30 et 31). Le lien entre type de produit appliqué et richesse spécifique cumulée est significatif sur l'ensemble des trois régions pour les molluscicides/insecticides et les herbicides.

V) Influence du type de travail du sol appliqué

m1 : avec labour et décompactage

m2 : avec labour et /ou décompactage

m3 : avec déchaumage, sans travail du sol profond

m4 : sans labour, sans décompactage et sans déchaumage

a) Activité densité

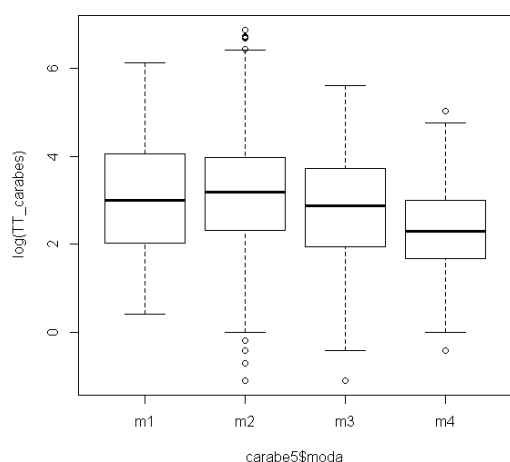
Le test de Kruskal-Wallis a mis en évidence des différences significatives au sein des moyennes des différentes modalités de travail du sol. Les moyennes des modalités m2 sont significativement supérieures aux moyennes des modalités m3 (p value = 0.002) et m4 (p value < 0.001). Les modalités m1 (p value = 0.006) et m3 (p value = 0.011) présentent des moyennes significativement supérieures à celles de la modalité m4.

En région Centre, les mêmes tendances sont retrouvées entre les modalités m1-m4 (p value = 0.007), les modalités m2-m3 (p value <0.001) et les modalités m2-m4 (p value = 0.002). En plus, une différence significative est trouvée entre les modalités m1 et m3 : la modalité m1 présente des moyennes significativement supérieures à celles de la modalité m3. En région Picardie, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence (p value = 0.8417). En région Rhône-Alpes, les mêmes différences significatives que sur l'ensemble des régions sont retrouvées pour les modalités m1-m4 (p value = 0.014), les modalités m2-m4 (p value = 0.003) et les modalités m3-m4 (p value <0.001) (Annexes 32, 33 et 34).

b) Richesse spécifique cumulée à la saison et à la parcelle

Une différence très hautement significative entre les moyennes des richesses spécifiques cumulées des modalités m2-m1 (p value = 0.00683) et une différence significative entre les modalités m3 et m1 (p value = 0.01895) ressort de l'analyse statistique. Dans les 2 cas, la moyenne m1 est inférieure à la seconde (Annexe 35).

Figure 12 : Abondance moyenne en fonction du type de passage de travail du sol avant la période d'observation



n1 = 77, n2 = 637, n3 = 314, n4 = 77

m1

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

1.500 7.556 20.220 52.770 57.310 452.300

m2

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.00 10.22 24.25 57.87 52.67 967.60

m3

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.000 7.021 17.650 35.280 41.140 274.600

m4

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.000 5.333 10.000 19.820 20.100 153.900

Bartlett test of homogeneity of variances (AC LOG)

Bartlett's K-squared = 2.3638, df = 3, p-value = 0.5004

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.996, p-value = 0.005846

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 32.7579, df = 3, p-value = 3.623e-07

Analysis of relative effects

Comparison rel.effect confidence.interval t.value p.value.adjusted

1 p(m1,m2) 0.524 [0.433 ; 0.614] 0.6806088 0.906

2 p(m1,m3) 0.456 [0.364 ; 0.551] -1.1844494 0.629

3 p(m1,m4) 0.349 [0.246 ; 0.468] -3.2061420 0.006

4 p(m2,m3) 0.428 [0.379 ; 0.479] -3.5773710 0.002

5 p(m2,m4) 0.325 [0.252 ; 0.406] -5.2832872 0.000

6 p(m3,m4) 0.393 [0.311 ; 0.482] -3.0453087 0.011

Mult.Distribution

Quantile p.Value.global

1 2.545863 0

En région Picardie, une différence significative a été mise en avant entre les modalités m3-m1 (p value = 0.0314) et entre les modalités m4-m1 (p value = 0.0362). Là aussi, c'est la valeur m1 qui présente la moyenne la plus faible. Par contre, aucune différence significative n'a été mise en avant dans les 2 autres régions d'étude (région Centre : p value = 0.20, région Rhône-Alpes : p value = 0.744) (Annexes 36, 37 et 38). Ce résultat est à mettre en lien avec le fait que la modalité m1 ne compte qu'une seule observation dans ces 2 régions : elle a dû être retirée de l'analyse pour effectuer le test de Bartlett.

Le passage d'un outil de travail du sol favorise l'abondance des carabes. Au sein des différents outils passés, ce sont les outils de travail du sol profond (charrue ou décompacteur) qui entraînent les abondances de carabes les plus élevées. L'application répétée d'outils de travail du sol profond est significativement plus préjudiciable à la richesse spécifique cumulée des carabes qu'un seul passage d'outil de travail du sol profond.

VI) Influence de la période de passage de l'outil pour les labours et décompactages

a) Activité densité

Le test de Kruskal-Wallis met en évidence une moyenne d'abondance plus élevée lorsque le passage d'outil est effectué en hiver que lorsque le passage d'outil est effectué au printemps (p value < 0.001) (Annexe 39).

Le même résultat est retrouvé en région Rhône-Alpes (p value < 0.001), alors qu'aucune différence significative n'a pu être mis en avant en région Picardie (p value = 0.5971). L'analyse n'a pu être effectuée en région Centre, qui ne compte que des modalités 1 (Annexes 40, 41 et 42).

b) Richesse spécifique cumulée à la saison et à la parcelle

L'ANOVA met en avant une différence très hautement significative entre les moyennes de richesses spécifiques cumulées des parcelles sur lesquelles un passage d'outil a été fait à l'hiver comparativement aux parcelles sur lesquelles le passage d'outils a été fait au printemps (p value = 0.0005788). La richesse spécifique cumulée est plus élevée dans le cas d'un passage d'outil à l'hiver (Annexe 43)

Cette même tendance significative est retrouvée dans les régions Picardie (p value = 0.03787) et Rhône-Alpes (p value = 0.002166). L'étude n'a pu être menée en région Centre pour laquelle seule des modalités 1 sont répertoriées (Annexe 44, 45 et 46).

Tableau 4: Récapitulatif des résultats de l'influence d'un aménagement sur les populations de carabes

	Influence de la présence ou non d'un aménagement		Influence du type d'aménagement adjacent à la parcelle ¹⁷	
	Activité-densité parcellaire	Richesse spécifique cumulée à la parcelle et la saison	Activité-densité parcellaire	Richesse spécifique cumulée à la parcelle et la saison
Trois régions confondues	La présence d'un aménagement impacte positivement l'abondance des carabes de la parcelle adjacente (p value < 0.001)	La richesse spécifique est significativement supérieure dans les parcelles avec aménagement que dans les parcelles sans aménagement (p value = 0.002)	Une moyenne d'abondance significativement inférieure dans les parcelles sans aménagement comparativement aux parcelles avec bosquet (p value < 0.001), haie (p value = 0.002) ou bande enherbée (p value = 0.048)	Une richesse spécifique cumulée significativement plus élevée dans les parcelles avec un aménagement mixte que dans les parcelles sans aménagement (p value = 0.002)
Centre	Pas de différence significative (p value = 0.38)	Pas de différence significative (p value = 0.79)	Des activités- densités significativement plus élevées dans les parcelles avec haies que dans les parcelles avec aménagement mixte (p value = 0.009).	Pas de différence significative (p value = 0.77)
Picardie	Pas de différence significative (p value = 0.36)	Pas de différence significative (p value = 0.20)	Pas de différence significative (p value = 0.39)	Une RS cumulée significativement inférieure dans les modalités haie (p value < 0.001), sans aménagement (< 0.001), bande enherbée (p value = 0.0177) comparativement à la modalité aménagement mixte.
Rhône-Alpes	Même résultat que les 3 régions confondues (p value < 0.001)	La RS cumulée est très significativement supérieure dans les parcelles avec aménagement comparativement aux parcelles sans aménagement (p value = 0.0004438)	Une abondance significativement supérieure dans les parcelles bordées d'un aménagement mixte (p value < 0.001) ou d'une haie (p value < 0.001) comparativement aux parcelles sans aménagement.	Des richesses spécifiques cumulées significativement supérieures dans les bordures avec haies que dans les bordures sans aménagement (p value = 0.003)

Test utilisé: ANOVA Kruskal-Wallis - Il en ressort que la présence d'un aménagement impacte positivement l'abondance et la richesse spécifique cumulée des carabes de la parcelle adjacente. La présence d'un aménagement de type bosquet, haie ou bande enherbée contribue à recenser des abondances moyennes supérieures dans la parcelle comparativement aux parcelles sans aménagements. Les parcelles avec des aménagements mixtes (haie + bande enherbée) présentent des richesses spécifiques significativement plus élevées que dans les parcelles sans aménagement.

¹⁷ m1 : avec bosquet adjacent (n1 = 98),

m2 : avec haie adjacente (n2 = 292),

m3 : avec bande enherbée adjacente (n3 = 131),

m4 : avec haie + bande enherbée adjacente (n4 = 128),

m5 : sans aménagement (n5 = 284)

Un passage d'outil de travail du sol profond en hiver est donc significativement plus favorable à la richesse spécifique des carabes qu'un passage d'outil de travail du sol profond au printemps.

Ensuite, par souci de concision, les résultats liés à l'influence de la présence d'un aménagement et de son type sont résumés sur le tableau 4, 5 et la figure 14. Ces éléments de résultats seront néanmoins réutilisés dans la partie discussion. Toutes les sorties R relatives à ces résultats sont consultables en annexe.

VII) Analyse multifactorielle

L'analyse multifactorielle, quant à elle, a été appliquée sur les variables sélectionnées suite à l'analyse facteur par facteur (Annexe 47). Le type de culture – oléagineux, culture, légume sarclés...-, la période d'implantation de la culture en place, l'application de phytosanitaires pendant la période d'observation, le passage d'un travail du sol profond ou non ainsi que la date de passage du travail de sol profond, la présence ou non d'un aménagement et la température moyenne de l'air ont été choisis. La température n'a pas été intégrée dans l'analyse multifactorielle sur la richesse spécifique cumulée étant donné que les analyses descriptives du départ ont montré qu'elle n'a que peu d'impact sur cette variable à expliquer.

Seulement 15,79 % de la variable abondance est expliquée avec ces variables explicatives par l'analyse multifactorielle. Ce sont les variables période d'implantation de la culture (26,66%), application de phytosanitaires (33.35%) et période de travail du sol profond (22.72 %) qui, si elles étaient enlevées, feraient perdre le plus d'information au modèle.

29,49 % de l'information relative à la richesse spécifique cumulée est expliqué par les variables. Les variables application de produit phytosanitaire (22.52%) et type de culture - oléagineux, protéagineux, céréales, légumes sarclés- (17,37%) sont celles qui feraient perdre le plus d'information au modèle si elles étaient retirées.

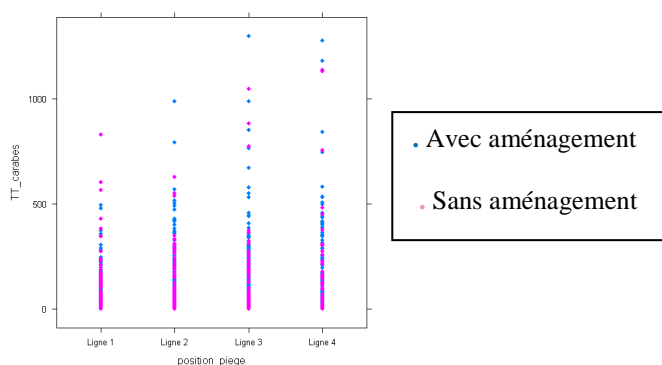
Tableau 5 : Influence du type d'aménagement adjacent à la parcelle sur la richesse spécifique de l'aménagement

	Influence du type d'aménagement adjacent à la parcelle ¹⁸
	Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison
Trois régions confondues	La richesse spécifique est très significativement supérieure dans les aménagements mixtes que dans les aménagements avec haie seule (p value = 0.00797)
Centre	Pas de différence significative (p value = 0.222)
Picardie	Même résultat que pour les trois régions confondues (p value = 0.00329) + la richesse spécifique cumulée de l'aménagement est très significativement supérieure (p value = 0.00374) dans les aménagements mixtes comparativement aux bandes enherbées seules.
Rhône-Alpes	Pas de différence significative (p value = 0.17)

Test utilisé: ANOVA Kruskal-Wallis

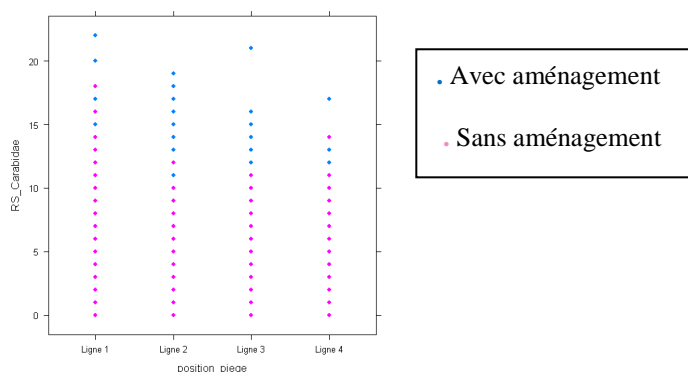
Figure 13 : Etude de la dynamique des carabes dans la parcelle selon la présence d'un aménagement ou non

a) Activité densité



L'abondance au sein de la parcelle va en augmentant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la bordure. Cette tendance est la même, que les parcelles comportent un aménagement adjacent ou non.

b) Richesse spécifique



La tendance inverse se retrouve dans l'étude de la richesse spécifique à la parcelle : cette dernière décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la bordure. Là aussi la présence d'un aménagement ou non n'impacte pas cette tendance.

¹⁸ m1 : avec bosquet adjacent (n1 = 98),

m2 : avec haie adjacente (n2 = 292),

m3 : avec bande enherbée adjacente (n3 = 131),

m4 : avec haie + bande enherbée adjacente (n4 = 128),

Chapitre 4 : Discussion

D) Interprétation et éléments à prendre en compte pour recevoir les résultats

L'analyse statistique menée sur la base de données issue du CASDAR entomophage a permis d'illustrer la nécessité d'étudier l'effet des pratiques sur les carabidés à l'échelle locale. Cependant, les études à la région nécessitent de disposer d'un échantillon important par région, comportant plusieurs individus pour chaque modalité étudiée. Cela n'a pas été systématiquement le cas pour cette étude, certaines modalités n'ont pu être testées dans toutes les régions. Malgré ces difficultés, certains points, détaillés par la suite, ressortent de façon récurrente dans cette analyse.

Les modalités présentant de faibles richesses spécifiques après perturbation montrent souvent en parallèle des valeurs d'abondances élevées. C'est le cas par exemple des cultures sarclées, qui favorisent l'abondance des carabes mais non leur diversité. Dans ce cas, la pratique culturale ne permet qu'à quelques espèces tolérantes de se développer : les espèces non adaptées laissent alors une niche écologique disponible, permettant aux espèces restantes de se reproduire. Cette idée s'illustre aussi lors de l'application de phytosanitaire avant la période d'observation : les abondances observées sur ces parcelles présentent ensuite les abondances les plus élevées. Autre cas, la fréquence de passage des outils de travail du sol profond est préjudiciable à la richesse spécifique cumulée des carabes sur la parcelle mais favorise leur abondance.

Par contre, contre toute attente, les parcelles ayant reçu une application avant et pendant la période d'observation présentent des abondances moyennes et des richesses spécifiques cumulées significativement plus élevées que les parcelles n'ayant reçu qu'une application avant la période d'application. Il faut cependant prendre en compte le faible nombre d'observations de richesse spécifique cumulée de la modalité sans application avant et avec application pendant la période d'application (9 valeurs) comparativement au nombre d'observation de la modalité avec application avant et pendant la période d'observation (50 valeurs). Il faut relier aussi ce résultat à l'étude bibliographique antérieure : le stade de développement de la culture au moment de l'application du produit phytosanitaire aurait un rôle non négligeable sur l'impact sur les carabes. Un couvert développé empêcherait que le produit atteigne le sol, l'influence sur les populations de carabes serait donc réduite. On peut

supposer que les applications effectuées pendant la période d'observation, de mi-mars au début d'été, concernent des cultures plus denses que celles effectuées avant la période d'application, au moins pour toutes les cultures implantées à l'hiver. Il serait donc intéressant de vérifier ces tendances à l'aide d'un nouveau jeu de données, en intégrant en plus des notions de densité du couvert au moment de l'application.

Toujours sur la question des produits phytosanitaires, le lien entre type de produit appliqué et richesse spécifique cumulée est significatif sur l'ensemble des trois régions pour les molluscicides / insecticides et les herbicides. Les insecticides ont une action directe sur les populations de carabes, les herbicides une action indirecte. La destruction des habitats et des ressources alimentaires des carabes via l'application d'herbicide entraîne la sélection des espèces les plus résistantes. L'influence sur l'activité-densité n'a pas été clairement démontrée, des différences de réponses régionales importantes ont été mises en avant. Il serait judicieux de retravailler cette question sur d'autres jeux de données.

Lorsque l'influence étudiée n'est pas l'effet d'une perturbation ponctuelle mais le fruit d'un milieu semi-naturel implanté sur le long terme, les tendances sont différentes. Ainsi, la présence d'un aménagement impacte positivement l'abondance et la richesse spécifique cumulée des carabes de la parcelle adjacente. L'augmentation de richesse spécifique sur la parcelle s'explique par le transfert d'espèces auxiliaires inféodées préférentiellement aux aménagements vers la culture et par la création de nouvelles niches écologiques. L'augmentation d'abondance, quant à elle, est à mettre en lien avec la richesse de nourriture et d'habitat qu'apporte un aménagement. Il est aussi intéressant de noter que la diversité de l'aménagement, dans le cadre d'un aménagement mixte haie et bande enherbée, favorise la richesse spécifique des carabes. La diversité du milieu permet de créer une diversité de niches écologiques pouvant accueillir une diversité de carabes.

Pour ce qui est de l'étude de la période d'intervention de la perturbation, l'écologie des carabes est à prendre en compte pour expliquer au mieux les résultats. Comme il a pu être détaillé dans l'analyse bibliographique, les carabes sont soit sous forme de larves soit sous forme adulte en hibernation à l'hiver. C'est la période où ils sont en diapause, ils présentent une sensibilité aux perturbations mécaniques plus importante. Au début de l'analyse descriptive, il est apparu que l'activité-densité des carabes est maximale pour des températures moyennes comprises entre 14.5 et 16.5° C, des températures minimales entre 9 et 11°C et des températures maximales entre 20 et 22°C. Au printemps, les adultes sont donc

plus actifs et peuvent potentiellement plus facilement s'échapper en cas de perturbation. Il paraît donc cohérent qu'un passage d'outil de travail du sol profond en hiver soit significativement plus favorable à la richesse spécifique et à l'abondance des carabes qu'un passage d'outil de travail du sol profond au printemps. Il faut aussi mettre ce résultat en lien avec l'étude sur la période d'implantation de la culture. Une culture implantée à l'hiver élimine tout passage d'outils de travail du sol profond au printemps, les résultats sont cohérents avec ceux trouvés dans l'étude de la période d'application du travail du sol. Enfin, il est aussi intéressant de lier ces résultats avec la conclusion sur la fréquence des passages : il a pu être montré qu'un passage répété d'outils de travail du sol profond a une influence négative sur la richesse spécifique. Il faut noter que dans l'échantillon étudié, les modalités comprenant deux passages de travail du sol profond sur une même saison comprennent dans la moitié des cas un passage à l'hiver puis un passage au printemps. Il faudrait pouvoir déterminer quel facteur, de la fréquence ou de la période de passage d'outils du sol profond, influence le plus la diversité spécifique des carabes par une analyse complémentaire.

D'autre part, il faut avoir à l'esprit que certaines pratiques culturales vont pouvoir être inféodées à une région donnée plus qu'à une autre. L'effet pratique peut donc être confondu avec l'effet région. Il ne faut pas oublier cette donnée pour nuancer l'interprétation des résultats.

II) Propositions d'approfondissement de la démarche et pistes de travail futures

Pour aller plus loin, il serait pertinent de pouvoir valider ces hypothèses sur de nouvelles données. Le travail actuel à une visée exploratoire, il permet de proposer des pistes à valider ultérieurement.

Une question centrale apparaît dans l'interprétation des résultats finaux : de la richesse spécifique ou de l'abondance, que faut-il privilégier ? Pour interpréter au mieux ces indicateurs, il semblerait intéressant de déterminer dans une étude future les espèces d'intérêt agronomique au sein de notre panel d'espèces prélevées. Pour se faire, il faut prendre en compte à la fois leur abondance (mesure de leur activité densité), leur constance et leur régime alimentaire. Une espèce alliant une constance de présence et un régime alimentaire « prédateur » présente des caractéristiques intéressantes pour l'agriculteur. Cette prise en compte permettrait d'axer les analyses sur ces espèces, particulièrement intéressantes du point de vue agronomique. Une autre démarche intéressante serait d'intégrer de nouveaux indicateurs aux analyses, qui prendraient en compte à la fois l'abondance et la richesse

spécifique. L'indice de Shannon, de Simpson ou encore celui de Hill sont des indicateurs qui pourraient remplir ces fonctions, ils sont détaillés en annexe 70.

Autre point important, il serait complémentaire de s'intéresser aux populations de ravageurs, afin de déterminer dans quelles mesures les moyens proposés pour favoriser les auxiliaires des cultures favorisent aussi les ravageurs. L'idée serait alors de déterminer la pratique qui permet d'aboutir, en rythme de croisière, à un ratio nombre d'auxiliaire sur nombre de ravageurs le plus élevé possible.

Un autre point qui pourrait apporter au travail sur les *Carabidae* porterait sur l'étude des compétitions interspécifiques entre carabes mais aussi entre carabes/araignées ou carabes/staphylin. Cette étude a été débutée dans le cadre de ce stage. Le temps imparti n'a pas permis de la faire aboutir, il serait pertinent de poursuivre ce travail pour évaluer l'influence de la compétition sur la répartition des différentes espèces de carabes dans la bordure et au sein de la parcelle.

Un autre point de réflexion sur la prise en compte du paysage dans l'étude des populations de carabes présentes sur la parcelle a été lancé. Ce volet n'a pas semblé prioritaire compte tenu du caractère peu mobile des espèces étudiées. Cependant, il serait intéressant dans un second temps d'identifier si les auxiliaires présents sur la parcelle sont inféodés aux aménagements adjacents ou s'ils peuvent provenir d'échelles spatiales plus larges. Ce point serait à mettre en lien avec les capacités de dispersion des espèces observées. L'idée serait de déterminer dans quelle proportion les facteurs paysagers locaux et globaux impactent la composition des carabes d'une parcelle observée. Cette nécessité est d'autant plus grande que l'analyse multifactorielle avec les variables sélectionnées à ce jour n'expliquent qu'une petite partie des variables à expliquer, cela peut-être dû à des erreurs de mesures où bien à une erreur dans les variables sélectionnées. Le paysage est peut-être un élément pertinent à intégrer en plus. La base de données actuelle ne permet pas d'intégrer la notion de connectivité du paysage, élément pourtant important pour les espèces dispersées en métapopulations. Cependant, le linéaire d'aménagement est disponible sur des buffers de 500 et 1500 mètres autour de la parcelle. Cette donnée permettrait d'appréhender le caractère ouvert ou fermé du paysage. De la même façon, le type de travail du sol ou les applications de pesticides des parcelles voisines ne sont pas répertoriées, cette étude à l'échelle du paysage se limiterait donc à l'étude des assolements voisins.

Enfin, pour pouvoir améliorer l'analyse des données sur les carabes, il serait pertinent de disposer de protocoles communs entre organismes de recherche et développement. De nombreux protocoles de piégeage des *Carabidea* sont mis en œuvre à ce jour par la communauté scientifique. D'après Archaux (2010), il existe autant de protocoles d'échantillonnage que de suivis eux-mêmes. Ceux-ci sont adaptés en fonction de la question à laquelle souhaite répondre l'expérimentateur, du budget et du temps qui lui est imparti. La plupart de ces protocoles ne semblent pas définitifs, mais en cours d'ajustement (site internet du CASDAR Programme agroforesterie ; 2008). Standardiser les protocoles semble pourtant être un passage nécessaire pour que les données puissent faire l'objet d'analyses conjointes. La compilation de données comparables permet en effet de répondre à des questions auxquelles les dispositifs pris séparément n'auraient pu répondre. Cette démarche permettrait aussi de disposer de références externes pour chaque site d'étude. L'objectif est de pouvoir proposer des protocoles communs qui puissent aboutir à des mesures de qualité, pour pouvoir entre autre amener des éléments pour la construction et l'évaluation des politiques publiques. A ce jour, des protocoles identiques ne sont appliqués que dans le cadre de projets communs, comme cela a été fait dans le projet CASDAR entomophages.

L'idée est aussi d'identifier s'il est envisageable d'alléger les protocoles de suivi des auxiliaires utilisés sur ces trois premières années d'études, afin de gagner en efficacité pour le programme AuxiMORE (2012-2014). L'objectif est d'établir s'il est possible de simplifier ces protocoles tout en perdant un minimum d'information. Alléger les protocoles permettrait de gagner du temps et de l'argent, il serait alors éventuellement possible d'élargir l'échantillon suivi et de gagner en robustesse dans les analyses statistiques, notamment lorsque les analyses sont déclinées à la région. Cette optique d'allègement des protocoles est aussi explorée par le Muséum National d'Histoire Naturelle, qui souhaiterait pouvoir proposer des protocoles simplifiés directement applicables par les agriculteurs volontaires (R. PREUD'HOMME, 2012, communication personnelle). Ce travail, à faire en concertation avec les différents organismes de recherche et développement, semble être un passage indispensable pour gagner en efficacité dans l'étude des auxiliaires de culture.

Conclusion

L'analyse statistique menée sur la base de données issue du CASDAR entomophage a permis d'illustrer la nécessité d'étudier l'effet des pratiques sur les carabidés à l'échelle régionale. Les études paramétriques (ANOVA) ou non paramétriques (test de Kruskal-Wallis) utilisées ont mis en avant un ensemble de résultats sur l'influence des pratiques culturales et des aménagements sur l'activité-densité et la richesse spécifique cumulée des carabidés présents sur la parcelle. En amont, une étude descriptive des facteurs abiotiques a pu mettre en avant l'importance de prendre en compte la température dans l'analyse de l'activité densité, ce qui n'est pas le cas pour la richesse spécifique. En effet, des températures moyennes entre 14,5 et 16,5°C et des amplitudes entre 11,5 et 12,5°C semblent favoriser l'abondance des observations de carabes.

Tout d'abord, il a pu être montré que tous les types de culture ne favorisent pas de la même façon les abondances et la richesse spécifique cumulée des carabes. Les oléagineux permettraient de favoriser la richesse spécifique des carabes plus que leur abondance. Les légumes sarclés, à l'inverse, semblent préjudiciables à la diversité des carabes mais favorise leur abondance. La date d'implantation de la culture en place ne semble pas avoir d'impact sur l'activité-densité des carabes. Par contre, les cultures implantées à l'hiver sont significativement bénéfiques à la richesse spécifique des observations de carabes au printemps. L'hypothèse de départ est donc infirmée, le type de culture en place impacte les communautés de carabes présentes sur la parcelle de façon significative.

Ensuite, l'étude de l'influence de l'application de phytosanitaire a été étudiée. Il a pu en ressortir que l'application de phytosanitaires pendant la période d'observation semble avoir un effet néfaste sur l'abondance des carabes. Par contre, l'activité densité semble augmenter rapidement après application, les parcelles sur lesquelles l'application a eu lieu avant la période d'observation présentent les abondances moyennes les plus élevées. Les mêmes tendances se retrouvent dans l'étude de la richesse spécifique cumulée. Le lien entre type de produit appliqué et abondance n'est pas significatif sur l'ensemble des trois régions. Par contre, la richesse spécifique cumulée est impactée plus significativement par l'application de molluscicide/insecticide que par l'application des autres types de produits phytosanitaires.

Pour compléter ces résultats, une étude de l'influence du type de travail du sol effectuée a été menée. Cette partie a permis de mettre en avant l'impact positif du passage

d'un outil de travail du sol sur l'activité-densité des carabes. Au sein des différents outils passés, ce sont les outils de travail du sol profond (charrue ou décompacteur) qui entraînent les abondances de carabes les plus élevées. En ce qui concerne la richesse spécifique cumulée, l'application répétée d'outils de travail du sol profond est significativement plus préjudiciable qu'un seul passage d'outil de travail du sol profond. De même, un passage d'outil de travail du sol profond en hiver est significativement plus favorable à la richesse spécifique des carabes qu'un passage d'outil de travail du sol profond au printemps. L'hypothèse sur l'impact des pratiques extensives est donc confirmée : un travail du sol peu fréquent et une application de phytosanitaire réduite favorise la richesse spécifique à la parcelle.

Pour finir, l'influence de la présence d'un aménagement sur les *Carabidae* a été traitée. Il en est ressorti que la présence d'un aménagement impacte positivement l'abondance et la richesse spécifique cumulée des carabes de la parcelle adjacente. Les bosquets, haies ou bandes enherbées contribuent à obtenir des abondances moyennes supérieures dans la parcelle comparativement aux parcelles sans aménagements. Les parcelles avec des aménagements mixtes (haie + bande enherbée) présentent des richesses spécifiques significativement plus élevées à la fois dans la parcelle et dans l'aménagement comparativement aux parcelles sans aménagement. L'hypothèse de départ est donc confirmée : la présence d'un aménagement en bord de parcelle favorise l'abondance et la richesse spécifique cumulée des espèces dans la parcelle.

Pour finir, différentes pistes d'amélioration et de poursuite de ces travaux ont été évoquées. Une étude de la compétition interspécifique ou encore du paysage permettrait d'avancer sur ces points encore mal connus. La nécessité de parvenir à élaborer des protocoles de piégeage communs aux différents organismes de recherche et développement travaillant sur la biodiversité a ensuite été argumentée. La standardisation des protocoles semble être un passage obligé pour gagner en efficacité pour les études à venir.

Bibliographie

ARCHAUX F ; 2010. Réflexions méthodologiques sur les relevés et les suivis de biodiversité. Sciences Eaux et Territoires. N°3. p 70-75.

AVIRON S, BUREL F, BAUDRY J, COLLET S; 2003. Impacts à long terme des pratiques agricoles sur les communautés de Coléoptères Carabiques dans différents contextes paysagers. Colloque « Evaluation des risques environnementaux pour une gestion durables des espaces ». p. 91 - 97

AVIRON, BUREL F, BAUDRY J, SCHERMANN N; 2005. Carabid assemblages in agricultural landscapes: impacts of habitat features, landscape context at different spatial scales and farming intensity. Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol 108. Issue 3. P 205-217.

BOHAN D.A, BOURSAULT A, BROOKS D.R. et PETIT S; 2011. National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. Journal of Applied Ecology, 48: 888-898.

CARMONA D.M, LANDIS D.A; 1999. Influence of Refuge Habitats and Cover Crops on Seasonal Activity-Density of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Field Crops. Environmental entomology. Vol. 28. N° 6.

CHAPELIN-VISCARDI J.D ; 2011. Diversité des carabidae en grandes cultures et intérêt entomologique. Colloque « les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11. Paris : ITAB.

CHATEIL C; 2010. De la parcelle au paysage : quels déterminants de la biodiversité et des services écosystémiques dans les agro-écosystèmes? Paris : Muséum National d'Histoire Naturelle, thèse de doctorat.

COLLARD V, DREYFUS J, WARTELLE R, MAILLET MEZERAY J; 2011. Emergence des carabidés : potentialités des habitats. Colloque « les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11. Paris : ITAB.

DIWO-ALLAIN S, BOUT A ; 2004. Journées techniques nationales fruits et légumes biologiques. Impact des aménagements paysagers et des techniques culturales sur les carabes, auxiliaires de culture. Saint Pierre des Corps, 30/11/2004 et 1/12/2004. Orléans : Critt Innophyt.

DOR C, MAILLET-MEZERAY J; 2011.Impacts sur l'abondance et la diversité des syrphidae : aller plus loin grâce aux analyses polliniques. Colloque « les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11. Paris : ITAB.

DUMONT M ; 2008. Apports de la modélisation des interactions pour une compréhension fonctionnelle d'un écosystème, application à des bactéries nitrifiantes en chemostat. Montpellier, Université Montpellier II, thèse de doctorat.

GARCIN A, PICAULT S, RICARD J.M; 2011. Les carabes en cultures fruitières et légumières. Le Point sur. N°31.

GENUER R ; 2010. Forêts aléatoires : aspects théoriques, sélection de variables et applications. Paris, Université Paris Sud XI, thèse de doctorat.

LAMOTTE M ; 1995. A propos de la biodiversité. Le courrier de l'environnement. N°24. p5-12.

LANDE N, PONTET C, WAGNER D, PEROLLET S, DELAYEN C, DREYFUS J, WARTELE R, DOR C, MAILLET-MEZERAY J; 2011. Qui assure le contrôle biologique dans les parcelles agricoles ?... Et comment ? Colloque « les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11. Paris : ITAB.

LARSEN K.J, WORK T.T, PURRINGTON F.F; 2003. Habitat use patterns by ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of northeastern Iowa. Pedobiologia. Vol 47. Issue 3.P 288-299.

LEE J.C, MENALLED F.D, LANDIS D.A. Refuge habitats modify impact of insecticide on carabid beetle communities. *Journal of Applied Ecology*. N°38. P 472-483.

LE ROUX X, BARBAULT R, BAUDRY J, BUREL F, DOUSSAN I, GARNIER E, HERZOG F, LAVOREL S, LIFRAN R, ROGER-ESTRADE J, SARTHOU J.P,

MAILLOUX J, BOUCHENY P, GUERIN O, SARTHOU J.P, VEILLAT C, VILLENEUVE A ; 2010. Suivis d'aménagements fleuris de bordure de parcelles : premiers enseignements méthodologiques en grandes cultures. Fiche de la chambre d'agriculture 17.

NAVNTOFT.S, ESBJERG.P, RIEDEL.W; 2006. Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. *Agricultural and Forest Entomology*. 8. p57–62.

NIEMELÄ J ; 2001. Carabid beetles (*Coleoptera Carabidea*) and habitat fragmentation : a review.

PURVIS G, FADL A ; 2002. The influence of cropping rotations and soil cultivation practice on the population ecology of carabids (Coleoptera: Carabidae) in arable land. Vol 46. Issue 5. P 452–474.

RABOURDIN N, DOR C, MAILLET MEZERAY J; 2011.Impact des pratiques et des aménagements sur l'abondance et la diversité des carabidés. Colloque « les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11. Paris : ITAB.

RIBERA I, DOLEDEC S, DOWNIE I.S, FOSTER G ; 2001. Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. *Ecology*, Vol. 82, No. 4. P 1112-1129.

SARTHOU J.P ; 2007. Potentialités de la lutte biologique par conservation et gestion des habitats en grandes cultures. Journée technique grandes cultures biologiques : quelle contribution de la recherche face aux obstacles techniques ? Paris, 5/02/2007. Paris: ITAB.

SARTHOU J.P ; 2006. Quand la biodiversité rend des services à l'agriculture, « biologique » devient le maître mot. *Alter agri*.n°76.p 4-10.

ŠLACHTA M, VOKOUN J ; 2011. Impact of a pyrethroid insecticide application on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a winter rape stand. *Acta Universatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol LIX. N°3.p 179-184.

THOMAS C.F.G, MARSHALL E.J.P ; 1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable field: *Agriculture Ecosystems and Environment*. N° 72. p 131 – 144.

TROMMETTER M ; 2008. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France).

VIAUX P, RAMEIL V ; 2004. Impact des pratiques culturales sur les populations d'arthropodes des sols de grandes cultures. Déterminer des espèces « bio-indicatrices ». *Phytoma*. n° 570.P

Sitographie

CASDAR Programme agroforesterie ; 2008. Propositions de protocoles suivis de la biodiversité en parcelles agroforestières. p12. [en ligne]. Disponible sur <http://www.agroforesterie.fr/CASDAR/20062008/rapports0608/R64.pdf>. Consulté le 13/08/12.

DevAB. Favoriser les auxiliaires naturels en agriculture biologique. [En ligne]. Disponible sur http://www.devab.org/moodle/pluginfile.php/410/mod_resource/content/0/Sante_Fiche3_30_10_MD.pdf. Consulté le 12/02/2012.

IFREMER. Indice de Shannon. [En ligne]. Disponible sur http://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire/i/indice_de_shannon. Consulté le 31/07/2012.

INRA. Encyclopédie des ravageurs européens HYPPZ. [En ligne]. <http://www.inra.fr/hyppz/pa.htm>. Consulté le 05/07/2012.

Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la pêche. Fiches CASDAR 2008. [En Ligne]. http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/fiches_projets_AAP_CASDAR_2008.pdf. Consulté le 05/07/2012.

Université Lyon 1. La corrélation entre deux matrices de distances euclidiennes. [En ligne]. Disponible sur <http://pbil.univ-lyon1.fr/R/pdf/thema61.pdf>. Consulté le 31/07/2012.

Table des figures

Figure 1 : Cycle biologique des carabes (CRITT Inophytt)	12
Figure 2 : Proposition de modèle conceptuel reliant la biodiversité et les paramètres spatiaux des paysages agricoles en fonction de l'intensification des pratiques (ESCo).....	22
Figure 3 : Diagramme de Pert du projet de stage Recherche et Innovation.....	28
Figure 5 : Distance de Sokal et Michener de l'ensemble des observations par dispositif	40
Figure 6 : Abondance moyenne des carabes par semaine et dispositif en fonction de la température moyenne.....	40
Figure 7 : Richesse spécifique moyenne des carabes par semaine et dispositif en fonction de la température moyenne	40
Figure 8 : Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de culture en place	42
Figure 9 : Abondance moyenne sur les trois régions en fonction de la période d'implantation de la culture en place.....	44
Figure 10 : Richesse spécifique cumulée moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place sur les trois régions.....	44
Figure 11 : Abondance moyenne des carabes par parcelles selon différentes modalités d'application des phytosanitaires sur les trois régions.....	46
Figure 12 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué (insecticide/herbicide/fongicide) pendant la période d'observation	48
Figure 13 : Abondance moyenne en fonction du type de passage de travail du sol avant la période d'observation.....	50
Figure 14 : Etude de la dynamique des carabes dans la parcelle selon la présence d'un aménagement ou non	54

Tables des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des résultats issus de la première analyse des données 2009-2010 de la base de données. Impact des pratiques et des aménagements sur l'abondance et la diversité des carabidés.	24
Tableau 2 : Nombre de parcelles suivies par région et année	28
Tableau 3 : Table de contingence.....	32
Tableau 4: Récapitulatif des résultats de l'influence d'un aménagement sur les populations de carabes	52
Tableau 5 : Influence du type d'aménagement adjacent à la parcelle sur la richesse spécifique de l'aménagement	54

Annexes

Annexe 1 : Eléments de réflexion personnelle sur les métiers de recherche développement et innovation	78
Annexe 2 : histogramme régional	79
Annexe 3 : Réponse de l'activité-densité des carabes aux facteurs abiotiques.....	80
Annexe 4 : Réponse de la richesse spécifique des carabes aux facteurs abiotiques	81
Annexe 5 : Abondance moyenne en fonction du type de culture en place en région Centre.....	82
Annexe 6 : Abondance moyenne en fonction du type de culture en place en région Picardie.....	82
Annexe 7 : Abondance moyenne en fonction du type de culture en place en région Rhône-Alpes	83
Annexe 8 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de culture en place sur les trois régions	83
Annexe 9 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de culture en place en région Centre ..	84
Annexe 10 : Richesse spécifique cumulée en région Picardie selon le type de culture en place	85
Annexe 11 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de culture en place en région Rhône-Alpes	86
Annexe 12 : Abondance moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Centre.....	87
Annexe 13 : Abondance moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Picardie.....	87
Annexe 14 : Abondance moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Rhône-Alpes	88
Annexe 15 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Centre	89
Annexe 16 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Picardie	89
Annexe 17 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Rhône-Alpes.....	90
Annexe 18 : Abondance moyenne des carabes par parcelle selon différentes modalités d'application des phytosanitaires en région Centre	90
Annexe 19 : Abondance moyenne des carabes par parcelle selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Picardie.....	91
Annexe 20 : Abondance moyenne des carabes par parcelle selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Rhône-Alpes	92
Annexe 21 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application des phytosanitaires.....	93
Annexe 22 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Centre.....	94
Annexe 23 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Picardie.....	94
Annexe 24 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Rhône-Alpes	95
Annexe 25 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué (insecticide/herbicide/fongicide) pendant la période d'observation en région Centre.....	96

Annexe 26 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Picardie.....	97
Annexe 27 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Rhône-Alpes	97
Annexe 28 : Richesse spécifique cumulée moyenne sur les trois régions selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation	98
Annexe 29 : Richesse spécifique cumulée selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Centre.....	99
Annexe 30: Richesse spécifique cumulée selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Picardie	100
Annexe 31 : Richesse spécifique cumulée selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Rhône-Alpes	101
Annexe 32 : Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de passage du sol avant la période d'observation en région Centre.....	102
Annexe 33 : Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de travail du sol avant observation effectué en région Picardie	103
Annexe 34: Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de travail du sol avant observation effectué en région Rhône-Alpes.....	103
Annexe 35 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation-	104
Annexe 36 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation en région Centre	105
Annexe 37 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation en région Picardie	106
Annexe 38 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation en région Rhône-Alpes.....	107
Annexe 39 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond sur les trois régions.....	108
Annexe 40 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Centre	108
Annexe 41 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Picardie	108
Annexe 42 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Rhône-Alpes	109
Annexe 43 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond sur les trois régions.....	110
Annexe 44 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Centre	110
Annexe 45 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Picardie	111
Annexe 46 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Rhône-Alpes.....	112
Annexe 47 : Sorties de l'analyse multifactorielle	112
Annexe 48 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement ...	114

Annexe 49 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement en région Centre.....	115
Annexe 50 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement en région Picardie.....	115
Annexe 51 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement en région Rhône-Alpes	116
Annexe 52 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence ou non d'un aménagement ..	117
Annexe 53 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence d'un aménagement ou non en région Centre.....	117
Annexe 54 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence d'un aménagement ou non en région Picardie.....	118
Annexe 55 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence d'un aménagement ou non en région Rhône-Alpes	119
Annexe 56 : Abondance des carabes dans la parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent	120
Annexe 57 : Abondance des carabes par parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent en région Centre.....	121
Annexe 58 : Abondance des carabes par parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent en région Picardie.....	122
Annexe 59 : Abondance des carabes par parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent en région Rhône-Alpes	122
Annexe 60 : Richesse spécifique cumulée par parcelle et saison en fonction du type d'aménagement adjacent.....	123
Annexe 61 : Richesse spécifique cumulée par parcelle et saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Centre.....	124
Annexe 62 : Richesse spécifique cumulée à la parcelle et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Picardie	125
Annexe 63 : Richesse spécifique cumulée à la parcelle et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Rhône-Alpes.....	127
Annexe 64 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent	128
Annexe 65 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Centre	129
Annexe 66 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Picardie	130
Annexe 67 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Rhône-Alpes.....	131
Annexe 68 : Dynamique de l'activité-densité des carabes dans la parcelle en fonction de la présence d'un aménagement ou non	131
Annexe 69 : Dynamique de la richesse spécifique des carabes dans la parcelle en fonction de la présence d'un aménagement ou non	132
Annexe 70 : Les variables à expliquer complémentaires à intégrer aux études futures	132

Dans le cadre de mon apprentissage, j'assure le suivi d'un essai système en grandes cultures biologiques sans élevage dans le Val d'Oise avec Arvalis Institut du Végétal. Dans le cadre de ce stage, j'ai participé à l'analyse d'une base de données issue du CASDAR « Les entomophages en grandes cultures ». Ces différentes expériences m'ont amené à mieux appréhender les métiers de la recherche et du développement, à la fois sur le terrain et dans le travail d'analyse. J'aime beaucoup leur côté pluridisciplinaire : il faut avoir des compétences oratoires et rédactionnelles, il faut aussi savoir manier les chiffres et les logiciels informatiques. Il faut pouvoir avoir des compétences techniques solides, tout en ayant une vision globale des questions abordées. Les métiers de la recherche appliquée sont en lien étroit avec les agriculteurs, les structures de recherche et développement, les politiques mais aussi le grand public : il faut savoir s'adresser à tous ces publics ! Les ingénieurs en recherche et développement travaillent aussi souvent sur plusieurs thématiques, même s'ils ont généralement une spécialité. Cette diversité des thèmes abordés renforce l'aspect varié du métier.

Il est primordial de travailler de façon rigoureuse, pour que le travail puisse ensuite être repris par une autre personne. En tant qu'apprentie, j'ai eu à poursuivre des travaux entamés par d'autres, je me suis rendu compte à quel point il peut être frustrant de ne pouvoir prendre en compte certains résultats par manque d'explication sur la méthodologie appliquée pour la collecte et/ou l'analyse des données.

Ce qui m'intéresse avant tout sur ces métiers, c'est le temps passé à la récolte de fonds pour pouvoir financer les projets de recherche en cours ou à venir. Ce volet du travail d'un ingénieur en recherche et développement prend énormément de temps. Il est aussi très lié au travail de veille scientifique, qui permet d'être au fait des projets à venir et de se positionner sur ces derniers.

Du fait aussi du côté très pluridisciplinaire et du temps passé à la collecte de fonds, les professionnels de la recherche et du développement ne comptent généralement pas leurs heures. Cependant, il est à mon sens gratifiant d'aboutir ensuite à la publication de résultats.

Présence d'ARVALIS – Institut du végétal dans la Région Centre

Régis DOUCET : chef de région

45, voie Romaine - BP 23 – 41240 OUZOUEUR-LE-MARCHE

Tél. 02 54 82 33 10 - Fax 02 54 82 33 11 - email : r.doucet@arvalisinstitutduvegetal.fr

Assistantes :

Nathalie CHALMETTE à BOIGNEVILLE (91)

Tél. 01 64 99 22 91 – Fax 01 64 99 30 39 – email : n.chalmette@arvalisinstitutduvegetal.fr

Catherine DAMAS à OUZOUEUR-LE-MARCHE (41)

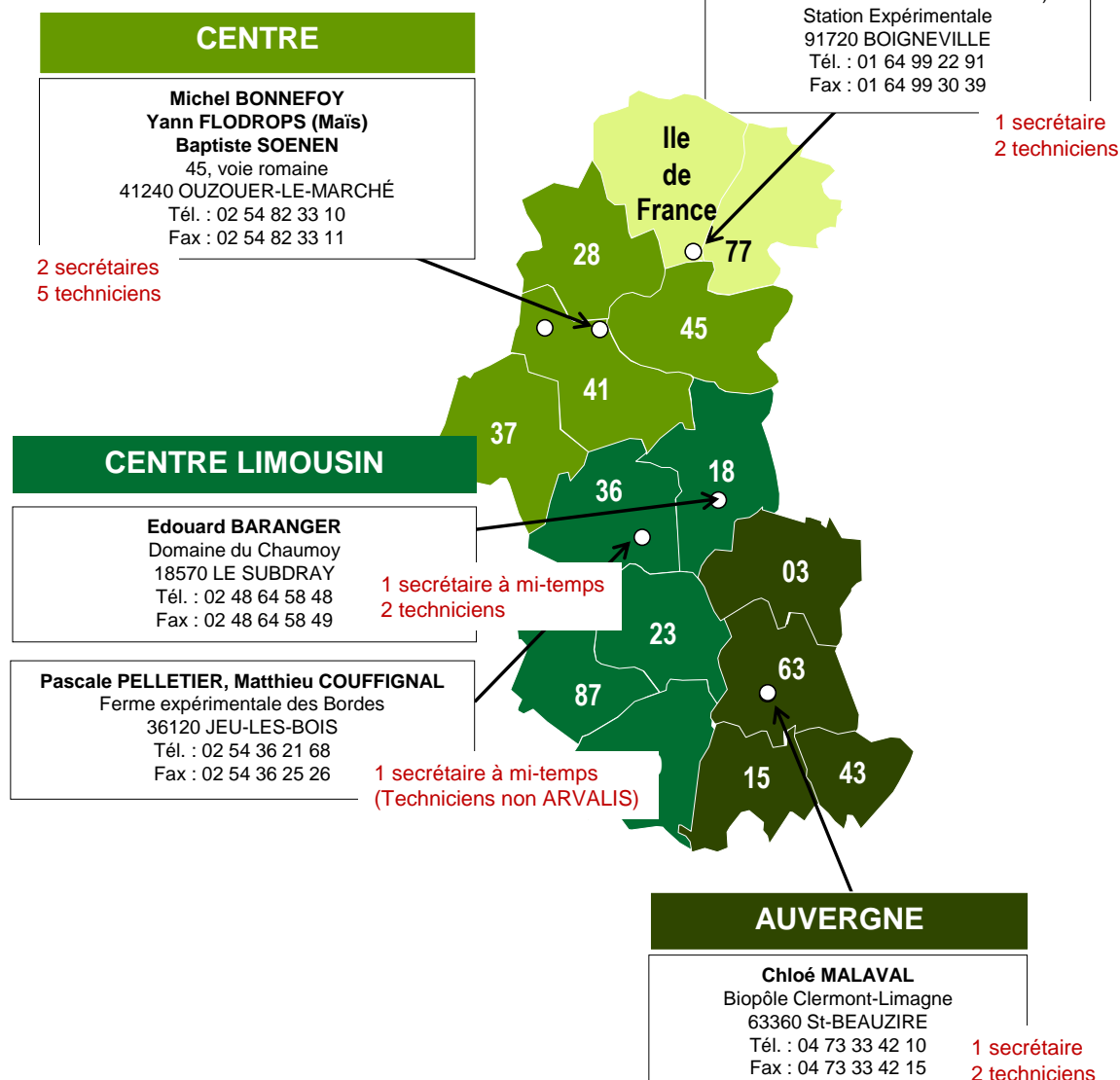
Tél. 02 54 82 33 10 - Fax 02 54 82 33 11 - email : c.damas@arvalisinstitutduvegetal.fr

Filière Pomme de terre :
Elise VANNETZEL

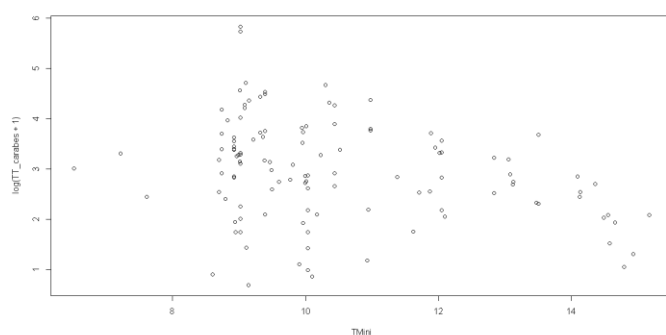
Filière Protéagineux :
Elise VANNETZEL

Filière Maïs :
Yann FLODROPS

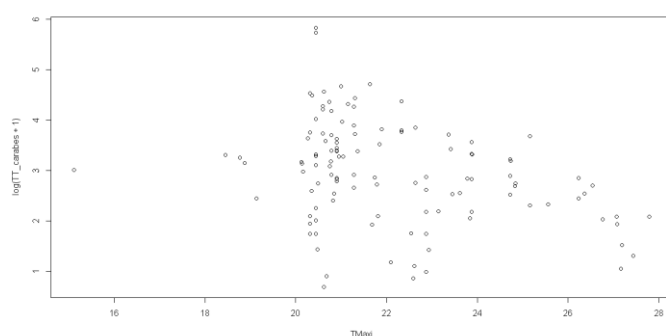
Filière Fourrages :
Pascale PELLETIER
Matthieu COUFFIGNAL



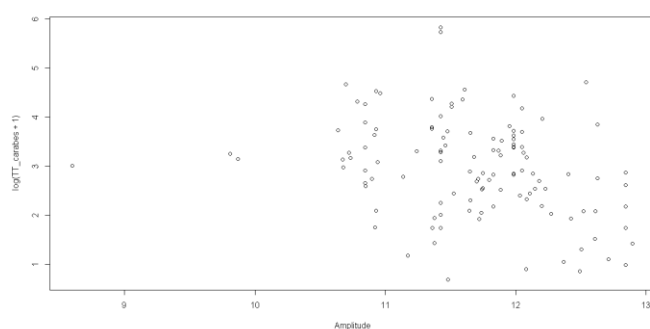
Annexe 3 : Réponse de l'activité-densité des carabes aux facteurs abiotiques



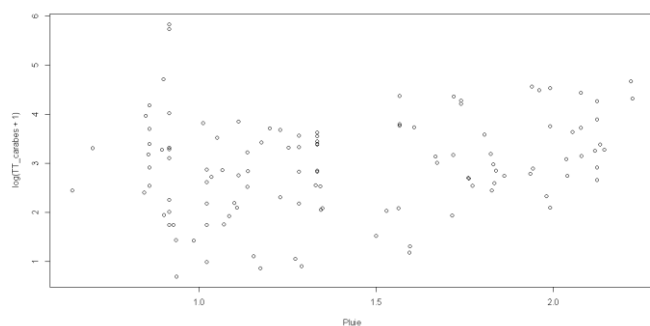
Abondance moyenne des carabes par année et par dispositif en fonction de la température minimale.



Abondance moyenne des carabes par année et par dispositif en fonction de la température maximale.

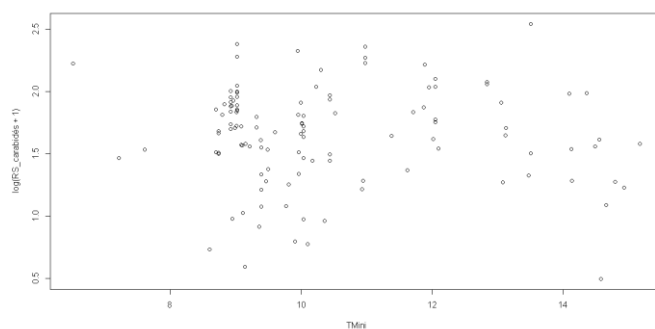


Abondance moyenne des carabes par année et par dispositif en fonction de l'amplitude de températures.

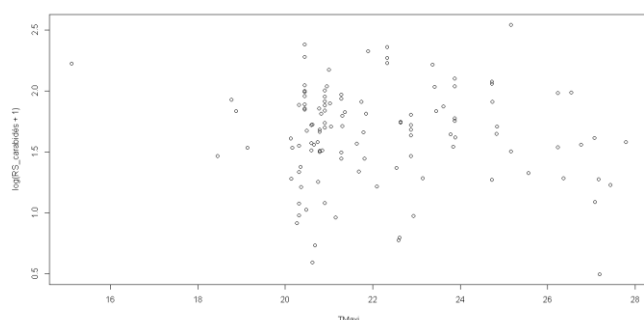


Abondance moyenne des carabes par année et par dispositif en fonction de la pluviométrie.

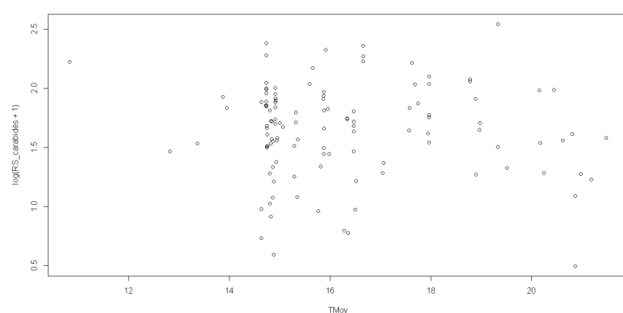
Annexe 4 : Réponse de la richesse spécifique des carabes aux facteurs abiotiques



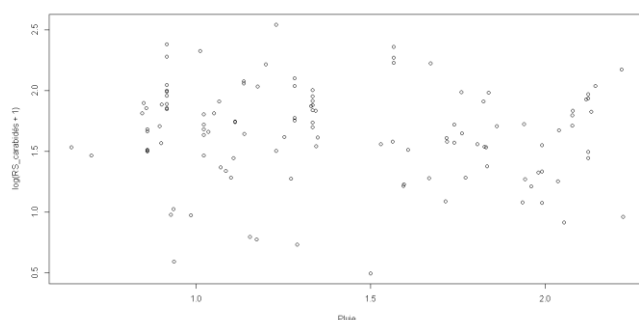
Richesse spécifique moyenne des carabes par année et dispositif en fonction de la température minimale.



Richesse spécifique moyenne des carabes par année et dispositif en fonction de la température maximale.

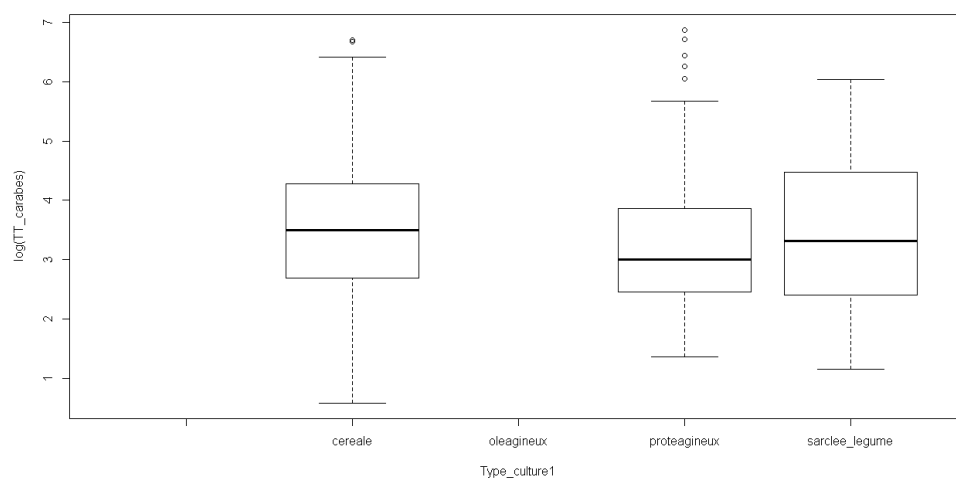


Richesse spécifique moyenne des carabes par année et dispositif en fonction de l'amplitude de température.



Richesse spécifique moyenne des carabes par année et dispositif en fonction de la pluviométrie.

Annexe 5 : Abondance moyenne en fonction du type de culture en place en région Centre



	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/modalité	309	0	100	38
Min	0	0	3.89	3.17
1st Qu	14.67	0	11.73	11.19
Median	33.17	0	20.11	27.51
Mean	69.89	0	77.63	68.21
3rd Qu	71.72	0	46.60	86.21
Max	810.20	0	967.60	418.60

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.0127, df = 2, p-value = 0.6027

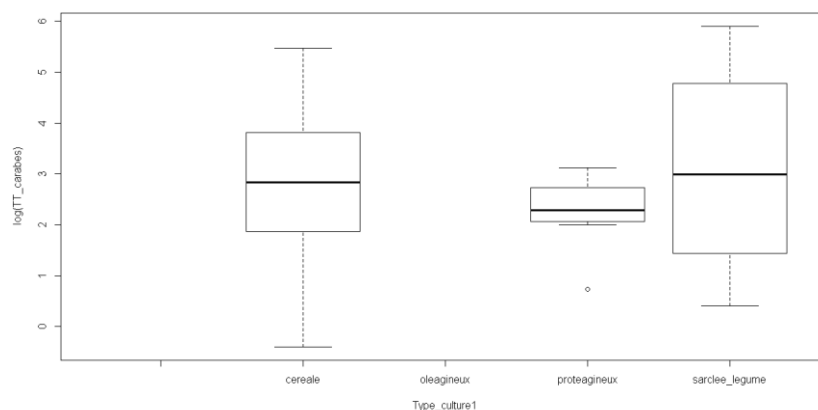
Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9832, p-value = 4.888e-05

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 4.3756, df = 2, p-value = 0.1122

Annexe 6 : Abondance moyenne en fonction du type de culture en place en région Picardie



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 53.2907, df = 2, p-value = 2.68e-12

Shapiro-Wilk normality test

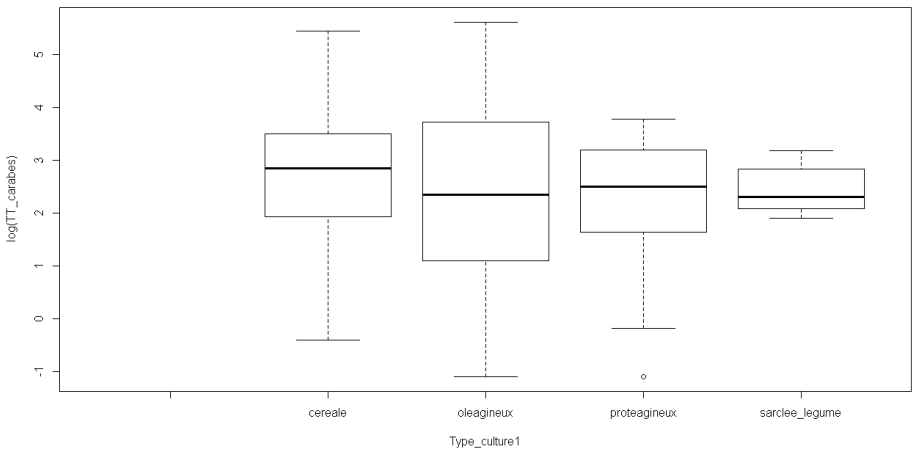
W = 0.9277, p-value = 2.216e-11

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 2.8441, df = 2, p-value = 0.2412

	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/modalité	248	0	11	63
Min	0	0	0	0
1st Qu	6.44	0	7.94	4.22
Median	16.92	0	9.89	20.00
Mean	32.55	0	10.83	71.93
3rd Qu	45.33	0	15.43	118.40
Max	238.30	0	22.53	366.70

Annexe 7 : Abondance moyenne en fonction du type de culture en place en région Rhône-Alpes



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 14.4824, df = 3, p-value = 0.002317

Shapiro-Wilk normality test

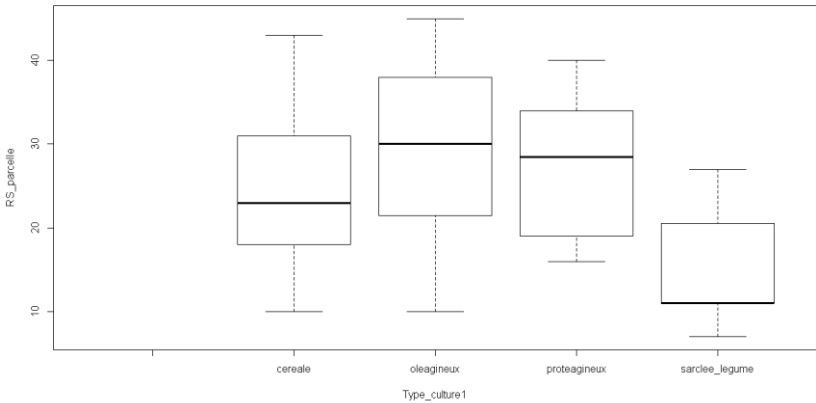
W = 0.9787, p-value = 6.908e-05

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 4.3773, df = 3, p-value = 0.2235

	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/modalité	209	75	41	11
Min	0	0	0	0
1st Qu	6.89	3.00	5.17	8.08
Median	17.33	10.42	12.11	10.06
Mean	25.68	35.55	16.42	12.07
3rd Qu	33.14	41.50	24.44	17.06
Max	232.30	274.60	43.67	24.00

Annexe 8 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de culture en place sur les trois régions



	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/ modalité	66	7	14	11
Min	10.00	10.00	16.00	7.00
1st Qu	18.00	21.50	19.50	11.00
Median	23.00	30.00	28.50	11.00
Mean	24.44	29.14	27.29	15.45
3rd Qu	30.75	38.00	33.75	20.50
Max	43.00	45.00	40.00	27.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 4.3937, df = 3, p-value = 0.222

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9798, p-value = 0.1365

Grubbs Test for one outlier

G.104 = 2.5722, U = 0.9311, p-value = 0.4419

alternative hypothesis: lowest value -0.902615938235296 is an outlier

Analysis of Variance Table

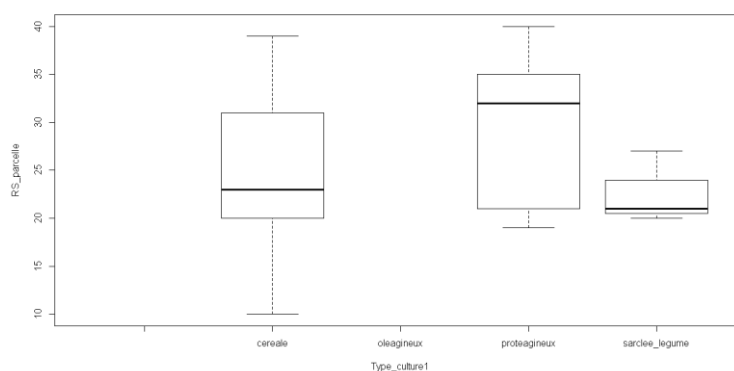
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Type_culture1	3	2.6105	0.87018	6.8481	0.0003188 ***
Residuals	94	11.9444	0.12707		

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
oleagineux - cereale = 0	0.118886	0.141697	0.839	0.82793
proteagineux - cereale = 0	0.122562	0.104888	1.168	0.63539
sarclée_legume - cereale = 0	-0.463969	0.116090	-3.997	< 0.001 ***
proteagineux - oleagineux = 0	0.003675	0.165012	0.022	1.00000
sarclée_legume - oleagineux = 0	-0.582855	0.172349	-3.382	0.00549 **
sarclée_legume - proteagineux = 0	-0.586531	0.143624	-4.084	< 0.001 ***

Annexe 9 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de culture en place en région Centre



	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/ modalité	26	0	9	3
Min	10.00	0	19.00	20.00
1st Qu	20.00	0	21.00	20.50
Median	23.00	0	32.00	21.00
Mean	24.62	0	29.00	22.67
3rd Qu	30.25	0	35.00	24.00
Max	39.00	0	40.00	27.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.1494, df = 2, p-value = 0.5629

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9784, p-value = 0.6613

Grubbs Test for one outlier

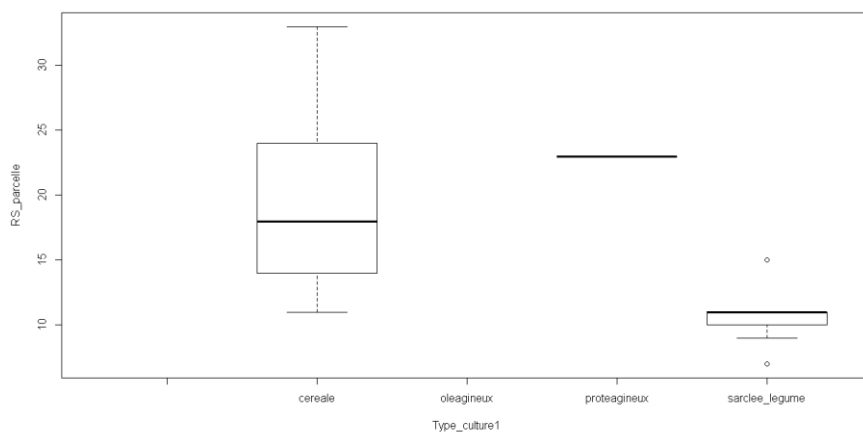
G.43 = 2.062, U = 0.882, p-value = 0.6594

alternative hypothesis: lowest value -14.6153846153846 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Type_culture1	2	154.68	77.340	1.4562	0.2469
Residuals	35	1858.82	53.109		

Annexe 10 : Richesse spécifique cumulée en région Picardie selon le type de culture en place



	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/ modalité	22	0	1	7
Min	11.00	0	23.00	7.00
1st Qu	14.25	0	23.00	10.00
Median	18.00	0	23.00	11.00
Mean	19.73	0	23.00	10.71
3rd Qu	23.75	0	23.00	11.00
Max	33.00	0	23.00	15.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.912, df = 1, p-value = 0.3396

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9735, p-value = 0.6582

Grubbs Test for one outlier

G.57 = 1.9502, U = 0.8593, p-value = 0.6521

alternative hypothesis: highest value 0.538040629944368 is an outlier

Analysis of Variance Table

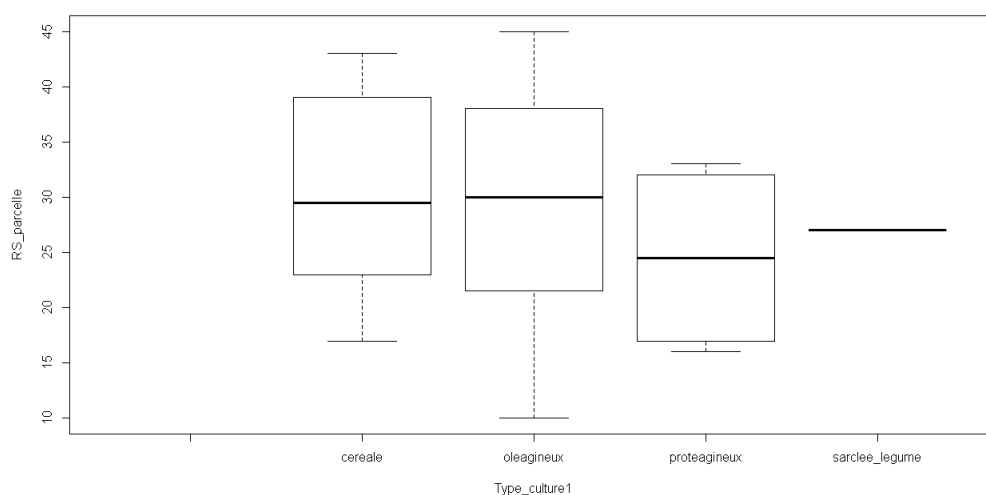
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Type_culture1	1	1.5848	1.58475	20.078	0.0001229 ***
Residuals	27	2.1312	0.07893		

(Adjusted p values reported -- single-step method)

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
sarclée_legume - cereale == 0	-0.5463	0.1219	-4.481	0.000123 ***

Annexe 11 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de culture en place en région Rhône-Alpes

	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Sarclée
Nb d'individus/modalité	18	7	4	1
Min	17.00	10.00	16.00	27.00
1st Qu	23.25	21.50	17.50	27.00
Median	29.50	30.00	24.50	27.00
Mean	29.94	29.14	24.50	27.00
3rd Qu	38.75	38.00	31.50	27.00
Max	43.00	45.00	33.00	27.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 2.7618, df = 2, p-value = 0.2514

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9456, p-value = 0.1404

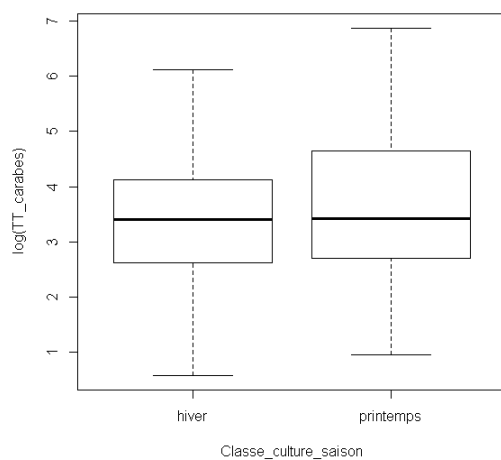
Grubbs Test for one outlier

G.104 = 2.4879, U = 0.7711, p-value = 0.1254

alternative hypothesis: lowest value -0.902615938235296 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Type_culture1	2	0.1410	0.070496	0.4973	0.6138
Residuals	26	3.6856	0.141754		

Annexe 12 : Abondance moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Centre

	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	196	227
Min	1.78	0.00
1st Qu	13.72	14.90
Median	30.32	30.47
Mean	49.10	96.46
3rd Qu	61.29	103.70
Max	452.30	967.60

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 58.8033, df = 1, p-value = 1.743e-14

Shapiro-Wilk normality test

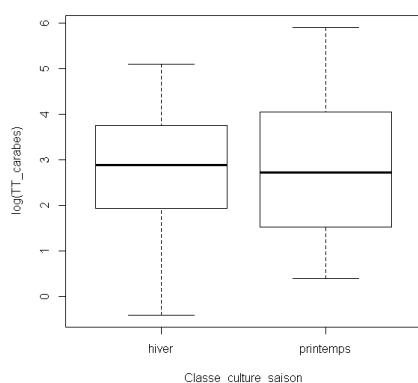
W = 0.8571, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 3.629, df = 1, p-value = 0.05678

Annexe 13 : Abondance moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Picardie

	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	178	144
Min	0.00	0.00
1st Qu	6.89	4.69
Median	17.89	15.14
Mean	30.54	50.61
3rd Qu	42.59	56.18
Max	162.30	366.70



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 37.9802, df = 1, p-value = 7.147e-10

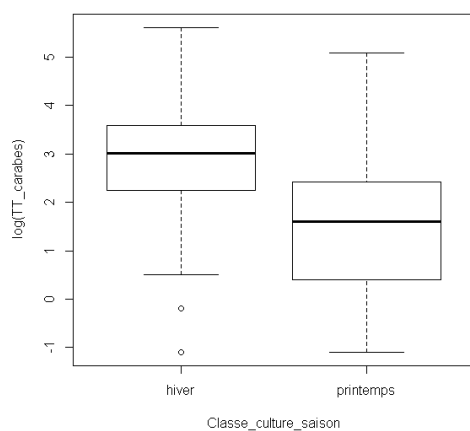
Shapiro-Wilk normality test

W = 0.8972, p-value = 5.976e-14

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.2563, df = 1, p-value = 0.6127

Annexe 14 : Abondance moyenne en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Rhône-Alpes



	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	243	93
Min	0.00	0.00
1st Qu	9.42	1.50
Median	20.22	5.00
Mean	31.17	13.62
3rd Qu	36.38	11.33
Max	274.60	162.70

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 3.2709, df = 1, p-value = 0.07052

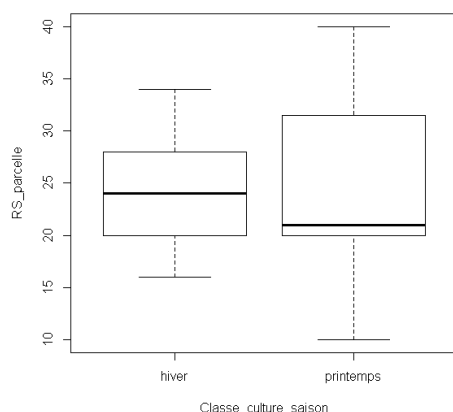
Shapiro-Wilk normality test

W = 0.8957, p-value = 2.091e-14

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 51.5185, df = 1, p-value = 7.092e-13

Annexe 15 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Centre



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.6612, df = 1, p-value = 0.1974

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97, p-value = 0.4264

Grubbs Test for one outlier

G.43 = 2.4857, U = 0.8184, p-value = 0.1721

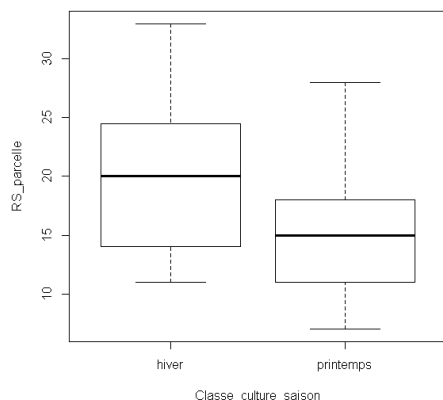
alternative hypothesis: lowest value -1.8030831783274 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Classe_culture_saison	1	0.0155	0.01551	0.0286	0.8666
Residuals	34	18.4166	0.54166		

	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	17	19
Min	16.00	10.00
1st Qu	20.00	20.00
Median	24.00	21.00
Mean	24.59	25.32
3rd Qu	28.00	31.50
Max	34.00	40.00

Annexe 16 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Picardie



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.061, df = 1, p-value = 0.8049

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9506, p-value = 0.176

Grubbs Test for one outlier

G.59 = 1.9985, U = 0.8575, p-value = 0.5962

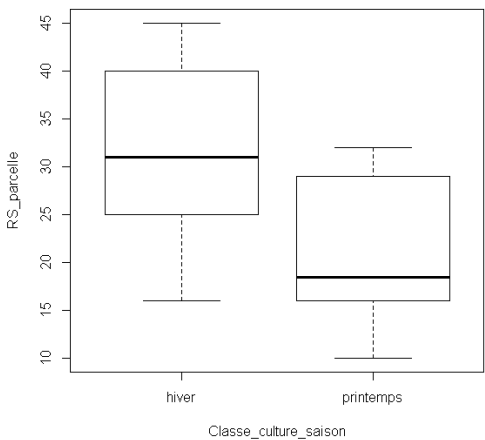
alternative hypothesis: highest value 1.47220286737057 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Classe_culture_saison	1	2.6603	2.66026	4.7333	0.03818 *
Residuals	28	15.7368	0.56203		

	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	16	14
Min	11.00	7.00
1st Qu	14.00	11.00
Median	20.00	15.00
Mean	20.06	15.07
3rd Qu	24.25	17.75
Max	33.00	28.00

Annexe 17 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période d'implantation de la culture en place en région Rhône-Alpes



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.0414, df = 1, p-value = 0.8387

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9378, p-value = 0.0794

Grubbs Test for one outlier

G.99 = 1.9318, U = 0.8669, p-value = 0.7114

alternative hypothesis: lowest value -1.57972667349987 is an outlier

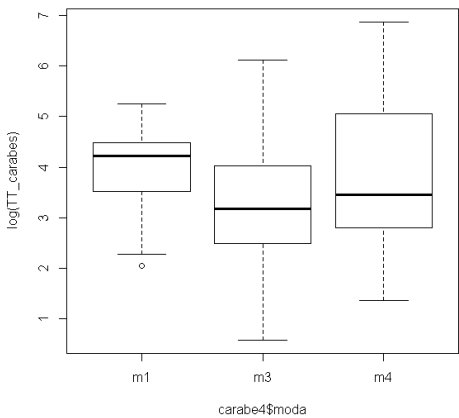
Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Classe_culture_saison	1	6.5488	6.5488	9.4555	0.004662 **
Residuals	28	19.3926	0.6926		

	Hiver	Printemps
Nb d'individus/ modalité	22	8
Min	16.00	10.00
1st Qu	25.50	16.50
Median	31.00	18.50
Mean	31.77	21.12
3rd Qu	39.75	28.50
Max	45.00	32.00

Annexe 18 : Abondance moyenne des carabes par parcelle selon différentes modalités d'application des phytosanitaires en région Centre

n1= 39, n2=0, n3=312, n4=96



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.806	34.080	67.830	67.270	88.420	191.000

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1.778	12.080	23.900	55.350	56.260	452.300

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	16.40	31.71	125.80	153.50	967.60

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 190.6852, df = 2, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.6592, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

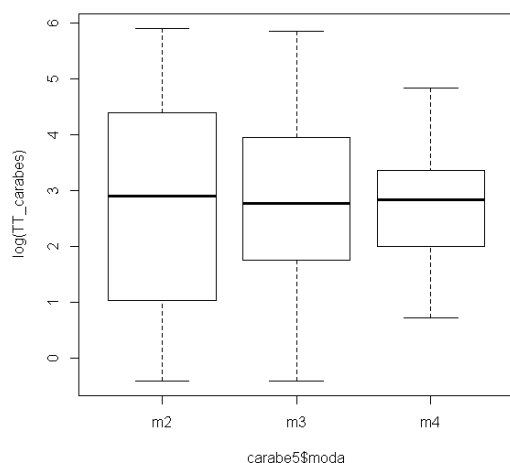
Kruskal-Wallis chi-squared = 20.5665, df = 2, p-value = 3.42e-05

Analysis of relative effects

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p.value.adjusted
1	p(m1,m3)	0.310	[0.227 ; 0.406]	-4.433442	0.000
2	p(m1,m4)	0.443	[0.331 ; 0.562]	-1.120244	0.507
3	p(m3,m4)	0.603	[0.521 ; 0.68]	2.929881	0.009

Annexe 19 : Abondance moyenne des carabes par parcelle selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Picardie

n 2 = 58, n3 = 176, n4 = 88

**m2**

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	2.896	18.440	63.120	80.560	366.700

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	5.778	15.970	40.000	51.650	348.200

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	7.479	17.080	22.980	28.640	125.600

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 117.0067, df = 2, p-value < 2.2e-16

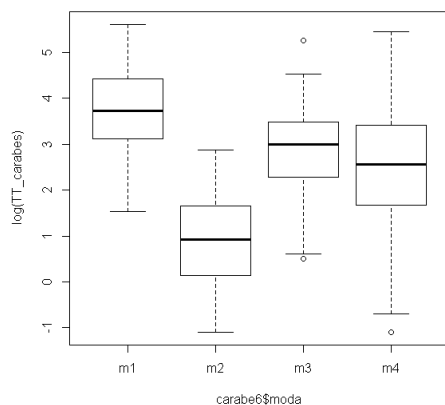
Shapiro-Wilk normality test

W = 0.7538, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.6202, df = 2, p-value = 0.7334

Annexe 20 : Abondance moyenne des carabes par parcelle selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Rhône-Alpes



n 1 = 38, n2=35, n3=81,n4=182

m1					
Min	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	22.81	41.50	67.63	82.76	274.60
m2					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	1.167	2.500	4.157	5.250	17.830
m3					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	9.889	20.100	24.960	32.360	193.800
m4					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	5.346	13.060	22.540	30.000	232.300

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 188.2126, df = 3, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.7079, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

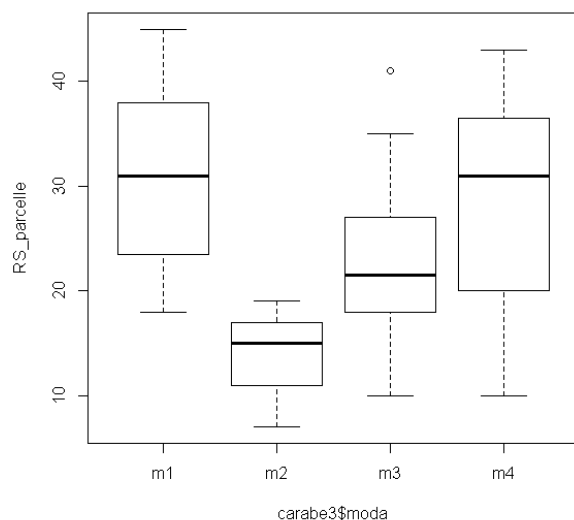
Kruskal-Wallis chi-squared = 64.3653, df = 3, p-value = 6.857e-14

Analysis of relative effects

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p.value.adjusted
1	p(m1,m2)	0.098	[0.03 ; 0.28]	-4.475261	0.000
2	p(m1,m3)	0.294	[0.169 ; 0.461]	-3.131712	0.008
3	p(m1,m4)	0.262	[0.152 ; 0.412]	-3.917985	0.001
4	p(m2,m3)	0.892	[0.782 ; 0.95]	6.525124	0.000
5	p(m2,m4)	0.799	[0.701 ; 0.87]	6.756280	0.000
6	p(m3,m4)	0.419	[0.329 ; 0.515]	-2.173603	0.134

Annexe 21 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application des phytosanitaires

n1 = 7, n2=9, n3=50, n4=32



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
18.0	23.5	31.0	31.0	38.0	45.0

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	11.00	15.00	14.11	17.00	19.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	18.00	21.50	22.46	27.00	41.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	21.00	31.00	28.19	36.25	43.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 6.691, df = 3, p-value = 0.08243

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9771, p-value = 0.08529

Grubbs test for one outlier

G.104 = 2.4734, U = 0.9363, p-value = 0.5956

alternative hypothesis: lowest value -2.04872400600507 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
carabe3\$moda	3	20.011	6.6705	9.4219	1.667e-05 ***
Residuals	94	66.550	0.7080		

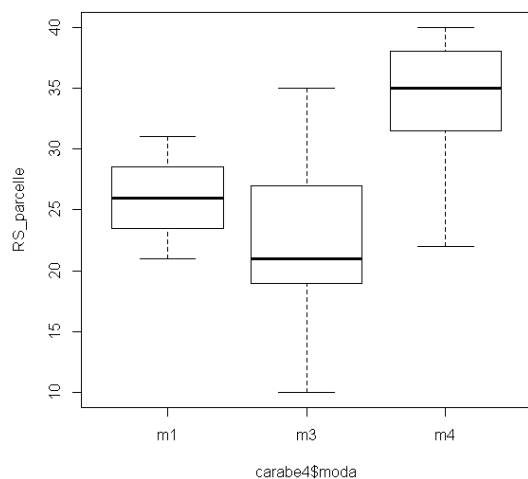
Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m2 - m1 == 0	-1.7838	0.4240	-4.207	< 0.001 ***
m3 - m1 == 0	-0.8132	0.3396	-2.395	0.07903 .
m4 - m1 == 0	-0.2876	0.3511	-0.819	0.83703
m3 - m2 == 0	0.9707	0.3047	3.186	0.00952 **
m4 - m2 == 0	1.4962	0.3175	4.713	< 0.001 ***
m4 - m3 == 0	0.5256	0.1905	2.759	0.03177 *

Annexe 22 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Centre

n1 = 3, n2=0, n3=27, n4=8



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
21.0	23.5	26.0	26.0	28.5	31.0

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	19.00	21.00	22.96	27.00	35.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
22.00	31.75	35.00	33.88	37.50	40.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.1826, df = 2, p-value = 0.9128

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9744, p-value = 0.5227

Grubbs test for one outlier

G.43 = 2.2058, U = 0.8649, p-value = 0.4411

alternative hypothesis: lowest value -12.962962962963 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
carabe4\$moda	2	735.66	367.83	10.075	0.0003501 ***
Residuals	35	1277.84	36.51		

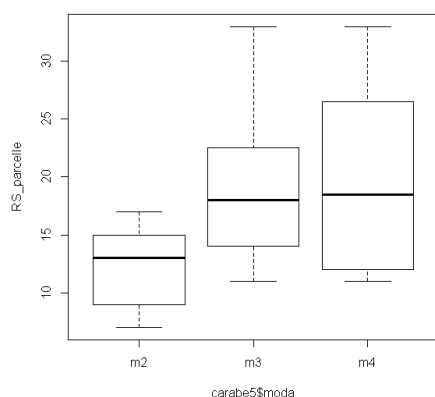
Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m3 - m1 == 0	-3.037	3.677	-0.826	0.682
m4 - m1 == 0	7.875	4.091	1.925	0.141
m4 - m3 == 0	10.912	2.432	4.486	<0.001 ***

Annexe 23 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Picardie

n1 = 0, n2=6, n3=16, n4=8



m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	9.50	13.00	12.33	15.00	17.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	14.00	18.00	18.75	22.25	33.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	12.50	18.50	19.75	25.75	33.00

Bartlett test of homogeneity of variance

Bartlett's K-squared = 3.1446, df = 2, p-value = 0.2076

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9491, p-value = 0.1599

Grubbs test for one outlier

G.57 = 2.2850, U = 0.8137, p-value = 0.2588

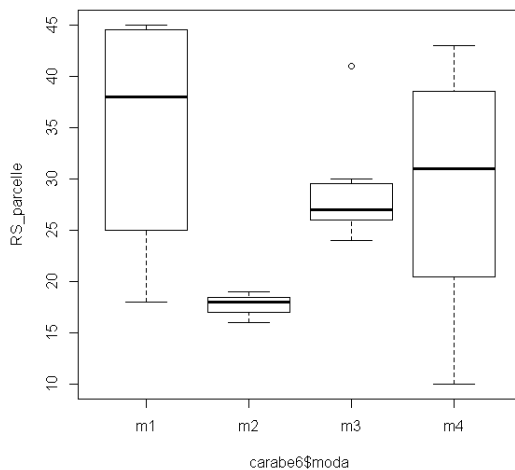
alternative hypothesis: highest value 14.25 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
carabe5\$moda	2	224.03	112.017	2.6816	0.08664
Residuals	27	1127.83	41.772		

Annexe 24 : Richesse spécifique cumulée selon différentes modalités d'application de phytosanitaires en région Rhône-Alpes

n1 = 4, n2=3, n3=7, n4=1

**m1**

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
18.00	28.50	38.00	34.75	44.25	45.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	17.00	18.00	17.67	18.50	19.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
24.0	26.0	27.0	29.0	29.5	41.0

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	21.75	31.00	29.56	38.25	43.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.9051, df = 2, p-value = 0.636

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9483, p-value = 0.1522

Grubbs test for one outlier

G.104 = 2.2222, U = 0.8238, p-value = 0.3142

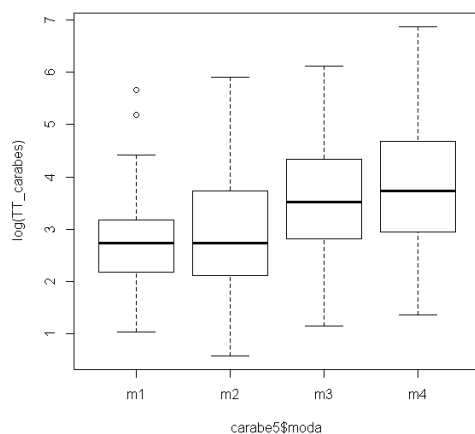
alternative hypothesis: lowest value -19.5625 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
carabe6\$moda	3	522.51	174.171	2.015	0.1365
Residuals	26	2247.35	86.437		

Annexe 25 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué (insecticide/herbicide/fongicide) pendant la période d'observation en région Centre

n 1 = 34, n2 = 92, n3 = 186, n4 = 135



m1					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
2.833	9.028	15.420	30.570	23.470	288.600
m2					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1.778	8.278	15.460	34.130	41.690	364.800
m3					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
3.167	16.830	33.830	70.370	74.960	452.300
m4					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	18.93	41.44	108.90	108.60	967.60

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 166.8625, df = 3, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.6339, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

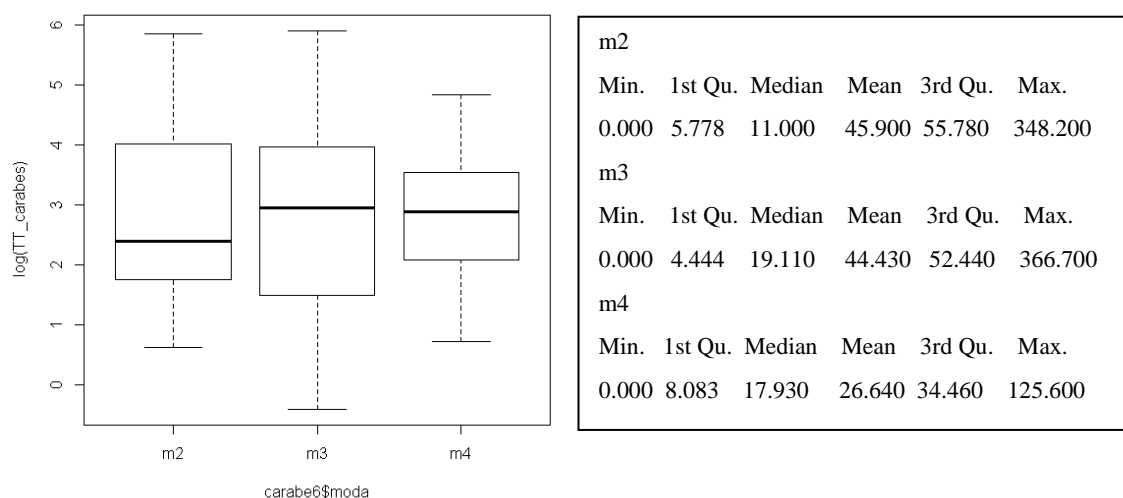
Kruskal-Wallis chi-squared = 52.1541, df = 3, p-value = 2.777e-11

Analysis.of.relative.effects

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p.value.adjusted
1	p(m1,m2)	0.525	[0.383 ; 0.663]	0.4418572	0.982
2	p(m1,m3)	0.728	[0.594 ; 0.831]	4.1712130	0.000
3	p(m1,m4)	0.757	[0.625 ; 0.854]	4.6482356	0.000
4	p(m2,m3)	0.688	[0.593 ; 0.769]	4.9060001	0.000
5	p(m2,m4)	0.726	[0.631 ; 0.804]	5.7080426	0.000
6	p(m3,m4)	0.556	[0.471 ; 0.638]	1.699922	0.325

Annexe 26 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Picardie

n 1 = 0, n2= 85, n3= 141, n4 = 96



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 166.8625, df = 3, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

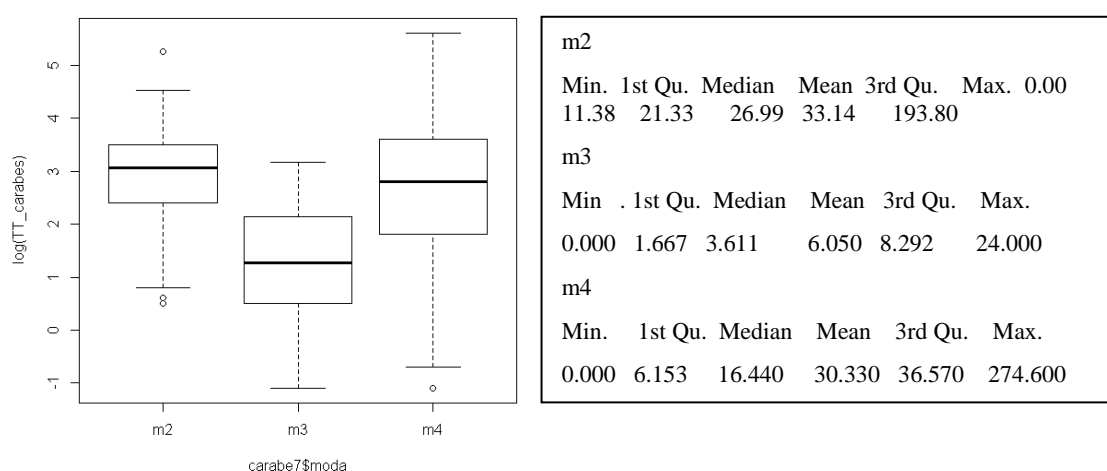
W = 0.6339, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.0328, df = 2, p-value = 0.9837

Annexe 27 : Abondance moyenne selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Rhône-Alpes

n 1 = 0, n2 = 70, n3 = 46, n4= 2



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 140.5679, df = 2, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.6336, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 42.7431, df = 2, p-value = 5.229e-10

Analysis.of.relative.effects

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p.value.adjusted
1	p(m2,m3)	0.139	[0.076 ; 0.24]	-6.356900	0.0
2	p(m2,m4)	0.445	[0.362 ; 0.531]	-1.511474	0.3
3	p(m3,m4)	0.770	[0.688 ; 0.835]	6.873389	0.0

Annexe 28 : Richesse spécifique cumulée moyenne sur les trois régions selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation**Bartlett test of homogeneity of variances**

Bartlett's K-squared = 12.5566, df = 3, p-value = 0.0057

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9866, p-value = 0.4243

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 18.0496, df = 3, p-value = 0.0004296

Analysis.of.relative.effects

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p.value.adjusted
1	p(m1,m2)	0.780	[0.478 ; 0.932]	2.3978672	0.077
2	p(m1,m3)	0.542	[0.303 ; 0.762]	0.4290429	0.992
3	p(m1,m4)	0.794	[0.582 ; 0.914]	3.4089811	0.003
4	p(m2,m3)	0.349	[0.177 ; 0.573]	-1.7421556	0.314
5	p(m2,m4)	0.681	[0.483 ; 0.83]	2.3513062	0.088
6	p(m3,m4)	0.758	[0.582 ; 0.875]	3.6138814	0.001

m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	18.25	19.00	18.25	19.00	19.00

m2

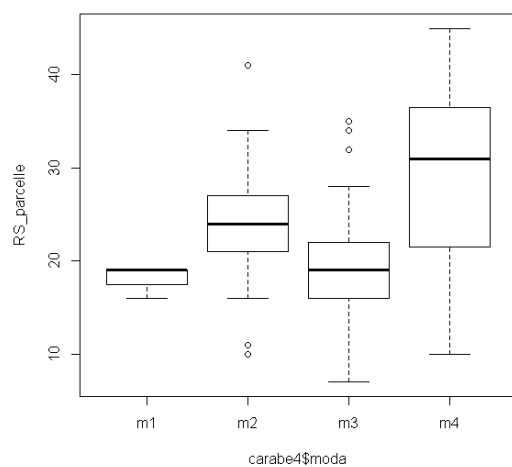
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	21.00	24.00	23.29	27.00	41.00

m3

Min.	1st Qu.	Media	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	16.00	19.00	19.85	22.00	35.00

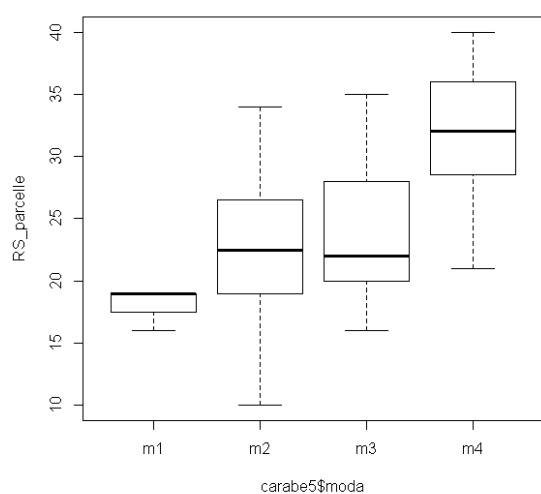
m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	21.75	31.00	28.80	36.25	45.00



Annexe 29 : Richesse spécifique cumulée selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Centre

n 1 = 4, n2 = 8, n3 = 15, n4= 11



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	18.25	19.00	18.25	19.00	19.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	20.00	22.50	22.50	26.25	34.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	20.00	22.00	24.47	28.00	35.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
21.00	28.50	32.00	31.73	36.00	40.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 5.6612, df = 3, p-value = 0.1293

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9877, p-value = 0.9444

Grubbs test for one outlier

G.43 = 2.1181, U = 0.8755, p-value = 0.5657

alternative hypothesis: lowest value -12.5 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	724.83	241.612	6.3747	0.001515 **
Residuals	34	1288.67	37.902		

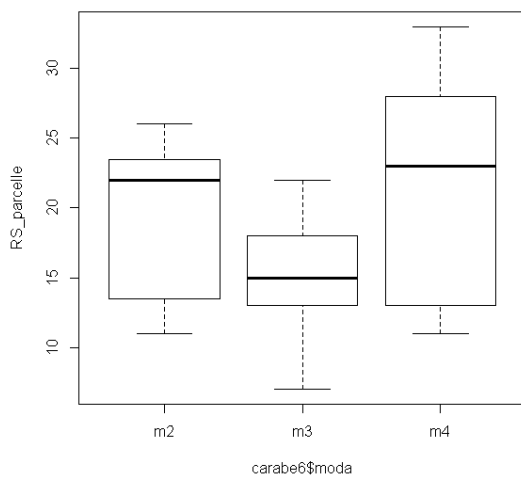
Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m2 - m1 == 0	4.250	3.770	1.127	0.6700
m3 - m1 == 0	6.217	3.464	1.794	0.2878
m4 - m1 == 0	13.477	3.595	3.749	0.0033 **
m3 - m2 == 0	1.967	2.695	0.730	0.8819
m4 - m2 == 0	9.227	2.861	3.226	0.0137 *
m4 - m3 == 0	7.261	2.444	2.971	0.0256 *

Annexe 30: Richesse spécifique cumulée selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Picardie

n 1 = 0, n2 = 7, n3 = 14, n4 = 9



m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.0	13.5	22.0	19.0	23.5	26.0

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	13.25	15.00	14.86	17.75	22.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	13.00	23.00	21.22	28.00	33.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.8444, df = 2, p-value = 0.3976

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9342, p-value = 0.0634

Grubbs test for one outlier

G.65 = 1.9275, U = 0.8675, p-value = 0.7194

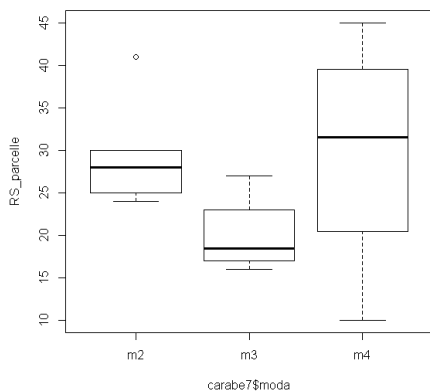
alternative hypothesis: lowest value -0.649912601929416 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	2	0.5190	0.25949	2.1251	0.139
Residuals	27	3.2969	0.12211		

Annexe 31 : Richesse spécifique cumulée selon le type de produit appliqué pendant la période d'observation en région Rhône-Alpes

n 1 = 0, n2 = 6, n3 = 4, n4= 20



m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
24.00	25.50	28.00	29.33	29.75	41.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.0	17.5	18.5	20.0	21.0	27.0

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	21.75	31.50	30.60	39.25	45.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 5.6317, df = 2, p-value = 0.05985

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9645, p-value = 0.4005

Grubbs test for one outlier

G.104 = 2.2672, U = 0.8166, p-value = 0.2736

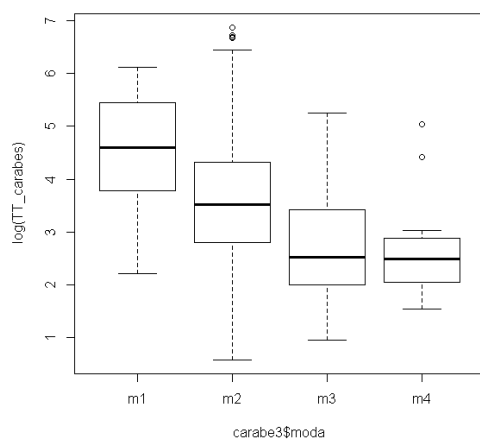
alternative hypothesis: lowest value -20.6 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	2	375.73	187.867	2.1187	0.1397
Residuals	27	2394.13	88.672		

Annexe 32 : Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de passage du sol avant la période d'observation en région Centre

n1 = 12, n2 = 350, n3 = 68, n4 = 17



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
9.083	51.400	104.700	153.200	220.900	452.300

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	16.38	33.86	79.16	75.22	967.60

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
2.611	7.465	12.390	29.510	29.180	191.000

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
4.667	7.778	12.000	24.480	17.890	153.900

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 3.1976, df = 3, p-value = 0.3622

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9813, p-value = 1.649e-05

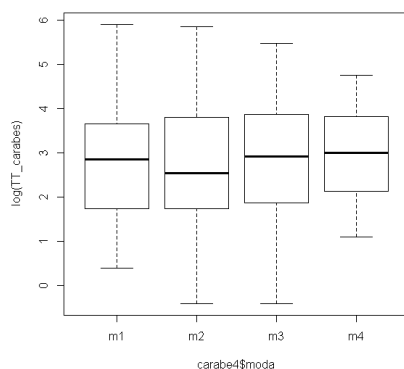
Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 49.2739, df = 3, p-value = 1.141e-10

Analysis.of.relative.effects

Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value	p.value.adjusted
1 p(m1,m2)	0.288	[0.132 ; 0.518]	-2.3589179	0.081
2 p(m1,m3)	0.136	[0.043 ; 0.354]	-3.7784982	0.001
3 p(m1,m4)	0.103	[0.02 ; 0.393]	-3.1928991	0.007
4 p(m2,m3)	0.284	[0.202 ; 0.383]	-5.2748647	0.000
5 p(m2,m4)	0.241	[0.12 ; 0.426]	-3.4491631	0.002
6 p(m3,m4)	0.472	[0.293 ; 0.659]	-0.3667316	0.994

Annexe 33 : Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de travail du sol avant observation effectué en région Picardie



n1 = 51, n2 = 128, n3 = 117, n4 = 25

m1						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
1.500	5.958	17.330	36.510	37.000	366.700	
m2						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.000	5.757	12.640	43.620	44.000	348.200	
m3						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.00	6.50	18.56	38.05	48.22	238.30	
m4						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.000	8.444	19.970	31.570	45.330	116.800	

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.9863, df = 3, p-value = 0.8046

Shapiro-Wilk normality test

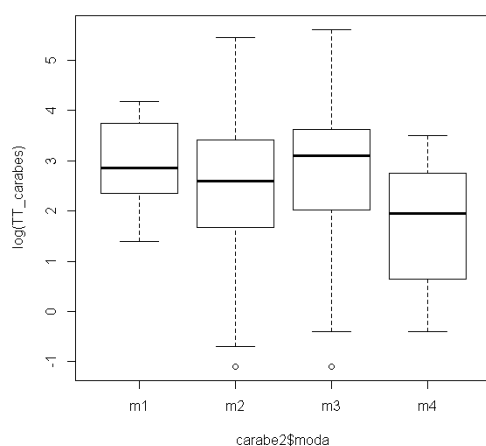
W = 0.9866, p-value = 0.00431

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.8324, df = 3, p-value = 0.8417

Annexe 34: Abondance moyenne par parcelle en fonction du type de travail du sol avant observation effectué en région Rhône-Alpes

n1 = 13, n2 = 159, n3 = 129, n4 = 35



m1						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
4.00	10.44	17.33	25.09	42.11	65.06	
m2						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.000	5.292	13.330	22.470	30.360	232.300	
m3						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.00	7.50	22.33	35.81	37.67	274.60	
m4						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.000	1.917	7.000	9.168	15.810	33.220	

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 9.421, df = 3, p-value = 0.02419

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9747, p-value = 1.272e-05

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 19.4253, df = 3, p-value = 0.0002233

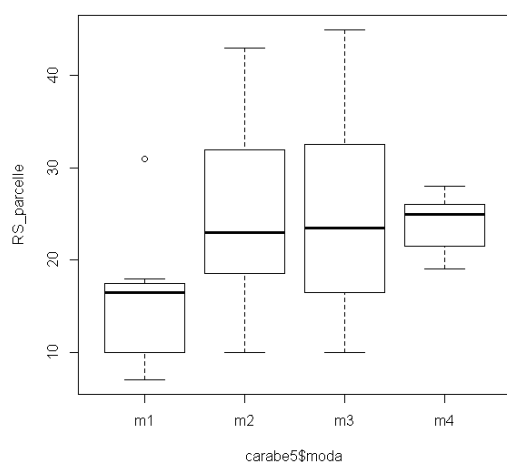
Analysis.of.relative.effects

Comparison rel.effect confidence.interval t.value p.value.adjusted

1	p(m1,m2)	0.402	[0.234 ; 0.597]	-1.28039141	0.583
2	p(m1,m3)	0.498	[0.323 ; 0.673]	-0.03332665	1.000
3	p(m1,m4)	0.215	[0.083 ; 0.454]	-2.98462540	0.014
4	p(m2,m3)	0.573	[0.484 ; 0.658]	2.10479576	0.149
5	p(m2,m4)	0.337	[0.234 ; 0.457]	-3.41853976	0.003
6	p(m3,m4)	0.274	[0.184 ; 0.386]	-4.85732236	0.000

Annexe 35 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation-

n1 =8, n2 = 55, n3 = 28, n4 = 7

**m1**

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	10.50	16.50	15.75	17.25	31.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.0	18.5	23.0	25.2	32.0	43.0

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	16.75	23.50	24.64	32.25	45.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
19.00	21.50	25.00	23.86	26.00	28.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 6.0173, df = 3, p-value = 0.1108

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9809, p-value = 0.1647

Grubbs test for one outlier

G.104 = 2.1917, U = 0.9500, p-value = 1

alternative hypothesis: lowest value -0.802697978029905 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	1.5438	0.51460	3.7177	0.01413 *
Residuals	94	13.0112	0.13842		

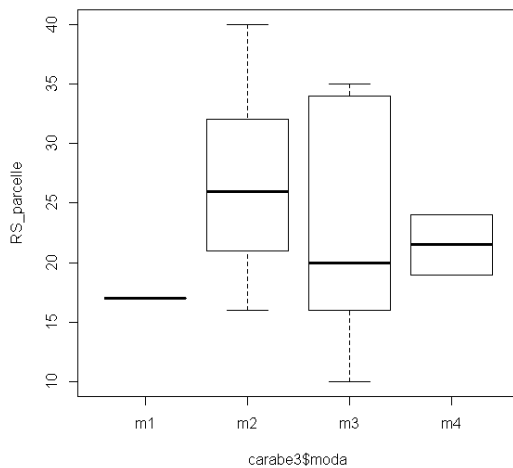
Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m2 - m1 == 0	0.464210	0.140779	3.297	0.00683 **
m3 - m1 == 0	0.438400	0.149149	2.939	0.01895 *
m4 - m1 == 0	0.467336	0.192551	2.427	0.07366 .
m3 - m2 == 0	-0.025810	0.086372	-0.299	0.99002
m4 - m2 == 0	0.003126	0.149300	0.021	1.00000
m4 - m3 == 0	0.028936	0.157217	0.184	0.99761

Annexe 36 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation en région Centre

n1 =1, n2 = 29, n3 = 6, n4 =2



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
17	17	17	17	17	17

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	21.00	26.00	26.69	32.00	40.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	16.75	20.00	22.50	30.75	35.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
19.00	20.25	21.50	21.50	22.75	24.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 3.6971, df = 2, p-value = 0.1575

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9797, p-value = 0.721

Grubbs test for one outlier

G.43 = 2.4566, U = 0.8277, p-value = 0.1967

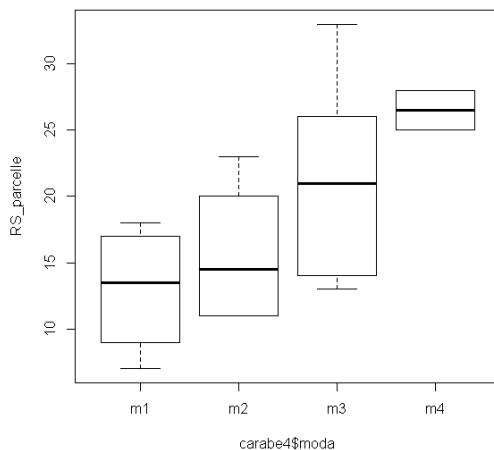
alternative hypothesis: lowest value -0.678229784487032 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	2	0.27236	0.13618	1.6873	0.2001
Residuals	34	2.74413	0.08071		

Annexe 37 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation en région Picardie

n1 =6, n2 = 12, n3 = 10, n4 =2



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	9.50	13.50	13.00	16.75	18.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	11.00	14.50	15.58	19.00	23.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
13.00	14.25	21.00	21.40	25.50	33.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
25.00	25.75	26.50	26.50	27.25	28.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 2.2157, df = 3, p-value = 0.5289

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9409, p-value = 0.09637

Grubbs test for one outlier

G.65 = 1.7393, U = 0.8921, p-value = 1

alternative hypothesis: lowest value -0.509718019250281 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	1.3252	0.44174	4.6113	0.01023 *
Residuals	26	2.4907	0.09579		

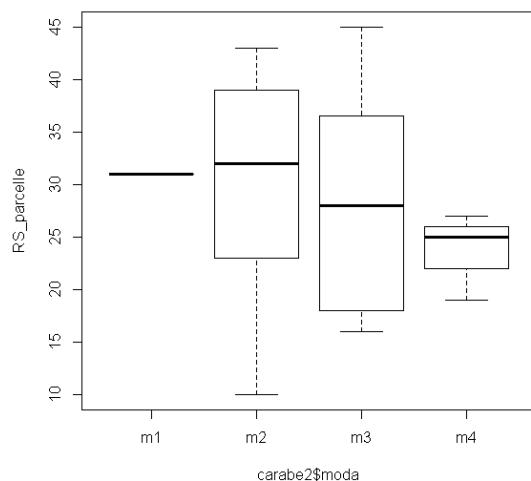
Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m2 - m1 == 0	0.1847	0.1548	1.193	0.6257
m3 - m1 == 0	0.4677	0.1598	2.926	0.0314 *
m4 - m1 == 0	0.7235	0.2527	2.863	0.0362 *
m3 - m2 == 0	0.2831	0.1325	2.136	0.1609
m4 - m2 == 0	0.5389	0.2364	2.280	0.1229
m4 - m3 == 0	0.2558	0.2397	1.067	0.7028

Annexe 38 : Richesse spécifique cumulée en fonction du type de passage de travail du sol appliqué avant la période d'observation en région Rhône-Alpes

n1 =1, n2 = 14, n3 = 12, n4 = 3



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
31	31	31	31	31	31

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	24.25	32.00	30.36	38.75	43.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	18.00	28.00	28.42	34.25	45.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
19.00	22.00	25.00	23.67	26.00	27.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.5834, df = 2, p-value = 0.4531

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9392, p-value = 0.09543

Grubbs test for one outlier

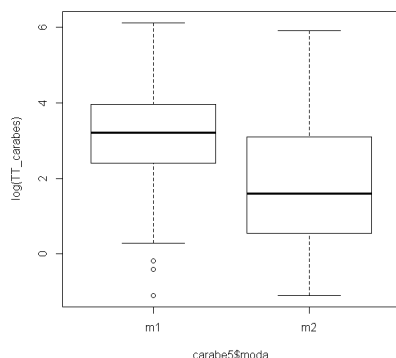
G.104 = 2.6859, U = 0.7332, p-value = 0.05971

alternative hypothesis: lowest value -0.979615198504043 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	2	0.0857	0.042855	0.2992	0.744
Residuals	26	3.7246	0.143255		

Annexe 39 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond sur les trois régions



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 9.421, df = 3, p-value = 0.02419

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9747, p-value = 1.272e-05

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 19.4253, df = 3, p-value = 0.0002233

m1

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

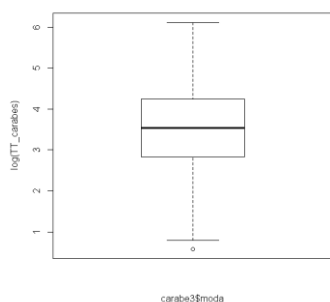
0.00 11.02 24.58 49.97 52.51 452.30

m2

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.000 1.750 4.938 22.770 21.960 366.700

Annexe 40 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Centre



m1

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.00 16.90 34.31 64.89 69.32 452.30

n 1 = 314

Annexe 41 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Picardie

n 1 = 149, n2 = 31

Bartlett test of homogeneity of variances

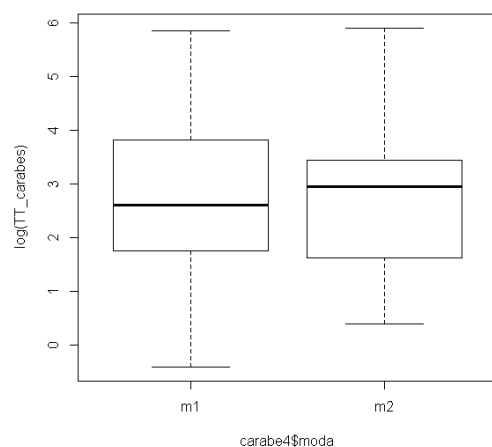
Bartlett's K-squared = 0.2447, df = 1, p-value = 0.6208

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9714, p-value = 0.0009208

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.2793, df = 1, p-value = 0.5971



m1

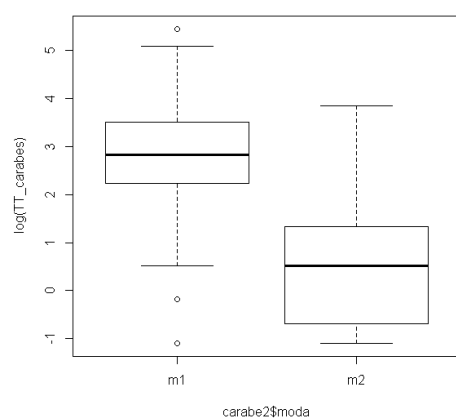
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	5.778	13.500	42.740	45.670	348.200

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1.500	5.104	19.280	35.930	31.220	366.700

Annexe 42 : Abondance moyenne par parcelle en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Rhône-Alpes

n 1 = 147, n2 = 25



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	9.361	16.780	25.430	33.490	232.300

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	0.500	1.667	6.450	3.778	46.750

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.1419, df = 1, p-value = 0.7064

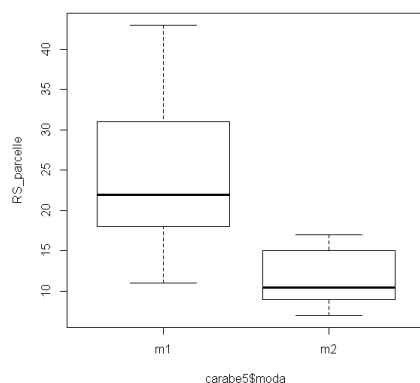
Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9708, p-value = 0.001092

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 30.4242, df = 1, p-value = 3.472e-08

Annexe 43 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond sur les trois régions



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 3.7416, df = 1, p-value = 0.05307

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9684, p-value = 0.1285

Grubbs test for one outlier

G.94 = 2.2680, U = 0.9098, p-value = 0.6138

alternative hypothesis: highest value 18.5471698113208 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	1	904.3	904.28	13.289	0.0005788 ***
Residuals	57	3878.6	68.05		

m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	18.00	22.00	24.45	31.00	43.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	9.25	10.50	11.50	14.00	17.00

Annexe 44 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Centre

n 1 = 26

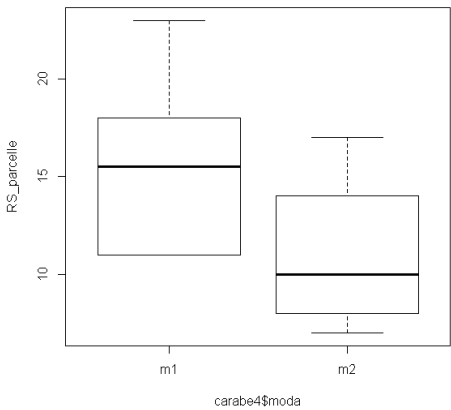


m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	20.25	24.00	24.77	28.00	39.00

Annexe 45 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Picardie

n 1 = 14, n2 = 4



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.4395, df = 1, p-value = 0.5074

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9239, p-value = 0.1518

Grubbs test for one outlier

G.75 = 1.7001, U = 0.8200, p-value = 0.7136

alternative hypothesis: highest value 0.451045497306653 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	1	0.38315	0.38315	5.1231	0.03787 *
Residuals	16	1.19662	0.07479		

m1

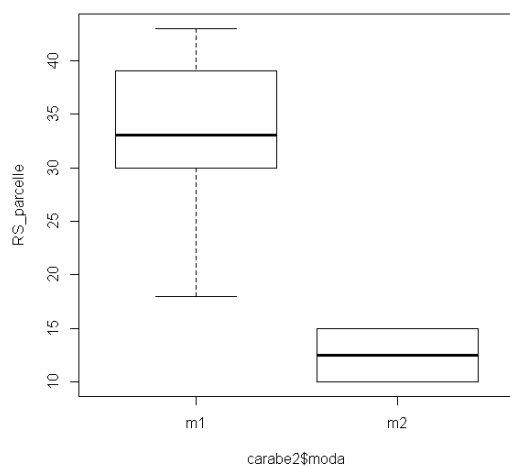
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	11.50	15.50	15.79	18.00	23.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.0	8.5	10.0	11.0	12.5	17.0

Annexe 46 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la période de passage de l'outil de travail du sol profond en région Rhône-Alpes

n 1 = 13, n2 = 2



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
18.00	30.00	33.00	33.15	39.00	43.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	11.25	12.50	12.50	13.75	15.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.504, df = 1, p-value = 0.4778

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.955, p-value = 0.6066

Grubbs test for one outlier

G.119 = 2.2034, U = 0.6284, p-value = 0.1188

alternative hypothesis: lowest value -15.1538461538462 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
--	----	--------	---------	---------	--------

moda	1	739.41	739.41	14.516	0.002166 **
------	---	--------	--------	--------	-------------

Residuals	13	662.19	50.94		
-----------	----	--------	-------	--	--

Annexe 47 : Sorties de l'analyse multifactorielle

Analyse de l'activité-densité

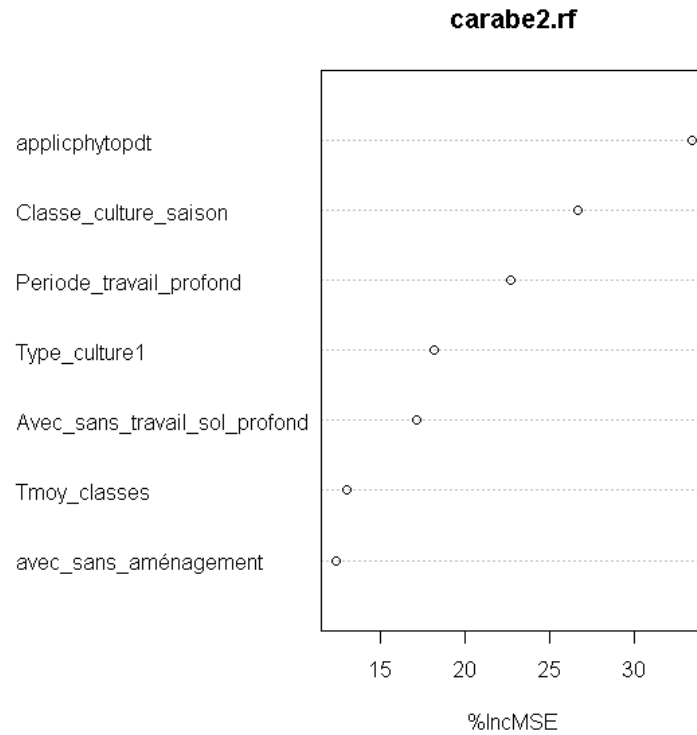
Type of random forest: regression

Number of trees: 500

No. of variables tried at each split: 2

Mean of squared residuals: 7346.1

% Var explained: 15.79



%IncMSE	
Type_culture1	18.18
Classe_culture_saison	26.66
applicphytopdt	33.35
Avec_sans_travail_sol_profond	17.14
avec_sans_aménagement	12.41
Periode_travail_profond	22.72
Tmoy_classes	13.07

Analyse de la richesse spécifique cumulée à la saison et à la parcelle

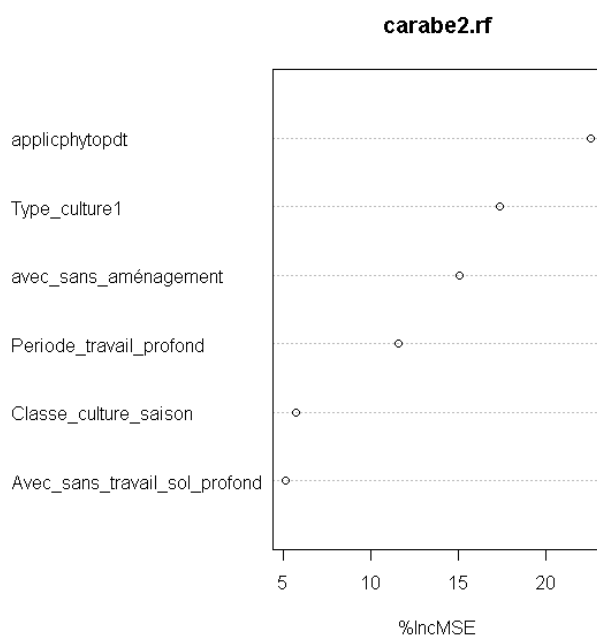
Type of random forest: regression

Number of trees: 500

No. of variables tried at each split: 2

Mean of squared residuals: 58.48358

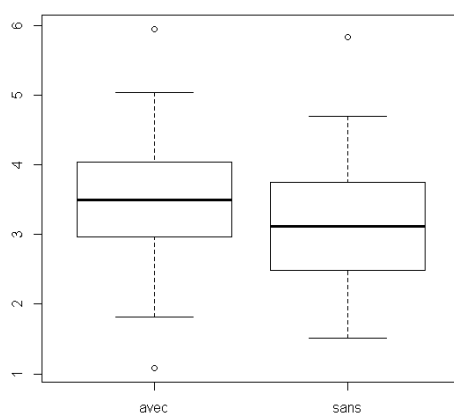
% Var explained: 29.47



%IncMSE	
Type_culture1	17.37
Classe_culture_saison	5.77
applicphytopdt	22.54
Avec_sans_travail_sol_profond	5.16
avec_sans_aménagement	15.05
Periode_travail_profond	11.61

Annexe 48 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement

n avec = 829, n sans = 276



avec

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	9.883	22.330	49.180	49.330	967.600

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	3.667	13.610	46.240	39.430	810.200

Bartlett test of homogeneity of variances

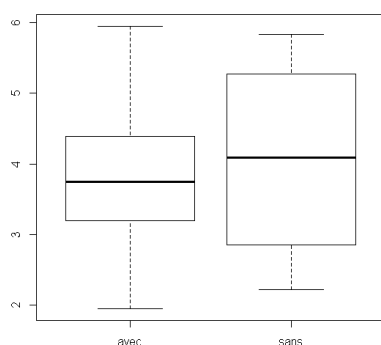
Bartlett's K-squared = 21.1813, df = 1, p-value = 4.178e-06

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9949, p-value = 0.0008703

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 28.2811, df = 1, p-value = 1.049e-07

Annexe 49 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement en région Centre

n avec = 401, n sans = 46

avec

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	14.17	27.69	64.73	67.67	967.60

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1.778	11.190	32.320	130.700	212.100	810.200

Bartlett test of homogeneity of variances

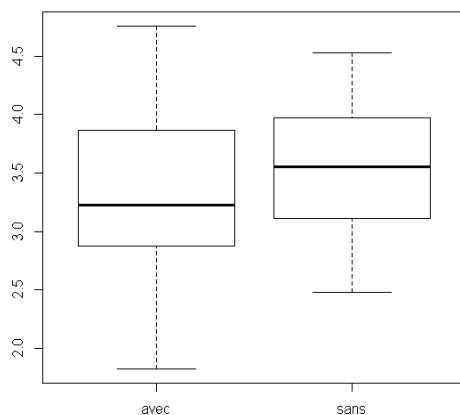
Bartlett's K-squared = 12.6137, df = 1, p-value = 0.0003829

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.987, p-value = 0.0005022

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.7591, df = 1, p-value = 0.3836

Annexe 50 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement en région Picardie

n avec = 193, n sans = 129

avec

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	6.944	17.170	39.000	43.440	348.200

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.6667	4.4440	15.4400	40.2700	51.3900	366.7000

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.5292, df = 1, p-value = 0.2162

Shapiro-Wilk normality test

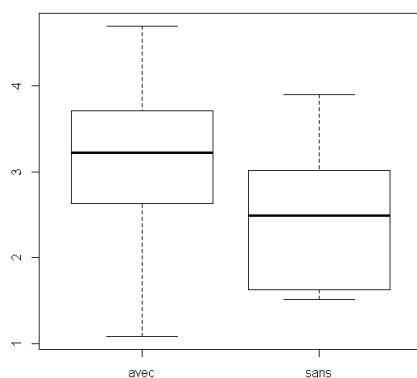
W = 0.9846, p-value = 0.001598

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.8383, df = 1, p-value = 0.3599

Annexe 51 : Abondance moyenne des carabes au sein des parcelles avec et sans aménagement en région Rhône-Alpes

n avec = 235, n sans = 101

**avec**

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	8.806	18.580	30.990	36.640	274.600

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	1.667	7.667	15.420	20.060	193.800

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.751, df = 1, p-value = 0.3862

Shapiro-Wilk normality test

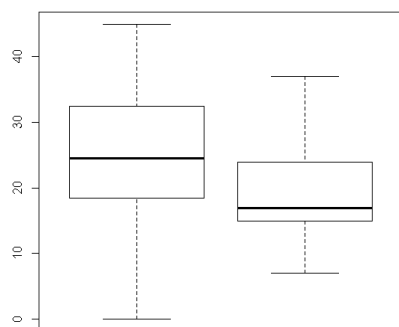
W = 0.9881, p-value = 0.007398

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 27.8744, df = 1, p-value = 1.295e-07

Annexe 52 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence ou non d'un aménagement

n avec = 76, n sans = 25



avec

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	18.75	24.50	24.96	32.25	45.00

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	15.00	17.00	18.88	24.00	37.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 4.8872, df = 1, p-value = 0.02706

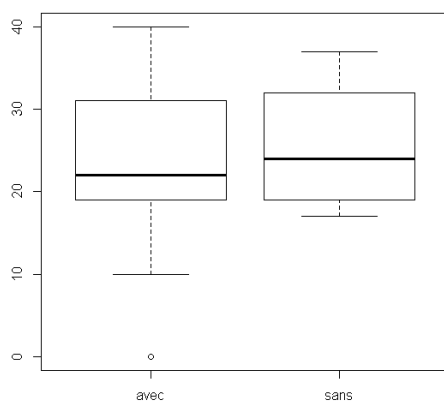
Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9836, p-value = 0.2427

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 9.0937, df = 1, p-value = 0.002565

Annexe 53 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence d'un aménagement ou non en région Centre



avec

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	19.00	22.00	23.43	31.00	40.00

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
17.0	20.0	24.0	25.5	29.5	37.0

n avec = 37, n sans = 4

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.086, df = 1, p-value = 0.7693

Shapiro-Wilk normality test

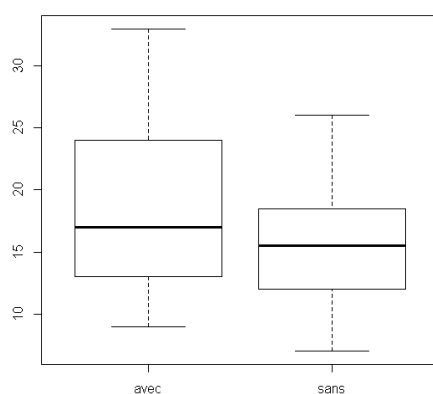
W = 0.9357, p-value = 0.02251

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.0698, df = 1, p-value = 0.7916

Annexe 54 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence d'un aménagement ou non en région Picardie

n avec = 18, n sans = 12



avec

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
9.00	13.25	17.00	19.06	23.75	33.00

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	12.50	15.50	15.75	18.25	26.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.7542, df = 1, p-value = 0.1853

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9553, p-value = 0.2333

Grubbs Test for one outlier

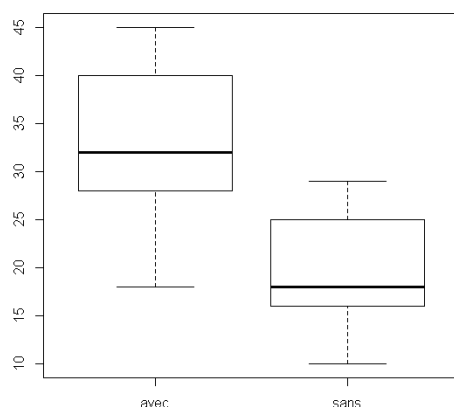
G.60 = 2.1045, U = 0.8420, p-value = 0.4443

alternative hypothesis: highest value 13.944444444444 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
avec_sans_aménagement	1	78.67	78.672	1.7302	0.1991
Residuals	28	1273.19	45.471		

Annexe 55 : Richesse spécifique cumulée en fonction de la présence d'un aménagement ou non en région Rhône-Alpes



avec

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
18.00	28.00	32.00	32.71	40.00	45.00

sans

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	16.00	18.00	20.11	25.00	29.00

n avec = 21, n sans = 9

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.8263, df = 1, p-value = 0.3633

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9524, p-value = 0.1964

Grubbs Test for one outlier

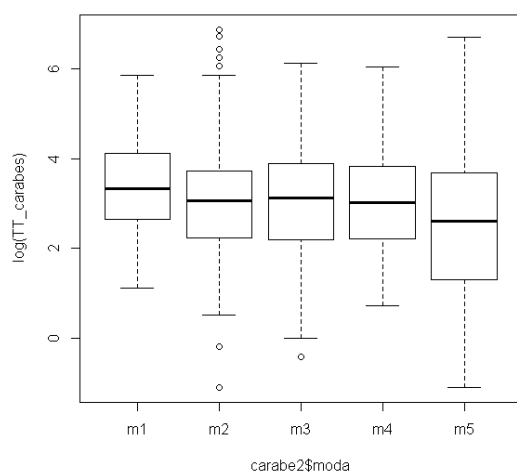
G.110 = 1.8839, U = 0.8734, p-value = 0.8046

alternative hypothesis: lowest value -14.7142857142857 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
avec_sans_aménagement	1	1000.7	1000.69	15.838	0.0004438 ***
Residuals	28	1769.2	63.18		

Annexe 56 : Abondance des carabes dans la parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 24.9514, df = 4, p-value = 5.145e-05

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9942, p-value = 0.001256

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 28.0629, df = 4, p-value = 1.211e-05

Analysis of relative effects

Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value
p(m1,m2)	0.417	[0.332 ; 0.507]	-2.506572184
p(m1,m3)	0.430	[0.332 ; 0.534]	-1.826465334
p(m1,m4)	0.422	[0.323 ; 0.528]	-2.014712194
p(m1,m5)	0.346	[0.273 ; 0.428]	-5.007609188
p(m2,m3)	0.503	[0.417 ; 0.588]	0.082505632
p(m2,m4)	0.507	[0.424 ; 0.589]	0.218995338
p(m2,m5)	0.410	[0.346 ; 0.477]	-3.629230559
p(m3,m4)	0.500	[0.403 ; 0.597]	0.007418024
p(m3,m5)	0.417	[0.339 ; 0.5]	-2.730722415
p(m4,m5)	0.409	[0.334 ; 0.488]	-3.119027662

0.015

Quantile p.Value.global

1 2.718464 0

m1

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.00 14.17 27.85 50.26 60.87 348.20

m2

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.000 9.333 21.250 51.680 40.830 967.600

m3

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.000 8.986 22.580 55.700 48.810 452.300

m4

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

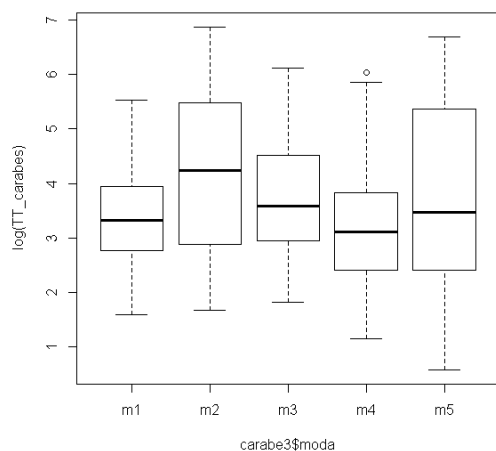
0.000 9.299 20.620 40.460 45.430 418.600

m5

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

0.000 3.667 13.610 46.240 39.430 810.200

Annexe 57 : Abondance des carabes par parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent en région Centre



n 1 = 74, n2 = 49, n3 = 49, n4 = 49, n5 = 46

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 33.2095, df = 4, p-value = 1.082e-06

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9898, p-value = 0.05905

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 14.398, df = 4, p-value = 0.006127

Analysis of relative effects

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value
	p.value.adjusted			
1	p(m1,m2)	0.656	[0.495 ; 0.789]	2.6148166
2	p(m1,m3)	0.585	[0.434 ; 0.722]	1.5207142
3	p(m1,m4)	0.429	[0.287 ; 0.583]	-1.2450811
4	p(m1,m5)	0.544	[0.375 ; 0.703]	0.6903550
5	p(m2,m3)	0.418	[0.272 ; 0.579]	-1.3784520
6	p(m2,m4)	0.306	[0.183 ; 0.464]	-3.2753491
7	p(m2,m5)	0.412	[0.266 ; 0.576]	-1.4544581
8	p(m3,m4)	0.366	[0.23 ; 0.526]	-2.2701931
9	p(m3,m5)	0.482	[0.322 ; 0.646]	-0.2924006
10	p(m4,m5)	0.587	[0.421 ; 0.734]	1.4160211

Mult.Distribution

Quantile p.Value.global

1 2.702496 0.009

m1

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

4.889 15.900 27.850 41.260 51.890 253.600

m2

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

5.333 17.920 68.770 160.000 238.200 967.600

m3

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

6.167 19.000 36.170 84.540 91.220 452.300

m4

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

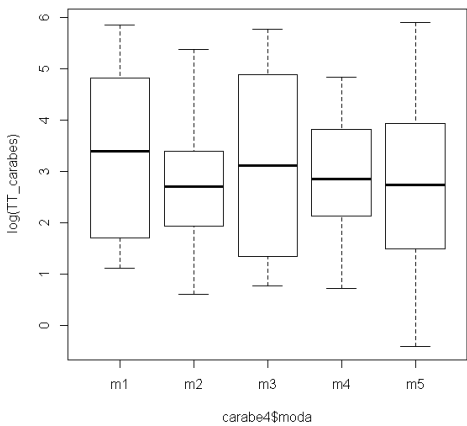
0.00 11.11 22.50 53.98 45.72 418.60

m5

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

1.778 11.190 32.320 130.700 212.100 810.200

Annexe 58 : Abondance des carabes par parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent en région Picardie



n 1 = 24, n2 = 89, n3 = 23, n4 = 57, n5 = 129

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 31.6827, df = 4, p-value = 2.221e-06

Shapiro-Wilk normality test

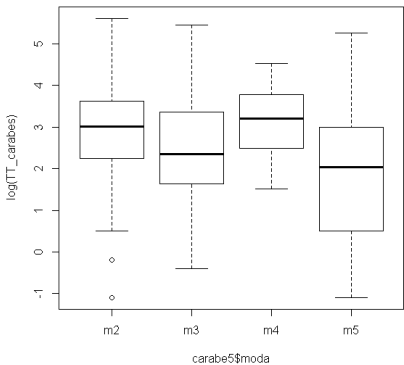
W = 0.9882, p-value = 0.01002

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 4.1463, df = 4, p-value = 0.3866

m1
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.000 5.646 30.000 78.010 123.200 348.200
m2
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
1.833 6.889 14.890 23.320 29.830 215.400
m3
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.000 3.944 22.580 76.750 133.200 321.900
m4
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.00 8.51 17.47 31.84 45.33 125.60
m5
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.6667 4.4440 15.4400 40.2700 51.3900 366.7000

Annexe 59 : Abondance des carabes par parcelle en fonction du type d'aménagement adjacent en région Rhône-Alpes



n 1 = 0, n2 = 154, n3 = 59, n4 = 22, n5 = 101

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.8769, df = 3, p-value = 0.5983

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9918, p-value = 0.06018

Grubbs Test for one outlier

G.1881 = 2.7157, U = 0.9779, p-value = 1

alternative hypothesis: highest value 3.22644634638935 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	57.76	19.2519	13.517	2.422e-08 ***
Residuals	332	472.85	1.4243		

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

m3 - m2 == 0	-0.4543	0.1827	-2.486	0.0596 .
m4 - m2 == 0	0.1901	0.2720	0.699	0.8928
m5 - m2 == 0	-0.9116	0.1528	-5.966	<0.001 ***
m4 - m3 == 0	0.6444	0.2981	2.162	0.1290
m5 - m3 == 0	-0.4573	0.1956	-2.339	0.0860 .
m5 - m4 == 0	-1.1017	0.2808	-3.924	<0.001 ***

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	9.583	20.330	33.600	37.020	274.600

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	5.167	10.440	23.540	28.940	232.300

m4

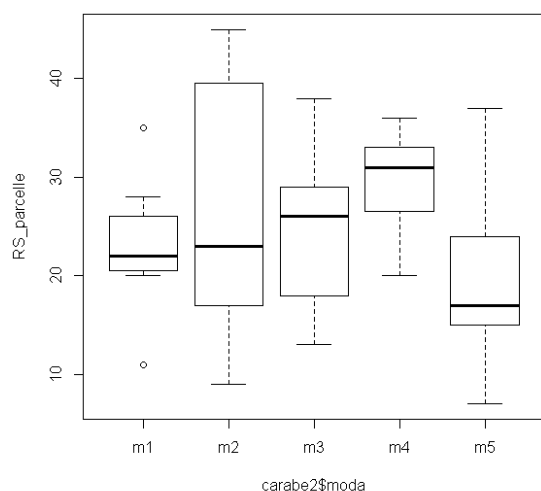
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.00	13.14	24.58	32.70	42.07	91.94

m5

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.000	1.667	7.667	15.420	20.060	193.800

Annexe 60 : Richesse spécifique cumulée par parcelle et saison en fonction du type d'aménagement adjacent

n 1 = 8, n2=27, n3=11, n4= 11, n5 = 25



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 12.1657, df = 4, p-value = 0.01616

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9814, p-value = 0.2807

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 14.2012, df = 4, p-value = 0.00668

	Comparison	rel.effect	confidence.interval	t.value
1	p(m1,m2)	0.569	[0.302 ; 0.802]	0.6840824
2	p(m1,m3)	0.517	[0.179 ; 0.84]	0.1171570
3	p(m1,m4)	0.784	[0.341 ; 0.962]	1.8118901
4	p(m1,m5)	0.320	[0.105 ; 0.655]	-1.4812388
5	p(m2,m3)	0.446	[0.219 ; 0.698]	-0.5617187
6	p(m2,m4)	0.599	[0.348 ; 0.807]	1.0713205
7	p(m2,m5)	0.308	[0.146 ; 0.537]	-2.3126597
8	p(m3,m4)	0.719	[0.345 ; 0.926]	1.6263521
9	p(m3,m5)	0.307	[0.11 ; 0.614]	-1.7401841
10	p(m4,m5)	0.115	[0.027 ; 0.375]	-3.6512029

1	p(m1,m2)	0.569	[0.302 ; 0.802]	0.6840824	0.984
2	p(m1,m3)	0.517	[0.179 ; 0.84]	0.1171570	1.000
3	p(m1,m4)	0.784	[0.341 ; 0.962]	1.8118901	0.392
4	p(m1,m5)	0.320	[0.105 ; 0.655]	-1.4812388	0.618
5	p(m2,m3)	0.446	[0.219 ; 0.698]	-0.5617187	0.995
6	p(m2,m4)	0.599	[0.348 ; 0.807]	1.0713205	0.870
7	p(m2,m5)	0.308	[0.146 ; 0.537]	-2.3126597	0.148
8	p(m3,m4)	0.719	[0.345 ; 0.926]	1.6263521	0.515
9	p(m3,m5)	0.307	[0.11 ; 0.614]	-1.7401841	0.438
10	p(m4,m5)	0.115	[0.027 ; 0.375]	-3.6512029	0.002

Mult.Distribution

Quantile p.Value.global

1 2.737147 0.002

m1

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

11.00 20.75 22.00 22.88 25.00 35.00

m2

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

9.00 17.00 23.00 26.59 39.50 45.00

m3

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

13.00 18.00 26.00 24.09 29.00 38.00

m4

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

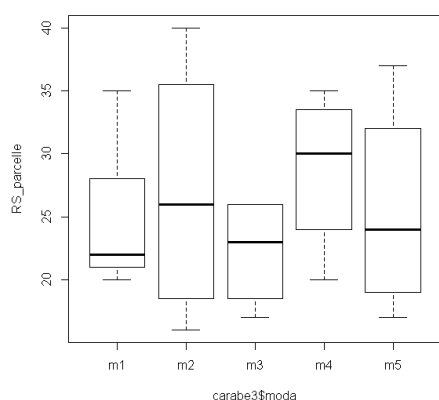
20.00 26.50 31.00 29.45 33.00 36.00

m5

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.

7.00 15.00 17.00 18.88 24.00 37.00

Annexe 61 : Richesse spécifique cumulée par parcelle et saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Centre



n 1 = 6, n2=4, n3=4, n4= 4, n5 = 4

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 2.6047, df = 4, p-value = 0.626

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9613, p-value = 0.5162

Grubbs Test for one outlier

G.50 = 1.9600, U = 0.8084, p-value = 0.4575

alternative hypothesis: highest value 13 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	4	97.62	24.405	0.4491	0.7717
Residuals	17	923.83	54.343		

m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
20.00	21.25	22.00	24.67	26.50	35.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	19.75	26.00	27.00	33.25	40.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
17.00	19.25	23.00	22.25	26.00	26.00

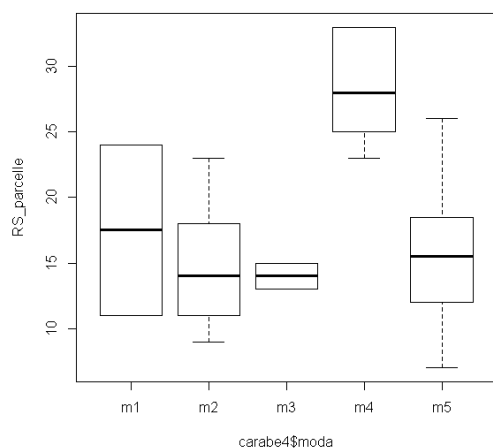
m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
20.00	26.00	30.00	28.75	32.75	35.00

m5

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
17.0	20.0	24.0	25.5	29.5	37.0

Annexe 62 : Richesse spécifique cumulée à la parcelle et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Picardie



n 1 = 2, n2=9, n3=2, n4= 5, n5 = 12

m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	14.25	17.50	17.50	20.75	24.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
9.00	11.00	14.00	15.33	18.00	23.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
13.0	13.5	14.0	14.0	14.5	15.0

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
23.0	25.0	28.0	28.4	33.0	33.0

m5

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
7.00	12.50	15.50	15.75	18.25	26.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 2.3576, df = 4, p-value = 0.6703

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9789, p-value = 0.7946

Grubbs Test for one outlier

G.54 = 2.1552, U = 0.8343, p-value = 0.3838

alternative hypothesis: highest value 10.25 is an outlier

Analysis of Variance Table

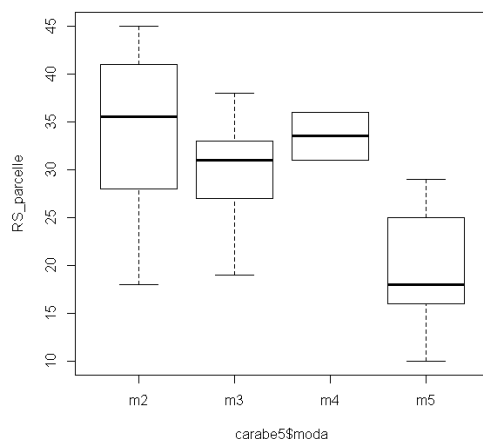
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	4	695.92	173.979	6.6308	0.000882 ***
Residuals	25	655.95	26.238		

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m2 - m1 == 0	-2.1667	4.0043	-0.541	0.9807
m3 - m1 == 0	-3.5000	5.1223	-0.683	0.9552
m4 - m1 == 0	10.9000	4.2856	2.543	0.1056
m5 - m1 == 0	-1.7500	3.9122	-0.447	0.9905
m3 - m2 == 0	-1.3333	4.0043	-0.333	0.9969
m4 - m2 == 0	13.0667	2.8571	4.573	<0.001 ***
m5 - m2 == 0	0.4167	2.2587	0.184	0.9997
m4 - m3 == 0	14.4000	4.2856	3.360	0.0177 *
m5 - m3 == 0	1.7500	3.9122	0.447	0.9905
m5 - m4 == 0	-12.6500	2.7266	-4.640	<0.001 ***

Annexe 63 : Richesse spécifique cumulée à la parcelle et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Rhône-Alpes



n 1 = 0, n2=14, n3=5, n4=2, n5 =9

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
18.00	28.50	35.50	33.71	41.00	45.00

18.00	28.50	35.50	33.71	41.00	45.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
19.0	27.0	31.0	29.6	33.0	38.0

19.0	27.0	31.0	29.6	33.0	38.0
------	------	------	------	------	------

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
31.00	32.25	33.50	33.50	34.75	36.00

31.00	32.25	33.50	33.50	34.75	36.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------

m5

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
10.00	16.00	18.00	20.11	25.00	29.00

10.00	16.00	18.00	20.11	25.00	29.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 2.1267, df = 3, p-value = 0.5465

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9447, p-value = 0.1216

Grubbs Test for one outlier

G.110 = 2.0492, U = 0.8502, p-value = 0.5192

alternative hypothesis: lowest value -15.7142857142857 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	1064.4	354.81	5.4091	0.005 **
Residuals	26	1705.5	65.59		

moda	3	1064.4	354.81	5.4091	0.005 **
------	---	--------	--------	--------	----------

Residuals	26	1705.5	65.59
-----------	----	--------	-------

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m3 - m2 == 0	-4.1143	4.2195	-0.975	0.75581
m4 - m2 == 0	-0.2143	6.1223	-0.035	0.99998
m5 - m2 == 0	-13.6032	3.4603	-3.931	0.00286 **
m4 - m3 == 0	3.9000	6.7761	0.576	0.93559
m5 - m3 == 0	-9.4889	4.5174	-2.101	0.17118
m5 - m4 == 0	-13.3889	6.3313	-2.115	0.16698

m3 - m2 == 0	-4.1143	4.2195	-0.975	0.75581
--------------	---------	--------	--------	---------

m4 - m2 == 0	-0.2143	6.1223	-0.035	0.99998
--------------	---------	--------	--------	---------

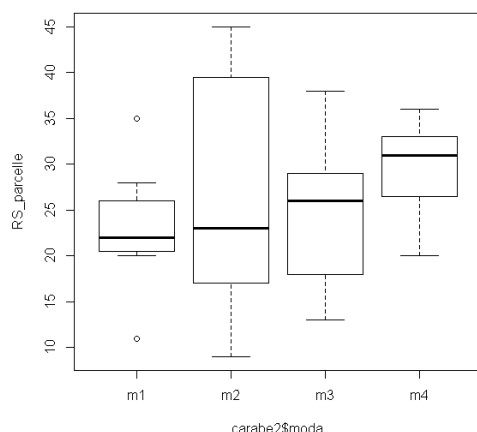
m5 - m2 == 0	-13.6032	3.4603	-3.931	0.00286 **
--------------	----------	--------	--------	------------

m4 - m3 == 0	3.9000	6.7761	0.576	0.93559
--------------	--------	--------	-------	---------

m5 - m3 == 0	-9.4889	4.5174	-2.101	0.17118
--------------	---------	--------	--------	---------

m5 - m4 == 0	-13.3889	6.3313	-2.115	0.16698
--------------	----------	--------	--------	---------

Annexe 64 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	20.75	22.00	22.88	25.00	35.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
9.00	17.00	23.00	26.59	39.50	45.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
13.00	18.00	26.00	24.09	29.00	38.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
20.00	26.50	31.00	29.45	33.00	36.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 0.4053, df = 3, p-value = 0.9391

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9727, p-value = 0.2242

Grubbs Test for one outlier

G.50 = 3.1196, U = 0.8231, p-value = 0.03204

alternative hypothesis: highest value 22.3703703703704 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	629.43	209.809	3.8616	0.01427 *
Residuals	53	2879.63	54.333		

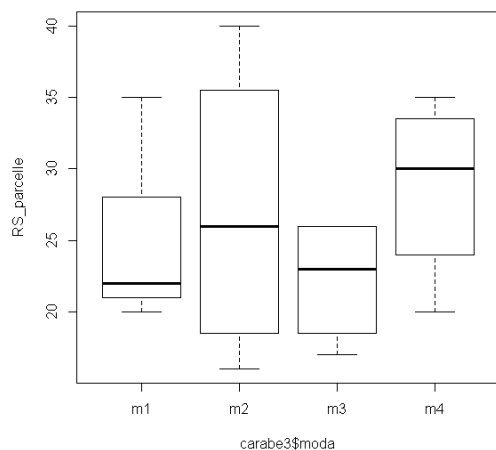
Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m2 - m1 == 0	-3.995	2.967	-1.347	0.53273
m3 - m1 == 0	-2.080	3.425	-0.607	0.92794
m4 - m1 == 0	4.830	3.425	1.410	0.49349
m3 - m2 == 0	1.916	2.637	0.727	0.88385
m4 - m2 == 0	8.825	2.637	3.347	0.00797 **
m4 - m3 == 0	6.909	3.143	2.198	0.13416

Annexe 65 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Centre

n 1 = 6, n2 = 4, n3 = 4, n4 = 4



m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
20.00	21.25	22.00	24.67	26.50	35.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
16.00	19.75	26.00	27.00	33.25	40.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
17.00	19.25	23.00	22.25	26.00	26.00

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
20.00	26.00	30.00	28.75	32.75	35.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 2.1129, df = 3, p-value = 0.5493

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9671, p-value = 0.7423

Grubbs Test for one outlier

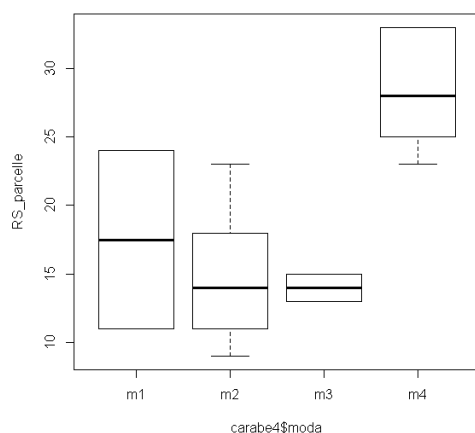
G.50 = 2.1840, U = 0.7029, p-value = 0.1739

alternative hypothesis: highest value 14.25 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	256.69	85.565	1.6551	0.222
Residuals	14	723.75	51.696		

Annexe 66 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Picardie



Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 1.6316, df = 3, p-value = 0.6523

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9831, p-value = 0.9764

Grubbs Test for one outlier

G.68 = 2.0545, U = 0.7371, p-value = 0.2661

alternative hypothesis: highest value 8.33333333333333 is an outlier

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
moda	3	512.74	170.915	8.5549	0.001782 **
Residuals	14	279.70	19.979		

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
m2 - m1 == 0	-3.333	3.494	-0.954	0.77014
m3 - m1 == 0	-8.500	4.470	-1.902	0.26371
m4 - m1 == 0	7.400	3.740	1.979	0.23472
m3 - m2 == 0	-5.167	3.494	-1.479	0.46562
m4 - m2 == 0	10.733	2.493	4.305	0.00329 **
m4 - m3 == 0	15.900	3.740	4.252	0.00374 **

m1

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
11.00	14.25	17.50	17.50	20.75	24.00

m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
9.00	11.00	14.00	15.33	18.00	23.00

m3

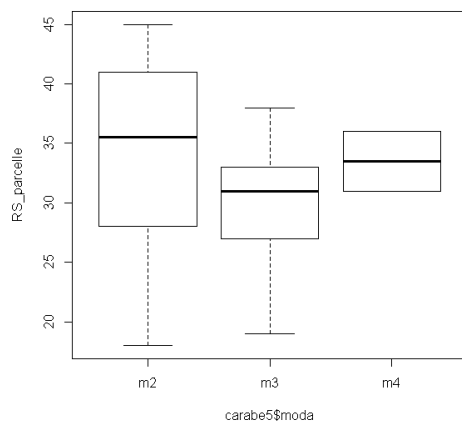
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
13.0	13.5	14.0	14.0	14.5	15.0

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
23.0	25.0	28.0	28.4	33.0	33.0

Annexe 67 : Richesse spécifique cumulée à l'aménagement et la saison en fonction du type d'aménagement adjacent en région Rhône-Alpes

n 1 = 2, n2 = 9, n3 = 2, n4 = 5



m2

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
18.00	28.50	35.50	33.71	41.00	45.00

m3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
19.0	27.0	31.0	29.6	33.0	38.0

m4

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
31.00	32.25	33.50	33.50	34.75	36.00

Bartlett test of homogeneity of variances

Bartlett's K-squared = 2.0174, df = 2, p-value = 0.3647

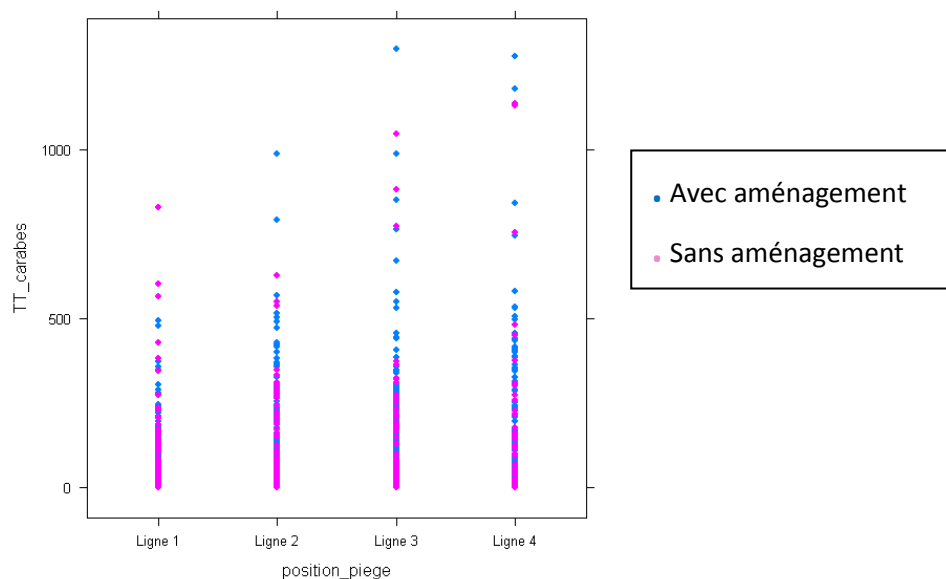
Shapiro-Wilk normality test

W = 0.8242, p-value = 0.001574

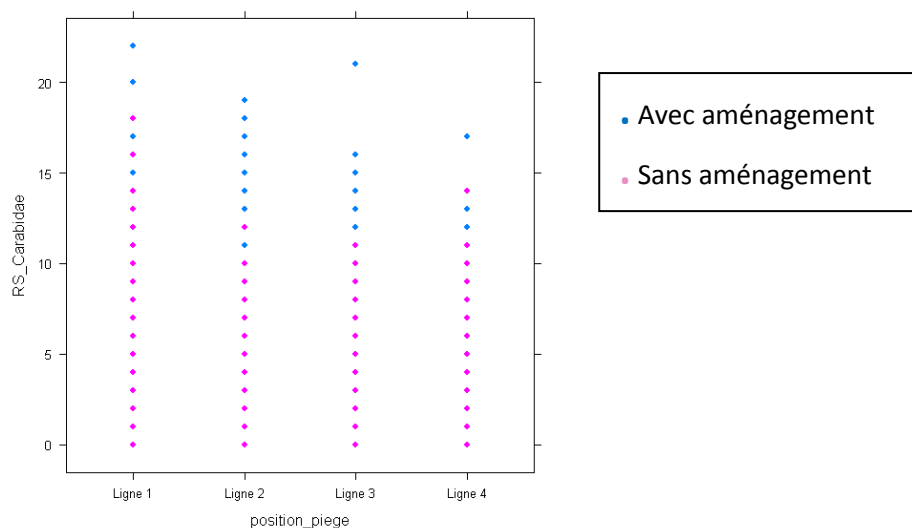
Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 3.5239, df = 2, p-value = 0.1717

Annexe 68 : Dynamique de l'activité-densité des carabes dans la parcelle en fonction de la présence d'un aménagement ou non



Annexe 69 : Dynamique de la richesse spécifique des carabes dans la parcelle en fonction de la présence d'un aménagement ou non



Annexe 70 : Les variables à expliquer complémentaires à intégrer aux études futures

A- La constance d'une espèce

Une espèce constante est une espèce qui se retrouve dans les pots de façon régulière à un endroit donné. L'indice de constance est à prendre en compte pour déterminer des espèces indicatrices de certains milieux et /ou pratiques. Cet indice est à moduler selon les capacités d'adaptation de l'espèce étudiée : une espèce sténoèce sera une meilleure espèce indicatrice d'une pratique culturelle donnée qu'une espèce euryèce.

B- Indices de diversité et d'équitabilité

Indices de diversité

L'utilisation d'indices de diversité permet d'avoir une approche plus complète que la simple utilisation de la richesse spécifique. Cette dernière ne tient en effet pas compte des différences d'effectifs entre les espèces. Pour un nombre égal d'espèces, un peuplement sera plus diversifié si les espèces qui le composent sont présentes en nombres similaires que si des espèces sont très majoritaires et d'autres très rares.

L'indice de Shannon :

L'indice de Shannon est parmi les plus connus et les plus utilisés pour mesurer la biodiversité.

Il est basé sur la notion d'entropie (en

Cet indice varie de 0 à $\ln S$.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

L'indice de Shannon est maximal quand tous les individus sont répartis de façon équivalente entre toutes les espèces présentes.

Source : Site IFREMER

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

p_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante : $p_i = n_i / N$ où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces)

L'indice de Simpson et l'indice de biodiversité de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard dans un milieu donné appartiennent à la même espèce.

$$D = \sum \frac{n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

D : Indice de Simpson

n_i : nombre d'individus pour l'espèce i .

N : effectif total.

L'indice variera entre 0 et 1. Plus il se rapproche de 0, plus les chances d'obtenir des individus d'espèces différentes sont élevées et donc plus la diversité est maximale. La valeur

1-D (indice de biodiversité de Simpson) est aussi utilisée pour rendre l'interprétation plus intuitive : la valeur 1 correspond alors au maximum de diversité (DUMONT M ; 2008).

L'indice de Hill

Il est intéressant d'utiliser de façon complémentaire l'indice de Shannon et celui de Simpson. En effet, le premier a tendance à donner un poids important aux espèces rares comparativement au second qui donne un poids important aux espèces abondantes et néglige les espèces rares. C'est ce que fait l'indice de Hill, cet indice lie l'indice de Shannon à celui de Simpson par la formule :

$$\text{Hill} = (1/\lambda)/e^{H'}$$

$1/\lambda$: c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

$e^{H'}$: c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1, et plus la diversité est faible. Pour faciliter l'interprétation, 1-Hill peut être utilisé.

Indice d'équitabilité ou d'équirépartition

Il présente l'intérêt d'être insensible à la richesse spécifique et peut-être utilisé dans le cas où l'on se trouve en présence de peuplements avec des nombres d'espèces différents. Ce dernier est le rapport entre l'indice de diversité (Shannon, Simpson...) et l'indice théorique maximal dans le peuplement (H'_{\max} ou D_{\max}), c'est-à-dire l'indice pour un peuplement où toutes les espèces auraient le même effectif. Pour Shannon on obtient :

$$H'_{\max} = \log S, \text{ d'où } E = H' / H'_{\max} = H' / \log S$$

(LAMOTTE M ; 1995).

