



LABORATOIRE D'ECO-ENTOMOLOGIE

5, rue Antoine Mariotte

F-45000 ORLEANS

contact@laboratoireecoentomologie.com

Tel : 09.54.69.24.14 / 06.85.55.87.21

Etude de la faune terricole Projet ICIBA (Intérêts des Cultures Innovantes de Blé Associé)

Année 2020



Julie LEROY et Jean-David CHAPELIN-VISCARDI

JUIN 2022



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation

l'institut Agro

agriculture - alimentation - environnement



Etude de la faune terricole

Projet ICIBA (Intérêts des Cultures Innovantes de Blé Associé)

Année 2020

Référence :

LEROY J. & CHAPELIN-VISCARDI J.-D., 2022. – *Etude de la faune terricole, projet ICIBA (Intérêts des Cultures Innovantes de Blé Associé)*. Année 2020. Rapport du Laboratoire d'Eco-Entomologie, 32 p.

Photo de couverture :

- Une parcelle dans le 28 (SCAEL), suivie en 2020 (18 novembre) (cliché T. Manceau).
- *Nebria salina*, carabe présent sur l'exploitation (cliché J.-D. Chapelin-Viscardi).

Ce document est un rapport d'étude. Il n'est, en aucun cas, reconnu comme une publication scientifique. Les informations et données contenues dans ce rapport sont la propriété du Laboratoire d'Eco-Entomologie et des partenaires du projet. Elles ne peuvent être utilisées ou diffusées sans l'accord préalable des propriétaires.

Sommaire

LE LABORATOIRE D'ECO-ENTOMOLOGIE	3
INTRODUCTION	4
CONTEXTE ET SECTEUR D'ETUDE	5
MATERIELS ET METHODES	7
Relevés de terrain 2020.....	7
Analyses en laboratoire	8
Analyses des données.....	9
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	9
Résultats généraux	9
Les communautés de Carabes	10
Résultats par parcelle	12
Effet des cultures associées blé – féverole sur la faune terricole	12
Effet des cultures associées blé – féverole dans le 28.....	13
Effet des cultures associées blé – féverole dans le 45.....	16
Effet des cultures associées blé – féverole dans le 18.....	19
Effet des cultures associées blé – féverole dans le 36.....	22
Discussion	25
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	26
REMERCIEMENTS	27
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	27
ANNEXES	29

LE LABORATOIRE D'ECO-ENTOMOLOGIE

Le Laboratoire d'Eco-Entomologie est un laboratoire privé situé à Orléans, composé d'entomologistes professionnels et d'un réseau de spécialistes. C'est une structure scientifique et un établissement d'accompagnement des instituts de recherche publics et privés ou de bureaux d'études dans l'analyse de leurs échantillons, prélevés dans le cadre de protocoles scientifiques, d'inventaires faunistiques...

Les entomologistes réalisent également des expertises agro-écologiques de sites pour des exploitants agricoles, des collectivités territoriales, des chambres d'agriculture ou des instituts techniques. C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude.

La valorisation des études et la diffusion des connaissances sont assurées par la publication d'articles scientifiques et la dispense de formations ou de conférences.

L'ensemble de nos activités contribue à mieux connaître et faire connaître les insectes dans leurs milieux. Régulièrement, des travaux de synthèse sur les connaissances de la biodiversité départementale ou régionale sont entrepris.

Le Laboratoire dispose d'une riche bibliographie (environ 13 000 titres), d'une collection de référence fournie (environ 32 000 spécimens) ainsi qu'une base de données entomologiques importante (plus d'un million d'individus renseignés).

Les activités et les références des productions du laboratoire sont consultables sur notre site internet (www.laboratoireecoentomologie.com) (Figure 1). Les actualités sont régulièrement mises à jour sur la page Facebook du laboratoire : <https://www.facebook.com/laboeoentomo>.

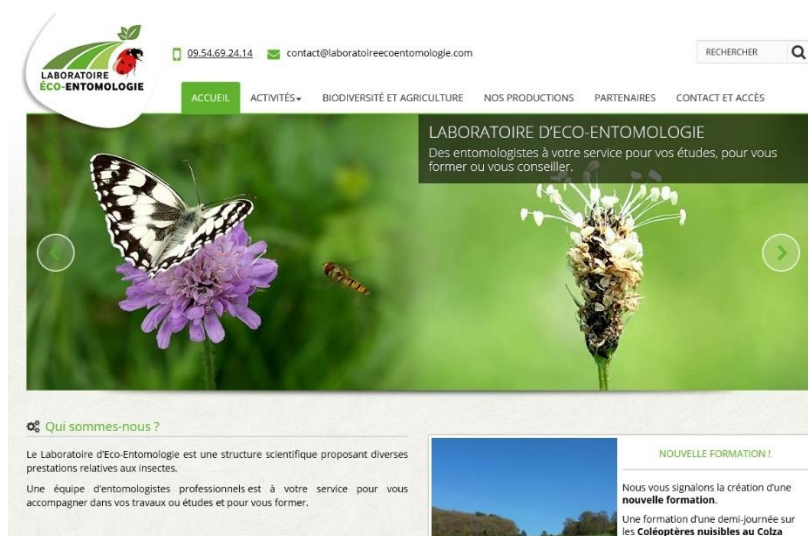


Figure 1. Page d'accueil du site internet du Laboratoire d'Eco-Entomologie.

INTRODUCTION

Le Laboratoire d'Eco-Entomologie a été sollicité par la Chambre régionale d'Agriculture pour réaliser l'analyse de la faune terricole collectée dans un réseau de parcelles agricoles des départements du Loiret, d'Eure-et-Loir, du Cher et de l'Indre dans le cadre du projet ICIBA.

L'étude a pour objectifs de fournir des éléments de connaissance de la faune terricole présente dans les parcelles, de mettre en évidence des informations agro-écologiques en lien avec les pratiques culturales (cultures de blé avec ou sans plantes compagnes à l'automne). L'étude concerne en particulier les Coléoptères Carabidés, mais les Coléoptères Staphylinidés, les Opilions et les Araignées seront également intégrés aux analyses.

Les Carabidés (Figure 2) forment une des familles de Coléoptères les plus diversifiées avec près de 1 100 espèces en France (COULON *et al.*, 2011). Ce sont des insectes couramment étudiés en milieu agricole pour leur potentiel entomophage et malacophage. Ces organismes sont, pour une large part, des prédateurs à l'état adulte. De plus, la grande majorité des espèces sont prédatrices ou parasitoïdes terricoles à l'état larvaire (LAROCHELLE, 1990 ; SASKA & HONEK, 2004 ; KOTZE *et al.*, 2011). Ils constituent de bons auxiliaires des cultures du fait de leur omniprésence dans les agrosystèmes et de leur action de régulation naturelle des organismes nuisibles, tels les limaces ou les pucerons (SCHELLER, 1984 ; DAJOZ, 1989 ; KROMP, 1999 ; BOYER *et al.*, 2017).

Leur écologie est bien connue, l'identification est relativement aisée et leur capacité de colonisation des milieux récents est importante. Ils sont de bons indicateurs de l'évolution des habitats (GEORGES, 2004) et la réponse des Carabidés à une perturbation est considérée représentative de celle de l'ensemble des arthropodes du milieu (BULAN & BARRETT, 1971). Ce sont donc de bons indicateurs de biodiversité, utilisés dans les études sur l'effet des aménagements extra-parcellaires (bandes enherbées, haies, etc.) et des pratiques culturales (MILLAN DE LA PENA, 2003 ; RAINIO & NIEMELA, 2003 ; KOTZE *et al.*, 2011).

Cette étude a pour vocation de s'intéresser également aux Araignées et aux Opilions, arthropodes prédateurs opportunistes et aux Coléoptères Staphylinidés (ou Staphylins), prédateurs opportunistes pour la plupart, mais également parasites ou détritivores. Ces trois autres groupes d'arthropodes terricoles sont considérés, dans leur globalité, comme des auxiliaires de cultures (BOYER *et al.*, 2017).



Figure 2. *Pterostichus melanarius* est un consommateur de limaces (cliché A. Rouabah, INRA Nancy).

CONTEXTE ET SECTEUR D'ETUDE

Le secteur concerné par cette étude est la région Centre-Val de Loire, et notamment les départements du Loiret, d'Eure-et-Loir, du Cher et de l'Indre. Le blé est une culture majeure en France et en région Centre-Val de Loire notamment, pour laquelle il représente la première production régionale. Or, la culture de blé nécessite l'utilisation d'intrants chimiques ayant un impact sur l'environnement. Conjugué à l'interdiction de certains traitements depuis 2018, cette culture se retrouve fortement impactée par les insectes d'automne. Il est donc important de trouver des solutions alternatives et respectueuses de l'environnement, dont l'utilisation de plantes compagnes d'automne, pour maintenir la production. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude.

Les parcelles de blé suivies cette année sont au nombre de 10. Trois parcelles dans le Cher (18), deux parcelles dans l'Eure-et-Loir (28), deux parcelles dans l'Indre (36) et trois parcelles dans le Loiret (45) (Figures 3 et 4a, b, c ; Tableau I). Les parcelles de blé présentent deux modalités en leur sein : une bande de blé pur et une bande de blé + culture associée (féverole en 2020). Les parcelles n'ont pas toutes vu leur sol être travaillé.

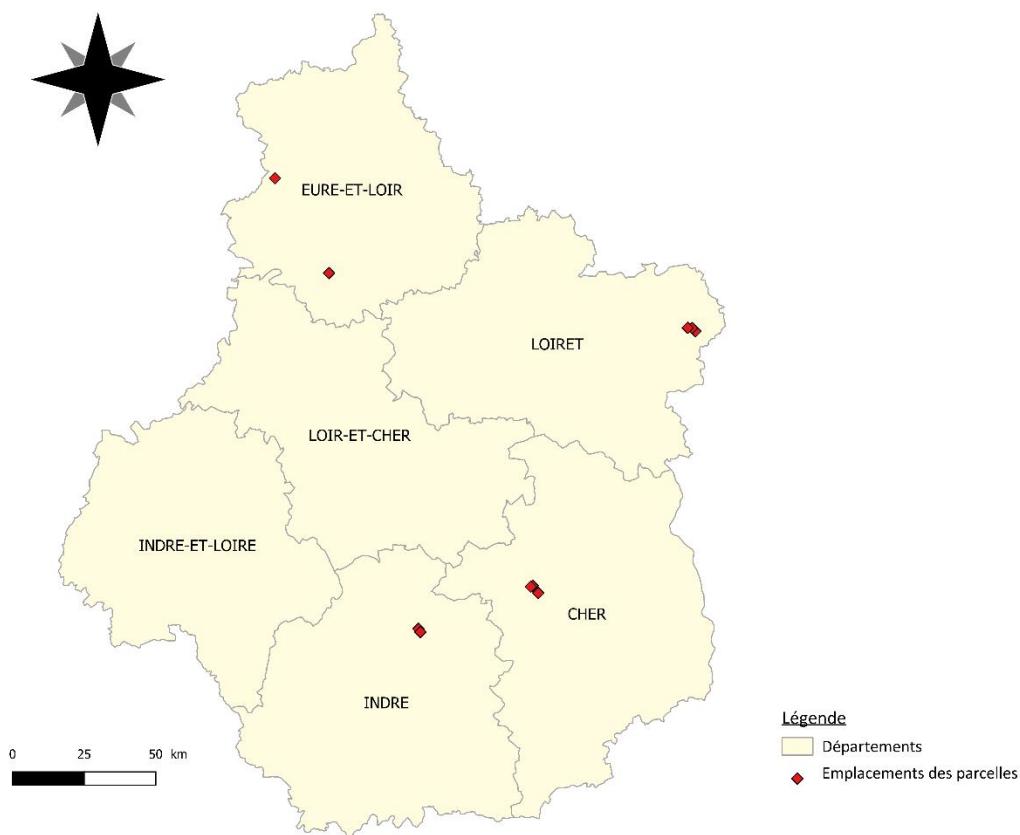


Figure 3. Emplacement des 10 parcelles de blé suivies en 2020 (conception cartographie J. Leroy (LEE)).

Tableau I. Caractéristiques des parcelles suivies en 2020 et dates de suivi.

ORDRE SITE	DEPART EMENT	COMMUNE	LIEU DIT / PRECISIONS	AUTRES INFOS	CULTURE	DATES DE SUIVI	NOTE COUVERTURE B1
1	18	MEHUN sur YEVRE		le long D68/parcelle 25 section ZM et parcelle 10 section ZM	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	21/10/2020 – 13/11/2020	5/5
2	18	ALLOUIS	La Thuasnerie	le long D20/parcelle 14 section ZL	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	21/10/2020 – 13/11/2020	3/5
3	18	ALLOUIS	Avant Id les Treilles	parcelle 31 section ZM	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	21/10/2020 – 13/11/2020	4/5
4	28	LOGRON	proche Id Auteloup	parcelle 1 section ZS	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	16/10/2020 – 13/11/2020	4/5
5	28	SAINT ELIPH	proche Id Le taillis	parcelle 37 section ZP	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	16/10/2020 – 13/11/2020	3/5
6	36	BOUGES LE CHÂTEAU	proche Id Le paradis	parcelle 28 section ZE	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	20/10/2020 – 12/11/2020	3/5
7	36	LINIEZ	Les Courcevaux	parcelle 1846 section OA	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	20/10/2020 – 12/11/2020	4/5
8	45	TRIGUERES	La Chaume	parcelle 3 et 28 section YI	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	16/10/2020 – 13/11/2020	3/5
9	45	CHUELLES	Les Logues	parcelle 25 section ZT	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	16/10/2020 – 13/11/2020	4/5
10	45	CHUELLES	Les Lucas	parcelle 26 section OH	Blé (BO) et Blé + féverole (B1)	16/10/2020 – 13/11/2020	4/5



Figure 5. Schéma du dispositif expérimental.

Analyses en laboratoire

Les échantillons collectés durant l'étude ont tous été analysés (Figure 6). Un tri, un comptage et une détermination au plus haut rang taxonomique ont été effectués. Pour cela, nous avons eu recours aux clés de détermination disponibles dans la littérature et nous avons effectué une comparaison avec du matériel de référence contenu dans les collections du Laboratoire (Figure 6). Au total, 420 pots ont été étudiés.

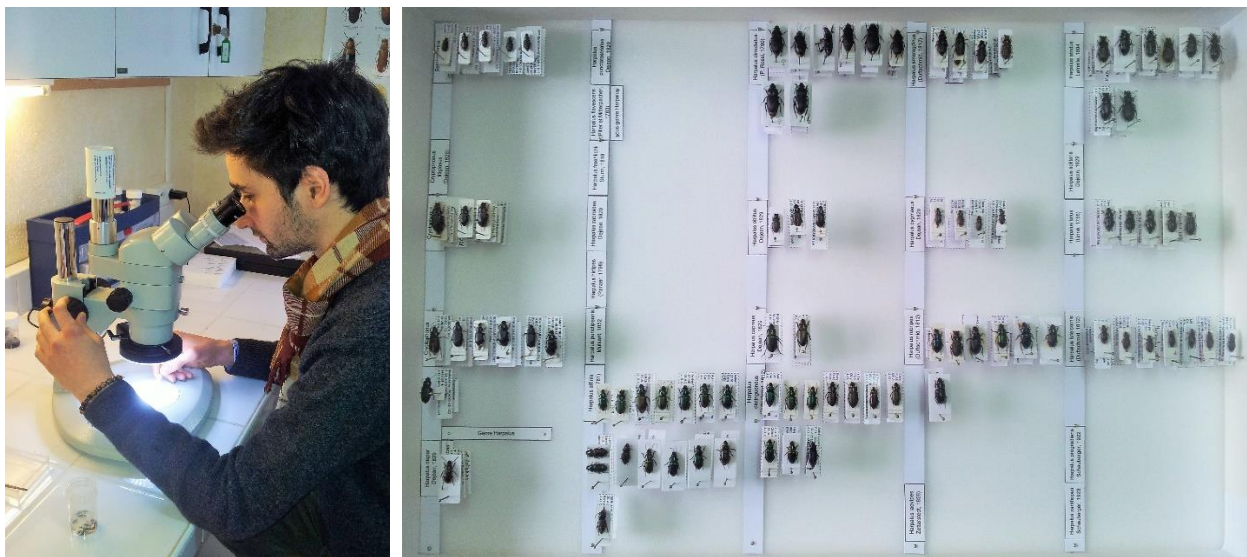


Figure 6. Gauche : analyse sous loupe binoculaire. Droite : une collection de référence de Carabidés (clichés J.-D. Chapelin-Viscardi).

Analyses des données

Les analyses du jeu de données, en fonction du type de culture (blé seul ou blé + féverole), seront réalisées en considérant certains facteurs comme nuls ou peu influents : le climat (celui-ci est identique au sein de chaque secteur étudié), l'effet des aménagements périphériques, l'historique des parcelles (cultures et itinéraires techniques), le succès de développement de la plante compagne, le type de sol, les dates de semis de la culture, etc.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Résultats généraux

Cette saison, **7 700 arthropodes** ont été collectés et étudiés. Parmi ces spécimens, 156 étaient des Araignées, 6 948 des Carabidés, 99 des Staphylins et 497 des Opilions.

La distribution des effectifs moyens par parcelles est présentée en Figure 7. Les évolutions observées au cours du temps, peuvent être liées aux phénologies des espèces, à des pratiques agricoles mais également aux conditions météorologiques. De plus, il est important de relever que chaque taxon évolue différemment au cours du temps.

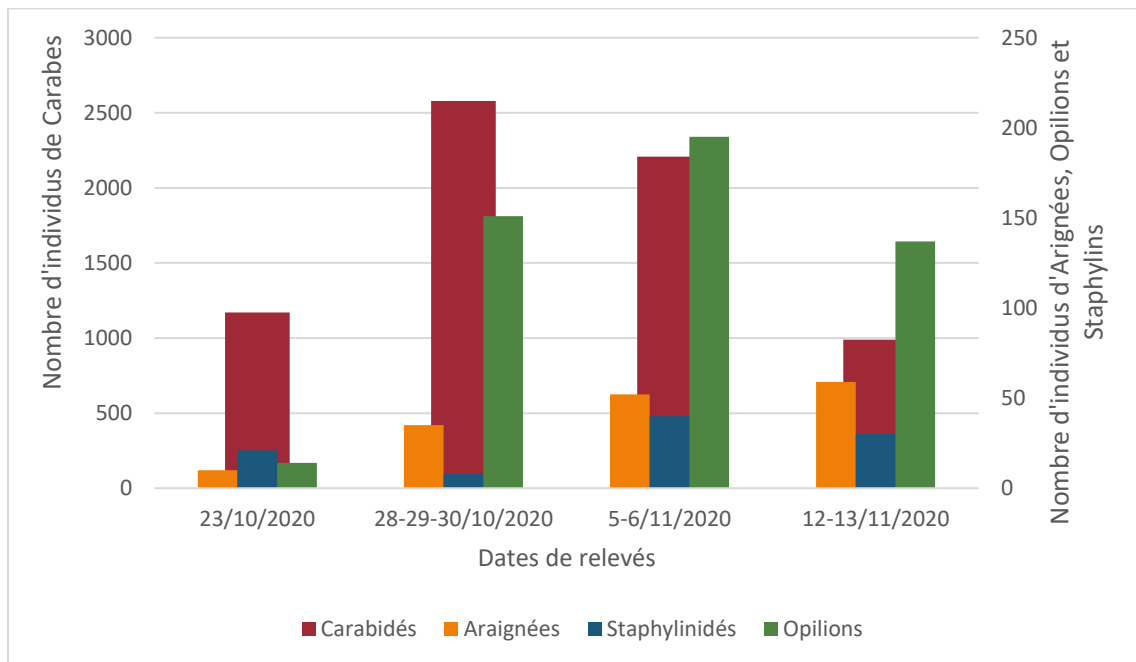


Figure 7. Évolution des effectifs moyens de Carabes, Staphylins, Opilions et Araignées durant la période de suivi (N = 156 araignées, 6 948 Carabes, 99 Staphylins et 497 Opilions).

Les Carabidés, insectes ciblés par l'étude, sont les mieux représentés. Si l'on s'intéresse au recrutement des espèces au cours de la saison (Figure 8), on s'aperçoit que la courbe d'accumulation n'atteint pas encore de saturation, ce qui permet de considérer que

l'échantillonnage des espèces n'est pas satisfaisant pour les parcelles concernées et la saison étudiée. Une semaine de relevés complémentaires aurait peut-être pu permettre l'obtention de la saturation.

Toutefois, le nombre d'individus collectés étant supérieur à 3 000, il est alors envisageable de faire par la suite une analyse globale des communautés rencontrées.

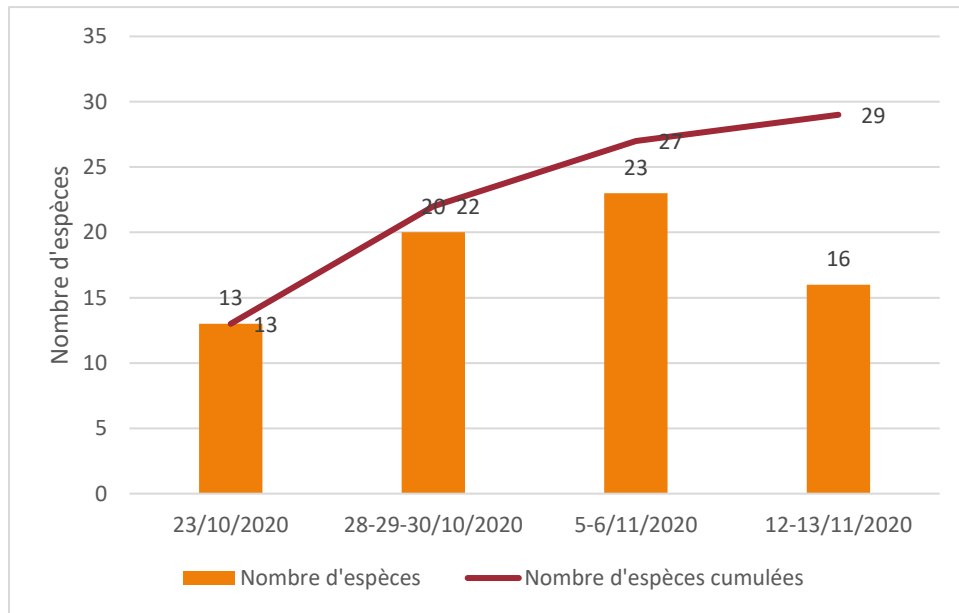


Figure 8. Évolution du nombre hebdomadaire d'espèces et du nombre cumulé d'espèces de Carabes au cours de la période de suivi 2020.

Les communautés de Carabes

Quasiment l'ensemble des Carabidés sont liées aux milieux ouverts, le reste des effectifs concernent principalement des espèces ubiquistes (Carabes qui se trouvent dans différents milieux) (Figure 9). La présence des Carabidés de milieux humides et de milieux fermés est anecdotique. L'écologie d'une espèce est inconnue.

Les espèces de milieux ouverts sont souvent des espèces prairiales qui se trouvent régulièrement dans les agrosystèmes. Ce patron de distribution est alors typique des zones agricoles ouvertes, présentant peu de structures écologiques « de diversification des habitats » telles les haies, boqueteaux, bois, cours d'eau ou encore mares agricoles.

A noter que qu'une espèce de Carabes, *Nebria salina*, représente plus de 95% des effectifs de Carabes capturés. Cette espèce à activité automnale et printanière et en effet très abondante à cette période de l'année.

L'ensemble des carabes trouvés sont soit parasitoïdes, soit prédateurs à l'état larvaire. Ces éléments montrent donc que quasiment tous les Carabes relevés ici jouent un rôle à l'état larvaire dans la régulation des invertébrés au niveau du sol. Ils prédatent ou parasitent toute une gamme d'organismes : limaces, vers de terre, collemboles, larves de taupins, larves de hannetons, larves ou nymphes de diptères...

La distribution des communautés (selon les régimes alimentaires, Figure 10) est grandement influencée par la distribution de l'espèce dominante, *Nebria salina*. Ainsi, la quasi-totalité des Carabidés (99%) est majoritairement prédatrice à l'état adulte. Les omnivores représentent moins de 1% des effectifs et les phytophages sont présents de manière anecdotique. Les adultes prédateurs régulent de manière opportuniste tous types d'organismes à la surface du sol tels que les pucerons, les limaces, les collemboles... Les adultes omnivores consomment à la fois des proies et des portions végétales. Il peut s'agir de petites parties tendres des végétaux ou de graines. Ces espèces peuvent également être utiles dans la limitation des adventices, en consommant notamment leurs graines.

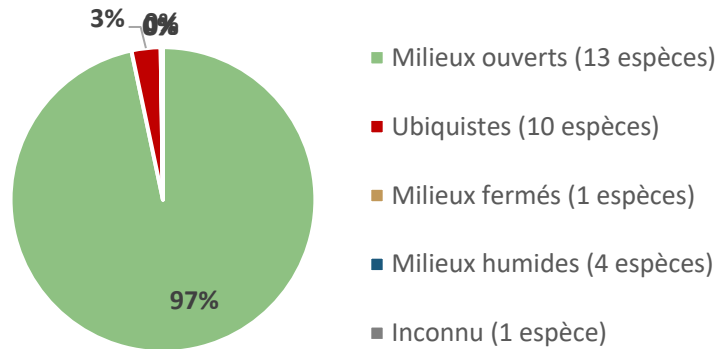


Figure 9. Distribution des Carabidés (effectifs) en fonction de leurs habitats (N = 6849 spécimens pour 29 espèces).

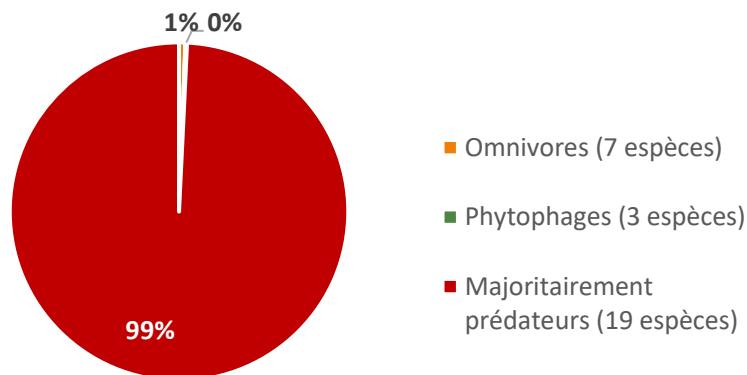


Figure 10. Distribution des Carabidés (effectifs) en fonction de l'alimentation des adultes (N = 6849 spécimens pour 29 espèces).

Résultats par parcelle

Les résultats en fonction des parcelles sont présentés dans le Tableau II. Cette année, le nombre de Carabidés échantillonné a varié de 90,5 à 307,25 par semaine selon les parcelles (moyenne : 173,7) et le nombre d'espèces de 1 à 3,5 (moyenne : 2,04).

Les parcelles où, en moyenne, le plus de spécimens ont été relevés sont les parcelles 1 et 9. La plus grande diversité moyenne quant à elle a été relevée dans les parcelles 1 et 8.

Tableau II. Résultats en fonction des parcelles suivies. Vert : deux données les plus élevées.

Départements	N° parcelle	Effectifs totaux	Espèces totales	Effectifs par semaine	Effectifs par piège	Espèces par semaine
18	1	1066	13	266,5	133,25	3,25
	2	679	9	169,75	84,87	2,25
	3	692	8	173	86,5	2
28	4	442	6	110,5	55,25	1,5
	5	394	8	98,5	49,25	2
36	6	656	10	164	82	2,5
	7	362	4	90,5	45,25	1
45	8	951	14	237,75	118,87	3,5
	9	1229	8	307,25	153,62	2
	10	477	7	119,25	59,62	1,75

Effet des cultures associées blé – féverole sur la faune terricole

Les analyses sont basées sur les relevés effectués via le dispositif de piégeage au sol en 2020. Cela concerne 154 Araignées, 6 904 Carabidés, 476 Opilions et 99 Staphylins.

Les données ont été traitées avec le logiciel RStudio (R Core Team 2016). Le seuil de significativité était fixé à $\alpha = 0,05$ (soit un intervalle de confiance de 95 %). L'impact du type de culture (Blé associé (B1) ou non (B0)) sur les effectifs de Carabidés, d'Araignées, d'Opilions et de Staphylins ainsi que la diversité de Carabidés ont été testés indépendamment pour chaque départements (18-28-45-36), puis pour chaque site indépendamment (10 sites au total) pour les Carabes uniquement.

Une comparaison des niveaux moyens d'effectifs pour le 28 et le 45 (pour les Carabidés, les Araignées, les Opilions et les Staphylins) et de diversité (uniquement pour les Carabidés) (modèles linéaires généralisés à effets mixtes ou non ; régression de Poisson) a été réalisée. Dans le cas du 18 et du 36, du fait de l'irrégularité de fréquence des relevés réalisés, les effectifs de Carabidés, d'Araignées, d'Opilions et de Staphylins capturés, ont été ramenés au nombre d'effectif par jours (test de Student ou test de Wilcoxon-Mann-Whitney en cas de non-validité des hypothèses).

Effet des cultures associées blé – féverole dans le 28

- **Les Carabidés**

Les résultats indiquent qu'il y a plus d'effectifs de Carabidés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») (Figure 9). Néanmoins, cette dernière observation est à prendre comme une tendance puisqu'elle n'est pas significative d'un point de vue statistique. Il est intéressant de noter ici qu'il existe une certaine variabilité au sein des données si on observe les résultats à l'échelle de chaque site.

En effet, si on analyse uniquement les données du sites 4, on observe qu'il y a significativement plus de carabes dans la bande B0 que dans la bande B1 ($pval = 0,0112^*$). A l'inverse, on observe la tendance inverse dans le site 5 dans lequel on observe significativement plus de Carabes dans la bande B1 que dans la bande B0 ($pval = 0,0032^{**}$) (Figure 9).

Concernant la diversité de Carabes, Les résultats indiquent qu'il y a plus d'espèces de Carabidés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») (Figure 9). Néanmoins, cette dernière observation est à prendre comme une tendance puisqu'elle n'est pas significative d'un point de vue statistique. Il est intéressant de noter ici qu'il existe ici également une certaine variabilité au sein des données si on observe les résultats à l'échelle de chaque site (Figure 11). En effet, on observe les mêmes tendances que pour les effectifs : dans le site 4, on observe qu'il y a plus de carabes dans la bande B0 que dans la bande B1 et inversement dans le site 5. Toutefois, ces dernières observations sont à prendre comme des tendances puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique.

Il est donc difficile de tirer de conclusions fermes en dépit de certains résultats significatifs à l'échelle des sites quant à l'effet possible de la féverole comme plante compagne puisque à l'échelle d'un même département et malgré des pratiques relativement similaires, les résultats témoignent de tendances différentes selon les sites. Il en résulte donc des résultats peu généralisables, un manque de précisions des estimations et une très grande variabilité au sein des données.

Il serait intéressant d'augmenter le nombre de sites testées afin d'en lisser un peu l'hétérogénéité ou le temps de suivi et de sélectionner des sites plus homogène (en termes de pratiques, paysage, historique etc).

- **Les Araignées, les Staphylins et les Opilions**

Les effectifs d'Araignées suivent la même tendance que les effectifs de Carabidés : il y a en moyenne plus d'individus capturés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») (Figure 10). Concernant les Opilions et les Staphylins, ces derniers suivent la tendance inverse. On observe plus d'Opilions et de Staphylins dans les bandes B0 que dans les bandes B1. Néanmoins, ces observations sont à prendre comme une tendance puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique. Il est important de noter que les effectifs étant très faibles, il est difficile de conclure à un potentiel effet de la modalité testée.

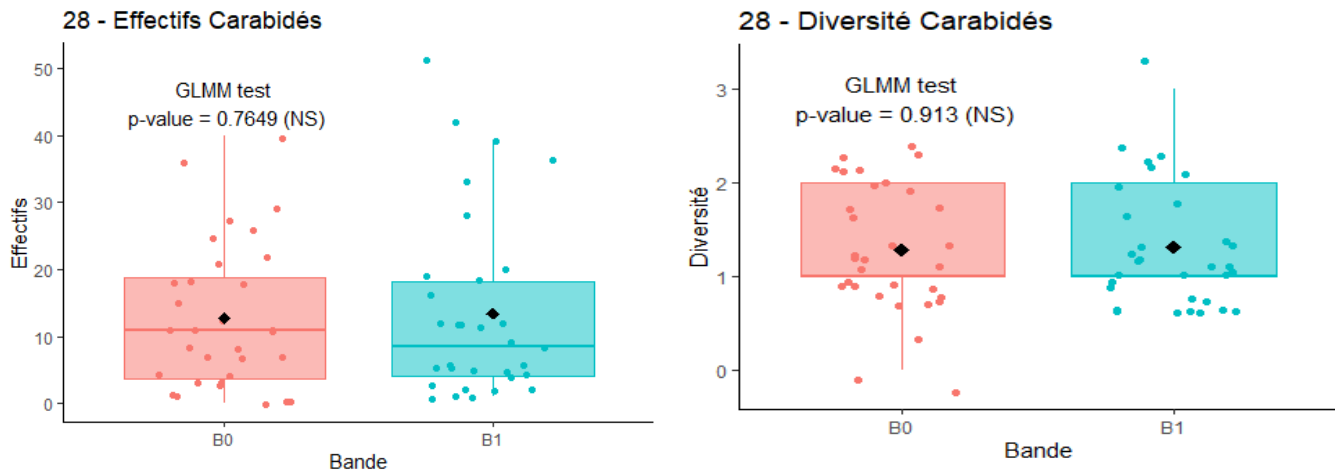


Figure 9. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées (N = 837 spécimens). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

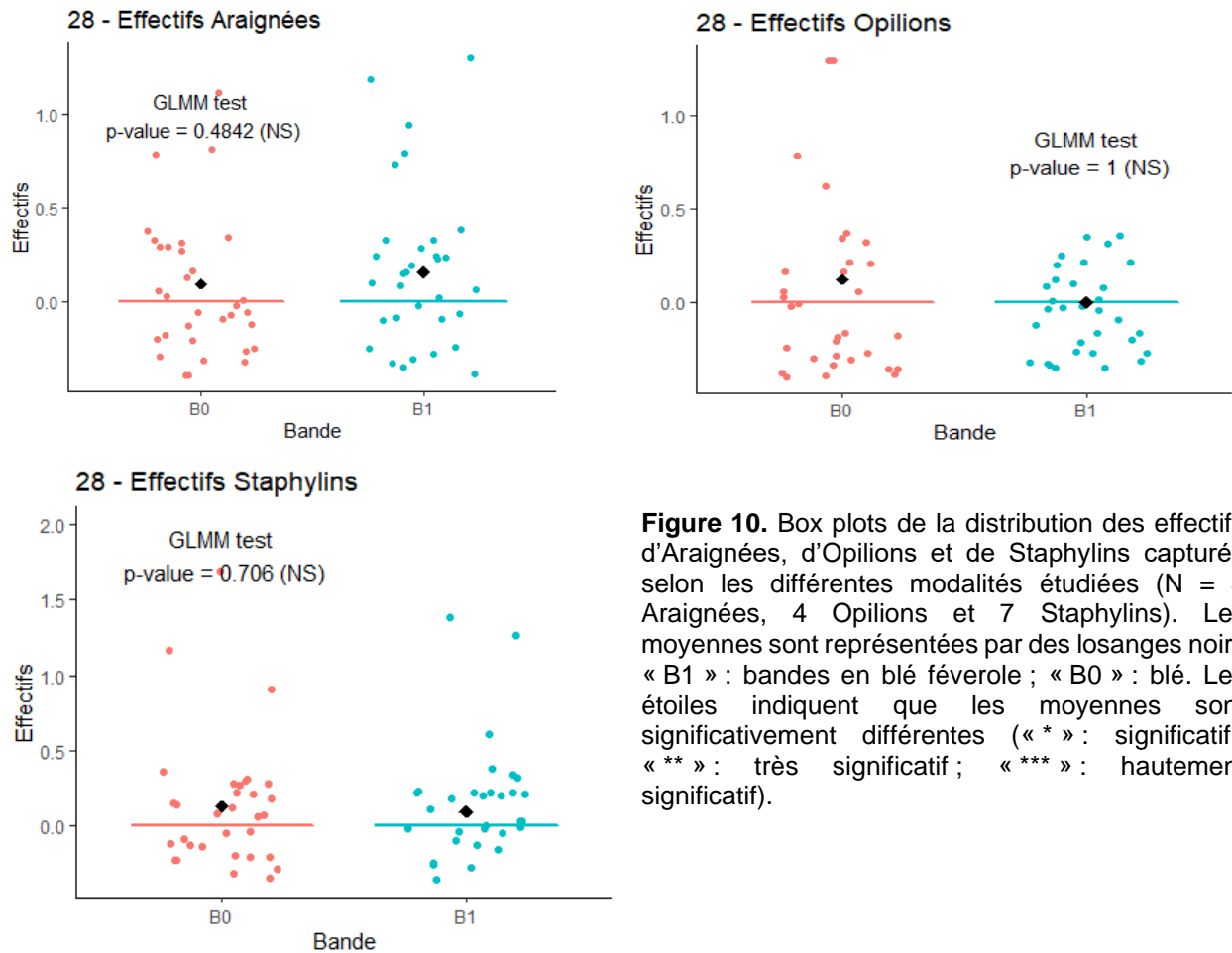


Figure 10. Box plots de la distribution des effectifs d'Araignées, d'Opilions et de Staphylins capturés selon les différentes modalités étudiées (N = 8 Araignées, 4 Opilions et 7 Staphylins). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

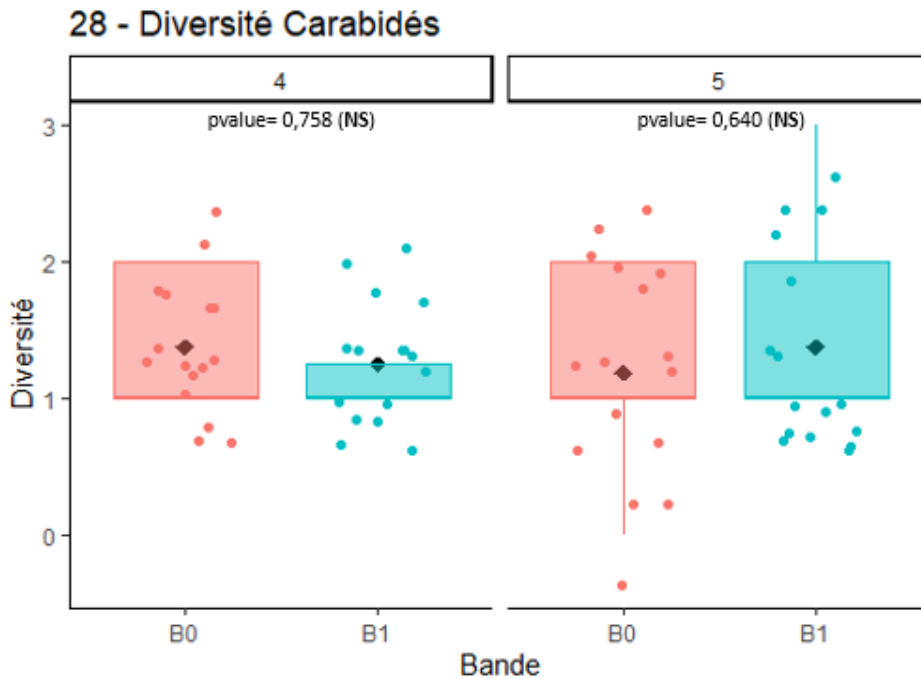
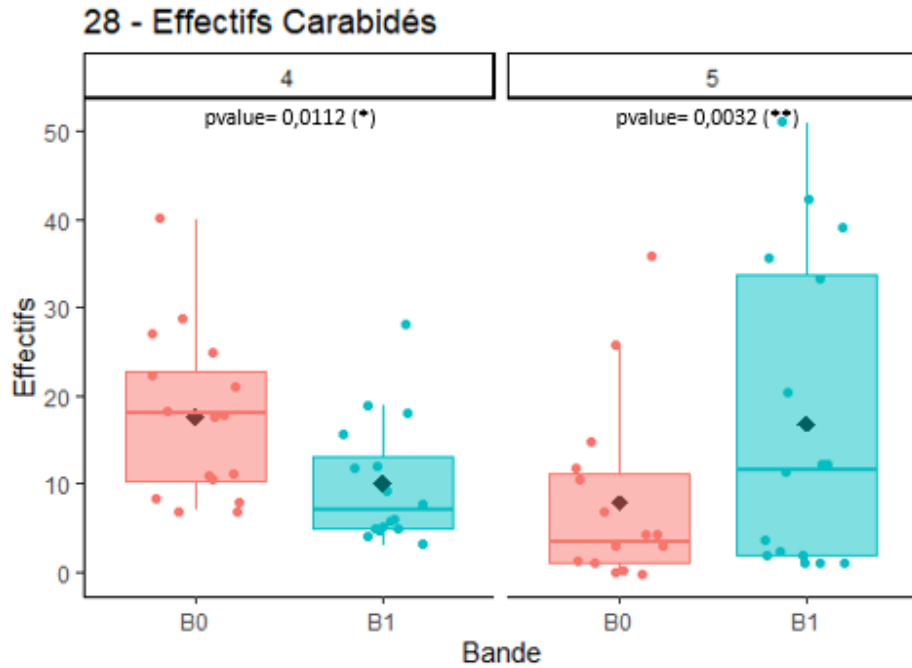


Figure 11. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées dans les sites 4 et 5 (N = 442 spécimens dans le site 4 et N= 395 spécimens dans le site 5). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

Effet des cultures associées blé – féverole dans le 45

- **Les Carabidés**

Les résultats indiquent qu'il y a significativement plus d'effectifs de Carabidés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») ($p_{\text{val}} = 0,0398^*$) (Figure 12). Il est intéressant de noter ici qu'il existe une variabilité au sein des données si on observe les résultats à l'échelle de chaque site (Figure 14).

En effet, si on analyse uniquement les données du sites 10, on observe qu'il y a plus de carabes dans la bande B0 que dans la bande B1 ($p_{\text{val}} = 0,3722$). A l'inverse, on observe la tendance inverse dans les sites 8 et 9 dans lesquels on observe plus de Carabes dans la bande B1 que dans la bande B0, et ce, de façon quasi significative pour le site 8 ($p_{\text{val}_8} = 0,0651$ et $p_{\text{val}_9} = 0,1099$) (Figure 14). Néanmoins, ces observations sont à prendre comme des tendances puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique.

Concernant la diversité de Carabes, Les résultats indiquent qu'il y a plus d'espèces de Carabidés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») (Figure 12). Néanmoins, cette dernière observation est à prendre comme une tendance puisqu'elle n'est pas significative d'un point de vue statistique. Il est intéressant de noter ici qu'il existe ici également une certaine variabilité au sein des données si on observe les résultats à l'échelle de chaque site (Figure 14). En effet, dans les sites 8, 9 et 10 on observe qu'il y a plus de carabes dans la bande B1 que dans la bande B0. Toutefois, ces observations sont à prendre comme une tendance puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique.

Il est donc difficile de tirer de conclusions fermes quant à l'effet possible de la plante compagne puisque à l'échelle d'un même département et malgré des pratiques relativement similaires, les résultats témoignent de tendances assez différentes selon les sites (notamment le site 10). Il Toutefois, il semble qu'il y aurait un effet bénéfique de la féverole comme plante compagne du blé et notamment sur les effectifs de carabes.

Il serait intéressant d'augmenter le nombre de sites testées afin d'en lisser un peu l'hétérogénéité ou le temps de suivi et de sélectionner des sites plus homogènes (en termes de pratiques, paysage, historique etc) afin d'affiner nos conclusions.

- **Les Araignées, les Staphylins et les Opilions**

Concernant les Araignées et les Opilions, il y a en moyenne plus d'individus capturés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») (Figure 13). Concernant les Staphylins, ces derniers suivent la tendance inverse. On observe plus de Staphylins dans les bandes B0 que dans les bandes B1. Néanmoins, ces observations sont à prendre comme une tendance puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique. Il est important de noter que les effectifs étant très faibles, il est difficile de conclure à un potentiel effet de la modalité testée.

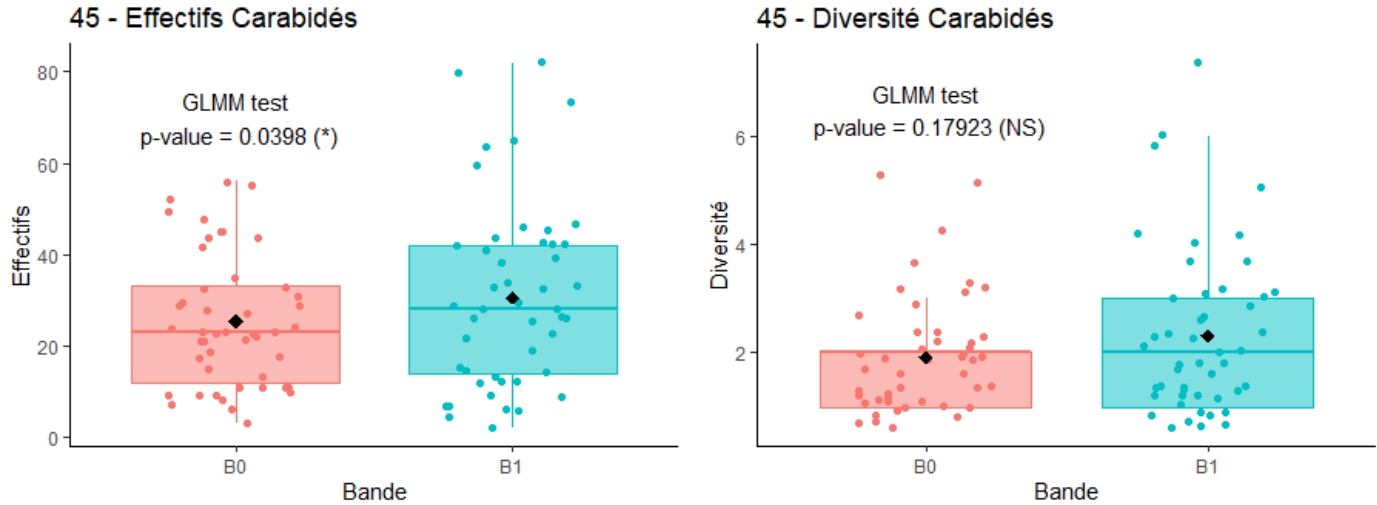


Figure 12. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées (N = 2 657 spécimens). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

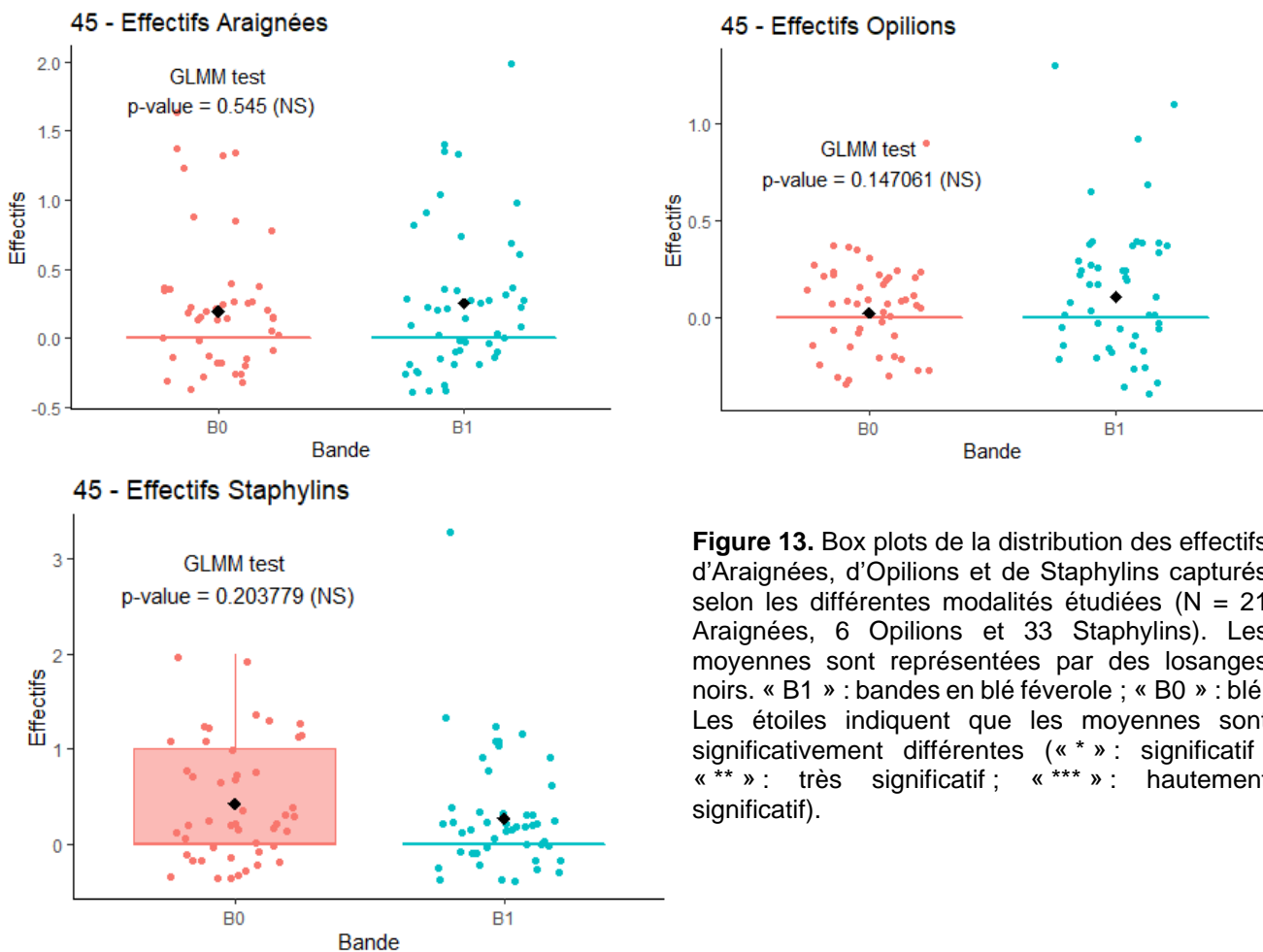


Figure 13. Box plots de la distribution des effectifs d'Araignées, d'Opilions et de Staphylinins capturés selon les différentes modalités étudiées (N = 21 Araignées, 6 Opilions et 33 Staphylinins). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

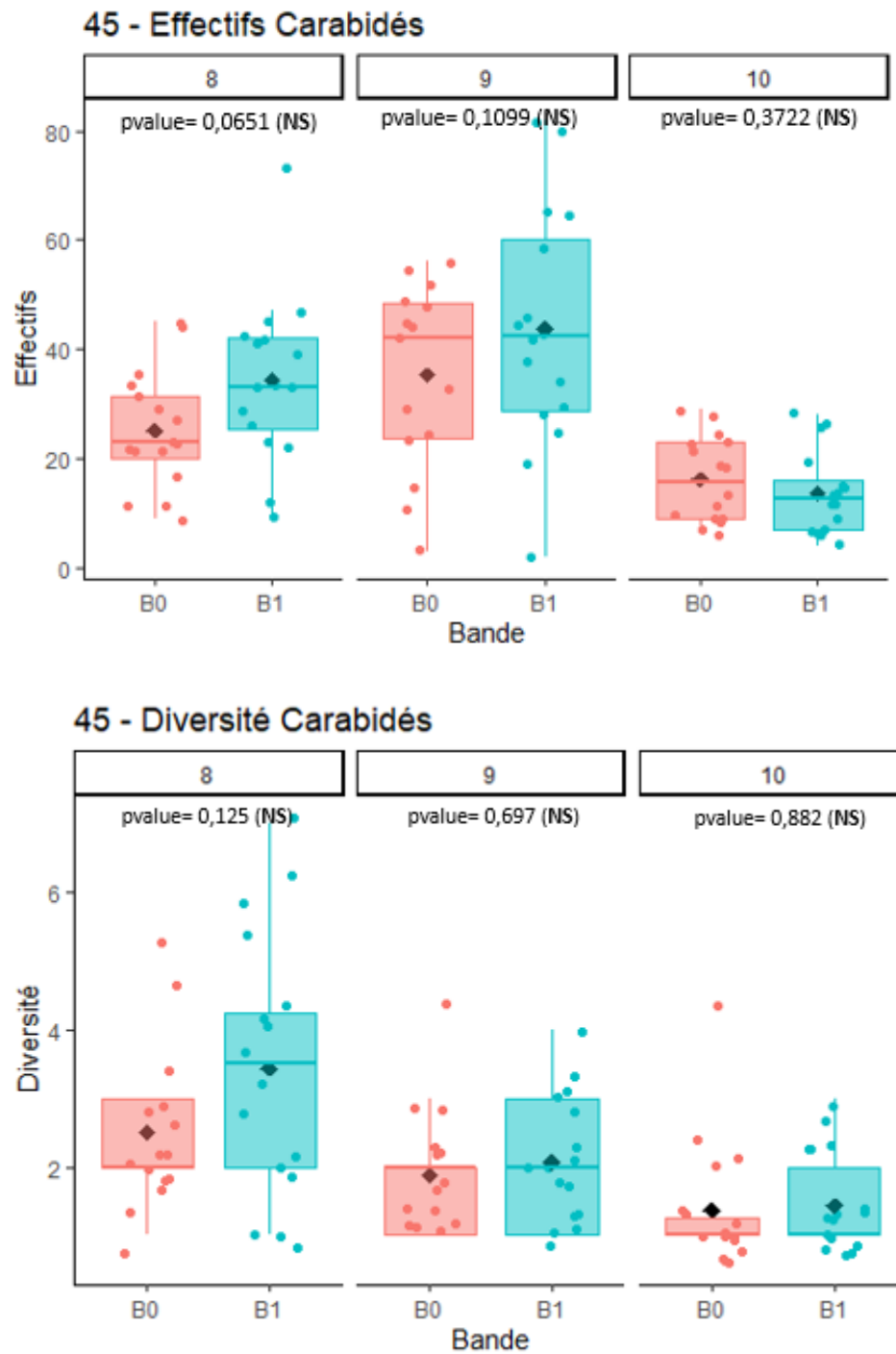


Figure 14. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées dans les sites 8, 9 et 10 (N = 951 spécimens dans le site 8, 1 229 spécimens dans le site 9 et 477 spécimens dans le site 10). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

Effet des cultures associées blé – féverole dans le 18

- **Les Carabidés**

Les résultats indiquent qu'il y a plus d'effectifs de Carabidés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») (Figure 15). Néanmoins, cette dernière observation est à prendre comme une tendance puisqu'elle n'est pas significative d'un point de vue statistique, même si cette dernière est très proche de la significativité. Il est intéressant de noter ici qu'il existe une certaine variabilité au sein des données si on observe les résultats à l'échelle de chaque site.

En effet, si on analyse uniquement les données des sites 2 et 3 indépendamment on observe qu'il y a plus de carabes dans la bande B1 que dans la bande B0 et ce, de façon significative dans le site 3 ($p_{val_3} = 0,01584^*$). A l'inverse, on observe la tendance inverse dans le site 1 dans lequel on observe plus de Carabes dans la bande B0 que dans la bande B1 (Figure 17). Toutefois les observations faites sur les sites 1 et 2 sont à prendre comme des tendances puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique.

Concernant la diversité de Carabes, Les résultats indiquent qu'il y a significativement plus d'espèces de Carabidés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») ($p_{val} = 0,00443^{**}$) (Figure 15). On observe les mêmes tendances que pour les effectifs si on regarde à l'échelle des sites : dans les sites 1, 2 et 3, on observe qu'il y a plus de carabes dans la bande B1 que dans la bande B0, et ce de façon quasi significative pour les sites 1 et 3 (Figure 17). Toutefois, ces dernières observations sont à prendre comme une tendance puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique.

Il est difficile de tirer de conclusions fermes quant à l'effet possible de la féverole comme plante compagne puisque à l'échelle d'un même département et malgré des pratiques relativement similaires, les résultats témoignent de tendances différentes selon les sites (notamment le site 1). Toutefois, on observe indubitablement un effet significatif (ou quasi significatif) et bénéfique de l'utilisation de la féverole comme plante compagne du blé sur les effectifs et la diversité de carabes mais également sur les effectifs d'Araignées et d'Opilions.

Il serait intéressant d'augmenter le nombre de sites testées afin d'en lisser un peu l'hétérogénéité ou le temps de suivi et de sélectionner des sites plus homogènes (en termes de pratiques, paysage, historique etc) afin de confirmer ces premiers résultats.

- **Les Araignées, les Staphylins et les Opilions**

Concernant les Araignées et les Opilions, il y a en moyenne plus d'individus capturés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 »), et ce de façon quasi significative (Figure 16). Concernant les Staphylins, ces derniers suivent la tendance inverse. On observe plus de Staphylins dans les bandes B0 que dans les bandes B1. Néanmoins, ces dernières observations sont à prendre comme une tendance puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique. Il est important de noter que les effectifs d'Araignées et de Staphylins étant faibles, il est difficile de conclure fermement à un potentiel effet de la modalité testée même si l'utilisation de la féverole comme plante compagne du blé semble avoir graphiquement une incidence positive sur les effectifs d'Opilions et d'Araignées.

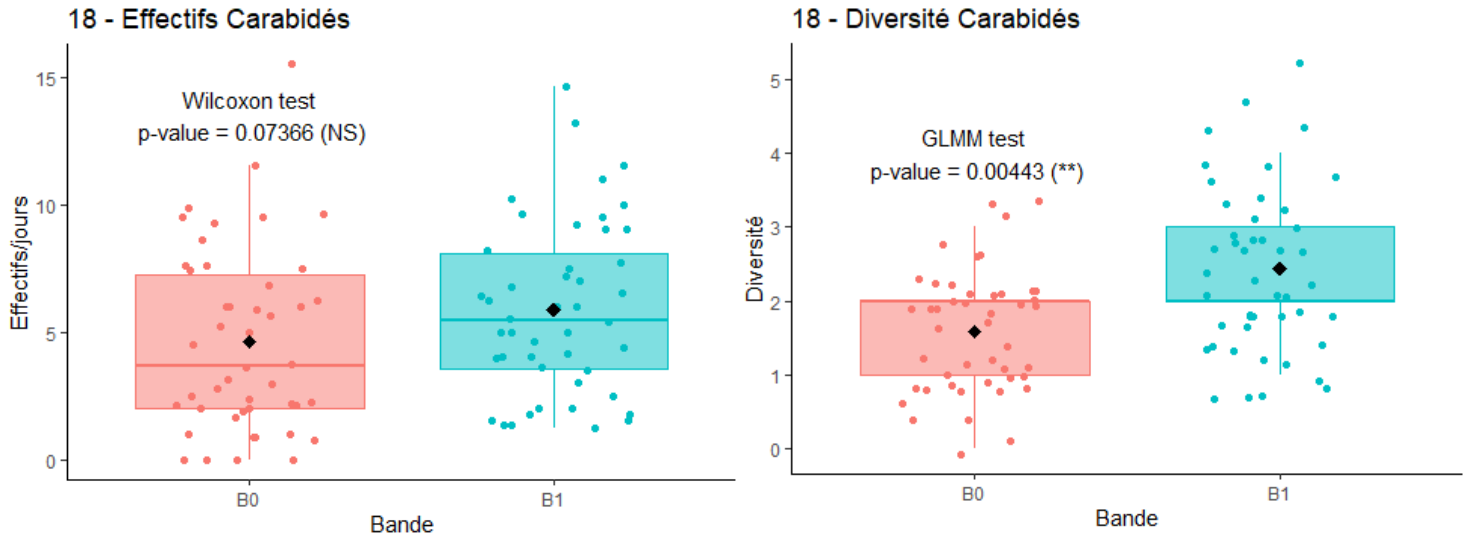


Figure 15. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées (N = 2 393 spécimens). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

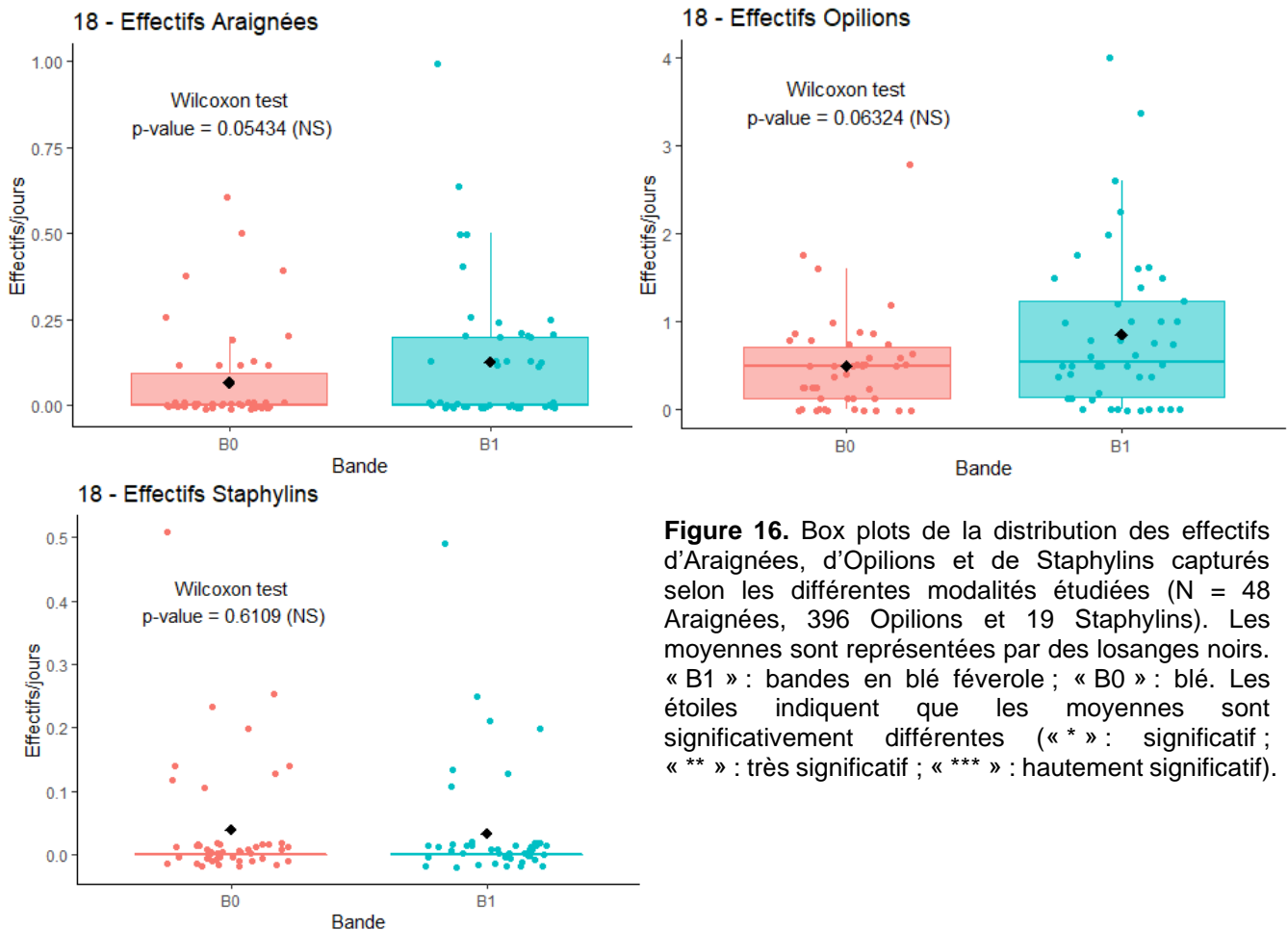


Figure 16. Box plots de la distribution des effectifs d'Araignées, d'Opilions et de Staphylins capturés selon les différentes modalités étudiées (N = 48 Araignées, 396 Opilions et 19 Staphylins). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

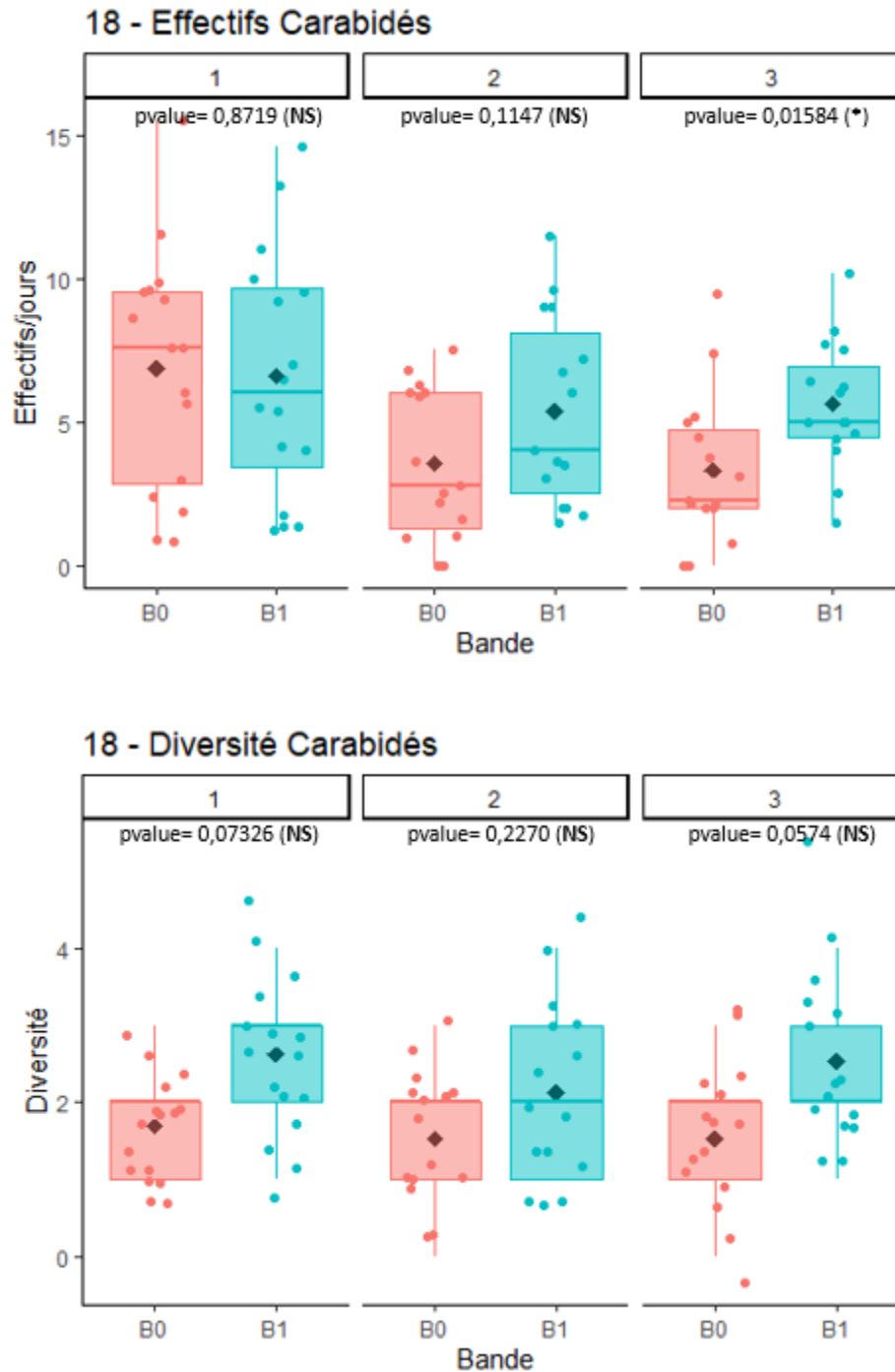


Figure 17. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées dans les sites 1, 2 et 3 (N = 1 066 spécimens dans le site 1, 648 spécimens dans le site 2 et 679 spécimens dans le site 3). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

Effet des cultures associées blé – féverole dans le 36

- **Les Carabidés**

Les résultats indiquent qu'il y a plus d'effectifs de Carabidés dans les bandes en blé (« B0 ») que dans celles en blé féverole (« B1 ») (Figure 18). Néanmoins, cette dernière observation est à prendre comme une tendance puisqu'elle n'est pas significative d'un point de vue statistique. Il est intéressant de noter ici qu'il existe une certaine variabilité au sein des données si on observe les résultats à l'échelle de chaque site.

En effet, si on analyse uniquement les données du site 7 on observe qu'il y a plus de carabes dans la bande B1 que dans la bande B0. A l'inverse, on observe la tendance inverse dans le site 6 dans lequel on observe plus de Carabes dans la bande B0 que dans la bande B1 (Figure 20). Toutefois ces observations sont à prendre comme des tendances puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique.

Concernant la diversité de Carabes, les résultats indiquent qu'il y a plus d'espèces de Carabidés dans les bandes en blé féverole (« B0 ») que dans celles de blé (« B1 ») (Figure 18). Néanmoins, cette dernière observation est à prendre comme une tendance puisqu'elle n'est pas significative d'un point de vue statistique. Il est intéressant de noter ici qu'il existe également une certaine variabilité au sein des données si on observe les résultats à l'échelle de chaque site. En effet, on observe les mêmes tendances que pour les effectifs : dans le site 7 on observe qu'il y a plus de carabes dans la bande B1 que dans la bande B0 et inversement dans le site 6 (Figure 20). Toutefois, ces dernières observations sont à prendre comme une tendance puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique.

Il est donc difficile de tirer de conclusions fermes quant à l'effet possible de la plante compagne puisque à l'échelle d'un même département et malgré des pratiques relativement similaires, les résultats témoignent de tendances très différentes selon les sites. Il en résulte donc des résultats peu généralisables, un manque de précisions des estimations et une très grande variabilité au sein des données.

Il serait intéressant d'augmenter le nombre de sites testées afin d'en lisser un peu l'hétérogénéité ou le temps de suivi et de sélectionner des sites plus homogène (en termes de pratiques, paysage, historique etc).

- **Les Araignées, les Staphylins et les Opilions**

Concernant les Opilions, il y a en moyenne plus d'individus capturés dans les bandes en blé féverole (« B1 ») que dans celles de blé (« B0 ») (Figure 19). Concernant les Staphylins et les Araignées, ces derniers suivent la tendance inverse. On en observe plus dans les bandes B0 que dans les bandes B1. Néanmoins, ces dernières observations sont à prendre comme une tendance puisqu'elles ne sont pas significatives d'un point de vue statistique. Il est important de noter que les effectifs étant faibles, il est difficile de conclure à un potentiel effet de la modalité testée.

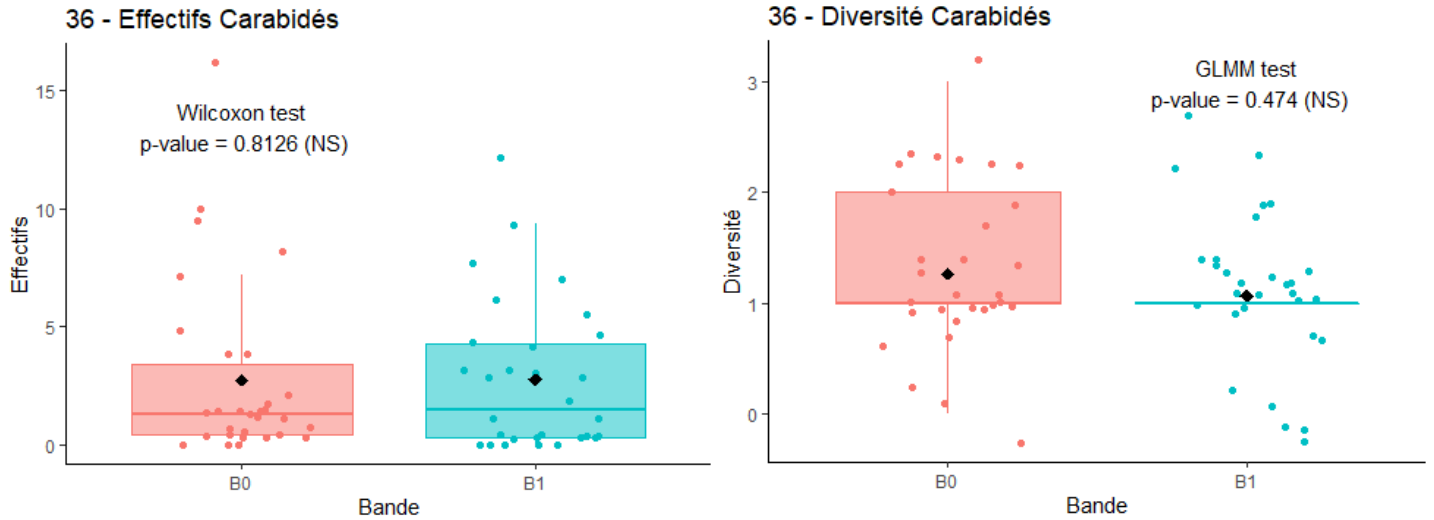


Figure 18. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées (N = 1 017 spécimens). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

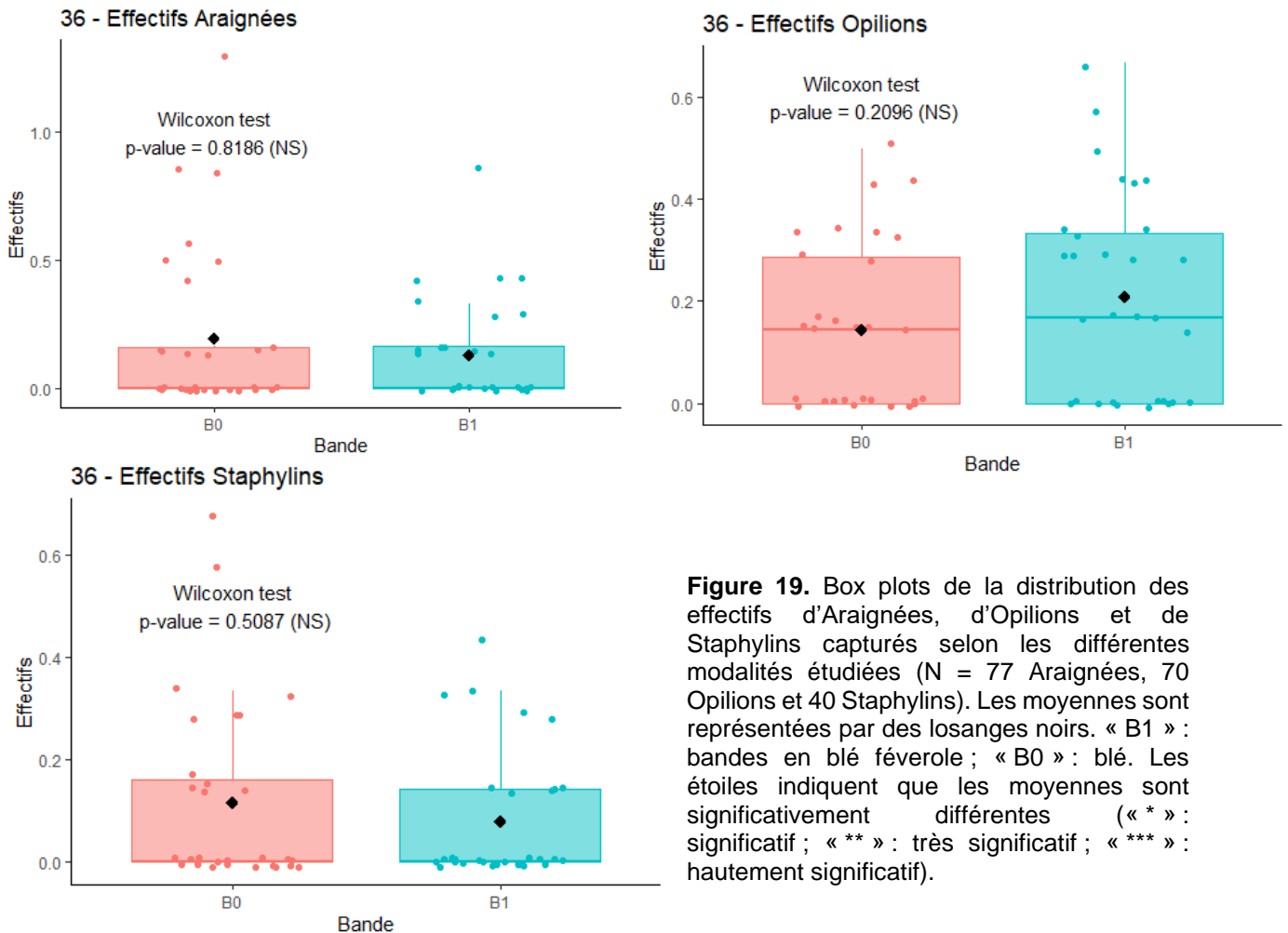
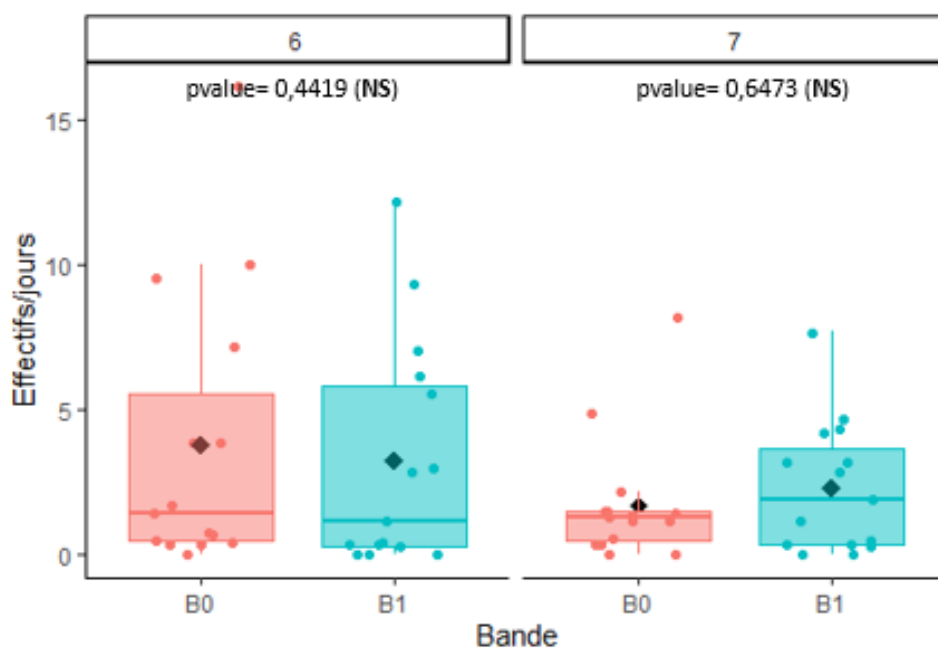


Figure 19. Box plots de la distribution des effectifs d'Araignées, d'Opilions et de Staphylinids capturés selon les différentes modalités étudiées (N = 77 Araignées, 70 Opilions et 40 Staphylinids). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

36 - Effectifs Carabidés



36 - Diversité Carabidés

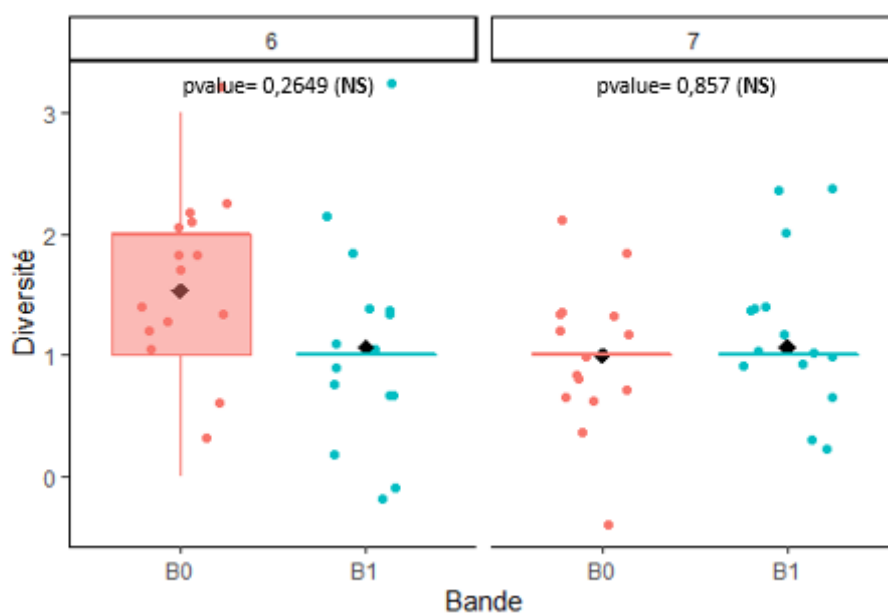


Figure 20. Box plots de la distribution des effectifs et du nombre d'espèces (diversité) de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées dans les sites 6 et 7 (N = 655 spécimens dans le site 6 et 362 spécimens dans le site 7). Les moyennes sont représentées par des losanges noirs. « B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif).

Discussion

Suite aux expérimentations de 2020, il est difficile de conclure clairement à ce stade de l'expérimentation (première année), du fait de l'ensemble des points détaillés dans la partie correspondante, quant à l'effet de la féverole comme plante compagne du blé sur les effectifs de Carabidés, d'Araignées, d'Opilions et de Staphylins, ainsi que sur la diversité de Carabidés, et notamment dans les départements 28 et 36. Toutefois pour les départements 45 et 18, il semblerait que l'on puisse d'ores et déjà mettre en évidence un effet bénéfique et moins aléatoire en fonction des sites, de l'utilisation de féverole comme plante compagne du blé sur la faune terricole et notamment les Carabes (Tableau III). En effet, on observe plus de Carabes en B1 qu'en B0 dans 60% des cas et plus d'espèces de Carabes en B1 qu'en B0 dans 80% des cas. Toutefois, ce à quoi est dû l'effet bénéfique reste à rechercher. Il ne semble pas pour le moment d'après nos relevés, qu'il existe un lien entre l'abondance et la diversité de Carabes et l'état du couvert. Les relevés de pucerons effectués entre 2020 ne permettent pas non plus d'expliquer les captures réalisées ici.

Nous attirons néanmoins l'attention du lecteur sur le fait que, au regard :

- du nombre peu importants de parcelles testées et de répétitions au sein de chaque département (seulement 4 semaines)
- du manque d'homogénéité de l'état des bandes
- du manque d'homogénéité des parcelles (en termes de localité, de taille, d'itinéraire technique, de type de sol, de paysage, etc.)
- du pas de temps de relevé inégale pour certains départements
- et le nombre important de facteurs externes non pris en compte

La robustesse des tests et des résultats associés pourrait être remise en cause. Il serait intéressant, lors des prochaines sessions d'expérimentations de sélectionner un plus grand nombre de parcelles pour chaque modalité testée (et qui soient relativement homogènes et avec un état et une qualité des bandes relativement homogènes au sein des différentes catégories testées), afin d'augmenter les chances de déceler les effets du type de culture (blé seul ou blé + féverole), vis-à-vis des effectifs de Carabidés, d'Araignées, d'Opilions et de Staphylins ainsi que sur la diversité des Carabidés capturés, en améliorant la précision des estimations et en limitant la variabilité.

Tableau III. Résultats des analyses réalisées sur les effectifs et la diversité de Carabidés capturés selon les deux modalités étudiées (« B1 » : bandes en blé féverole ; « B0 » : blé) et en fonction des sites suivies. Les étoiles indiquent que les moyennes sont significativement différentes (« * » : significatif ; « ** » : très significatif ; « *** » : hautement significatif). Les résultats sont en bleu quand B1>B0 de façon significative, en rouge quand B0>B1 et en marron quand B1>B0 de façon quasi significative.

Département	Site	Effectif de Carabes	Diversité de Carabes
18	1	B0>B1 NS 0,8719	B1>B0 NS 0,07326
	2	B1>B0 NS 0,1147	B1>B0 NS 0,2270
	3	B1>B0 0,01584*	B1>B0 NS 0,0574
28	4	B0>B1 0,0112*	B0>B1 NS 0,758
	5	B1>B0 0,0032**	B1>B0 NS 0,640
36	6	B0>B1 NS 0,4419	B0>B1 NS 0,2649
	7	B1>B0 NS 0,6473	B1>B0 NS 0,857
45	8	B1>B0 NS 0,0651	B1>B0 NS 0,125
	9	B1>B0 NS 0,1099	B1>B0 NS 0,697
	10	B0>B1 NS 0,3722	B1>B0 NS 0,882

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Durant cette année, l'étude de la faune terricole a permis la collecte de 7 700 arthropodes. Parmi ces spécimens, 156 étaient des Araignées, 6 948 des Carabidés, 99 des Staphylins et 497 des Opilions. Les Carabidés, insectes ciblés par l'étude, sont les mieux représentés.

La totalité des effectifs de Carabidés sont utiles à la régulation des organismes dans le sol à l'état larvaire. La majorité (99%) des Carabes sont des prédateurs opportunistes à l'état adulte, tandis que 1% des Carabes sont omnivores. Ces résultats soulignent l'intérêt agronomique de cette famille de Coléoptères.

Les Carabidés sont majoritairement liés aux milieux ouverts ou ubiquistes. Cette distribution est typique des populations de grandes cultures céréalières.

Les analyses portant sur l'effet des cultures associées blé-féverole sur la faune terricole indiquent ici un potentiel intérêt bénéfique de ces dernières sur les effectifs de Carabidés, d'Araignées, d'Opilions, ainsi que sur la diversité de Carabidés dans les départements du Loiret et du Cher. Concernant les départements d'Eure-et-Loir et d'Indre, il est difficile de conclure clairement à ce stade de l'expérimentation (première année). Ces résultats sont intéressants et encourageants pour la favorisation des auxiliaires en grandes cultures.

Il serait pertinent en 2021 et 2022 de sélectionner un plus grand nombre de sites pour chaque modalité testée (et qui soient relativement homogènes et avec un état et une qualité des bandes relativement homogènes au sein des différentes modalités testées), afin d'augmenter les chances de déceler les effets des cultures associées, vis-à-vis des effectifs de Carabidés, d'Araignées, d'Opilions et de Staphylins ainsi que sur la diversité des Carabidés. L'analyse d'autres type d'associations (blé + vesce ou féverole ou pois) pourra peut-être également permettre de discriminer les compositions les plus favorables.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Fanny Gagnepain-Germain et Samuel Loiseau qui ont participé aux analyses de laboratoire ; Fanny Gagnepain-Germain et Abdelhak Rouabah pour la réalisation de clichés illustrant le rapport ; Pascal Rousse pour l'identification de spécimens.

Enfin, merci à nos partenaires avec qui nous avons collaboré durant cette étude : la Chambre régionale de la région Centre – Val de Loire (Céline Cervek, Thierry Bordin), la FDGEDA 18 (Guillaume Houivet), la Chambre d'agriculture du Loiret (Nolwenn Perrinel), la Chambre d'agriculture de l'Indre (Clémence Hermon, Charles Sagnier), la SCAEL (Julien Degas), AGROCAMPUS Ouest (Bruno Jaloux) et la FREDON (Alice Boulanger, Marie-Pierre Dufresne, Monique Chariot, Louise Belamy).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARBER H.S., 1931. – Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Mitchell Society*, 259-267.
- BOUT A., DIWO-ALAIN S. & ARNAUD I., 2006. – Impact des pratiques culturales sur la biodiversité des grandes cultures. Application aux Coléoptères Carabidae en Touraine. *Symbioses*, 17 : 59-63.
- BOYER F., ULRYCH R., SELLAM M. & LEJEUNE V., 2017. – *Les auxiliaires des cultures : biologie, écologie, méthodes d'observation et intérêt agronomique*. ACTA Editions, 263 p.
- BULAN C.A. & BARRETT G.W., 1971. – The effects of two acute stresses on the arthropod component of an experimental grassland ecosystem. *Ecology*, 52(4) : 597-605.
- COULON J., PUPIER R., QUEINNEC E., OLLIVIER E. et RICHOUX P., 2011. – *Coléoptères Carabiques, compléments et mise à jour, vol 1 et 2*. Faune de France 94 et 95. Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles, 520 p.
- DAJOZ R., 1989. – Les Coléoptères Carabidae d'une région cultivée à Mandres-les-Roses (Val-de-Marne). *Cahiers des Naturalistes, Bulletin des naturalistes parisiens*, 45 (2) : 25-37.
- GEORGES A., 2004. – Les Coléoptères Carabidés comme indicateurs dans le diagnostic écologique et la gestion des prairies humides. *Symbioses*, 11 : 9-14.
- KOTZE D.J., BRANDMAYR P., CASALE A., DAUFFY-RICHARD E., DEKONINCK W., KOIVULA M.J., LÖVEI G.L., MOSSAKOWSKI D., NOORDIJK J., PAARMANN W., PIZZOLOTTO R., SASKA P., SCHWERK A., SERRANO J., SZYSZKO J., TABOADA A., TURIN H., VENN S., VERMEULEN R. et ZETTO T., 2011. – Forty years of carabid beetle research in Europe - from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *Zookeys*, 100 : 55-148.
- KROMP B., 1999. – Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74 : 187-228.
- LAROCHELLE A., 1990. – The food of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae, including Cicindelinae). *Fabreris Supplement*, 5 : 1-132.
- MILLÁN DE LA PEÑA N., BUTET A., DELETTRE Y., MORANT P. & BUREL F., 2003. – Landscape context and carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) communities of hedgerows in western France. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 94 : 59-72.
- R CORE TEAM, 2016. – RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

- RAINIO J. & NIEMELA J., 2003. – Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12 : 487-506.
- SASKA P. et HONEK A, 2004. – Development of the beetle parasitoids, *Brachinus explodens* and *B. crepitans* (Coleoptera: Carabidae). *Journal of Zoology (London)*, 262 : 29-36.
- SHELLER 1984. – The role of ground beetles (Carabidae) as predators on early populations of cereal aphids in spring barley. *Journal of Applied Entomology*, 97 (1-5) : 451-463.

ANNEXES

Annexe 1. Liste des insectes recensés lors de l'expérimentation en 2020.

Annexe 1. Liste des insectes recensés lors de l'expérimentation en 2020.

Déterminateur : Jean-David Chapelin-Viscardi et Samuel Loiseau.

Coléoptères Carabidés

Ordre	Famille	Espèce	Effectifs
Coleoptera	Carabidae	Amara consularis (Duftschmid, 1812)	2
Coleoptera	Carabidae	Amara ovata (Fabricius, 1792)	1
Coleoptera	Carabidae	Amara similata (Gyllenhal, 1810)	8
Coleoptera	Carabidae	Anchomenus dorsalis (Pontoppidan, 1763)	6
Coleoptera	Carabidae	Asaphidion gr.flavipes	1
Coleoptera	Carabidae	Bembidion lampros (Herbst, 1784)	4
Coleoptera	Carabidae	Bembidion latinum Netolitzky, 1911	2
Coleoptera	Carabidae	Bembidion lunulatum (Geoffroy, 1785)	1
Coleoptera	Carabidae	Bembidion obtusum Audinet-Serville, 1821	1
Coleoptera	Carabidae	Bembidion properans (Stephens, 1828)	2
Coleoptera	Carabidae	Bembidion varium (Olivier, 1795)	1
Coleoptera	Carabidae	Brachinus sclopeta (Fabricius, 1792)	4
Coleoptera	Carabidae	Calathus fuscipes (Goeze, 1777)	35
Coleoptera	Carabidae	Gynandromorphus etruscus (Quensel in Schönherr, 1806)	5
Coleoptera	Carabidae	Harpalus affinis (Schrank, 1781)	5
Coleoptera	Carabidae	Harpalus dimidiatus (Rossi, 1790)	9
Coleoptera	Carabidae	Harpalus distinguendus (Duftschmid, 1812)	11
Coleoptera	Carabidae	Leistus spinibarbis (Fabricius, 1775)	4
Coleoptera	Carabidae	Nebria brevicollis (Fabricius, 1792)	24
Coleoptera	Carabidae	Nebria salina Fairmaire & Laboulbène, 1854	6633
Coleoptera	Carabidae	Notiophilus biguttatus (Fabricius, 1779)	1
Coleoptera	Carabidae	Notiophilus quadripunctatus Dejean, 1826	20
Coleoptera	Carabidae	Notiophilus substriatus G.R. Waterhouse, 1833	3
Coleoptera	Carabidae	Ophonus ardosiacus (Lutshnik, 1922)	4
Coleoptera	Carabidae	Poecilus cupreus (Linnaeus, 1758)	30
Coleoptera	Carabidae	Pseudoophonus rufipes (De Geer, 1774)	1
Coleoptera	Carabidae	Pterostichus melanarius (Illiger, 1798)	21
Coleoptera	Carabidae	Scybalicus oblongiusculus (Dejean, 1829)	7
Coleoptera	Carabidae	Trechus quadristriatus (Schrank, 1781)	102

Autres insectes

Ordre	Famille	Espèce	Effectifs
Araneae	NA	NA	156
Coleoptera	Staphylinidae	Staphylinidae sp.	99
Opiliones	NA	NA	497



Carabus auratus (cliché J.-D. Chapelin-Viscardi).