

Etude de la communication entre un végétal et un insecte parasitoïde

L'agronomie moderne a développé de manière considérable des techniques de protection de cultures telles que les pesticides. Actuellement ces méthodes sont controversées non seulement du fait des pollutions qu'elles peuvent engendrer mais également du fait de leur diminution d'efficacité en raison de l'accoutumance des insectes envers ces poisons. Cette accoutumance est la résultante directe de l'évolution et de la sélection naturelle.

Les végétaux ont toujours présenté des modes de protection envers les parasites tels que des épines, des poisons qui leurs permettent de se défendre. Des études ont montré qu'il existait une communication entre végétaux mais également entre des végétaux et des insectes. Cette communication inter espèce peut permettre une coopération efficace entre individus ; en effet lorsqu'un végétal est attaqué par un parasite il peut en informer et attirer un insecte gardien qui se nourrira des parasites et de ce fait protégera le végétal.

Notre TIPE aura donc pour but de mettre en évidence cette coopération inter espèce. Nous utiliserons le navet (*Brassica Rapa*) dont l'insecte gardien est notamment *Aleochara bilineata* se nourrissant de la mouche du chou (*Delia Radicum*) parasite des crucifères (Radis, Choux, Raifort, Navet ...).

Nous répondrons donc à la problématique suivante : Existe-il une communication entre le navet et le coléoptère *Aleochara bilineata*, et sur quoi repose-t-elle sur une surface donnée?

Afin de répondre à cette question nous exposerons dans un premier temps le choix de nos supports et notre perspective de travail, par la suite nous décrirons nos expériences puis nous exploiterons nos résultats ; et pour finir, nous tenterons d'apporter un recul critique sur le sujet.

I. Le choix des supports et des perspectives de travail

A. Les modèles d'études choisis

1. Le choix des trois espèces

Nous avons d'abord fait le choix de travailler sur un végétal petit mais robuste, facile à entretenir et facile à trouver : le navet. Cette crucifère est de plus, l'objet de multiples agressions, notamment par la *Delia Radicum* ou « mouche à choux », qui pond ces œufs au collet des crucifères et parasite de ce fait le végétal.

C'est le comportement d'une toute autre espèce qui fait l'objet de nos expériences. L'*Aleochara bilineata* est un coléoptère de quelques millimètres qui joue, dans la nature le rôle intéressant de « garde du corps » des Crucifères. Ce Coléoptère est parasitoïde des pupes de mouches et mangent leurs larves et leurs œufs.

Les mécanismes mis en jeu nous invitent à nous demander s'il n'existe pas une communication entre le navet infesté et cet insecte protecteur.

2. Intérêt des trois modèles

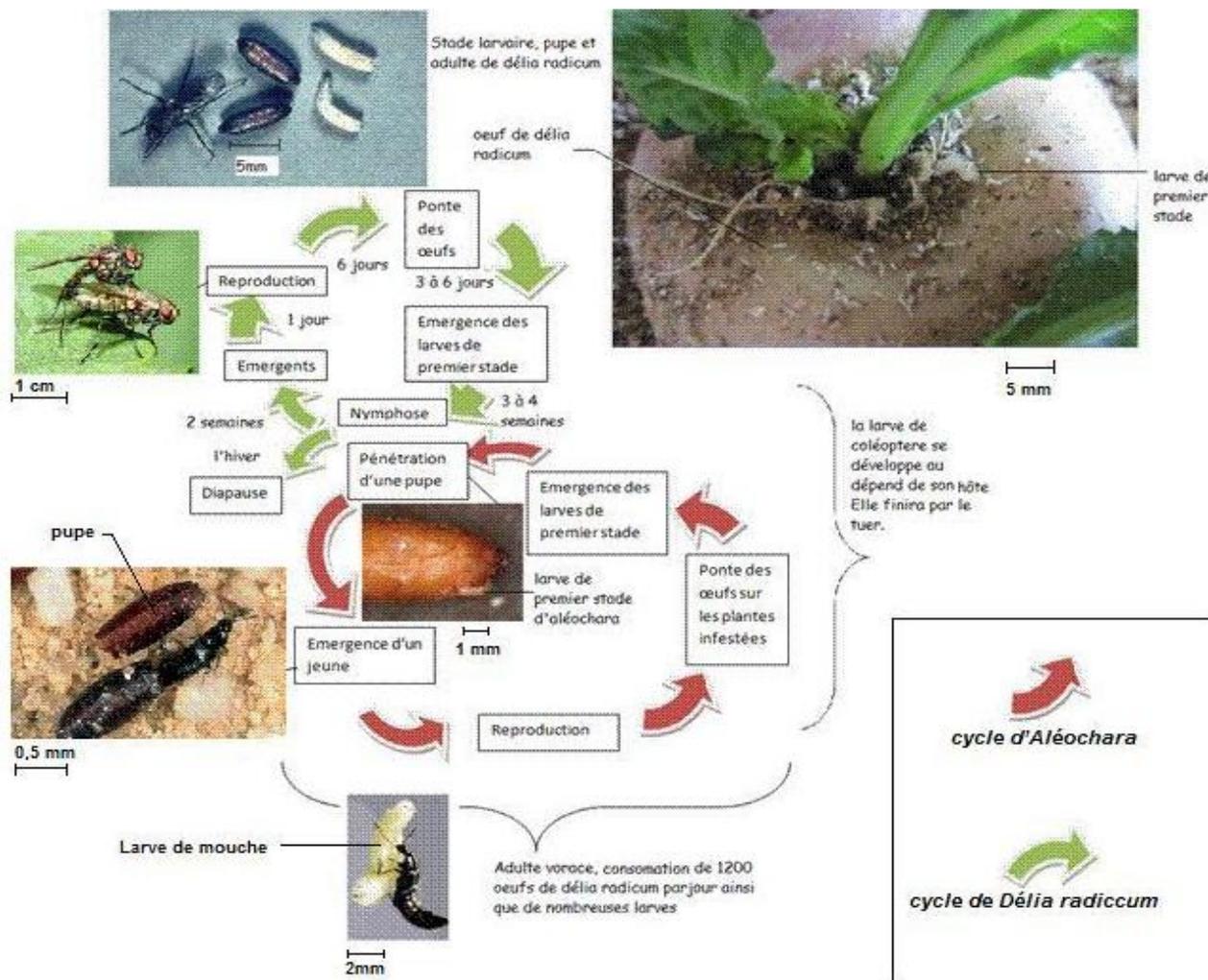
Le choix de la mouche à choux repose sur sa résistance et sur la qualité de sa ponte (en termes de quantité). La mouche du chou a une durée de développement de 6 semaines environ la nymphose a lieu après deux à trois semaines de développement larvaire, la difficulté expérimentale fut donc d'avoir les pupes des mouche en même temps que les larves de coléoptères. Les pupes donne lieu à des émergents deux semaine plus tard à moins qu'elle soit entrée en diapause : l'équivalent de l'hibernation chez les insectes.

C'est un insecte particulièrement facile à élever qui demande simplement une température stable et ambiante. Le coléoptère demande plus d'attention quant à son environnement et à sa nourriture mais il est un modèle pratique puisqu'il est très petit, rapide et résistant.

Les coléoptères (*Aleochara bilineata*) ont un développement qui dure environ 30 jours, les principales étapes sont résumées dans la figure 0, le stade larvaire de ce coléoptère est dépendant du stade pupa de la mouche du chou. Cette espèce de coléoptère a une durée de vie moyenne de 133 jours, les femelles pondent en moyenne 8.52 œuf par jour.

Le choix de nos élevages a influencé la façon dont nous avons conceptualisé les dispositifs expérimentaux qui devaient respecter un certain nombre de paramètres essentiels à nos expériences.

Les cycles de développement conjoint de *déliea radicum* et d'*aléochara bilineata*. (Figure 1)



Les photographies proviennent de notre contact professionnel Anne-Marie Cortesero, du collège des sciences de l'agriculture et de nos propres manipulations.

Le choix de nos élevages a influencé la façon dont nous avons conceptualisé les dispositifs expérimentaux qui devaient respecter un certain nombre de paramètres essentiels à nos expériences.

B. Les dispositifs expérimentaux

Le montage expérimental doit nous permettre de déposer les coléoptères dans un compartiment central, à égal distance de deux autres compartiments, dans lesquels seront disposés les différents stades de navet à tester. Les parasitoïdes seront attirés soit par un compartiment soit par l'autre. En effet l'hypothèse générale qui régie nos expériences est la suivante : Les coléoptères sont attirés par le végétal infecté.

Le principe est relativement simple : c'est un assemblage de trois boîtes reliées entre elles par des tunnels en plastique à travers lesquels nous pouvons voir les spécimens se déplacer grâce à des petites fenêtres transparentes. Ces fenêtres nous permettent de suivre le déplacement des coléoptères d'une boîte à l'autre et de les repérer facilement dans le dispositif afin des les compter (figure 1).

La première contrainte est liée au déplacement des *Aleochara bilineata* qui ne peuvent s'agripper qu'aux surfaces rugueuses ce qui justifie le tapissage des couloirs et de la boîte C avec du papier rugueux.

Nous avons aussi mis en place une cuvette à la sortie de chaque couloir dans les boites A et B afin que les *Aleochara bilineata* soient piégées dans la première boîte vers laquelle elle se dirige.

Les petites trappes à chaque extrémités des tunnels nous permettent de rendre plus ou moins hermétiques chaque compartiments : avant chaque expérience nous laissons les trappes fermées quelques minutes afin que chaque compartiments s'imprègne bien des caractéristiques de son contenant et que les *Aleochara bilineata* s'habituent à leur milieu pour limiter le facteur stress des insectes qui pourrait interférer avec nos résultats.

L'intérêt de l'*Aleochara bilineata* pour nos manipulations est qu'il ne peut pas se déplacer sur des surfaces lisses, grâce à cette caractéristique nous avons pu contrôler ses mouvements et piéger les insectes dans les compartiments dans lesquels ils sont allés se placer.

Le fil conducteur de notre projet se rapporte à la mise en évidence de la source des substances volatiles responsables de l'attraction des coléoptères. Nous allons tester l'hypothèse suivante :

Les coléoptères sont attirés par le navet au stade avancé de l'infestation.

Les expériences menées ont toute un protocole quasi identiques qui n'est modifié que par le choix des paramètres (i.e. : le choix de ce que l'on place dans chacune des deux boîtes A et B).

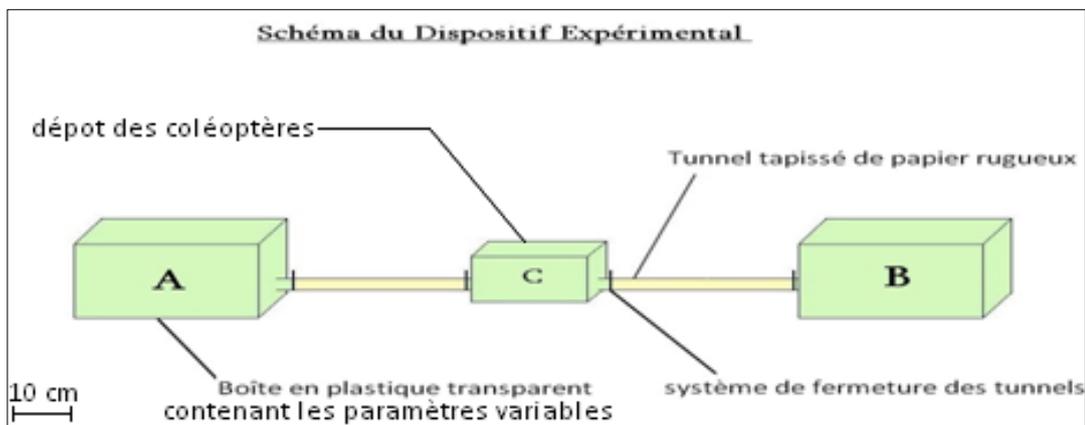


Figure 2

Les *Aleochara bilineata* doivent en principe se déplacer vers telle ou telle boîte en fonction de leur contenu.

C. Les expériences témoins et les protocoles

Comme pour tout projet expérimental, notre sujet nécessite des expériences témoins qui nous permettent de vérifier la validité de nos dispositifs, à savoir la libre circulation des insectes, l'étanchéité des boîtes vis-à-vis des coléoptères.

L'histogramme suivant présente les résultats de notre expérience « test » avec les paramètres « rien dans A/rien dans B ».

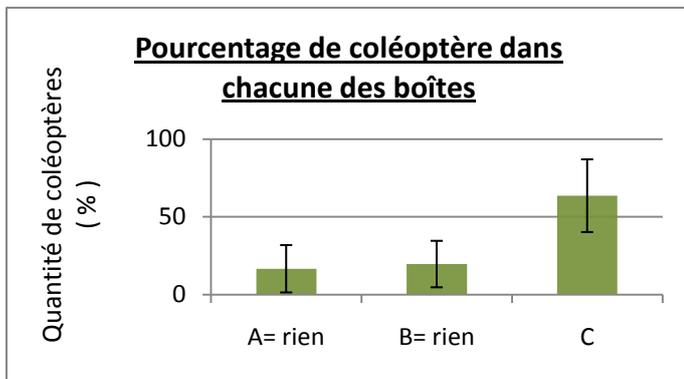


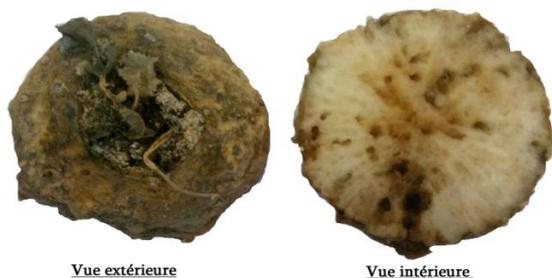
Figure 3

(Expérience réitérée 20 fois)

Nous observons un faible écart de pourcentage entre A et B et surtout un chevauchement des écarts-types qui traduisent le fait que les coléoptères se dirige de la même manière vers A ou vers B.

L'expérience témoin « rien dans A / rien dans B » et les résultats qui en découlent nous permettent de conclure que les coléoptères ne sont pas influencés par des facteurs environnants, ni par une odeur trop gênante pour les expériences futures.

De ce fait, la conformation du dispositif (voir schéma du dispositif expérimental figure 1) nous permet de placer différents contenus dans les compartiments A et B afin d'observer les déplacements des coléoptères d'une boîte à l'autre et de compter après un certain temps le nombre de coléoptère dans chacun des compartiments.



Vue extérieure

Vue intérieure

Photographie d'un Navet Infesté

Figure 4

L'un des paramètres importants des expériences est le navet au stade avancé de l'infestation (figure 4). Les larves de mouches se développent dans le navet et déclenche une modification physique du navet : l'apparition du zone brune, flétrie et suppurante au alentour du collet. (Figures 2 et 3 : navet infesté) C'est au stade infesté que nous allons tester l'attraction des *Aleochara bilineata* pour le navet.

II. Les expériences et leurs résultats

A. L'existence d'une communication

Nous avons pour but de montrer l'existence d'une communication entre le parasitoïde et le navet *Brassica Napus*.

- Les premières expériences menées avaient pour appuie l'hypothèse de travail suivante :

Il existe une communication entre les *Aleochara Bilineata* et le navet *Brassica Napus*.

La première expérience consiste à placer :

- dans le compartiment C : un nombre variable de n coléoptères
- dans le compartiment A : un navet infesté
- dans le compartiment B : rien

Après un temps t (compris entre 30 et 90 minutes), nous avons compté, pour chaque compartiment, le nombre de coléoptères présents. Après répétition de cette même expérience, nous avons obtenus les résultats suivants :

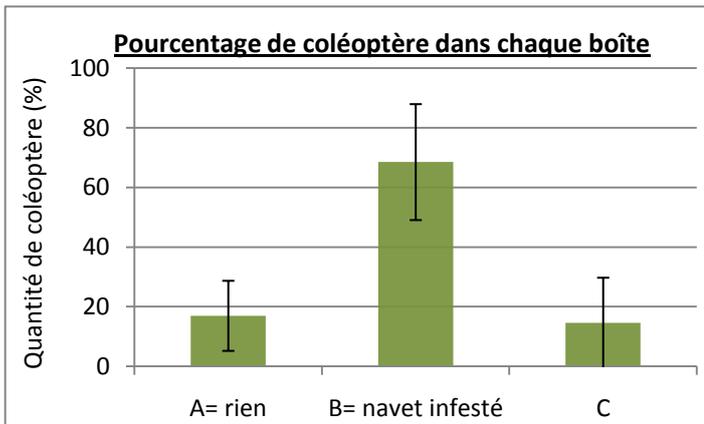


Figure 5

30 expériences.

Les résultats nous permettent donc de valider notre première hypothèse de travail :
Il existe bien une communication entre les deux espèces.

- La deuxième expérience précise l'hypothèse de travail précédente :
Il existe une communication entre le navet infesté et les *Aleochara bilineata*.

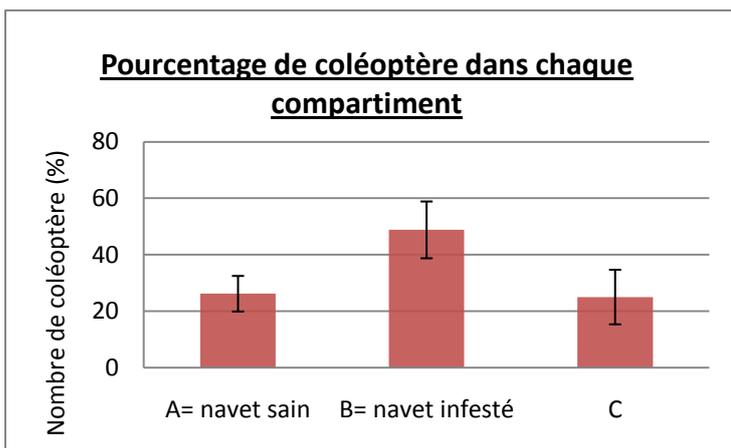


Figure 6

35 expériences

- dans le compartiment C : un nombre variable de n coléoptères
 - dans le compartiment A : un navet sain
 - dans le compartiment B : un navet infesté
- De la même manière, après comptage et répétition de l'expérience :

Les résultats nous permettent donc de dire que le navet infesté attire particulièrement les *Aleochara bilineata* contrairement au navet sain.

Nous avons donc montré qu'il existe une communication entre le stade infesté du navet et les *Aleochara bilineata* « prédateurs du parasitoïde du navet ».

B. Mise en évidence du facteur odorant

La deuxième étape de notre démarche consiste à montrer d'où proviennent les substances qui provoquent l'intervention des *Aleochara Bilineata*.

Ayant vérifié que notre hypothèse de départ était bien valide nous nous sommes étendus à l'étude de l'élément du navet qui permet d'attirer l'*Aleochara bilineata*.

Cette démonstration nous amène à poser l'hypothèse suivante :

C'est le navet qui, au stade infesté, sécrète une substance perçue par les coléoptères et qui déclenche le système de défense.

- La première expérience que nous avons menée se rapporte au stade initial de l'infestation du navet, c'est-à-dire au stade auquel la mouche pond ses œufs au collet de la crucifère. Nous nous demandons si les œufs, fraîchement déposés au collet d'un navet sain, sont un facteur d'attraction de l'*Aleochara bilineata*.

La sous hypothèse qui régit les tests suivants est :

Les œufs ne sont pas à l'origine de l'attraction des coléoptères.

Nous avons donc placé :

- dans le compartiment C : un nombre variable de n coléoptères
- dans le compartiment A : un navet sain + œufs de mouche
- dans le compartiment B : un navet sain

Toujours après un temps t (compris entre 30 et 90 minutes), nous avons compté, pour chaque compartiment, le nombre de coléoptères présents. Après répétition de cette même expérience, nous avons obtenus les résultats suivants :

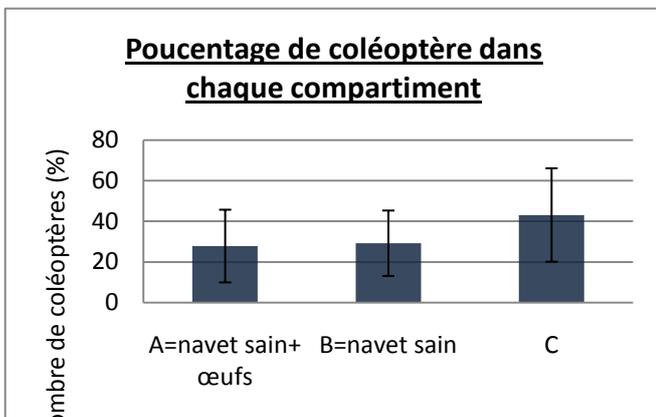


Figure 7
20 expériences

La série d'expérience donne des résultats concluants car les écarts types des résultats vis-à-vis des compartiments A et B sont chevauchants et donc il ne nous est pas possible d'interpréter une différence entre les résultats pour les deux paramètres.

Les résultats nous permettent donc de valider notre hypothèse de travail :

Les œufs de mouches n'influence pas le mouvement des coléoptères. On peut donc supposer que les œufs ne sont pas la source principale d'émission des substances odorantes.

- Nous avançons donc vers une nouvelle sous hypothèse qui guide l'expérience suivante :

Les larves de mouches émettent une odeur qui attire les *Aleochara bilineata*.

Afin d'apporter une réponse rigoureuse à notre hypothèse, nous avons disséqué un navet infesté afin de prélever des larves de mouches. Pour ne pas confondre l'odeur du navet et celle des larves nous avons dissocié ces deux éléments: en ne testant que les larves de mouche, on ne modifie qu'un paramètre à la fois.

Le schéma expérimental est donc le suivant :

- dans le compartiment C : un nombre variable de n coléoptères
- dans le compartiment A : rien
- dans le compartiment B : larves de mouche

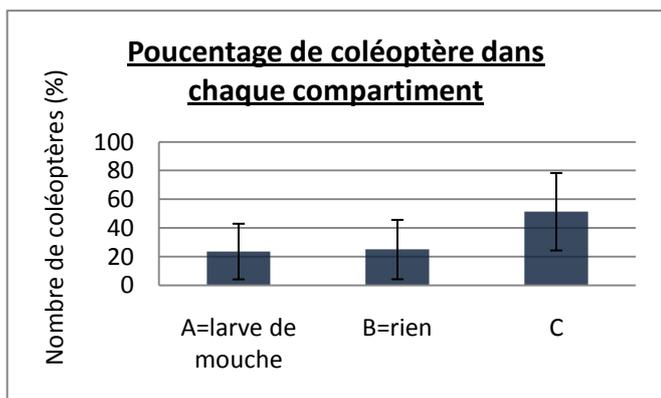


Figure 8
20 Expériences

Toujours de la même manière, il n'est pas possible de différencier les deux paramètres « larve de mouche » et « rien » : donc les coléoptères se comportent de la même manière vis-à-vis d'un compartiment vide et vis-à-vis d'un compartiment contenant des larves de mouches vivantes.

Les résultats confirment donc que les larves ne sont pas des facteurs directs d'attraction des coléoptères mais seraient plutôt la cause de l'infestation du navet et donc un facteur indirect de l'attraction des coléoptères.

- Nous avons éliminé les possibilités que les mouches au stade d'œufs et au stade larvaire de leur croissance soient responsables de l'émission de substances qui provoquent l'intervention des *Aleochara bilineata*.

Une nouvelle expérience avec deux nouveaux paramètres nous permet de compléter notre raisonnement.

Les paramètres sont pour cette dernière :

- dans le compartiment C : un nombre variable de n coléoptères
- dans le compartiment A : un navet infecté dépourvu de larves et d'œufs (préalablement enlevés)
- dans le compartiment B : larves de mouches

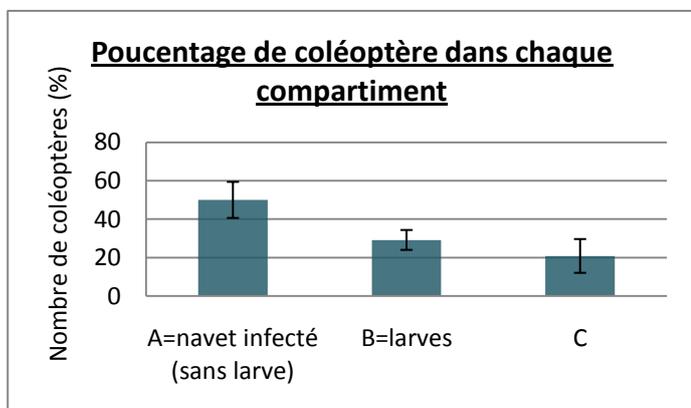


Figure 9
20 expériences

Nous avons donc deux pourcentages bien distincts dont les écart type sont également bien éloignés ce qui nous permet d'avancer un premier résultat : les larves sont beaucoup moins attirantes que le navet seul au stade infesté vis-à-vis de l'*Aleochara bilineata*.

Les résultats confirment bien que les larves n'attirent pas spécialement les coléoptères mais, cette expérience nous permet d'établir une première réponse à l'hypothèse :

C'est le navet qui, au stade infesté, sécrète une substance perçue par les coléoptères et qui déclenche le système de défense.

Nous avons montré que les *Aleochara bilineata* sont particulièrement sensibles au navet infecté même lorsque le second paramètre se trouve être leur proie lors de leur « rôle de défenseur ».

Une seconde expérience du même type nous permettra de conclure sur notre hypothèse :

- dans le compartiment C : un nombre variable de n coléoptères
- dans le compartiment B : un navet infecté dépourvu de larves et d'œufs (préalablement enlevés)
- dans le compartiment A : un navet infesté (navet+larves)

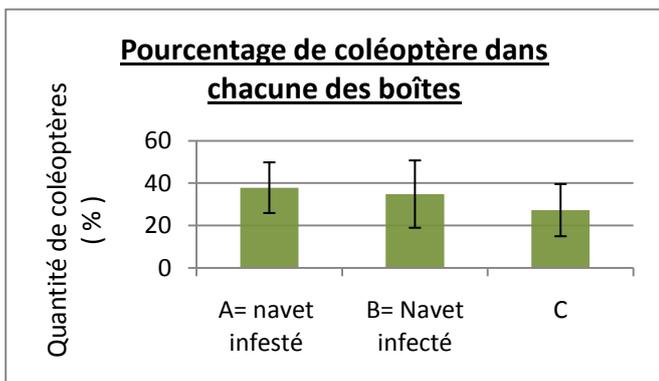


Figure 10

20 expériences

Les résultats sont concluants : nous avons deux histogrammes dont les écarts types se chevauchent et un très faible écart entre les deux pourcentages.

Nous pouvons donc dire que la différence entre le contenu de A et celui de B est quasi nul pour les *Aleochara bilineata* ce qui prouve bien que les larves ne sont pas responsables de l'attraction des coléoptères, et par extension que le facteur qui secrète les substances qui attire les *Aleochara bilineata* est bien le navet au stade infecté.

III. Discussions et Recul critique

A. Les élevages

Bien que les spécimens d'élevages soient relativement faciles à entretenir, certains paramètres se sont avérés compliqués à gérer :

Les coléoptères aussi morts au bout d'un certain temps ce qui nous a fait perdre du temps sur les expériences puisqu'ils sont les acteurs de ces dernières.

Le manque de régulation de la température dans l'environnement des *Déliea Radicum* nous a valu la perte d'une génération entière de *Déliea Radicum* et nous n'avions pas prévu d'avoir à reprendre notre élevage de mouche (qui est le premier maillon de nos expériences). Cela nous a fait perdre beaucoup de temps car les expériences dépendent de la ponte des mouches (les œufs nous permettent d'infester les navets).

B. Les paramètres d'expériences

Les *Aleochara bilineata* aiment les zones très éclairées mais aussi les coins très sombres et discrets ce qui influence parfois leur déplacement vers tel ou tel compartiment et qui justifie le plus souvent le fait que certains spécimens reste blottis dans la boîte C centrale.

Les modifications que l'on aurait pu apporter sont les suivantes :

- Certains paramètres aussi ont pu influencer les coléoptères comme par exemple la colle que l'on utilise pour fabriquer nos dispositifs qui peuvent émettre une odeur gênante pour les insectes. Cependant l'utilisation de cette colle dans tous les compartiments du montage rend ce paramètre négligeable.
- Les petits recoins des dispositifs ont aussi offert aux coléoptères des abris lors des expériences ce qui a limité leurs déplacements.
- Nous aurions pu rendre les compartiments hermétiques et créer un système de ventilation qui aurait propagé les odeurs dans le dispositif.
- Le facteur lumière est également une source d'influence des déplacements des coléoptères étant donné que ces derniers sont attirés par la lumière : pour éviter cela nous aurions pu faire nos expériences dans une salle aveugle disposant d'un éclairage uniforme artificiel.

- Le facteur stress modifie aussi le comportement des coléoptères : nous avons remarqué qu'ils le fallait un certain temps avant de se calmer après avoir été placés dans le compartiment central : nous avons supposé que c'est l'une des raisons pour laquelle certains insecte restaient cachés dans le compartiment central.

C. Les nouvelles perspectives, hypothèse, etc.

Les résultats obtenus nous ont donné également de nouvelles idées pour d'éventuelles nouvelles expériences :

- Nous pourrions tester l'influence de l'intensité de la lumière sur l'activité des coléoptères pour éventuellement faire un lien avec les conditions naturelles (nuit/jour).
- Nous pourrions aussi mettre en évidence la nature de la sensibilité des *Aleochara bilineata* pour les navets : par exemple si nous partons du principe que ce sont des substances olfactives nous aurions pu utiliser un dispositif complètement noir et opaque.
- Il aurait été intéressant aussi de mettre en évidence une communication via des kairomones (hormones de communication entre deux espèces différentes) (en utilisant par exemple la technique de chromatographie,...).
- L'effet de groupe est également une perspective de travail très intéressante afin de faire un lien entre la communication végétal/ animale et le comportement des populations de coléoptères.
- La deuxième idée que nous avons eue est l'étude du même phénomène pour différents stades de croissance du coléoptère par exemple, il aurait été intéressant de comparer le comportement des adultes à celui des larves de coléoptères : Les larves sont –elles attirées par le navet ou bien est-ce seulement l'adulte qui reçoit le message ?

Notre étude basée sur des dénombrements d'insectes nous ont permis, grâce a un traitement statistique, de montrer que les coléoptères son indéniablement attiré par le navet une fois que celui-ci est infesté de larves. A l'échelle d'une parcelle le fait que les navets infestés attirent les coléoptères permettrait un mode de culture écologique dans le sens ou les insectes gardien ne viendrait quand cas d'infestations.

Ce mode de défense constitue une alternative intéressante aux pesticides. De surcroit cette technique des insectes gardien pourrait être rendu plus efficace par une sélection de semences engendrant des végétaux sécrétant d'avantage de kairomones et par conséquent attirant plus d'insectes.

Bibliographie, contact et webographie :

- ✓ Anne-Marie Cortesero, contact professionnel à Rennes, « écobioologie des insectes parasitoïdes », <http://www.parasitoides.univ-rennes1.fr>
- ✓ Eric Thibout & Anne-Marie Cortesero, « Des insectes gardiens de plantes », la recherche n°380, novembre 2004.
- ✓ Céline Josso, thésarde à l'université de Rennes, étude de la divergence des espèces.