

**Université Catholique de Louvain**

# **L'agriculture biologique est-elle un rêve impossible ?**

Projet d'atelier expérimental  
pour le Festival des Sciences de Louvain-La-Neuve  
du 13 au 17 mars 2006

Travail de groupe de  
*Didactique Spéciale en Sciences Naturelles (SC 2321)*  
présenté par

**Carmen ROJAS**  
**Dominique DELFORGE**

# 1. Introduction : L'agriculture biologique est-elle un rêve impossible ?

L'atelier expérimental que nous proposons de réaliser dans le cadre du *Festival des Sciences* de Louvain-La-Neuve (13-17 mars 2006), destiné aux élèves de l'enseignement secondaire, a pour but d'illustrer le principe de lutte biologique contre le puceron des céréales en agriculture, et de le comparer à l'approche de lutte chimique par l'emploi de pesticides plus classiquement utilisé en agriculture.

Un tel questionnement peut être abordé en classe à partir d'une situation-problème ou de débat autour de la question de l'emploi ou non de substances chimiques pesticides lors de la culture à grande échelle.

Lors d'un tel débat, il est probable que certains élèves défendront l'idée qu'une agriculture moderne et productive nécessite inévitablement l'emploi de produits pesticides efficaces pour enrayer les ravages réalisés sur les cultures par les insectes nuisibles.

D'autres, au contraire, soutiendront que ce type d'approche répand dans l'environnement des quantités importantes de produits chimiques toxiques, destructeurs non seulement de l'insecte prédateur visé, mais également potentiellement de d'autres animaux (insectes, rongeurs, et autres) occupant l'écosystème, ces produits pouvant, dans certains cas, s'avérer en définitive indirectement nocifs pour l'homme lui-même, consommateur des céréales cultivées.

C'est dans ce contexte que s'est développée ces dernières années une nouvelle approche de la lutte contre les insectes parasites des cultures, dite 'biologique', qui utilise des insectes prédateurs des ravageurs de cultures pour se défendre contre ces derniers.

Comparer ensemble ces deux approches de lutte contre les insectes parasites des cultures (approche chimique par l'emploi de pesticides et approche biologique par l'emploi d'insectes prédateurs) constitue l'objectif central du présent atelier.

En pratique, nous donnerons aux élèves l'occasion de pouvoir expérimenter eux-mêmes ce concept, par le parasitage de deux espèces distinctes de pucerons, *Sitobion avenae* (pucerons noirs) et *Metopolophium dirhodum* (pucerons blancs), à l'aide d'un parasitoïde micro-guêpe, *Aphidius rhopalosiphi*. Un autre insecte rampant, non parasité par la micro-guêpe, le staphylin *Aleocharia bilineata*, sera également utilisé comme insecte contrôle. Enfin, dans une dernière expérience, une comparaison sera réalisée avec l'approche chimique par usage d'insecticide.

### ***Déroulement de l'atelier :***

L'atelier expérimental, prévu pour une durée d' 1h15', se déroulera en quatre étapes successives :

**Première partie (15 min):** Séquence d'observation des pucerons, et de la micro-guêpe en boîtes de Pétri, à l'aide d'une loupe grossissante et/ou de binoculaires de laboratoire. Réalisation d'un puzzle anatomique comparatif du puceron et de la micro-guêpe.

**Deuxième partie (35 min) :** Mise au point d'une séquence expérimentale mettant en évidence le parasitage sélectif des pucerons par la micro-guêpe, préférentiellement aux staphylinus utilisés comme contrôles.

**Troisième partie (10 min) :** Mise au point d'une séquence expérimentale mettant en évidence l'effet d'un insecticide contre les insectes rampants.

**Quatrième partie (15 min) :** Récapitulatif des résultats obtenus dans un tableau de calculs, comparaison des résultats obtenus par les différentes approches, et discussion générale des avantages-inconvénients des différentes approches à travers une série de questions de conclusion.

## **2. Choix du thème et compétences visées**

### **Choix du thème**

Le thème choisi pour notre atelier correspond au thème 7 du programme de l'enseignement secondaire de la *Fédération de l'Enseignement Secondaire Catholique* (FESeC), à savoir 'L'évolution des écosystèmes', y inclus 'La lutte biologique'. Fait également partie de ce thème, la question « L'agriculture biologique est-elle une utopie ? », p.95 du programme.

Le travail que nous proposons a pour but de développer, auprès des élèves, plusieurs aspects des savoirs, savoir-faire, et compétences du programme. Nous reprenons ci-après, certains de ces aspects qui, de près ou de loin, se rapportent au travail que nous proposons.

### ***Savoirs***

Actions humaines et pollution.

- Polluants (pesticides chimiques comparés à l'agriculture biologique)
- Déséquilibre des écosystèmes (et lutte biologique)
- Comportements responsables (agriculture intégrée)

Dynamique des écosystèmes.

### ***Savoir-faire***

- Observation (pucerons, micro-guêpe, ponte dans le puceron).
- Mise en place d'un processus expérimental (boîtes de Pétri).

- Mesures qualitatives et quantitatives (comptages).
- Calcul de pourcentages de ponte et mortalité dans chaque espèce.
- Synthèse des résultats dans un tableau récapitulatif.
- Réponses à un questionnaire. Analyse des avantages et inconvénients des deux approches de lutte contre les parasites de culture (pucerons) : approche chimique (insecticides) et approche biologique (parasitage par les micro-guêpes).

### ***Compétences générales visées***

#### *En sciences de base :*

- Modéliser, dans le cadre d'une discipline scientifique, une technologie ou un phénomène courant en tenant compte éventuellement d'aspects techniques, sociaux, économiques ou culturels (CB1).
- Formuler des questions ou des hypothèses en vue de sauvegarder son patrimoine santé (CB4).

#### *En sciences générales :*

- Résoudre une application numérique concrète en gérant les données de façon efficace, en utilisant les outils mathématiques adéquats (CG4).
- Rédiger un rapport structuré suite à une recherche expérimentale validant des lois et des théories dans le cadre d'une situation concrète (CG2).
- Elaborer un dossier argumenté permettant d'évaluer l'impact de découvertes scientifiques ou d'innovations technologiques sur notre mode de vie et sur l'environnement en vue de responsabiliser un public cible (CG6).

### ***Compétences spécifiques visées***

- Identifier la multiplicité des facteurs qui interviennent dans le maintien d'un équilibre écologique (nourriture, oxygène, place pour vivre, endroit pour se reproduire).
- Identifier des problèmes éthiques qui se posent à propos de l'environnement.

## **3. Sujet expérimental proposé**

### ***Carte conceptuelle et définition des concepts***

Nous représentons à la figure 1 les différents concepts qui seront abordés dans le cadre de ce travail (carte conceptuelle), de même que les interrelations entre ces concepts, indiquées par des flèches. Nous définissons ci-après les différents concepts-clefs de ce schéma et de l'atelier dans son ensemble, susceptibles de nécessiter quelques explications de la part des organisateurs.

AGRICULTURE. Activité économique ayant pour objet la transformation et la mise en valeur du milieu naturel afin d'obtenir les produits végétaux et animaux utiles à l'homme, en particulier, ceux qui sont destinés à son alimentation.

CULTURE. Terrain cultivé, surface exploitée. Action de cultiver une terre, une plante.

RECOLTE. Action de recueillir les produits agricoles ; la totalité des produits recueillis.

NOURRITURE. Action de nourrir un être humain. Toute substance qui sert à l'alimentation des êtres humains.

INSECTE (Lat. *insectus*, divisé en parties). Invertébré articulé respirant par des trachées et dont le corps enveloppé dans un tégument chitineux et divisé en trois segments : La *tête*, le *thorax* (portant trois paires de pattes) et l'*abdomen*. Les insectes forment une classe de l'embranchement des arthropodes, dont on connaît près d'un million d'espèces, mais qui en compterait en réalité plusieurs millions. Principaux ordres : hyménoptères, coléoptères, diptères, lépidoptères, hétéroptères, homoptères, odonates.

PUCERON. Petit insecte, longueur approximative 1 mm, en général brun ou vert, ailé ou non, qui vit souvent en colonies, sur les végétaux, dont il puise la sève, provoquant parfois des sérieux dommages (Fig. 2 et 3). Appartient à l'ordre des homoptères, superfamille des aphidés.

GUÊPE (Lat. *vespa*). Insecte social à abdomen annelé de jaune et de noir, dont la femelle est pourvue d'un aiguillon venimeux (Fig. 2 et 3) et dont il existe un grand nombre d'espèces construisant de nids (guêpiers) souterrains ou aériens. Ordre des hyménoptères, famille des vespidés.

PESTICIDE. Se dit d'un produit chimique destiné à lutter contre les parasites animaux et végétaux nuisibles aux cultures.

INSECTICIDE. Se dit d'un produit chimique utilisé pour détruire les insectes nuisibles.

PARASITE (gr. *parasitos*, commensal, de *sitos*, nourriture). Être vivant qui puise les substances qui lui sont nécessaires dans ou sur l'organisme d'un autre appelé *hôte*.

HÔTE (Lat. *hospes*). Organisme vivant qui héberge un parasite.

ENVIRONNEMENT. Ensemble des éléments physiques, chimiques ou biologiques naturels et artificiels qui entourent un être humain, un animal, un végétal, ou une espèce.

ECOSYSTEME ou MILIEU NATUREL. Unité fondamentale d'étude de l'écologie, formée par l'association d'une communauté d'espèces vivantes (biocénose) et d'un environnement physique (biotope) en constante interaction. Une forêt, un lac, un champ cultivé peuvent être considérés comme des écosystèmes.

LUTTE BIOLOGIQUE. Stratégie ou méthode de lutte contre les parasites et maladies qui attaquent les récoltes autre que la pulvérisation avec des produits chimiques.

LUTTE CHIMIQUE. Application de pesticides, insecticides, vaporisations et autres qui ont la finalité de réduire la population des parasites. Peuvent entraîner certains effets néfastes sur la santé ou l'environnement.

### ***Représentations pouvant faire obstacle à l'apprentissage***

En principe, peu de représentations préconçues des élèves sont susceptibles de poser problème lors de la réalisation de cet atelier. Néanmoins, certaines idées des élèves, qui seraient exclusivement favorables à une approche écologique et opposés à une approche chimique, ou inversement, exclusivement favorables à une approche de rentabilité à grande échelle de l'agriculture *via* des procédés chimiques, pourraient poser quelques difficultés à l'assimilation des concepts. Par conséquent, une attention particulière sera portée par les organisateurs de l'atelier à veiller, par des explications appropriées, à ce que ces éventuels obstacles soient levés, si tel était le cas.

### ***Travail expérimental***

#### **Remarques préliminaires**

Outre le matériel détaillé ci-après dans le texte (et repris en annexe 1), les expériences mises en œuvre dans cet atelier nécessitent l'utilisation d'une *pièce occultée* et d'une *table lumineuse* suffisamment spacieuses pour recevoir les différents groupes d'étudiants sans qu'ils ne se gênent mutuellement.

L'usage de la *table lumineuse* permet le transfert facile des micro-guêpes (attirées par la lumière) du microtube vers les boîtes de Pétri contenant les pucerons, sans que ces guêpes ne s'échappent dans la pièce.

Lors du transfert des insectes de la plante-hôte vers les boîtes de Pétri, ou du microtube vers les boîtes de Pétri, il est important de procéder délicatement

afin de ne pas blesser les insectes. Un fin pinceau d'aquarelle pourra être utilisé pour faciliter ces transferts. Le transfert direct de brins de froment portant des pucerons peut également être réalisé.

Enfin, afin d'éviter de stresser les insectes, il est important que la table lumineuse utilisée soit équipée de lampes froides (type tube néon) qui n'élèvent pas la température de la surface de travail. Il a été observé que dans le cas contraire, le succès des pontes par la micro-guêpe s'en trouve affecté.

## **Première Partie :**

### **Observation du puceron sur son substrat naturel (15 min)**

- Observation macroscopique détaillée du puceron sur son substrat naturel (froment), à l'aide d'une loupe grossissante, et/ou d'un binoculaire de laboratoire.
- Observation macroscopique détaillée de la micro-guêpe, à l'aide d'une loupe grossissante, et/ou d'un binoculaire de laboratoire.
- Etude comparative de la structure morphologique de deux insectes (Ressemblances et différences).

Cette partie du travail pourra être réalisée sous forme d'un jeu-puzzle nécessitant de reconstituer la structure des deux insectes à partir d'éléments morphologiques préalablement dessinés par nous-mêmes sur papier cartonné (voir Fig. 3).

## **Deuxième Partie :**

### **Lutte biologique contre le puceron du froment (35 min)**

- A l'aide du matériel expérimental mis à disposition, et avec notre support à la réflexion, les élèves élaborent un protocole expérimental leur permettant de mettre en évidence le caractère de parasite (donc destructeur) de la micro-guêpe vis-à-vis du puceron.
- Matériel mis à disposition :
  - 1 plant de froment hébergeant des pucerons noirs (*Sitobion avenae*)
  - 1 plant de froment hébergeant des pucerons blancs (*Metopolophium dirhodum*)
  - 1 tube de laboratoire contenant des insectes 'contrôles' de type staphylin (*Aleocharia bilineata*)
  - 1 tube Eppendorf contenant des micro-guêpes parasitoïde femelle pondueuses (*Aphidus rhopolosiph*)
  - 1 boîte de Pétri vide
  - 1 pinceau permettant le transfert des pucerons

- Proposition de protocole expérimental : voir le diagramme du déroulement expérimental (Fig. 4). L'étape finale de mise en présence de la micro-guêpe parasitoïde avec les pucerons et staphylins, et de comptage des pontes réalisées, sera réalisée pendant une durée de 20 minutes.
- Remarque : Dans certains cas, il peut arriver que la guêpe mise en présence des autres insectes ne pondre pas, même après plusieurs minutes d'attente. Si tel était le cas, ne pas hésiter, après 5 min d'observation, à ajouter une micro-guêpe supplémentaire dans la boîte de Pétri pour 'activer' l'expérience.
- Bilan chiffré du comptage et calcul de moyennes : à l'aide des tableaux qui leur sont fournis (Fig. 5) les élèves réalisent un bilan des pontes observées de la micro-guêpe vis-à-vis des deux espèces de pucerons, par rapport aux staphylins, puis réalisent un calcul de pourcentage de pontes pour chacun des groupes.

### **Troisième partie :**

#### **Lutte chimique contre le puceron du froment (10 min)**

- A l'aide du matériel expérimental mis à disposition, et avec notre support à la réflexion, les élèves élaborent un protocole expérimental leur permettant de mettre en évidence l'effet toxique d'un insecticide vis-à-vis des pucerons et des staphylins (comparaison de la vaporisation d'H<sub>2</sub>O *versus* insecticide), pour établir ensuite une comparaison avec l'approche de lutte biologique (parasitage par la micro-guêpe).
- Matériel mis à disposition :
  - 1 plant de froment hébergeant des pucerons noirs (*Sitobion avenae*)
  - 1 plant de froment hébergeant des pucerons blancs (*Metopolophium dirhodum*)
  - 1 tube de laboratoire contenant des insectes 'contrôles' de type staphylin (*Aleocharia bilineata*)
  - 2 boîtes de Pétri vides
  - 1 pinceau permettant le transfert des pucerons
  - 1 bombe aérosol d'H<sub>2</sub>O en spray
  - 1 bombe aérosol d'insecticide en spray
- Proposition de protocole expérimental : voir le diagramme du déroulement expérimental (Fig. 6)
- Bilan chiffré du comptage et calcul de moyennes : à l'aide des tableaux qui leur sont fournis (Fig. 7) les élèves réalisent un bilan des pucerons morts observés, respectivement après vaporisation d'H<sub>2</sub>O (boîte de Pétri n°1) et d'insecticide (boîte de Pétri n° 2), puis ils réalisent un calcul de pourcentage de mortalité sur chacun des groupes, pour chacune des deux conditions expérimentales (H<sub>2</sub>O et insecticide).

## **Quatrième partie :**

### **Comparaison des deux approches (15 min)**

Une série de questions telles que celles indiquées ci-dessous pourront servir de point de départ à une réflexion permettant une comparaison des deux approches et l'élaboration d'une conclusion concernant la possibilité d'une lutte biologique en agriculture. Un questionnaire-type individuel de ce type pourra être remis aux élèves participants.

- Décrivez brièvement les résultats obtenus par l'approche *biologique* de lutte contre le puceron du froment (micro-guêpe).
- Décrivez brièvement les résultats obtenus par l'approche *chimique* de lutte contre le puceron du froment (insecticide).
- Quels sont les avantages et inconvénients de l'approche *biologique* de la lutte contre le puceron ?
- Quels sont les avantages et inconvénients de l'approche *chimique* de la lutte contre le puceron ?
- Comparez les avantages et inconvénients des deux approches ensemble.
- Quelles conclusions pouvez-vous tirer concernant le choix d'une stratégie de lutte contre les parasites de culture (en agriculture), en rapport avec le respect de l'environnement, de la santé publique, et la nécessité d'une rentabilité économique ?

#### ***Etapas susceptibles de nécessiter notre intervention :***

- A l'issue de l'observation des insectes de la partie 1, une présentation d'une courte vidéo présentant le cycle de ponte de la micro-guêpe et de développement de la larve à l'intérieur du puceron sera réalisée, comme support didactique à l'atelier (DVD mis à disposition par l'Unité d'Ecologie et de Biogéographie).
- Explications pour la manipulation des insectes et la mise en œuvre expérimentale.

## **4. Conclusion**

A l'issue de cet atelier, grâce aux différentes étapes expérimentales réalisées et aux résultats qui auront été obtenus, en se basant sur la discussion finale résultant du questionnaire, les élèves devraient être à même de se forger une opinion lucide et nuancée concernant la question des stratégies possibles de lutte contre les insectes ravageurs de cultures, et, nous l'espérons, être capables de répondre de manière personnelle et argumentée à la question : « L'agriculture biologique est-elle une utopie ? ».

## **BIBLIOGRAPHIE**

FERGUSON, G. (2005). *Facteurs à considérer dans l'usage d'agents de lutte biologique contre les pucerons*, Ed. Maaro, Ontario, Canada.

LEGRAND, M.A., LEVIE, A., HANCE, T. (2001). *Mise au point d'une technique de lutte contre les pucerons des céréales à l'aide de microhyménoptères parasitoïdes*. Unité d'écologie et de biogéographie, UCL, Louvain-La-Neuve.

MARQUES, N. (1998). *Sélection d'une espèce de parasitoïde efficace contre les pucerons des céréales (Hémiptères : Aphididae), dans le but de son utilisation en lâcher inoculatif*. Thèse de doctorat, Unité d'écologie et de biogéographie, UCL, Louvain-La-Neuve.

STILMANT, D. (1997). *Adaptations des parasitoïdes à leurs hôtes. Étude du modèle formé par les principales espèces de parasitoïdes des pucerons des céréales (Hymenoptera) et par leurs hôtes (Homoptera : Aphididae)*. Thèse de doctorat, Unité d'écologie et de biogéographie, UCL, Louvain-La-Neuve.

### **Site Web de référence**

Production de parasitoïdes pour la lutte biologique : Spin-off UCL – Viridaxis, à Gilly.  
<http://www.viridaxis.com>

### **Remerciements**

Nous tenons à remercier vivement pour leur aide scientifique et logistique (culture de pucerons, micro-guêpes, et staphylins, matériel mis à disposition), les étudiants-chercheurs de l'Unité d'Écologie et de Biogéographie du Prof. Thierry Hance, UCL, Louvain-La-Neuve, et plus particulièrement les doctorants Alexis Descampe, Thibaut Defrance, et Isabelle Frère, pour leur aimable et efficace soutien à la préparation de cet atelier.

## **Annexe 1 : Liste du matériel nécessaire**

### **Infrastructure nécessaire :**

- 1 local parfaitement occulté
- 1 grande table lumineuse (permettant de mettre 8 personnes autour – 4 groupes de deux élèves), ou quatre petites tables lumineuses (permettant de travailler à deux élèves à la fois)
- Câbles électriques et fiches multiprises nécessaires à la connexion des tables lumineuses et lampes d'appoint utilisées.

### **Options :**

- Mise à disposition de quatre loupes binoculaires de laboratoire et lampes d'appoint à faisceau directionnel pour l'observation des insectes.
- Casette VHS sur « Le cycle de la larve » à convertir en DVD.

### **Matériel à commander :**

- 12 boîtes de Pétri en plastic jetable petit format (4 cm de diamètre) par groupe de 8 élèves = environ 72 boîtes de Pétri si on accueille 2 groupes de 8 élèves par jour durant 3 matinées du festival.
- 10 fins pinceaux d'aquarelle (Réf. 000) pour le transfert des pucerons.
- 4 paires de ciseaux de bureau.
- 4 loupes grossissantes de bureau pour l'observation des pucerons.
- Une bombe d'insecticide en spray pour insectes rampants.
- Une bombe d'eau (H<sub>2</sub>O) de type brumisateuse en spray.
- 8 feuilles de papier bristol cartonné pour impression des éléments du puzzle. Prévoir éventuellement une plastification des éléments imprimés.

### **Matériel fourni par l'Unité d'Ecologie et Biogéographie :**

- Pucerons *Sitobion avenae* sur plants de froment.
- Pucerons *Metopolophium dirhodum* sur plants de froment.
- Staphylins *Aleocharia bilineata* en tube de laboratoire : 5 staphylins par groupe de 2 élèves, càd 40 staphylins par jour, càd 120 staphylins pour les 3 jours de festival.
- Micro-guêpes *Aphidius rhopolosiphi* en microtubes individualisés : 3 micro-guêpes par groupe de 2 élèves, càd 24 micro-guêpes par jour, càd 72 micro-guêpes pour les 3 jours de festival.

Un nouveau stock d'insecte pourra être fourni chaque jour par le laboratoire. Prévoir néanmoins d'aider 30 min chaque jour, en début de journée, pour placer les micro-guêpes en microtubes individuels.