

LES PUCERONS

Particularités biologiques et importance agronomique

Etienne HERRBACH

Laboratoire de Zoologie
Institut National de la Recherche Agronomique
28, rue de Herrlisheim, B.P. 507,
68021 COLMAR Cedex

Dans la diversité étourdissante du monde des insectes (plus d'un million d'espèces connues), les pucerons forment un groupe homogène, qui est certainement l'un des plus intéressants et des plus étudiés. L'intérêt porté aux pucerons découle de l'importance numérique des espèces (quelque 4000 espèces sont répertoriées dans le monde), mais surtout de leurs nombreuses *particularités biologiques* (parthénogénèse, viviparité, polymorphisme, photopériodisme, relations avec la plante-hôte,...) et de leur *importance agronomique* considérable, liée à leurs pullulations fréquentes et à leur faculté sans égale de transmettre des virus phytopathogènes.

Mon propos sera de décrire les principaux caractères biologiques des pucerons et de montrer leur rôle en agriculture. Des exemples, souvent tirés des travaux scientifiques de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) et spécialement du Laboratoire de Zoologie de Colmar, viendront illustrer cette présentation.

1 - Systématique et répartition géographique

a) Position systématique

Les Pucerons (fig. 1 et 2) sont des Insectes de l'ordre des *Homoptères*. Les Homoptères présentent tous des ailes de texture uniforme (d'où leur nom) et des pièces buccales de type *piqueur-suceur* (ou rostre) et sont tous *phytophages*. Les Homoptères sont classés dans 2 groupes principaux : les *Auchénorhynches*, chez lesquels la base du rostre se situe avant le niveau des pattes antérieures, et qui comprennent plusieurs familles (dont les Cicadides ou Cigales, les Cicadellides ou Jassides, les Cercopides, les Membracides et les Fulgorides), et les *Sternorhynches*, caractérisés par l'allongement ventral du dernier segment de la tête, reportant la base du rostre au-delà du niveau des pattes

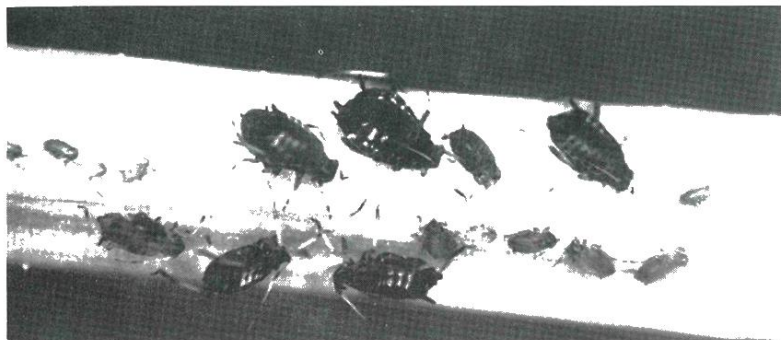


Figure 1 - Colonie de puceron noir de la fève, *Aphis fabae* (cliché F. JACKY).

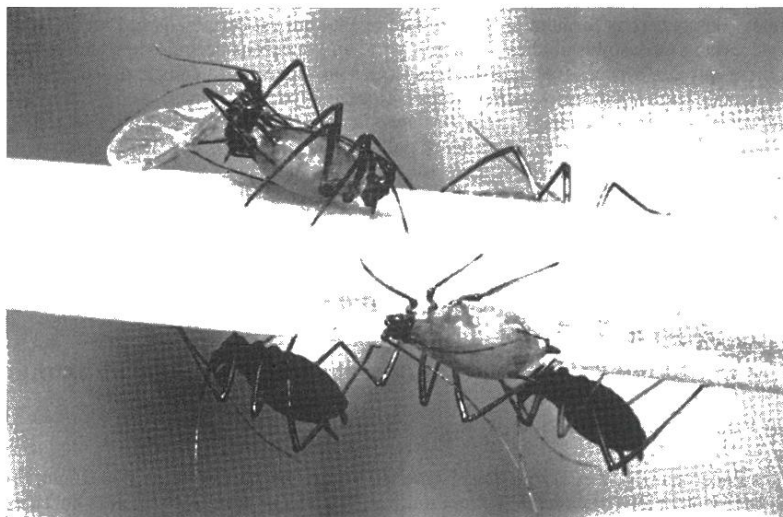


Figure 2 . Colonie de puceron de la vesce, *Megoura viciae*, avec un accouplement (cliché Y. BOUCHERY).

antérieures. Les Sternorhynches comprennent 4 groupes, tous capables de former des colonies importantes sur les plantes et de provoquer des dégâts considérables : les *Psylles* (citons le psylle du poirier), les *Aleurodes* (minuscules "moucheons" aux ailes blanches, fréquents dans les serres), les *Coccides* ou *Cochenilles* (souvent recouvertes d'un bouclier dur ou ciré) et les *Aphidiens* (puçerons au sens large).

La systématique des Aphidiens est complexe, et de nombreux auteurs ont proposé des classifications différentes (ILHARCO & VAN HARTEN, 1987). La plupart tendent cependant à séparer les puçerons en 2 groupes :

- les puçerons *ovipares* tout au long de leur cycle : les *Adelgidae*, puçerons des conifères, et les *Phylloxeridae*, dont le tristement célèbre phylloxéra de la vigne, *Viteus vitifolii* (Fitch),

- les puçerons *vivipares*, avec ou sans phase ovipare dans le cycle. C'est dans ce groupe, élevé au rang de superfamille (*Aphidoidea*) par certains auteurs et de famille (*Aphididae*) par d'autres (dont le Professeur G. REMAUDIÈRE, Institut Pasteur de Paris), qu'on trouve le plus grand nombre d'espèces et la plupart de celles qui ont un impact en agriculture.

b) Paléontologie (HEIE, 1987)

L'empreinte d'une aile à nervation caractéristique des puçerons constitue la plus ancienne trace connue du groupe. Ce fossile (*Triassoaphis cubitus* Evans) daterait du Trias (- 200 MA). Rappelons que les plus anciens insectes connus, proches de nos actuels collembolés, datent du Dévonien (- 370 MA). De rares autres puçerons fossiles ont été découverts dans des terrains du Jurassique et du Crétacé. L'aphidofaune du Tertiaire est un peu mieux connue (une centaine d'espèces décrites) par des empreintes et des inclusions dans l'ambre.

c) Répartition mondiale

L'aire de répartition des puçerons n'est pas homogène. C'est dans les *régions tempérées septentrionales* que la plus grande diversité en espèces est rencontrée. Les zones tropicales ont une aphidofaune relativement pauvre. Les raisons de cette différence sont mal connues. Elle serait liée à l'existence, chez les puçerons, d'un cycle avec alternance de formes, qui serait une adaptation au climat tempéré (BLACKMAN & EASTOP, 1984), ou à leur spécificité d'hôte, qui les rendrait peu adaptés aux régions tropicales, où la richesse floristique est plus grande (DIXON *et al.*, 1987).

Grâce à l'activité humaine, beaucoup d'espèces d'importance agronomique ont été introduites dans la plupart des régions où leur plante-hôte est cultivée. Ainsi, de nombreuses espèces d'origine européenne ont été importées en Amérique du Nord. L'inverse s'est aussi produit, il n'est que de citer le phylloxéra de la vigne et le puçeron du lupin (*Macrosiphum albifrons* Essig), d'introduction récente.

2 - Reproduction et cycle biologique

a) Découverte de la parthénogénèse

Les puçerons sont tous capables de se reproduire par *parthénogénèse*, c'est-à-dire par développement d'un gamète femelle (ovule) sans fécondation par un gamète mâle. A

ce titre, les pucerons ont leur place dans l'histoire de la biologie, car c'est chez eux que la parthénogénèse naturelle a été découverte, en 1740, par C. BONNET. Ayant isolé une larve nouveau-née de puceron sur une plante, BONNET eut la surprise de la voir, 10 jours plus tard, donner naissance à des larves, jusqu'à "nonante-cinq petits, tous bien vivants". La découverte fut annoncée par RÉAUMUR à l'Académie des Sciences de Paris et fit sensation. Le puceron devint "un être important en physique" (selon le mot du physiologiste A. VON HALLER), une vedette dont on parlait dans les journaux et les salons, voire dans les discussions philosophiques (ROSTAND, 1950 ; THÉODORIDÈS, 1971).

b) Le cycle biologique annuel (fig. 3)

Chez les pucerons, la parthénogénèse est *cyclique* et s'accompagne généralement d'une alternance entre viviparité et oviparité. Pendant la belle saison, ils se reproduisent par voie de parthénogénèse : des femelles *vivipares* donnent naissance à des femelles (parthénogénèse *thélytoque*) pendant plusieurs générations. A l'automne, des femelles parthénogénétiques particulières, appelées *sexupares*, donnent naissance à des mâles et à des femelles aptes à être fécondées et toujours *ovipares*, c'est la génération *sexuée*. La femelle ovipare, après fécondation par un mâle (fig. 2), pond 1 à 8 oeufs (BONNE-MAISON, 1951) qui passeront l'hiver et dont naîtront, au printemps, des femelles parthénogénétiques vivipares, les *fondatrices*.

c) Holocycle et anholocycle

Il est possible de distinguer 2 cycles type, selon que la génération sexuée existe ou non. Le cycle complet, ou *holocycle*, comprend la génération sexuée et l'hivernation sous forme d'oeuf. Dans l'*anholocycle*, les individus parthénogénétiques se maintiennent pendant l'hiver et il y a suppression de la phase sexuée.

L'*holocyclie* est de "règle" dans les régions à hiver rigoureux, où le stade d'oeuf est une forme de résistance au froid. Dans les régions à hiver plus doux, l'*anholocyclie* est souvent observée. Nos collègues de l'INRA de Rennes (ROBERT, 1980 ; DEDRYVER, 1987) ont montré qu'en Bretagne, où les hivers sont peu rigoureux, de nombreuses espèces de pucerons, dont *Aphis fabae* Scopoli et *Rhopalosiphum padi* (L.), holocycliques ailleurs, comme en Alsace (BOUCHÉRY, 1978), présentent une anholocyclie facultative (coexistence holocycle/anholocycle), voire une anholocyclie stricte dans les zones où l'hôte hivernal est absent. D'autres espèces, comme *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), sont toujours anholocycliques.

d) Alternance de plantes-hôtes

Selon les espèces, l'holocycle comporte ou non une alternance saisonnière entre 2 hôtes non apparentés botaniquement (fig. 3).

Dans un *cycle dioécique*, on assiste à un changement d'hôtes. Les oeufs sont pondus sur un hôte d'hiver ou *hôte primaire*, généralement un ligneux. Au printemps, apparaissent des fondatrices qui engendrent des femelles aptères ou ailées, les *fondatrigè-*

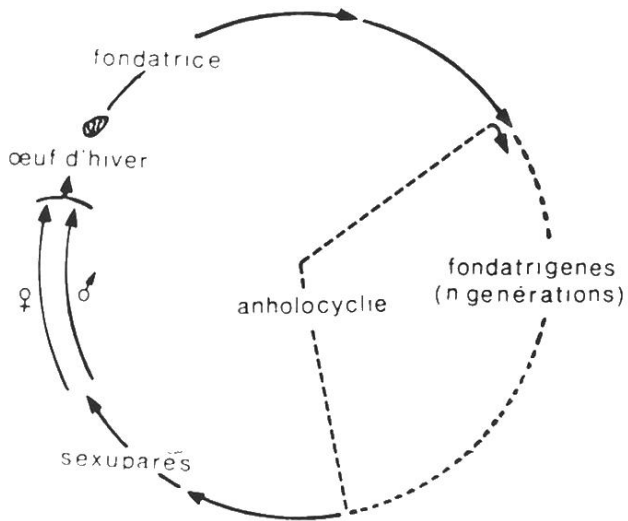
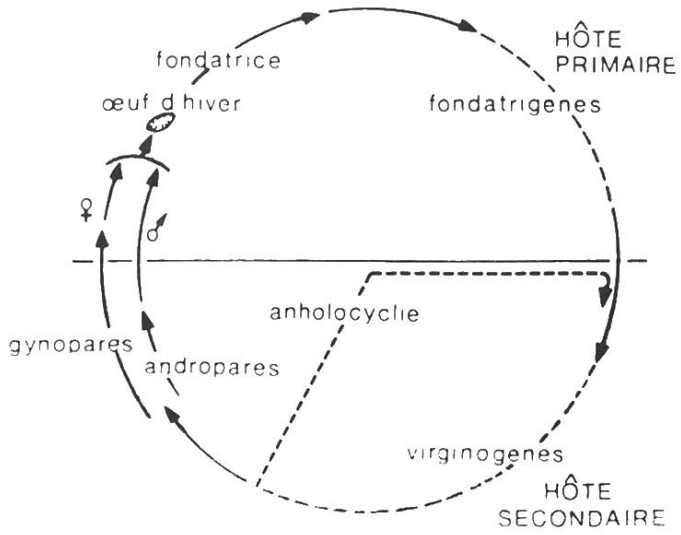


Figure 3 : Cycle biologique complet (holocycle) d'un puceron dioécique (en haut) et d'un puceron monoécique (en bas), avec possibilité d'anholocyclie (modifié d'après LECLANT, 1978).

nes. Les fondatrigenes ailées quittent cet hôte lors d'un *vol d'émigration*, pour coloniser des espèces végétales très différentes de l'hôte primaire, les *hôtes secondaires*. Sur ces hôtes, souvent herbacés, se développent plusieurs générations de femelles aptères ou ailées, les *virginipares* ou *virginogènes*. On peut observer un ou plusieurs *vols de dissémination* au cours de la belle saison. A l'automne, les sexupares et les mâles ailés retournent, par le *vol de rémigration*, sur l'hôte primaire, où a lieu l'accouplement. Parmi les espèces à cycle dioécique, citons le puceron noir de la fève, *Aphis fabae* (étudié depuis de nombreuses années à l'INRA de Colmar par Y. BOUCHERY), qui hiverne sur le fusain (*Evonymus europaeus* L.) et migre au printemps sur de très nombreuses plantes herbacées, dont les légumineuses et la betterave.

Un *cycle monoécique* se déroule sur des plantes de la même espèce, ou d'espèces très voisines. Ainsi, le puceron cendré du chou, *Brevicoryne brassicae* (L.), accomplit son cycle complet sur des crucifères. L'accouplement et la ponte ont lieu sur crucifères. Au printemps, les fondatrigenes ailées partent, lors d'un *vol de dissémination*, coloniser d'autres crucifères.

e) Déterminisme de l'apparition des formes sexuées

Du point de vue génétique (GRASSÉ *et al.*, 1966), le sexe des pucerons est déterminé par le nombre de chromosomes sexuels X présents : 2 chez les femelles ($2n + 2X$) et un seul chez les mâles ($2n + X$), n pouvant aller de 2 à 36 (BLACKMAN, 1987). La parthénogénèse se fait par développement d'ovules n'ayant pas subi la réduction chromosomique, c'est-à-dire ayant gardé $2n + 2X$ chromosomes. Au contraire, les ovules des femelles ovipares sont haploïdes, c'est-à-dire portent $n + X$ chromosomes. De même, les spermatozoïdes portent tous $n + X$ chromosomes (lors de la spermatogénèse, les gamètes 'n' ne se développent pas en spermatozoïdes fonctionnels, mais dégénèrent). Ainsi, la fécondation produit invariablement des femelles ($2n + 2X$).

La production à l'automne de formes sexupares, puis sexuées, est sous la dépendance de plusieurs facteurs. L'action de la *photopériode* semble prépondérante : la réduction de la durée du jour détermine l'apparition de sexués. La démonstration de ce phénomène par MARCOVITCH (1924), sur *Aphis forbesi* Weed, fut la première mise en évidence du *photopériodisme* dans le règne animal. Les *températures basses* jouent également un rôle dans l'apparition des sexués, rôle qui s'ajoute à celui de la photopériode. Cependant, malgré les jours courts et les températures basses du début du printemps, les fondatrices ne forment pas de sexupares. Ceci serait lié, d'après l'hypothèse de BONNEMAISON (1951) (INRA de Versailles), à l'existence d'un facteur inhibant la production de sexués, le *facteur "fondatrice"*, dont la concentration décroît d'une génération à l'autre. L'*effet de groupe*, lié à la densité de la population, est un autre facteur favorisant l'apparition des sexués, au moins chez certaines espèces et en conjonction avec l'effet de la photopériode et de la température.

f) Déterminisme de l'apparition d'ailés

Les formes ailées assurent la dispersion spatiale de l'espèce à différents moments du cycle. Le facteur déterminant l'apparition d'ailés est l'*effet de groupe*, lié à la surpopulation (BONNEMAISON, 1951 ; KAWADA, 1987). Dans certains cas, la surpopulation des jeunes larves les fait évoluer directement vers des formes ailées ou n'entraîne

la formation d'ailés qu'à la génération suivante ; très souvent, l'effet de groupe agit à la fois sur les mères et les filles. Plutôt qu'au nombre de pucerons par colonie, ce phénomène semble lié à l'intensité des stimulations tactiles dues à la vie en groupe.

Une modification de la *qualité de la plante-hôte* peut favoriser, souvent de concert avec l'effet de groupe, l'apparition d'ailés. Ainsi, chez les espèces colonisant les céréales ou la féverole, la maturation de la plante stimule la formation d'ailés.

3 - Relations puceron - plante

a) Recherche et sélection de la plante-hôte

La spécificité d'hôte chez les pucerons est généralement étroite et limitée à un ou plusieurs genres botaniques (mono- et oligophagie), mais certaines espèces, dont le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulzer), présentent un spectre d'hôtes plus large (polyphagie). Dans tous les cas, le puceron doit, lors des phases ailées de son cycle, résoudre le problème de la recherche et de la reconnaissance de son (ses) hôte(s) propre(s).

Chez de nombreuses espèces, il semble que le puceron ailé soit incapable, en vol, de reconnaître à distance, par la vue ou par l'odorat, sa plante-hôte, avant de s'y être posé. Attiré par certaines longueurs d'onde composant la couleur verte du feuillage, le puceron peut se poser sur divers végétaux, hôtes ou non.

La reconnaissance de la plante s'opère donc le plus souvent après l'atterrissage. D'abord, le contact du puceron avec la surface végétale fournit des signaux de reconnaissance, détectés par des récepteurs sensoriels portés par les antennes et l'extrémité du rostre. Puis, dans la plupart des cas, il va effectuer une (parfois plusieurs) piqûre courte, dite *d'épreuve* ; cette piqûre s'accompagne d'une prélèvement d'une petite quantité de suc cellulaire, qui est "goûtée" grâce à un organe sensoriel situé dans l'intestin antérieur. C'est généralement lors de cette phase, primordiale pour la reconnaissance de l'hôte, que le puceron accepte la plante comme hôte, ou au contraire la rejette.

Les facteurs de reconnaissance de l'hôte peuvent être de nature physique (dureté ou pilosité du tégument végétal), mais surtout chimique. Le terme d'*allélochimiques* désigne des composés de la plante, qui entraînent chez les insectes qui les contactent une réponse comportementale donnée (stimulation de l'installation sur l'hôte et de l'alimentation ou rejet de la plante). On connaît plusieurs allélochimiques propres à certaines plantes et qui servent de *signal de reconnaissance spécifique* pour les espèces de pucerons acceptant cette plante comme hôte et de *signal inhibiteur* (répulsif) pour les espèces ne colonisant pas cette plante.

b) Comportement alimentaire

- Les pièces buccales (fig. 4)

Les pucerons se nourrissent de suc végétaux prélevés au moyen de pièces buccales de type *piqueur-suceur*. Le rostre est constitué de 2 paires de *stylets* (mandibulaires et maxillaires) fins et flexibles, qui coulissent dans la gouttière du labium. Les stylets maxillaires sont maintenus étroitement liés entre eux par un dispositif du type "ferme-

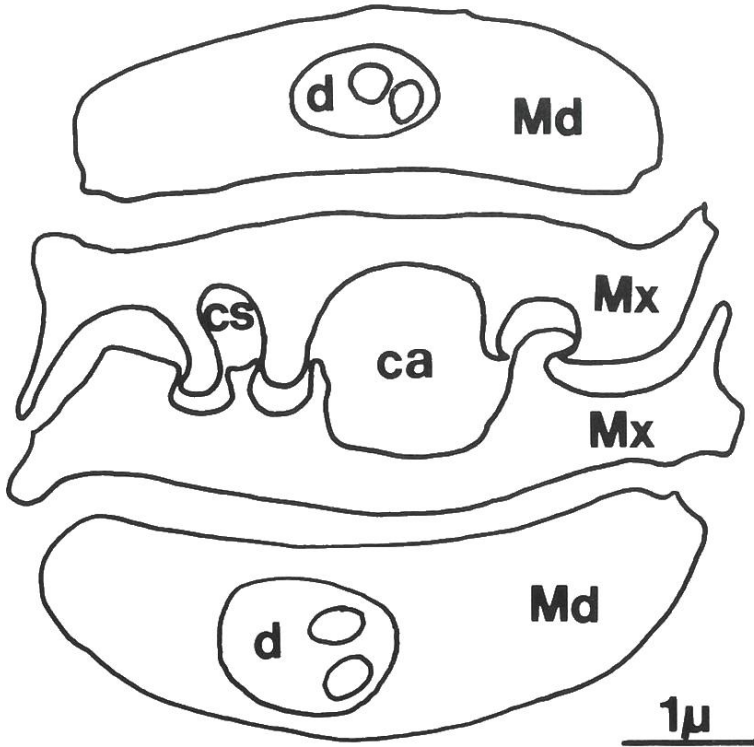


Figure 4 Coupe transversale des stylets d'un puceron.
 Md = stylets mandibulaires
 Mx = stylets maxillaires
 ca = canal alimentaire
 cs = canal salivaire
 d = dendrite

ture à glissière plastique'' (LECLANT, 1982) et forment un canal alimentaire servant au prélèvement de liquide, et un canal salivaire permettant l'émission de salive. Au repos, les stylets sont maintenus dans le labium qui est en extension et est plaqué sur la face ventrale de l'insecte. Lors de la piqûre, les articles du labium se télescopent, et les stylets s'engagent dans les tissus de la plante.

- Pénétration des stylets et ingestion

La pénétration des stylets et l'ingestion dans les tissus végétaux sont des processus inaccessibles à l'observation visuelle directe, et qui doivent être étudiés au moyen de méthodes plus spécialisées. L'observation au microscope optique ou électronique de

coupes histologiques permet de préciser la localisation des stylets, mais non le comportement lui-même. Dans notre laboratoire, nous employons une technique d'*actographie alimentaire*, mise au point par les américains McLEAN & KINSEY (1964) et adaptée par Y. BOUCHERY. Cette technique intègre le puceron et sa plante-hôte dans un circuit électrique, et permet d'enregistrer, puis d'analyser les variations de résistance électrique de l'ensemble puceron-plante, qui correspondent à différentes phases de la piqûre (épreuve, pénétration, ingestion).

Le recours à ces techniques, entre autres, a fait progresser la connaissance du comportement alimentaire des pucerons. La pénétration est un processus long, nécessitant entre 10 et 30 mn, parfois plus, pour atteindre le site d'ingestion. Celui-ci est habituellement le phloème, ou liber, conduisant la sève élaborée, ce qui explique que les pucerons s'établissent souvent le long des nervures des feuilles ou sur les tiges ; il existe cependant des pucerons se nourrissant dans le xylème, ou vaisseau du bois, ou dans le parenchyme (POLLARD, 1973). La pénétration a généralement un trajet intercellulaire, mais il arrive souvent que des cellules végétales soient percées par les stylets (TJALLINGII, 1985). Elle s'accompagne d'émission d'une salive particulière, peu enzymatique, qui gélifie et forme autour du passage des stylets une sorte de "maçonnerie", appelée *gaine salivaire*, souvent ramifiée et aisément observable sur coupes histologiques après coloration.

Lorsque le phloème est atteint, l'ingestion de sève commence et peut durer des heures sans que le puceron retire ses stylets. La *sève élaborée* est une solution aqueuse riche en sucres, mais pauvre en certains nutriments essentiels (aminoacides, vitamines,...). Pour cette raison, le puceron doit ingérer de grandes quantités de sève pour subvenir à ses besoins ; l'excédant en eau et sucres est excrété par l'anus sous forme de gouttelettes de *miellat*. Le miellat est une substance fort appréciée de certaines espèces de fourmis, qui souvent le recueillent pour leur propre consommation. A noter également que le "miel de sapin" est fabriqué par les abeilles à partir du miellat déposé par des pucerons inféodés aux conifères (*Cinara* spp.).

4 - Importance agronomique

On peut sans exagérer affirmer, avec LECLANT (1982), que du point de vue agronomique, les pucerons constituent sans doute le groupe entomologique le plus important. Il est peu de plantes cultivées qui ne soient hôtes pour une ou plusieurs espèces de puceron.

a) Nuisibilité des pucerons

Les effets dommageables des pucerons sur les plantes sont de plusieurs ordres :

- Dégâts directs par prélèvement de sève

Le prélèvement de sève affaiblit la plante, lorsque la densité de pucerons est élevée. Ainsi, BOUCHERY (1977 a, b) a montré qu'*Aphis fabae* est capable d'anéantir totalement une récolte de féverole de printemps, lors des années de forte attaque (plusieurs milliers d'individus par pied).

- Dégâts par induction de déformations ou de galles

La salive injectée par le puceron dans le végétal peut entraîner des nécroses ou des déformations. C'est le cas de pucerons des arbres fruitiers. Dans d'autres cas, la piqûre du puceron provoque une réaction particulière de la plante, se traduisant par la formation de galles (cécidogénèse). Il existe des galles totalement fermées qui abritent la femelle cécidogène et sa progéniture ; c'est le cas des galles en "ananas" causées sur l'épicéa par des *Adelgidae* (ROHFRITSCH, 1971) et des galles sur les pétioles de peuplier induites par des pucerons du genre *Pemphigus* (FORREST, 1987). Citons encore les galles provoquées par le phylloxéra de la vigne.

- Dégâts par dépôt de miellat

Le miellat déposé par les pucerons sur les surfaces végétales constitue un milieu de culture favorable à des champignons saprophytes, dont le développement entrave la respiration et la photosynthèse de la plante et provoque ce qu'on appelle la *fumagine*, qui peut déprécier fruits ou légumes.

- Dégâts par transmission de virus

Grâce aux particularités de leurs relations avec les plantes, les pucerons sont d'excellents vecteurs de virus phytopathogènes. Ils transmettent nettement plus de virus différents que tous les autres groupes de vecteurs réunis. Selon leur relation avec le vecteur, les virus transmis sont classés en *virus de stylets* et en *virus circulants*. Les premiers sont prélevés sur une plante malade, puis inoculés sur une plante saine, lors des piqûres d'épreuve dans les cellules épidermiques ; ils sont retenus au niveau des stylets du puceron et celui-ci perd rapidement sa faculté de transmettre. Quant aux virus circulants, leur acquisition et leur inoculation exigent chacune une piqûre longue et profonde dans le phloème ; ces virus effectuent un cycle dans l'organisme du vecteur (tube digestif, hémolymphe, glandes salivaires) et sont inoculés dans la plante par la salive ; une fois le virus acquis, le vecteur peut rester infectieux toute sa vie.

A Colmar, nous étudions le rôle des pucerons dans la transmission, entre autres maladies, des jaunisses virales de la betterave.

b) Méthodes de lutte

- La lutte insecticide

L'emploi d'insecticides est la méthode de lutte la plus courante. Elle donne des résultats satisfaisants si elle est appliquée à bon escient, c'est-à-dire au bon moment, avec une matière active bien choisie, à la dose homologuée et avec un pulvérisateur bien réglé. La lutte insecticide doit, autant que possible, n'être mise en oeuvre que lorsque la population d'une espèce donnée présente un risque réel pour la culture.

L'usage systématique d'insecticides contre les pucerons a plusieurs conséquences néfastes.

- Il représente une charge financière pour l'agriculture et augmente inutilement les coûts de production.

- Un insecticide peu sélectif agit, non seulement sur les pucerons visés, mais aussi sur d'autres insectes, et parmi eux les prédateurs (Coccinelles, Syrphes, Chrysopes,...) et parasites (Hyménoptères Aphidiides et Aphélinides) des pucerons. Il peut en résulter un développement accru des pucerons ou d'autres ravageurs.

- L'application répétée d'insecticides de la famille des carbamates risque de faire apparaître dans les sols des microorganismes détruisant ces produits et entravant leur efficacité (NAÏBO, 1988)

- Le problème des résidus est souvent évoqué. Les craintes qu'il suscite paraissent cependant bien exagérées, notamment depuis que l'on dispose de composés peu rémanents.

- L'emploi répété d'insecticides confère à certains insectes une résistance à ces produits. Grâce au fort potentiel de multiplication découlant de leur mode de reproduction, les pucerons sont particulièrement aptes à développer une résistance aux insecticides. Des travaux faits à Colmar, en collaboration avec l'INRA de Versailles, ont permis de détecter des souches résistantes de *Myzus persicae* dans différentes régions de France (DELORME *et al.*, 1987). Dans d'autres pays, dont la Grande-Bretagne, la situation n'est pas moins préoccupante (SAWICKI, 1982).

Pour ces raisons, il est nécessaire, d'une part, d'aménager la lutte insecticide, pour limiter son usage aux seuls cas où elle se justifie, et d'autre part, de rechercher des nouvelles méthodes non insecticides. Cette démarche exige une connaissance solide de la biologie du ravageur.

- Aménagement de la lutte insecticide

Pour restreindre l'usage des insecticides aux seuls cas où il est nécessaire d'y avoir recours, il faut disposer d'un minimum de connaissance du cycle de l'insecte et être capable d'estimer le risque pour la culture. Le risque n'est évidemment pas le même selon que le puceron est un ravageur direct ou un vecteur de virus.

Dans le premier cas, l'estimation du risque nécessite une évaluation de la densité de la population. L'estimation de la densité se fait à partir des données d'observations directes dans les cultures (ou sur les hôtes non cultivés) et du piégeage. A l'échelle de la parcelle, les pucerons ailés, en phase d'attaque ou lors de déplacements locaux, peuvent être capturés au moyen de *pièges jaunes* (bacs ou assiettes remplis d'eau, peints en un jaune bien précis qui exerce une attraction sur les pucerons) ou de *pièges à fils* (formés d'un cadre vertical muni de fils transparents englués, espacés régulièrement et interceptant les ailés ; LABONNE *et al.*, 1983). La densité des vols à longue distance, facteur important pour la prévision des risques, est étudiée par des *pièces à sucction*. Un tel piège, haut de 12,2 m, construit sur le modèle mis au point par nos collègues britanniques de Rothamsted, a été installé à Colmar en 1977 (BOUCHERY, 1979). Actuellement, 15 pièges identiques fonctionnent en France, en Belgique et en Suisse, et forment le réseau AGRAPHID, qui permet la centralisation et l'analyse des captures journalières de chaque piège, concernant 31 espèces de pucerons d'importance agronomique.

Dans le cas d'*Aphis fabae*, le risque pour la culture (féverole, betterave) est évalué par l'estimation de la population hivernante (les oeufs déposés sur le fusain), et par la surveillance du développement des fondatrigenes et du vol d'émigration, qui contamine les cultures. Si le vol est précoce et abondant, un traitement insecticide appliqué après la fin du vol permet une lutte efficace, en éliminant les pucerons avant la formation de colonies importantes ; si le vol est tardif, le traitement peut être évité (BOUCHERY, 1977a, 1978, 1982).

Dans le cas des jaunisses virales de la betterave transmises par pucerons, le problème est différent. Les espèces de pucerons qui introduisent le virus dans la culture au printemps ne sont pas connues avec précision. Le risque est plus délicat à évaluer, car il n'est pas tant lié à l'abondance des pucerons qu'à leur infectivité, c'est-à-dire

leur probabilité d'être porteurs de virus et capables de l'inoculer (BOUCHERY & HERRBACH, 1987). Des travaux sont en cours dans notre laboratoire pour tenter de détecter la présence de virus dans les pucerons à l'aide des méthodes modernes de la virologie (sérologie, hybridation moléculaire).

- Méthodes non insecticides

La lutte biologique par introduction d'ennemis naturels est difficile et nécessite des études préalables approfondies. Elle a été utilisée avec succès en France pour lutter contre le puceron lanigère du pommier, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), par l'hyménoptère *Aphelinus mali* (Haldeman) (JOURDHEUIL, 1986). Sous serre, le champignon parasite *Verticillium lecanii* Viegas est souvent employé pour protéger les cultures contre les pucerons. Par ailleurs, il est possible, en grande culture, de favoriser l'action des ennemis naturels indigènes par des pratiques culturales.

L'emploi de *sémiochimiques* peut être envisagé dans la lutte contre les pucerons. On appelle *sémiochimique* (du gr. *sêmeion* = signal, information) toute substance qui, libérée par un organisme, agit sur le comportement d'un autre organisme, soit d'espèce différente (cas des *allélochimiques* agissant, comme nous l'avons vu, dans les relations plante-insecte), soit de la même espèce (cas des *phéromones*). Ainsi, les *phéromones d'alarme* sont émises par des pucerons, lors de l'attaque par un prédateur (ou de l'approche du pinceau de l'expérimentateur !), et entraînent chez les individus voisins un comportement de fuite, pouvant provoquer la dispersion de la colonie. Les *sémiochimiques* ont été étudiés par l'auteur (1985 a, b, c), dans l'optique de leur utilisation dans la lutte contre les pucerons par perturbation de leur comportement. Cette méthode est encore au stade de la recherche. Des résultats prometteurs ont déjà été obtenus avec des produits à action répulsive, capables de limiter la colonisation de certaines cultures par les pucerons ; c'est le cas de l'acide dodécanoïque (HERRBACH, 1985c, 1987) et d'analogues de phéromones d'alarme, étudiés par nos collègues britanniques de Rothamsted (PICKETT *et al.*, 1982).

La *sélection de variétés résistant aux pucerons* est une voie très étudiée actuellement, et dont des résultats ont déjà passé dans la pratique dans bien des cas. Pour mémoire, le vignoble français, menacé d'extinction par le phylloxéra à la fin du siècle dernier, a pu être reconstitué grâce à l'introduction de porte-greffes américains résistants. L'emploi de variétés qui résistent à l'infestation par pucerons ou à l'inoculation de virus par ceux-ci permet de limiter, voire d'éviter, le recours aux insecticides. Plusieurs équipes de l'INRA sont engagées dans cette voie. Les travaux de nos collègues d'Avignon (LECOQ *et al.*, 1982) ont abouti à des variétés de melon résistant au puceron *Aphis gossypii* Glover et à plusieurs virus transmis par celui-ci. Les mécanismes de la résistance du pêcher et des céréales aux pucerons sont analysés respectivement à Bordeaux (G. MASSONIÉ) et à Rennes (J.P. DI PIETRO & C.A. DEDRYVER). Des travaux de sélection de betteraves résistantes sont en cours à Colmar (D. MERDINOGLU & E. HERRBACH).

Conclusion

Par leurs propriétés biologiques souvent uniques dans le monde vivant, les pucerons constituent un objet d'étude fascinant. Une littérature colossale leur a été consacrée, sans épuiser l'intérêt du sujet, bien au contraire. Leurs particularités biologiques montrent l'extraordinaire *adaptation des pucerons au milieu*, comme le souligne DEDRYVER (1982).

- DEDRYVER C.A., 1982. Qu'est-ce qu'un puceron ? *In Les pucerons des cultures*, Ed. ACTA, Paris, p. 9-20
- DEDRYVER C.A., 1987. *Biologie, écologie et dynamique de population des pucerons des céréales en climat océanique*. Thèse Sc. nat., Paris XI, 204 p.
- DELORME R., AUGE D., BOUCHERY Y., CLOQUEMIN G., 1987 Détection et caractéristiques des souches résistantes de *Myzus persicae* Sulz. *Annales ANPP*, n° 6, vol. I/III, 227-236
- DIXON A.F.G., KINDLMANN P., LEPS J., HOLMAN J., 1987. Why are there so few species of aphids, especially in the tropics. *The American Naturalist*, 129, 580-592.
- FORREST J.M.S., 1987. Gallling aphids. *In MINKS & HARREWIJN*, p. 341-353
- GRASSÉ P.P., LAVIOLETTE P., HOLLANDE A., NIGON V , WOLFF E , 1966 *Précis de biologie générale* Masson, Paris, 998 p.
- HEIE O.E., 1987 Palaeontology and phylogeny. *In MINKS & HARREWIJN*, p. 255-268.
- HERRBACH E., 1985a. Rôle des sémiouchimiques dans les relations pucerons-plantes I - Généralités et phéromones d'alarme *Agronomie*, 5, 283-286
- HERRBACH E., 1985b. Rôle des sémiouchimiques dans les relations pucerons-plantes II. - Les substances allélochimiques. *Agronomie*, 5, 375-384
- HERRBACH E., 1985c *Effets des sémiouchimiques sur le comportement et la biologie des pucerons : application à la lutte contre les transmissions de virus*. Thèse 3^e Cycle Parasitol , U.S.T L Montpellier, 145 p.
- HERRBACH E., 1987 Effect of dodecanoic acid on the colonisation of sugar beet by aphids and the secondary spread of virus yellows. *Annals of applied Biology*, 111, 477-482.
- ILHARCO F.A., VAN HARTEN A., 1987. Systematics. *In MINKS & HARREWIJN*, p 51-77
- JOURDHEUIL P., 1986. La lutte biologique à l'aide d'arthropodes entomophages Bilan des activités des services français de recherche et de développement. *Cahiers de Liaison O.P.I.E*, 20, n° 61, 3-48.
- KAWADA K., 1987. Polymorphism and morph determination. *In MINKS & HARREWIJN*, p. 255-268.
- LABONNE G., FAUVEL G., LECLANT F., QUIOT J.B., 1983. Intérêt des pièges à fils dans l'étude des populations de pucerons ailés. *Agronomie*, 3, 315-326.
- LECLANT F., 1978. *Etude bioécologique des aphides de la région méditerranéenne. Implications agronomiques*. Thèse Sc. nat., U.S.T.L. Montpellier, 2 vol. 318 p.
- LECLANT F., 1982. Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures *In Les pucerons des cultures*, Ed ACTA, Paris, p. 37-56.
- LECOQ H , PITRAT M , PANSARD M J., 1982. La résistance au puceron du melon et son interaction avec les virus chez le melon *In Les pucerons des cultures*, Ed ACTA, Paris, p. 313-317.
- MARCOVITCH S., 1924. The migration of the Aphididae and the appearance of the sexual forms as affected by the relative length of daily light response. *Journal of agricultural Research*, 27, 513-522.
- McLEAN D.L., KINSEY M G., 1964. A technique for electronically recording aphid feeding and salivation. *Nature*, 202, 1358-1359.
- MINKS A.K., HARREWIJN P., Ed., 1987. *Aphids. Their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam, vol 2A, 450 p
- NAIBO B., 1988. Biodégradation accélérée de pesticides dans le sol. *Phytoma Défense des Cultures*, septembre-octobre 1988, 23-25.
- PICKETT J.A., DAWSON G.W., GIBSON R.W , GRIFFITHS D.C., RICE A.D , SAWICKI R M., SMITH M.C., WOODCOCK C.M., 1982. Controlling aphid behaviour. *Les Colloques de l'INRA*, 7, 243-252.
- POLLARD D.G., 1973. Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera, Aphidoidea) : a review. *Bulletin of entomological Research*, 62, 631-714
- ROBERT Y , 1980 *Recherches sur la biologie et l'écologie des pucerons en Bretagne : application à l'étude épidémiologique des viroses de la pomme de terre*. Thèse Sc nat., Rennes, 242 p
- ROHFRIEBSCH O., 1971. Développement cécidien et rôle du parasite dans quelques galles d'Arthropodes. *Marcellia*, 37, 233-339.
- ROSTAND J., 1950. *La parthénogénèse animale*. P.U.F., Paris, 161 p.
- SAWICKI R.M., 1982. Les phénomènes de résistance. *In Les pucerons des cultures*. Ed. ACTA, Paris, p 83-87
- THÉODORIDÈS J., 1971. *Histoire de la biologie*. P.U.F., Que sais-je ? n° 1, 124 p.
- TJALLINGH W F., 1985 *Stylet penetration activities by aphids* Thèse Landbouwhogeschool Wageningen, 100 p