



Proposition d'un protocole pour tester l'effet de l'introduction de poules dans des vergers de pommiers à cidre sur la régulation d'un ravageur : l'Anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum*)

Document ressource à destination du GIS Fruits et de l'IFPC

Noémie Séon

Stage de Fin d'Etude Isara Lyon
(02/2022 - 08/2022)

Table des matières

Glossaire	1
I- Contexte	1
Mieux connaître l'anthonome.....	1
Cycle de vie.....	2
Focus sur le déplacement.....	3
Les moyens de luttés actuels.....	4
II- Conseils pratiques sur la mise en place d'une expérimentation avec des poules	4
III- Protocoles.....	7
Hypothèses.....	7
Choix du dispositif	7
Choix des suivis.....	12
IV- Conclusion et préconisations	13
Bibliographie.....	14
Annexes	16

Glossaire

l'IFPC : Institut français des productions cidricoles

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

PEI : Partenariat Européen pour l'innovation

PEI DÉPASSE = PEI pour le Développement des cultures Pérennes ASSociées à l'Élevage

CTIFL : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes

GIS Fruit : Groupement d'Intérêt Scientifique *Fruits*

GRAB : Groupe de Recherche en Agriculture Biologique

FiBL : Research Institute of Organic Agriculture

I- Contexte

Ce document, commandité par le GIS Fruit, est une proposition de protocole visant à étudier le service écosystémique de régulation de ravageurs fourni par les poules en pâturage dans des vergers. Ce protocole est principalement à destination de l'IFPC et peut-être partagé dans le cadre de mise en place d'expérimentations par d'autres instituts techniques, ou arboriculteurs. De telles expérimentations ont déjà été menées dans le cadre de la thèse de Sara Bosshardt et le stage de fin d'étude de Noémie Séon à INRAE PACA (Unité Ecodéveloppement) visant à mesurer l'impact des poules sur un autre ravageur : le carpocapse du pommier *C. pomonella*.

L'enjeu actuel de dépendance aux intrants des filières arboricoles françaises pousse les agriculteurs à explorer des alternatives à la gestion chimique des bio-agresseurs. Dans ce sens, certains arboriculteurs se diversifient et introduisent des volailles, et particulièrement des poules pondeuses dans leurs vergers pour de multiples raisons. L'une d'elles est une potentielle régulation des ravageurs par les poules. En 2020, des arboriculteurs réunis lors des « Cafés agros »¹, organisés par l'unité expérimentale INRAE de Gothenon, ont échangé sur leurs intérêts à mettre des poules dans les vergers et notamment pour gérer l'anthonome. Face au manque de références sur ce type de pratique, plusieurs organismes réalisent des expérimentations, dont certains partenaires du PEI DÉPASSE, le CTIFL, ou le GRAB. Une thèse réalisée par Sara Bosshardt depuis 2020 à l'Unité INRAE Ecodéveloppement basée en Avignon a pour objectif de caractériser et modéliser les interactions animal/végétal pour la conception de stratégies de pilotage de systèmes de vergers pâturés par des volailles. Et le stage de fin d'étude de Noémie Séon, financé par le GIS Fruits a eu pour thème l'étude du potentiel de régulation du carpocapse de la pomme par des approches expérimentales.

Mieux connaître l'anthonome

L'anthonome du pommier *Anthonomus pomorum* (en anglais apple blossom weevil) est un charançon herbivore univoltin largement présent en Europe et caractéristique des pommacées. L'anthonome du pommier attaque principalement le pommier, la poire peut également être un hôte secondaire (Balachowsky 1962). Il représente aujourd'hui un des ravageurs les plus préoccupants pour la filière cidricole française bio et conventionnelle (Corroyer, Denis 2021). Ces dernières années, on observe une augmentation des dégâts de l'anthonome en Europe qui peut s'expliquer par une focalisation des stratégies de traitements contre le carpocapse et les pucerons dans les vergers bio et en agriculture raisonnée (Hausmann, Samietz, Dorn 2004a).

¹ <https://www6.paca.inrae.fr/ueri/Contrats-et-projets/Expe-DEPHY-Ecophyto-II-ALTO/Cafe-Agro-Poules-en-vergers-pourquoi-comment-le-20-fevrier-2020>

Cycle de vie

Description morphologique : l'adulte mesure entre 3,5 et 6 mm, le corps est de couleur variable allant du brun au noir, et est recouvert de petits poils serrés. Un écusson rond et blanc diffère du reste de l'abdomen. La larve est blanche jaunâtre.

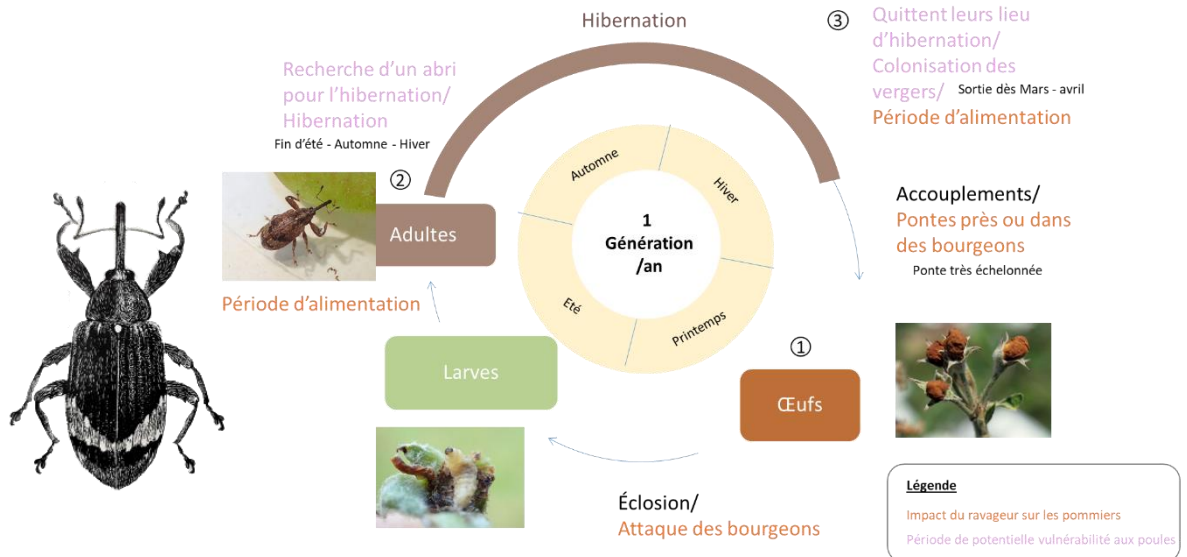


Figure 2 : *Anthonomus pomorum* (Balachowsky 1962)

Figure 1 : Cycle réalisé par Noémie Séon, à partir de (Balachowsky 1962), Photos (Ephytia 2018a)

1- Les œufs

Les femelles pondent des œufs un par un proche des bourgeons (Hausmann, Samietz, Dorn 2004a), ou dans les bourgeons au stade « bouton blanc » (stade B à D, voir annexe ou (IFPC 2014)). Les œufs éclosent deux semaines à un mois plus tard et les chenilles attaquent l'intérieur des bourgeons. Plusieurs recherches ont montré des préférences des femelles à pondre sur certaines variétés de pommes en rapport avec certains composés volatils émis par les bourgeons (Kalinová et al. 2000). Les bourgeons attaqués sont vidés par les larves et soit ne débourrent pas par la suite, soit la fleur sera « desséchée » comme en Figure 3. Chaque larve n'attaque qu'une seule fleur (Balachowsky 1962), et la plupart du temps une seule larve grandit dans un seul bourgeon ce qui est une information utile lors de l'analyse des comptages de « boutons roussis ».



Figure 3 : les fleurs piquées deviennent brunes et ressemblent à des « clous de girofle » ou « boutons roussis » Source : (Ephytia 2018b) (Galinet 2020)

2- Adulte

L'anthonome sorti d'hibernation se nourrit, durant les premières semaines, de feuilles et de jeunes bourgeons et réalise des piqûres de nourrissage sur les jeunes bourgeons non-débourrés et les lambourdes, ce qui peut avoir un impact négatif sur l'arbre, mais implique moins de dégâts que les attaques des bourgeons par les larves. Les vols pour la recherche de nourriture, l'accouplement et la ponte ont lieu durant les heures les plus chaudes de la journée. L'anthonome, lorsqu'il fait trop froid, réduit son activité et reste immobile (phase sensible à la prédation). Durant l'accouplement qui dure plusieurs heures, les anthonomes sont immobiles, ce qui pourrait les rendre vulnérables à certains prédateurs, mais difficilement aux poules car l'accouplement a lieu sur les rameaux de pommiers (Balachowsky 1962).

3- Hibernation

L'anthonome a une hibernation longue allant de la fin de l'été au début du printemps suivant. Sa diapause prend fin au plus tôt en février. Il hiberne dans le sol (stade où l'anthonome est potentiellement sensible aux prédateurs), il affectionne particulièrement les litières de feuilles mortes et les troncs d'arbres non lisses (Toepfer, Gu, Dorn 2000). Dans les vergers proches de forêts, les anthonomes peuvent se réfugier dans les lisières adjacentes aux vergers pour ensuite recoloniser les vergers au début du printemps. Ils colonisent les vergers lorsque les pommiers sont au stade B à C3 (Toepfer, Gu, Dorn 2002) (voir annexe 1). Les émergences ont lieu dès le début du printemps et sont fortement conditionnées par les températures hivernales. La sortie des imagos de leur lieu d'hibernation a lieu lorsque les températures atteignent 9°C plusieurs jours de suite, généralement en avril. Les sorties d'hibernation sont étalées sur environ 15 jours.

Certains articles scientifiques se contredisent sur les lieux d'hibernation. Balachowsky (1962) indique que « *l'hibernation a fréquemment lieu sur place, dans le verger ou sur l'arbre même qui a hébergé la larve* ». En revanche, d'après Toepfer, Gu, Dorn (2000), la majorité des individus réalise sa diapause hors du verger, souvent à cause des troncs des pommiers modernes, trop lisses. Les anthonomes préféreraient les troncs avec plus d'irrégularités et d'aspérités qui offrent plus de sites de refuges (Toepfer, Gu, Dorn 2000). De plus, l'anthonome ne semble pas s'être adapté à la baisse des sites potentiels d'hibernation.

L'anthonome ne réalise qu'une seule génération et sa durée de vie est d'environ 1 an.

Focus sur le déplacement

Les odeurs des arbres hôtes jouent un rôle important dans les choix de déplacement des anthonomes (Piskorski, Dorn 2010). De plus, l'orientation des anthonomes dans le verger dépend également d'indices thermiques et visuels, l'anthonome semble avoir une vision trichromatique et une bonne appréhension des formes des arbres (Hausmann, Samietz, Dorn 2004b). Leurs moyens de déplacement pour rejoindre le verger sont multiples.

L'adulte se déplace très peu, il y a donc peu de contamination entre vergers voisins, les vols sont souvent très courts et ont souvent lieu la nuit. Là encore, les auteurs ne sont pas tout à fait d'accord, les individus volent généralement d'arbre en arbre sur des distances moyennes de 5 à 8 mètres (Balachowsky 1962), mais d'après Hausmann, Samietz, Dorn (2004b), l'adulte est capable de parcourir des distances jusqu'à environ 50m.

Les anthonomes ont également été observés en train de ramper (surtout quand les températures sont très basses), pour atteindre les pommiers (Hausmann, Samietz, Dorn 2004c). Le déplacement en rampant des anthonomes a lieu toute la journée avec une plus grande activité la nuit, un peu plus de phases de repos le jour (Duan et al. 1996) et un surcroît d'activité avant l'aube (Balachowsky 1962). Les anthonomes rampent également plus quand les températures sont supérieures à 15°C (Duan et al. 1996). Balachowsky ajoute que « *dans la journée, les adultes sont peu actifs et généralement dissimulés dans les anfractuosités des écorces et au sol* ».

Ce cycle met en avant plusieurs phases de vulnérabilité de l'anthonomes face aux prédateurs. L'hypothèse peut être faite que l'anthonome est vulnérable aux attaques de poules lors de son

hibernation dans le sol, et lorsque l'anthonome se déplace. Ces phases de déplacement se situent à la fin de l'hibernation lorsqu'il quitte son lieu d'hibernation pour rejoindre les vergers ou les arbres, lorsqu'il est en recherche de lieu d'hibernation, et lorsqu'il est peu actif, et reste au sol, ou rampe. Pour plus de détails sur le cycle de vie de *Anthonomus pomorum* : lire (Balachowsky 1962) en annexe2.

Les moyens de luttés actuels

L'anthonome pose d'importants problèmes et en particulier dans les parcelles situées en lisière de forêts, là où l'insecte peut réaliser sa diapause.

- La lutte chimique semble être le seul moyen de lutte efficace en situation de pression élevée. Les traitements sont généralement positionnés entre la colonisation des vergers par les insectes et les ovipositions (Hausmann, Samietz, Dorn 2004a).
- Un bio-pesticide, le Spinosad a été présenté comme « la solution » dans le cadre d'un essai du FiBL. Il s'agit d'un mélange de toxines de bactéries (Daniel, Wyss, Tschabold 2012). Son homologation est cependant remise en cause actuellement.
- Le choix des variétés est également un levier. Les variétés de pommiers précoces semblent plus sensibles aux attaques et certaines variétés sont plus attractives que d'autres de par leurs composés olfactifs (Kalinová et al. 2000).
- D'autres moyens de lutte sont plus « anecdotiques » ou en cours d'essai : la terre de Diatomée ou l'argile créent une barrière physique sur le bourgeon. Des tests sont faits sur l'hydroxyde de calcium, des pulvérisations à base nématodes entomophages, des décoctions de quassia (Gomez 2007) à l'automne (sur les poiriers)...
- Quelques auxiliaires consomment l'anthonome comme les hyménoptères parasitoïdes, par exemple *Centistes delusorius* ou *Scambus pomorum* (Zijp, Blommers 1992) ou les oiseaux des milieux agricoles (mésanges, chardonnerets et pinsons).

II- Conseils pratiques sur la mise en place d'une expérimentation avec des poules

La mise en place d'un poulailler représente un investissement financier non négligeable (matériel à acheter, frais liés à l'alimentation, la santé, l'entretien), mais aussi un investissement temporel important (besoin de main d'œuvre à la mise en place puis astreintes quasi quotidiennes pour l'alimentation, les œufs et la surveillance). Cette partie a donc pour but de mettre en avant quelques points de vigilance et d'amener quelques références en vue de la création d'un parc à poules.

Le matériel :

Tableau 1 : Matériel

	Matériel	Préconisation	Prix moyen	Où ?
Indispensable	Poulailler	Poulailler mobile ou bâtiment fixe. Le poulailler permet de protéger les poules la nuit. Il existe beaucoup de modèles en ligne pour créer des poulaillers mobiles « maison » sur roues pour un coût raisonnable. Pour choisir la taille du poulailler : la surface par poule dans le bâtiment ne doit pas être inférieure à 6 poules/m². Il devra impérativement être équipé de perchoirs et nichoirs. Attention : permis de construire obligatoire pour un bâtiment > 20m².	Le prix peut varier de quelques euros pour un petit poulailler avec des matériaux de récupération et à beaucoup plus pour des bâtiments en kit selon la taille.	Exemple de poulailler "fait maison" : poulailler Atelier Paysan : https://www.latelierpaysan.org/Poulailler-mobile-2444
	Clôtures	Il faudra installer une clôture électrifiée pour protéger le poulailler contre les prédateurs. Il faut donc acheter des filets électrifiables, des piquets, un électrificateur et son boîtier. Il existe également des électrificateurs à batterie solaire, avec des avis très partagés sur le sujet, et des électrificateurs sur secteur. Si le système n'est pas solaire, il faudra se procurer un chargeur de batterie en plus. /!\ Attention aux vols de ce type de matériel. La hauteur de la clôture doit être au minimum de 1m (prévoir plutôt 1m20 à 1m50).	Le prix de l'électrificateur est très variable selon le voltage (de 215€ à 800€). Compter 93€/50m de filets HT.	Pour l'essai « carpocapse » en Avignon, un électrificateur sur batterie avait été choisi (modèle P2500 https://www.patura.com/App/WebObjects/XSeMIPSPatura.woa/cms/page/locale.frFR/pid.102.104.954/Catalogue-cl%C3%B4ture.html https://www.patura.com/App/WebObjects/XSeMIPSPatura.woa/cms/page/locale.frFR/pid.102.104.954/agid.307.322.3557/ecm.ag/Filet-%C3%A9lectrifi%C3%A9-%C3%A0-volailles.html)
	Abreuvoirs	Abreuvoir en plastique, par exemple	Compter 10€.	Exemple : https://www.france-poulailler.com/abreuvoirs/106-abreuvoir-plastique-siphoides.php .
	Poules	Il existe plusieurs possibilités pour l'achat de poules. Pour des poules rousses prêtes à pondre, compter 10€ par poule. Il est cependant possible de se procurer des poules de réforme auprès d'élevages de poules pondeuses pour 3 à 6€ (poules de plus d'un an) ou d'élever des poussins (la poule pond environ à partir de 20 semaines). Pour des races plus rares, les prix peuvent être beaucoup plus hauts.		
	Aliment	Préférer un aliment complet qui limitera les risques de carences. Dans la limite de l'éthique et si cela ne met pas en danger la santé des poules, il est possible de réduire un peu la ration par rapport aux rations recommandées pour encourager les poules à explorer le parcours (100g au lieu de 150g/poule/par jour par exemple selon les saisons).		
	Facultatif	Mangeoires automatiques	Ces mangeoires sont intéressantes pour s'affranchir de visite les week-end. Elles délivrent une quantité définie d'aliment à horaires programmables.	Prévoir au minimum 200 € par mangeoire.
Portes de poulailler automatiques		Des portes de poulailler automatiques équipées de programmeur et/ou de détecteur de lumière permettent de confiner les poules les nuits.		

Quelques points de vigilance qu'il semble opportun de signaler :

- Attention à s'assurer du bon chargement de la batterie de l'électrificateur et à ce que la tension électrique se maintienne durant toute l'expérimentation (Il peut être nécessaire d'entretenir régulièrement les parcs et notamment de faucher l'herbe qui en contact avec le filet provoque des pertes de charge.)
- Bien plaquer la clôture au sol pour empêcher la venue de prédateurs (renard, fouine, etc) dans le parcours. Pour cela, on peut employer des sardines en plastique ou bois afin de plaquer le filet au sol.
- Prévoir un espace de repli pour les poules : une zone entourée d'une clôture électrique où il est possible d'isoler les poules pour intervenir en tracteur par exemple.
- Rester en veille sur les réglementations « grippe aviaire » : l'installation d'une volière peut devenir obligatoire selon les foyers épidémiques. Consulter fréquemment <https://agriculture.gouv.fr/influenza-aviaire-la-situation-en-france>
- Selon le type de dispositif (expérimentation chez un agriculteur ou bien en parcelles expérimentales liées à un institut technique ou de recherche), et le type de suivi, il peut être nécessaire de demander des autorisations officielles pour réaliser une expérimentation animale (agrément d'établissements utilisateurs, formation des personnels, demandes pour le transport des animaux, respect des règles concernant l'origine des animaux, validation du comité national de réflexion en expérimentation animale).
Voir : <https://agriculture.gouv.fr/animaux-utilises-des-fins-scientifiques>
<https://www.itavi.asso.fr/publications/?types=6&order=date>
http://www.confederationpaysanne.fr/sites/1/articles/documents/GUIDE_BIOSECURITE.pdf?PHPSESSID=291fnc1n331gm8vpjvgupgvtv6
- Prévoir la main d'œuvre et le matériel pour la gestion mécanique de l'herbe. Les poules ne pourront pas gérer l'herbe entièrement seules ! (Observation fréquente de refus de pâturage sur les certaines adventices comme des ligneux).
- Rester vigilant à la santé des poules, changer l'eau de l'abreuvoir régulièrement, surveiller les comportements agressifs entre les poules, observer les fientes, les plumages, la ponte et leur comportement général.
- Veiller à ce que les poules ne détériorent pas les arbres. Si besoin, il est possible de les protéger avec du grillage.

Pour plus de conseils techniques et économiques : lire (Lavigne 2013)

III- Protocoles

Hypothèses

Au vu du cycle biologique de l'anthonome, il est envisageable d'introduire des poules en pâturage pour tester un effet sur la régulation de ce ravageur.

Hypothèses de l'expérimentation :

- La poule est omnivore et pourrait consommer l'anthonome durant plusieurs phases de son cycle.
- Hypothèse liée à la vulnérabilité des anthonomes durant leur phase d'hibernation. Des poules en pâturage durant de la fin d'été au printemps suivant (période d'hibernation) pourraient réduire le stock de ravageurs en hibernation dans les débris du sol en les consommant ou en les endommageant.
- Hypothèse liée à la vulnérabilité des anthonomes pendant les phases de transitions (recherche de lieux d'hibernation et en sortie d'hibernation), de déplacement (individus rampant au sol, particulièrement visibles par les poules) ou moments d'inactivité au sol. Des poules en pâturage toute l'année ou sur la période printemps-été pourraient consommer l'anthonome.
- Par leur comportement d'exploration du sol (grattage principalement), les poules pourraient perturber l'environnement des anthonomes et ainsi agir de manière indirecte sur ce ravageur.

Choix du dispositif

L'expérimentation pose un problème principal. Comme nous l'avons vu dans la description du cycle de vie du ravageur, celui-ci a une préférence pour certains sites d'hibernation : lisières, bois, plutôt que le sol du verger (Toepfer, Gu, Dorn 2000) et réalise des vols depuis ces espaces pour rejoindre les vergers. Ce comportement représente une contrainte forte pour les expérimentations. En effet, comment quantifier une éventuelle baisse de la « charge » d'une parcelle en anthonome si la grande partie des anthonomes responsables des dégâts proviennent de l'extérieur de la parcelle ?

Dans le cas de l'étude du potentiel de régulation du carpocapse, les micro-parcelles expérimentales ont été fermées par un filet Alt'Carpo, pour créer une enceinte complètement étanche aux entrées et sorties de carpocapses, et ainsi quantifier de manière précise une éventuelle réduction du stock de carpocapse au sein même de la parcelle et donc directement due à l'action des poules. Cependant, dans le cas de l'anthonome, la pose de filets dès le début des vols (dès fin février, jusqu'à avril) n'est pas du tout compatible avec la pollinisation des pommiers qui a lieu à partir d'avril. Aussi, l'utilisation de filets Alt'Carpo n'étant pas très répandue dans les productions de pommiers à cidres visées par l'IFPC. De plus, les anthonomes mesurent 3,5 à 6 mm de long et maximum 2,5 mm de largeur (Balachowsky 1962) les mâles étant les plus petits, des filets Alt'carpo seraient difficilement en mesure d'isoler la parcelle des vols extérieurs et de piéger les anthonomes déjà présents avec leurs mailles de 5.50 mm x 2.20 mm... (cependant, il existe des filets Alt'droso pour cerisier avec des mailles de 1,38 x 1,38 mm). Pour toutes ces raisons, un protocole impliquant des filets n'est pas envisageable.

Avant tout, il est important de bien définir les objectifs de l'expérimentation. Plusieurs questions de recherche peuvent être envisagées et ne répondront pas aux mêmes enjeux. Ci-dessous un schéma d'aide à la réflexion sur les protocoles.

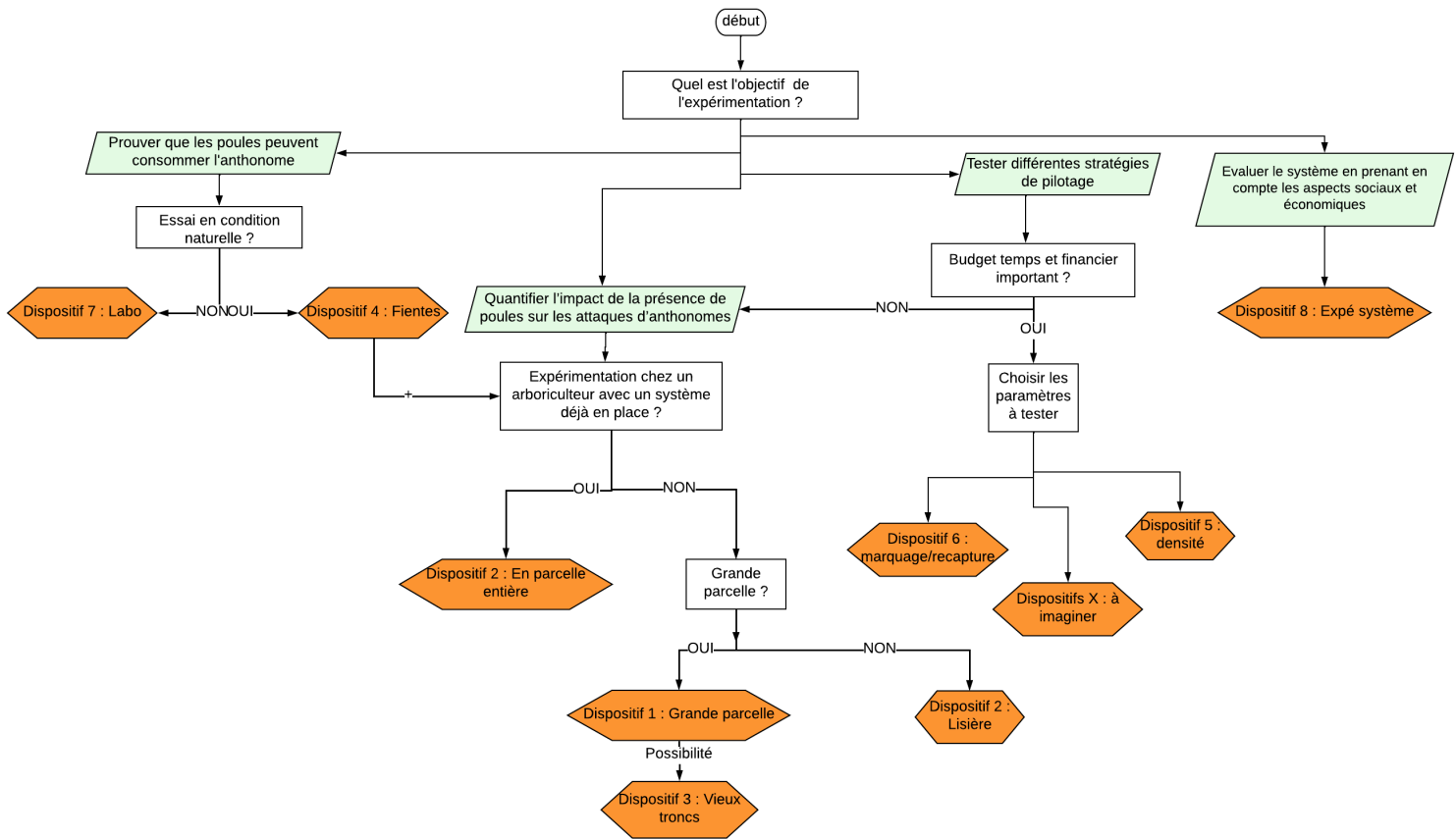


Figure 4 : Logigramme, aide au choix du dispositif

Points importants pour tous les dispositifs :

Il est préconisé de choisir des parcelles à haute pression anthonome (seuil de nuisibilité défini par le GRAB de >10% de bourgeons atteints (Grab 2017)). De plus les différentes variétés de pommier ont des sensibilités très différentes, une parcelle avec un mélange de variétés ou plusieurs parcelles avec des variétés différentes pourraient accroître les probabilités d’observer des attaques. Dans chacun des dispositifs présentés ici, une modalité « avec poule » sera comparée à une modalité « sans poule » (témoin). Les suivis à réaliser seront détaillés dans une seconde partie. Les dispositifs proposés ci-dessous sont combinables.

Dispositif 1 : grande parcelle

Dans le cas où une « grande » parcelle est à disposition, il est envisageable de tester les 2 modalités sur la même parcelle. Dans le but de limiter au maximum les vols d’anthonomes issus de l’environnement des vergers d’expérimentation, et réduire au maximum l’effet bordure, se placer dans une très grande parcelle et y centrer le dispositif expérimental en conservant une bordure tampon. Toepfer, Gu, Dorn (1999) ont observé les schémas spatiaux et temporels de dispersion d’anthonomes lâchés en lisière de forêts autour de vergers de pommiers. Ils ont alors suivi une orientation quasi systématique des insectes vers le centre du verger. Les anthonomes parcourraient en moyenne 19 m, mais 1/3 des insectes restaient dans le premier arbre rencontré ce qui peut laisser penser à un fort effet bordure. Il est donc souhaitable de disposer l’expérimentation la plus loin possible des bordures, d’où l’avantage d’une grande parcelle. Les anthonomes étant donc capables de se déplacer, il est préférable de ne pas placer les modalités « avec poules » et « sans poules » directement côte à côte. Il semble inutile de faire plusieurs répétitions au sein même d’une même parcelle, mais plutôt sur des parcelles éloignées l’une de l’autre.

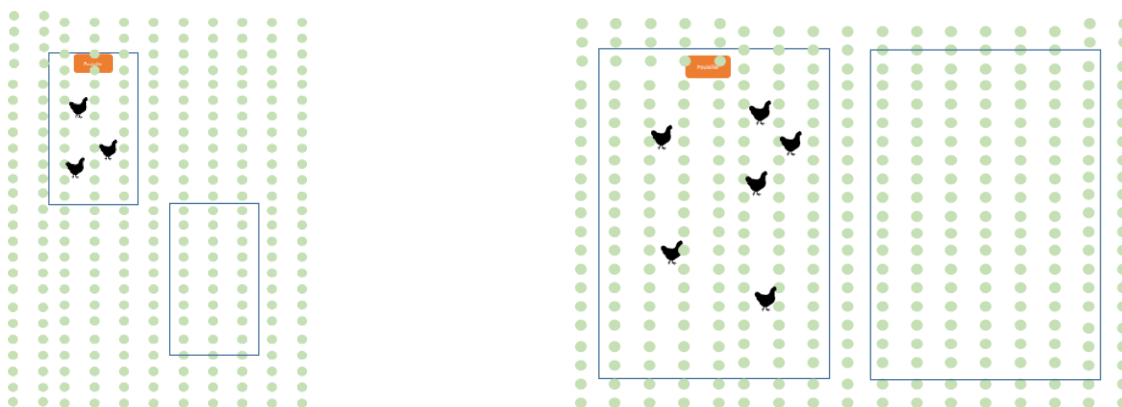


Figure 5 : Exemples de dispositifs schématisés

Nous conseillons de faire le maximum de répétitions pour lisser l'effet d'éventuelles colonisations venant de l'extérieur des parcs à poules

Dispositif 2 : Sur parcelle entière

Dans le cas où l'expérimentation est envisagée chez un arboriculteur avec un poulailler déjà en place, il s'agira de comparer, à l'aide de suivis (cf. partie « Choix des suivis »), une parcelle avec des poules et une parcelle sans poule. Dans la mesure du possible, il est préférable de sélectionner des parcelles « similaires » : même variété de pomme, même surface de suivi, même itinéraire technique, même historique de dégâts. Il sera cependant très difficile d'estimer la pression initiale du ravageur et d'attribuer une éventuelle baisse des attaques sur les pommiers à la présence ou non de poule, sauf dans le cas où la parcelle est suivie depuis quelques années, d'où la comparaison entre des modalités avec poules et des modalités sans poules.

Dans le cadre d'une expérimentation chez des arboriculteur.rice.s, nous conseillerions de ne pas sous-estimer l'impact des interventions des arboriculteur.rice.s sur les résultats des expérimentations (gestion de l'herbe, éclaircissements, taille, passages d'engins...), et, de manière analogue, avoir conscience des conséquences d'une telle expérimentation sur le travail de l'arboriculteur.rice (dégâts sur les arbres lors des frappages, pommes tombées lors des comptages...). Il est important de définir en amont de l'expérimentation les interventions à réaliser ou non, et définir les rôles dans les contraintes liées au lot de poule (gestion des électrificateurs, clôtures, nourriture, œufs, eau, santé des poules, etc.)

Dispositif 2 : Lisière

Dans le cas où l'accès à une grande parcelle serait impossible, il serait envisageable d'imaginer un protocole permettant de gommer l'effet bordure. En effet, comme présenté dans la partie cycle du ravageur, l'anthonome peut réaliser sa diapause dans les lisières des bois aux alentours des vergers pour ensuite les recoloniser au printemps suivant. Une idée pourrait être d'étendre les parcs à poules aux lisières de forêts, de haies bocagères en proximité de parcelles, pour inclure le maximum de sites d'hibernation dans le dispositif. Avec tous les désavantages que ce dispositif implique : plus de difficultés pour l'accès des parcelles aux engins agricoles, pour la pose des filets, pour la protection des poules face aux prédateurs.

Dispositif 3 : Vieux troncs

Disposer dans la parcelle de vieilles bûches d'arbres avec beaucoup d'aspérités, dès l'été précédant la mise en place de l'expérimentation, pourrait permettre de pallier au manque de sites d'hibernation des vergers modernes (Toepfer, Gu, Dorn 2000). Ainsi, il serait possible de forcer les anthomomes déjà présents dans le verger à effectuer leur diapause au sein même du verger, sans qu'ils

n'aient à partir à la recherche d'autres sites d'hibernation extérieurs à la parcelle. De plus, ces bûches pourraient rester sur la parcelle durant toute l'expérimentation en faisant l'hypothèse que les poules peuvent consommer les larves hivernantes à même les troncs (hypothèse testée et non vérifiée dans le cas du carpocapse) ou qu'elles interviennent dans la régulation à la sortie d'hibernation.

Dispositif 4 : Fientes

Il est envisageable de réaliser des analyses de fientes par PCR diagnostic pour tester la présence d'ADN d'anthonome dans les fientes des poules des expérimentations pour attester d'un éventuel mécanisme d'ingestion du ravageur. Les technologies PCR (Polymérase Chain Reaction) permettent de détecter l'ADN d'une proie dans les fèces de prédateurs. On utilise l'amplification de l'ADN des proies par PCR. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'une amorce spécifique à l'ADN de l'espèce prédatée en question (Boreau de Roince et al. 2010; Matar 2015). Des amorces d'ADN d'anthonomes ont été développées par l'unité de recherche PSH (INRAE Avignon). Ces protocoles ont été mis en place par Sara Bosshardt pour la détection d'ADN de carpocapse dans les fientes de poules. Avant de pouvoir effectuer ces analyses, des paramétrages sont nécessaires. Ces analyses sont coûteuses, elles nécessitent un laboratoire équipé, et des compétences en techniques de laboratoire et biologie moléculaire.

Dans l'expérimentation « carpocapse », pour la récupération de fientes, les poules étaient lâchées dans les parcelles le matin quelques heures, puis enfermées dans le poulailler pendant 30 min. L'expérimentateur restait proche du poulailler pour intervenir en cas de picage entre les poules et stopper immédiatement la manipulation. Une plaque en plastique propre avait préalablement été placée sur le sol du poulailler. Après 30 minutes, l'expérimentateur, équipés de gants stériles, récupérait individuellement à l'aide d'une spatule stérile les fientes fraîches déposées sur la plaque et les plaçait individuellement dans un pot stérile. Des plaques en plastique ont également été posées certaines nuits, et les fientes récupérées les matins suivants. Les échantillons prélevés étaient ensuite numérotés et placés au congélateur à -18°C dans l'attente de la séquence d'analyses, au terme de la période de prélèvements. D'un point de vue logistique, il est en effet plus judicieux de grouper l'analyse PCR d'un nombre conséquent d'échantillons.

Dispositif 5 : Densité

Il est possible de faire le choix de tester l'impact du chargement de poules à l'hectare, en testant sur différentes parcelles différentes densités de poules. Il est également possible de s'approcher au mieux des densités pratiquées par les arboriculteurs déjà initiés. A titre indicatif, les poules pondeuses plein air en Label Rouge ont au minimum accès à 5 m²/poule (soit 2 000 poules/ha au maximum) et les arboriculteurs qui pratiquent l'association vergers-poules utilisent habituellement un chargement de l'ordre de 50 à 100 poules/ha (Adabio 2019). Les densités testées dans les expérimentations de Sara Bosshardt pour observer la prédation directe des poules sur larves de carpocapse étaient de 200 poules/ha.

Dispositif 6 : Marquage/recapture

Les anthonomes adultes peuvent être marqués à la peinture sur les élytres et le pronotum (exemple : feutre à reine utilisé en apiculture : marqueur POSCA), puis ils peuvent être lâchés à localisations connues et en nombre connu pour les re-capturer à l'aide de pièges et estimer une diminution éventuelle de populations dues aux poules (Toepfer, Gu, Dorn 1999). Les anthonomes peuvent être marqués de différentes couleurs. Les recaptures devront être rapides et régulières, par exemple, un battage tous les 3 jours comme Toepfer, Gu, Dorn (2002). Ce dispositif semble coûteux, exigeant en temps et n'est pas totalement adapté à la situation. En effet, les poules pourront avoir un impact uniquement sur les anthonomes qui, après le lâcher, ramperaient au sol avant d'être piégés. Ce protocole semble également risqué : toutes les précautions sont à prendre pour ne pas disséminer

un ravageur en grand nombre dans une zone de production (parcelles sous filet, parcelles éloignées des zones de productions, lâcher d'anthonomes stériles...).

Dispositif 7 : Labo

Nous pouvons imaginer un dispositif en conditions totalement contrôlées, en laboratoire pour observer et décrire la prédation de poules sur l'anthonome. Il serait possible d'imaginer des poules en cage face à des anthonomes plus ou moins dissimulés pour évaluer la capacité des poules à les trouver et les consommer. Ce type d'expérimentation ne mimant pas du tout les conditions d'un verger, cette option n'a pas été retenue pour les expérimentations carpocapse de l'INRAE.

Dispositif 8 : Expérimentation système

Ce type d'expérimentation pourrait être intéressant dans l'optique de produire des connaissances pour les acteurs du développement agricole en vue d'optimiser la conception de systèmes associés verger-volailles pour la production. A l'aide de multiples indicateurs, la durabilité de ce système associé pourrait être évaluée d'un point de vue social/travail (impact sur la charge de travail, atteinte des objectifs fixés...), technique (faisabilité, compétences, matériel), agronomique (évaluation de l'efficacité de l'association), environnementale et économique (retour sur investissement...). L'expérimentation système peut aussi avoir pour but de tester différentes stratégies de pilotage pour la configuration de systèmes.

Dispositifs X : à imaginer...

Beaucoup d'autres paramètres à tester sont envisageables et d'intérêt car ils n'ont jamais été testés. De manière non exhaustive, il pourrait par exemple être intéressant d'évaluer :

- L'influence de la race de poule sur les comportements d'exploration de la parcelle, de recherche de nourriture et sur la régulation du ravageur,
- L'influence du choix de la ration : en quantité et en composition sur la motivation à la recherche de nourriture,
- L'impact des poules sur d'autres ravageurs d'importance ou sur les principaux auxiliaires de culture,
- L'intérêt d'introduire d'autres espèces de volailles : oies, poulets de chair, dindons pour ce même service écosystémique mais aussi pour d'autres (gestion de l'enherbement, impact sur d'autres ravageurs et maladies des pommiers...).

...

Choix des suivis

Dans le but de pouvoir comparer les 2 modalités testées : « avec poules » et « sans poules », et peu-importe le choix de protocole, plusieurs types de suivis sont envisageables et présentés Figure 6. Ces suivis étant complémentaires et non contradictoires, il est possible de les combiner, selon le temps et le budget disponibles.

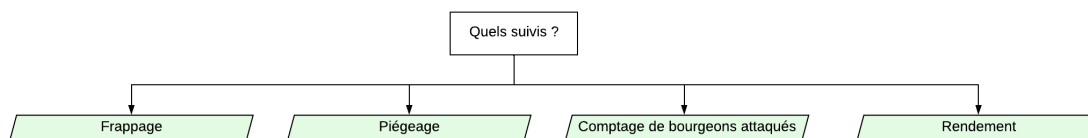


Figure 6 : Logigramme choix des suivis

De la même manière que les protocoles, chaque suivi n'a pas pour but de répondre aux mêmes questions. En effet les suivis de frappage, piégeage servent à estimer les populations d'anthonome et à quantifier un éventuel impact des poules sur les populations du ravageur. D'autres part, les suivis des comptages de bourgeons et les comparaisons de rendement répondent à la question d'efficacité des poules pour une gestion des attaques. Une réduction des populations n'entraîne pas systématiquement une baisse des attaques et donc une amélioration de la production en qualité et quantité.

Observation des bourgeons

Il est possible d'effectuer des comptages de piqûres de nutrition sur les bourgeons en début de saison. Des comptages des fleurs à l'aspect « clou de girofle », plus tard dans l'été permettraient d'approcher le nombre d'individus présents sur la parcelle, une larve n'attaquant en général qu'un seul bourgeon, et un bourgeon n'accueillant en général qu'une seule larve. Des comptages de fleurs piquées l'année précédant les expérimentations permettraient d'anticiper le choix de la parcelle utilisée, dans l'optique de se placer en condition de forte pression du ravageur.

Concernant la taille de l'échantillon, Le GRAB conseille un contrôle de 100 bourgeons pour les piqûres de nutrition (Gomez 2007). Nous conseillerons ici, dans la mesure du possible, d'augmenter au maximum la taille de l'échantillonnage : plus les répétitions de mesures seront nombreuses, plus il sera possible d'observer une différence dans les moyennes entre la modalité avec les poules et la modalité sans poules.

Frappage

Le frappage semble être une méthode largement conseillée. Le GRAB conseille le frappage de 2 rameaux par arbre sur 50 arbres au stade B/C (voir le guide des stades du pommier en annexe1) (Grab 2017). Même si l'anthonome est univoltin², il est important d'effectuer ces battages à des moments différents dans la saison, son cycle de vie étant très étalé dans le temps. Le moment préférentiel pour réaliser les battages est discuté : d'après Gomez (2007), ils doivent être fait le matin tôt, et au crépuscule. Dans leurs expérimentations Toepfer, Gu, Dorn (2000) ont frappé les troncs ou les grosses branches de chaque arbre au-dessus d'un draps blanc déposé au sol sous les arbres. D'après Toepfer, Gu, Dorn (2000), cette méthode permet de faire tomber 75% des anthonomes présents sur la branche frappée. Balachowsky (1962) a observé que le nombre d'anthonomes récoltés lors des battages était beaucoup plus important sur les faces des arbres exposées au sud qu'au nord.

Piégeage

Il existe plusieurs types de pièges possibles pour la surveillance des populations d'anthonome : Toepfer, Gu, Dorn (2000) ont utilisé de longs morceaux de carton ondulé à plusieurs couches attachés aux troncs à 1,5m du sol, méthode qu'ils ont jugée très efficace. Les pièges disposés à la base des

² Une seule génération annuelle

arbres peuvent être efficaces car l'anthonome ne se déplace pas seulement en volant mais il peut aussi ramper pour atteindre les arbres hôtes (Hausmann, Samietz, Dorn 2004b).

Hausmann, Samietz, Dorn (2004a) ont validé les pièges « transparent shelter trap » comme moyen de suivre les populations d'anthonome et comme moyen pour prévoir les attaques. Il s'agit de plaques en plexiglas collantes servant aux suivis du charançon de la prune et pouvant servir pour l'anthonome du pommier.

Le GRAB propose l'utilisation de bandes engluées pour estimer les populations (Grab 2017). Le GRAB estime une efficacité identique pour les plaques engluées de différentes couleurs.

Des bandes de plastique à bulles enroulées autour des troncs ont fonctionné pour Gomez (2007), les anthonomes restant bloqués entre les bulles.

Rendement

Le contrôle des populations seul ne permet pas d'évaluer les impacts réels sur le rendement. Des comparaisons de rendement peuvent être envisagées entre le rendement potentiel entre les parcelles « avec poules » et les parcelles « sans poules ». Il serait également possible de comparer les rendements en jus.

IV- Conclusion et préconisations

Finalement, une infinité de protocoles serait envisageable en fonction de la question de recherche mais aussi du temps, du budget et du matériel disponible. Certains semblent plus facilement réalisables pour une première expérimentation « crash-test » comme par exemple un dispositif sur une grande parcelle avec seulement 2 modalités à tester couplé à des suivis simples de comptages de fruits attaqués et comparaison de rendement. Au contraire, certains protocoles sont plus fins et requièrent plus de budget et de main d'œuvre, il semble par exemple peu envisageable de tester l'effet du chargement en poules en première expérimentation car le dispositif semble lourd à mettre en place et à suivre et le nombre de traitements et de répétitions pourrait être trop important.

Pour toute demande de renseignement supplémentaire, contacter :

Noémie Séon, noemie.seon@inrae.fr

Bibliographie

ADABIO, 2019. Introduction de poules dans les vergers, une pratique qui porte ses fruits. . 2019.

BALACHOWSKY, A., 1962. *Entomologie appliquée à l'agriculture : t. 1, vol. 1 Coléoptères*. Paris : Masson.

BOREAU DE ROINCÉ, Catherine, RICARD, Jean-michel, GARCIN, Alain, JAY, Michel, MANDRIN, Jean-François, LAVIGNE, Claire et BOUVIER, Jean-Charles, 2010. Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier. Première étape. . 1 janvier 2010.

CORROYER, N et DENIS, A, 2021. Quelles solutions de biocontrôle en verger cidricole ? *Le cahier technique de l'IFPC : Pommes à Cidre*. décembre 2021. N° 55.

DANIEL, Claudia, WYSS, Eric et TSCHABOLDT, Jean-Luc, 2012. Anthonome du pommier : On a enfin trouvé une solution ABioDoc, Centre National de Ressources en Agriculture. [en ligne]. janvier 2012. [Consulté le 20 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://abiodoc.docressources.fr/index.php?lvl=notice_display&id=25020

DUAN, Jian Jun, WEBER, Donald C., HIRS, Beat et DORN, Silvia, 1996. Spring behavioral patterns of the apple blossom weevil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1996. Vol. 79, n° 1, pp. 9-17. DOI 10.1111/j.1570-7458.1996.tb00803.x.

EPHYTIA, 2018a. Pomme - Biologie, épidémiologie. [en ligne]. 2018. [Consulté le 20 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/21617/Pomme-Biologie-epidemiologie>

EPHYTIA, 2018b. Vigi-Semences - Diaporthe caulivora (Chancre de la tige du soja). [en ligne]. 5 février 2018. [Consulté le 7 août 2020]. Disponible à l'adresse : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/25357/Vigi-Semences-Diaporthe-caulivora-Chancre-de-la-tige-du-soja>

GALINET, Christian, 2020. Lutte contre l'anthonome du pommier. *Terre Vivante* [en ligne]. 2020. [Consulté le 3 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.terrevivante.org/contenu/lutte-contre-anthonome-pommier/>

GOMEZ, Christelle, 2007. L'anthonome du poirier, *Anthonomus piri*, est un ravageur dit "secondaire", pouvant être problématique en agriculture biologique. En effet, ce charançon peut occasionner des pertes de rendement importantes dans des vergers fortement infestés. Il a été observé jusqu'à 70% de dégâts dans certains vergers. Le GRAB mène depuis plusieurs années des essais de lutte contre ce charançon. *Arbo Bio*. janvier 2007. Vol. n° 11, pp. 2.

GRAB, 2017. Pommier bio : Anthonome et Hoplocampe, tout savoir en 2 fiches ! *Grab* [en ligne]. 10 avril 2017. [Consulté le 18 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.grab.fr/anthonome-et-hoplocampe-du-pommier-en-ab-tout-ce-que-vous-avez-voulu-savoir/>

HAUSMANN, Claudia, SAMIETZ, Jörg et DORN, Silvia, 2004a. Significance of shelter traps for spring monitoring of *Anthonomus pomorum* in apple orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2004. Vol. 112, n° 1, pp. 29-36. DOI 10.1111/j.0013-8703.2004.00176.x.

HAUSMANN, Claudia, SAMIETZ, Jörg et DORN, Silvia, 2004b. Visual Orientation of Overwintered *Anthonomus pomorum* (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology*. 1 octobre 2004. Vol. 33, pp. 1410-1415. DOI 10.1603/0046-225X-33.5.1410.

HAUSMANN, Claudia, SAMIETZ, Jörg et DORN, Silvia, 2004c. Monitoring the dynamics of orchard colonisation by *Anthonomus pomorum* in spring. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2004. Vol. 110, n° 3, pp. 207-216. DOI 10.1111/j.0013-8703.2004.00135.x.

IFPC, 2014. Stades phénologiques du pommier à cidre. . 4 juin 2014.

KALINOVÁ, Blanka, STRÁNSKÝ, Karel, HARMATHA, Juraj, ČTVRTEČKA, Richard et ŽD'ÁREK, Jan, 2000. Can chemical cues from blossom buds influence cultivar preference in the apple blossom weevil (*Anthonomus pomorum*)? *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2000. Vol. 95, n° 1, pp. 47-52. DOI 10.1046/j.1570-7458.2000.00640.x.

LAVIGNE, Anaïs et LAVIGNE, Christian, 2013. Associer production fruitière et élevage de volailles - Cirad - Fredon [en ligne]. 15 octobre 2013. Disponible à l'adresse : https://agritrop.cirad.fr/572661/1/document_572661.pdf

MATAR, Mariline Maalouly, 2015. Déterminants du parasitisme larvaire du carpocapse du pommier au Sud Est de la France. . 2015. pp. 170.

PISKORSKI, Rafal et DORN, Silvia, 2010. Early-Season Headspace Volatiles from Apple and Their Effect on the Apple Blossom Weevil *Anthonomus pomorum*. *Chemistry & Biodiversity*. 2010. Vol. 7, n° 9, pp. 2254-2260. DOI 10.1002/cbdv.201000221.

TOEPFER, St., GU, H. et DORN, S., 1999. Spring colonisation of orchards by *Anthonomus pomorum* from adjacent forest borders. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. novembre 1999. Vol. 93, n° 2, pp. 131-139. DOI 10.1046/j.1570-7458.1999.00571.x.

TOEPFER, Stefan, GU, H. et DORN, Silvia, 2000. Selection of hibernation sites by *Anthonomus pomorum*: Preferences and ecological consequences. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1 juin 2000. Vol. 95, pp. 241-249. DOI 10.1023/A:1004046801897.

TOEPFER, Stefan, GU, Hainan et DORN, Silvia, 2002. Phenological analysis of spring colonisation of apple trees by *Anthonomus pomorum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1 mai 2002. Vol. 103, pp. 151-159. DOI 10.1023/A:1020332400843.

ZIJP, J.P. et BLOMMERS, Leo, 1992. *Syrrhizus delusorius* and *Scambus pomorum*, two parasitoids of the apple blossom weevil. *Proc. Exp. & Appl. Ent., N.E.V. Amsterdam 3 (1992) 46-50*. 1 janvier 1992. Vol. 3.

Le POMMIER
Principaux stades phénologiques BBCH - Meier et al. 1994



00 (A)
Bourgeon d'hiver



51 (B)
Début de gonflement



53 (C)

Gonflement apparent



54 (C3)



56 (D)
Apparition des boutons floraux



56/57 (D3)



57 (E)

Les sépales laissent voir les pétales



59 (E2)



61 (F)
1ère fleur



65 (F2)
Pleine floraison



66 (G)
Chute des 1ers pétales



69 (H)
Chute des derniers pétales



71 (I)
Nouaison



72 (J)
Grossissement des fruits



87
Fruits mûrs

Janvier 2014

États-Unis. *A. signatus* Say nuit aux *Rubus*, *Fragaria* et au Rosier aux États-Unis et possède une biologie similaire à celle de *A. rubi* Herbst d'Europe (cf. p. 1186); *A. bisignifer* Marsh., occasionne des dégâts identiques au Japon. *A. scutellaris* Lec., est nuisible aux arbres fruitiers à noyau (Pêcher, Prunier) aux États-Unis. Toutes ces espèces sont susceptibles de s'acclimater en Europe ou dans le bassin méditerranéen où leur introduction est toujours à redouter.

Nous signalerons également l'habitat particulier de *A. hicoriae* Pierce dont la larve évolue dans les galles de *Phylloxera caryae* sur les feuilles des *Hicoria* aux États-Unis.

En Europe, en dehors des espèces nuisibles, beaucoup d'*Anthonomus* évoluent sur les végétaux spontanés; *A. pubescens* Payk., et *A. varians* Payk., se développent sur les inflorescences de *Pinus*.

LES ANTHONOMUS NUISIBLES AUX ARBRES FRUITIERS A PÉPINS

ANTHONOMUS POMORUM L. (1). (Vulg. Anthonome du Pommier). —
 Syst. : BEDEL (L.) 1901, p. 128 et 297; REITTER (E.) 1906, p. 683; HUSTACHE (A.) 1931, p. 983; STE CLAIRE DEVILLE (J.) 1935-1938, p. 432; HOFFMANN (A.) 1954, p. 1116. — Biol. : DECAUX (M.) 1891, p. 421; 1899, p. 27; HENNEGUY (L.) 1891, p. 835; SCHREINER (J. F.) 1914, p. 65; KAZANSKY (A. N.) 1915, p. 55; IMMS (A. D.) 1918, p. 211; SCHULZ (U. K. T.) 1918, p. 363; SCHULZ (U. K. T.) 1920, p. 16; SPEYER (W.) 1922, p. 82; MILES (H. W.) 1922, p. 637; SPEYER (W.) 1923, p. 68; MILES (H. W.) 1923, p. 348; POSPELOV (V. P.) 1924, p. 243; SCHULZ (U. K. T.) 1924, p. 217; SPEYER (W.) 1925, p. 89; REGNIER (R.) 1925, p. 5; ARISTOV (M. T.) 1925-1926, p. 250; KELER (S.) 1926, p. 22; RITUSPOTAPOVA (T. M.) 1928, p. 25; ARISTOV (M. T.) 1928, p. 103; 1931, p. 121 et 139; TROITSKY (N. N.) 1928, p. 103; CHUGUNIN (Y. V.) 1932, p. 81; VOUKASOVITCH 1932, p. 117; SPEYER (W.) 1933, p. 8; KLEMM (M.) 1936, p. 223; SATTLER (F.) 1937, p. 43; HAUF (M.) 1938, p. 41; SPEYER (W.) 1939, p. 286; HAUF (M.) 1939, p. 335; KAISER (W.) 1943, p. 22; VAN ASPEREN (K.) 1944, p. 19; HUYSMANS (C. P.) 1944, p. 1; FLECKINGER (J.) 1946, p. 3; CHEVALIER (M.) et BEAUGENDRE (R.) 1946, p. 198; GRISON (P.) et CHEVALIER (M.) 1946, p. 195; DICKER (G. H. L.) 1946, p. 140; 1950, p. 111; BONNEMAISON (L.) 1948, p. 31; 1944, p. 356; RAJKOV (B. E.) et RIMSKY-KORSAKOV (M. N.) 1948, p. 190; BEÏ-BIENKO 1949, p. 617; REICHARD (G.) 1950, p. 58; DOBROVOLSKI (B. V.) 1951, p. 261; TADIC (M.) 1952, p. 52; 1959. — Econ., Lutte : BOUCHET (R.) 1944, p. 349; BOVEY (P.) et MARTIN (H.) 1944, p. 45; DICKER (G. H. L.) 1946, p. 162 et p. 124.

[Pommier]

Descr. — L'adulte est de forme allongée, de taille et de couleur légèrement variables selon les individus et le sexe. Sa taille varie dans les limites suivantes : longueur 3,5 à 6 mm., largeur 1,5 à 2,5 mm., les mâles étant en général plus petits et plus étroits que les femelles. Le corps est recouvert d'une pubescence fine et serrée, de poils gris cendré. La couleur des élytres varie du brun clair au brun noirâtre. Ils sont également recouverts de poils gris cendré, formant dans la partie supérieure une fascie claire, transversale et

(1) Par M. CHEVALIER (†) et P. GRISON.

oblique en chevron ou en V, bordée de deux bandes brunes plus étroites. A la suture des élytres et près du thorax, on remarque un écusson arrondi, saillant, garni d'une pubescence blanche et serrée. Les ailes fonctionnelles sont de couleur rose à leur base (fig. 674).

Les protibias arqués à la base sont fortement dilatés au milieu de la tranche interne qui est sinuée avant le sommet. En général la femelle a l'abdomen plus large, plus bombé; les antennes sont insérées sur la partie médiane du rostre et les élytres sont plus développés aux épaules, les yeux paraissent également un peu plus écartés et le rostre plus long que chez le mâle



FIG. 674.

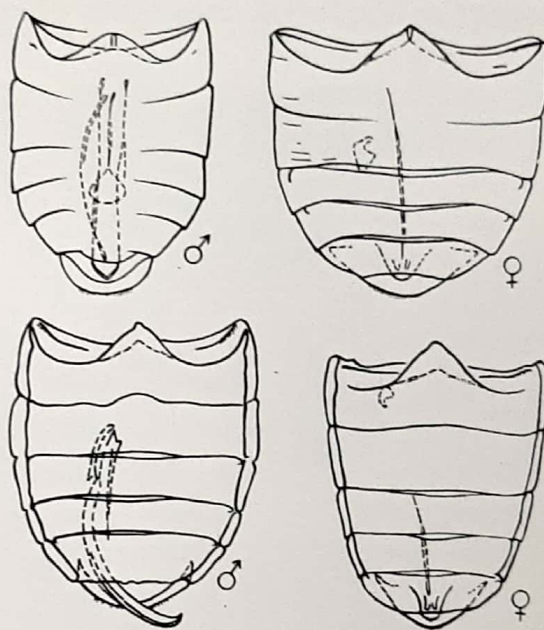


FIG. 675.

FIG. 674. — *Anthonomus pomorum* L. ($l = 3,5-6$ mm). Nuisible au Pommier dans toute l'Europe tempérée.

FIG. 675. — Schémas de la face ventrale des segments abdominaux de *Anthonomus pomorum* L. (haut) et de *Anthonomus pyri* Kollar (bas) montrant les caractères sexuels secondaires ♂ et ♀ comparés chez les deux espèces (d'après TADIC, 1959).

(1,2 à 1,5 mm). Récemment, TADIC (1959) a mis en évidence des caractères morphologiques distinctifs entre les deux sexes portant sur le dernier segment abdominal (fig. 675) mais cette différenciation est moins facile à observer que chez *Anthonomus pyri* Kollar.

L'œuf est ovulaire, blanc hyalin et mesure au plus 0,7 mm. \times 0,5 mm.

La larve apode présente trois stades successifs; elle est de forme générale assez différente de celle de *A. pyri* Kollar : peu arquée, plus effilée, moins épaisse, de consistance plus ferme et d'un blanc jaunâtre. Sur le côté dorsal se trouvent 8 rangées longitudinales de soies. Arrivée au terme de son développement elle peut atteindre une longueur de 8 mm. Ses différents stades ont été caractérisés par REICHARD (1950) par la largeur des capsules céphaliques qui passent successivement de 0,23-0,29 et 0,49 mm. (fig. 678).

La nymphe dont la forme générale rappelle celle des autres espèces d'*Anthonomus* est de 4 à 5 mm. Parmi les appendices repliés sous le corps, les

fémurs des pattes antérieures avec leur épine triangulaire sont très caractéristiques. Les stigmates sont marqués de chaque côté des segments abdominaux par de petits anneaux brun clair.

La nymphe est logée dans une coque formée d'excréments et de débris végétaux au milieu de la fleur détruite (fig. 681).

Biologie d'*anthonomus pomorum*

Aire de répartition et dégâts. — *Anthonomus pomorum* est un insecte inféodé aux Pomacées. Il évolue normalement sur le Pommier et ses méfaits sont bien connus en France et dans toute l'Europe. Le Poirier peut être attaqué mais



FIG. 676. — Fleurs de Pommier attaquées par *Anthonomus pomorum* L., transformées en « clous de girofle » avec au centre une fleur saine (gr. nat.).

la plupart des auteurs s'accordent à reconnaître que cette essence constitue un hôte secondaire contaminé seulement dans les lieux et années favorables à une sortie très précoce des insectes; car ceux-ci apparaissent normalement au printemps, après la floraison de cet arbre. Ainsi BONNEMAISON et CHEVALIER ont observé en 1945 dans la région parisienne, des dégâts assez importants sur la variété Passe-Crassane (30 à 40 p. 100 de fleurs contaminées). En Italie où les sorties sont précoces, *A. pomorum* est plus fréquemment nuisible au Poirier.

Son aire de répartition s'étend sur tous les pays de l'Europe: des Iles Britanniques à la Transcaucasie, de la Scandinavie à l'Afrique du Nord, mais ses dégâts sont surtout sensibles dans la zone moyenne de son aire de répartition. En France ses ravages sont généralisés mais ils sont particulièrement importants dans les vergers de l'Ouest et du Nord jusque dans la Vallée de la Loire et le Massif Central et sévissent même dans le midi méditerranéen. Certaines

années ceux-ci sont tellement graves que les récoltes sont compromises, car dans ces régions, les conditions climatiques printanières, la grande diversité des variétés sont des conditions très favorables à sa pullulation. Celle-ci a été considérablement freinée par l'application, depuis 1945, de traitements chimiques à base d'insecticides organiques de synthèse.

Les dégâts commis par *A. pomorum* sont très caractéristiques : chaque larve n'attaque qu'une seule fleur et ne détruit pas toute une inflorescence comme *A. pyri*. Les pétales de la fleur, broutés sur leur face interne, ne s'épanouissent pas et brunissent en donnant à la fleur attaquée cet aspect typique de « bouton roussi » appelé communément « clou de girofle » (fig. 676, 677 et 678).

Du fait de l'attaque d'une seule fleur par larve, quelques boutons floraux peuvent être épargnés sur chaque corymbe et le degré de nocivité de l'insecte



FIG. 677. — Attaque typique d'*Anthonomus pomorum* L. sur Pommier avec « clous de girofle » et fleurs saines dominantes (Éclaircissage naturel de la fructification) (gr. nat.).

a été souvent controversé (fig. 677). Cette attaque est parfois considérée comme un « éclaircissage » naturel des fruits surtout lors des années de floraison abondante.

Un tel point de vue ne se justifie plus depuis la généralisation de la culture fruitière intensive et rationnelle, d'une part parce que cette action de l'insecte est incontrôlable et imprévisible, donc empirique et inégale sur les différentes variétés de Pommier d'une année à l'autre; d'autre part, parce que cette opinion ne tient pas compte des données de la biologie florale dont les relations avec les attaques de l'Anthonome n'ont jamais été prises sérieusement en considération, à l'exception du stade phénologique strictement défini pour la ponte.

Par exemple il n'est pas clairement précisé si la proportion de boutons floraux susceptibles de subir une « chute physiologique » naturelle, particulièrement au moment de la fécondation ou de la nouaison, peut être réduite par suite des attaques de l'insecte ou cumuler normalement ses effets avec ceux-ci.

A titre indicatif et pour une seule année, en 1945, CHEVALIER et BEAUGENDRE ont observé au Mans (Sarthe) les relations suivantes par rapport au nombre total de boutons floraux :

Variétés	Fleurs anthonomées	Chutes physiologiques	Fruits développés
Reine des Reinettes.	6 %	86 %	8 %
Reinette du Mans	42 %	50 %	8 %
Rousse de l'Orne	87 %	12 %	1 %

De plus, selon les observations inédites de FLECKINGER (1), il y aurait lieu de distinguer au moins deux catégories de bourgeons sur un même arbre en sorte que les différents degrés de nocivité du ravageur vis-à-vis des variétés de Pommier pourraient être liés à la différence de « qualité physiologique » des bourgeons d'un même sujet. Enfin, il est nécessaire de tenir compte de l'action des facteurs climatiques qui s'exerce à la fois directement sur l'insecte et indirectement sur l'évolution végétative du Pommier.

Il n'y a donc pas lieu de sous-estimer l'importance des dommages causés aux récoltes de fruits bien que ceux-ci n'aient jamais été évalués d'une manière rigoureuse. Au contraire, il faut considérer objectivement la menace représentée par les attaques d'*A. pomorum* pour ces récoltes. La nature et l'intensité des traitements de protection, nullement obligatoires, dépendront à la fois des conditions du climat, de la floraison, de la plante-hôte et de la pullulation de l'insecte (CHEVALIER et BEAUGENDRE 1946).

Cycle évolutif. — *Anthonomus pomorum* L. possède une seule génération par an et la grande différence de son cycle avec celui d'*Anthonomus pyri* Kol. réside dans la diapause prolongée de l'adulte depuis la mue imaginale à la fin du printemps, jusqu'à la maturité sexuelle au début du printemps de l'année suivante, si bien que la longévité de l'insecte parfait est en moyenne d'une année. Quelques adultes des deux sexes pourraient vivre deux ans et se reproduire une deuxième année (SPEYER 1922; DICKER 1946).

Dans les meilleures conditions l'apparition des adultes peut avoir lieu dès la mi-février. Ils présentent une grande activité alimentaire et de vol, puis s'accouplent. L'intensité de ces différentes formes d'activité est étroitement liée à la température ambiante et, dans une moindre mesure, à l'état hygrométrique de l'air, si bien que l'insecte possède plutôt des mœurs diurnes que nocturnes contrairement à celles d'*A. pyri* Kollar.

La femelle pond ses œufs pendant une assez longue période printanière mais toujours dans un bourgeon floral présentant un stade de développement bien déterminé (stade « bouton blanc » des arboriculteurs), relation qui a été particulièrement étudiée en Europe en vue de fournir une indication précise dans l'application des traitements chimiques de protection de la floraison. Le développement de la larve à l'intérieur d'une seule fleur, dure de 2 à 4 semaines

(1) Nous adressons nos sincères remerciements à J. FLECKINGER qui nous a apporté une précieuse contribution à la connaissance de la biologie florale des Pomacées et à l'étude des relations phénologiques de l'insecte et de sa plante-hôte.

(fig. 678, droite). La nymphose a lieu à l'intérieur de la fleur attaquée (fig. 681) et elle s'achève généralement dans le courant du mois de mai par l'apparition de l'imago qui entre en diapause, après une courte période d'alimentation, jusqu'au mois de mars de l'année suivante.

Sortie d'hibernation et activité printanière des imagos. — Les conditions écologiques qui déterminent chez *A. pomorum* l'abandon des refuges d'hibernation par les imagos et l'apparition de ceux-ci sur la plante-hôte sont bien connues et ont été fréquemment relatées par divers auteurs européens. Cependant la plupart d'entre eux ne mentionnent que des dates de sortie pour les différentes

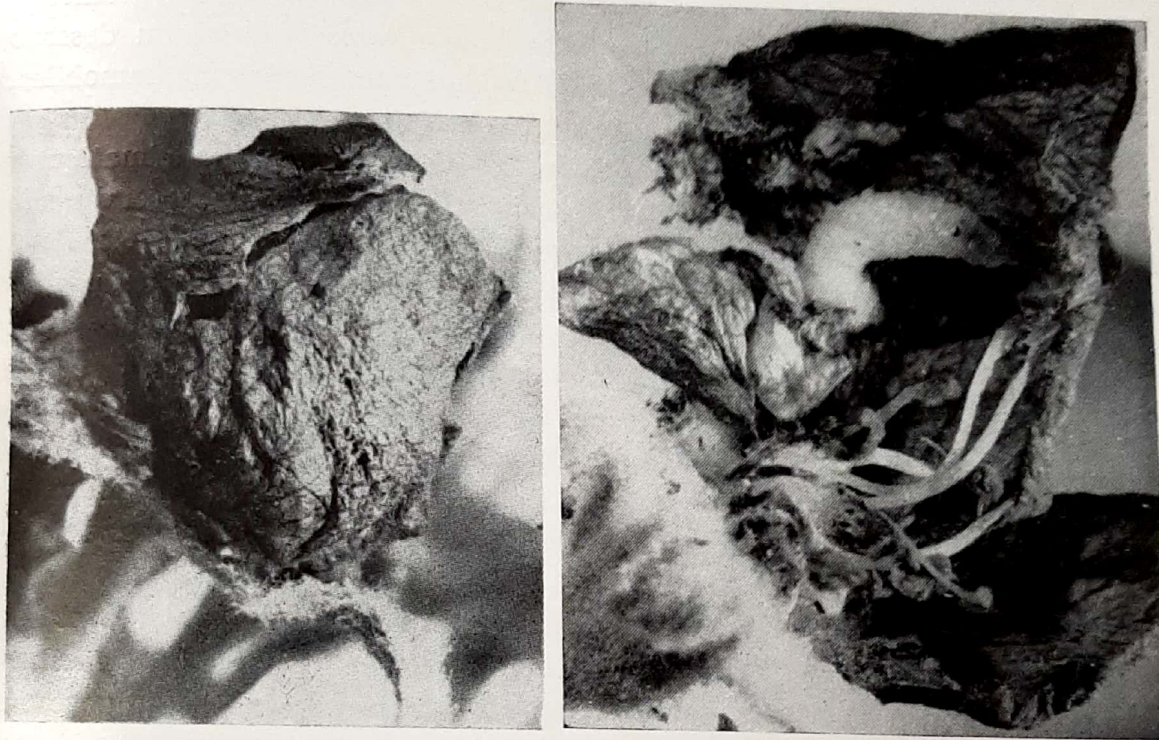


FIG. 678. — A gauche, « Clou de Girofle » grossi 5 fois. A droite, le même ouvert montrant la larve à l'intérieur de la fleur.

contrées et les différentes années; ces indications sont peu caractéristiques car elles sont nécessairement aussi variables que peuvent l'être chaque année les températures hivernales et printanières qui conditionnent strictement la reprise d'activité de l'insecte.

Pour KAISER (1943) la sortie débute quand la température moyenne est de 7° ou 8° C et la température maximum de la journée de 10° à 11° C; cette dernière est également indiquée par DICKER (1946). Pour BEI-BIENKO, dans la région de Léninegrad les insectes sortent à 6° C et commencent à être actifs à 10° C.

D'après les investigations effectuées dans la région parisienne, *les imagos* quittent leurs lieux d'hibernation dès que la température moyenne atteint 9° C pendant plusieurs journées consécutives (GRISON et CHEVALIER 1946). Il en résulte une très grande variabilité des dates de sortie de l'Anthonome du Pommier d'une année à l'autre et pour une même année entre des lieux différents. Ainsi, dans la plus grande partie de son aire de répartition géographique la reprise d'activité peut débiter exceptionnellement en fin février (et présenter

quelques attaques sur Poirier), mais elle a lieu le plus fréquemment dans le courant du mois de mars. Pour la plupart des auteurs russes la sortie commence souvent dans les premiers jours d'avril.

Dans un même lieu la sortie s'échelonne généralement sur une quinzaine de jours et c'est à partir du moment où elle devient maximum qu'il est utile d'observer le comportement de l'insecte.

L'activité d'*A. pomorum*, contrairement à celle d'*A. pyri*, est diurne parce qu'elle est exclusivement conditionnée par les facteurs climatiques et c'est aux heures les plus chaudes de la journée que les insectes s'alimentent, se déplacent, volent, s'accouplent et pondent. La plus grande activité a lieu pour des températures comprises entre 10° et 15° C et pour une hygrométrie relative voisine de 60 p. 100. Dès que la température descend au dessous de 7° C, ou que le temps est pluvieux, les Anthonomes demeurent immobiles, blottis dans les fissures des écorces ou contre les bourgeons.

Du fait de cette rigoureuse dépendance à l'égard des facteurs climatiques, l'influence des « microclimats » est très accusée et elle oblige à observer une très grande prudence à la fois dans l'appréciation des périodes d'activité dans une localité donnée et dans la détermination des périodes d'intervention phytosanitaire.

Par exemple, dans deux vergers distants d'un kilomètre environ, l'un établi sur un terrain exposé au midi, abrité au Nord et à l'Est par des bois, l'autre sur un plateau, en plein champ, nous avons relevé une différence de douze jours dans la sortie des insectes. Dans le premier verger, les Anthonomes commençaient à pondre alors que dans le second, ils sortaient de leur hibernation.

D'autre part, les secouages de Pommiers effectués dès la sortie des insectes, nous ont permis de constater pour un même arbre, que le nombre des Anthonomes récoltés sur la face exposée au Sud était de beaucoup plus important que sur la face Nord. Les mesures thermométriques enregistrées sur les deux faces présentaient des différences de 2° à 5° C selon la forme et l'importance de la frondaison de l'arbre.

L'alimentation des imagos, épuisés par une longue période de jeûne d'octobre à mars, est nécessaire à l'accomplissement de leur fonction reproductrice (SCHULZ 1920). Dès leur sortie hivernale, les insectes se nourrissent des organes foliacés et floraux des bourgeons et lambourdes de Pommier occasionnellement de Poirier, en voie de débourrement.

L'alimentation des Anthonomes, dans les premiers jours de leur sortie hivernale, se fait toujours aux dépens des variétés dont l'état végétatif est suffisamment avancé, c'est-à-dire généralement sur les variétés hâtives.

Cette période d'alimentation dure environ deux semaines, selon SCHULZ, et elle représente une exigence physiologique indispensable à l'activité reproductrice des insectes. Le Charançon s'immobilise sur un bourgeon de son choix dans lequel il enfonce son rostre à plusieurs reprises. Les piqûres de nutrition atteignent les boutons floraux des lambourdes, dans lesquels l'insecte ronge une ou plusieurs étamines. Il est probable que l'état et la qualité des lambourdes doivent avoir un effet sur la fécondité des femelles comme nous l'avons remarqué pour *A. pyri* (cf. p. 1171).

L'accouplement ainsi que l'a signalé REGNIER (1925), n'a pas lieu chez les individus maintenus à jeun, mais se produit seulement après une période d'alimentation de 5 à 10 jours.

Cet accouplement a été bien décrit par REGNIER et par GOLFARI. Nous l'avons observé en laboratoire et en plein air sur les rameaux et les lambourdes de Pommier.

Le mâle grimpe sur la femelle, place ses pattes antérieures sur le thorax de celle-ci, s'agrippe à ses élytres avec les tarsi de ses pattes médianes et postérieures. Appuyant son abdomen sur l'extrémité du corps de sa compagne, formant presque un angle droit, il fait saillir son pénis dans l'orifice génital.

Durant le coït, le mâle a le rostre allongé, les antennes écartées; la femelle n'interrompt pas son activité, soit qu'elle continue le forage d'une lambourde, soit qu'elle circule sur les rameaux en portant son partenaire.

L'accouplement n'a lieu que par beau temps, pendant la journée, aux heures les plus chaudes; les insectes restent ainsi accouplés pendant plusieurs heures; GOLFARI cite des durées de 6 à 8 heures.

Enfin, nous avons remarqué une polygamie, c'est-à-dire l'accouplement successif d'un mâle avec trois femelles.

La ponte et la fécondité. — La ponte débute quelques jours après la fécondation de la femelle et se prolonge pendant plusieurs semaines; elle dépend non seulement des conditions climatiques qui règlent l'activité des insectes et de la végétation des arbres, mais aussi de l'état physiologique des femelles (conditions d'hibernation, alimentation, etc...).

Le processus de ponte est très curieux et fut étudié en détail par les entomologistes russes et notamment par KAZANSKY (1915). La femelle, après avoir choisi un bouton floral en voie de débourrement, comme nous le précisons ci-dessous, perfore celui-ci latéralement avec son rostre qu'elle enfonce à l'intérieur du bouton. Après un temps variable (de 20 à 40 minutes) le trou de ponte est achevé; la femelle se retourne, applique l'extrémité de son abdomen dans l'orifice, raidit ses pattes antérieures et médianes, les postérieures étant repliées, tend son rostre, écarte et agite ses antennes, fait saillir son ovipositeur dans le trou de ponte et par une série de contractions abdominales, elle dépose son œuf. Toute cette opération se déroule dans un temps variable (de 20 minutes à 1 h. 20). La ponte achevée, la femelle abandonne la lambourde. Nous n'avons pas remarqué, comme REGNIER, que celle-ci poussait définitivement son œuf dans le trou de ponte avec son rostre. Après avoir attendu que la femelle ait achevé de pondre, nous l'avons retirée dès qu'elle commençait à s'agiter, pour



FIG. 679. — Trou de ponte de *Anthonomus pomorum* L. dans un bouton floral de Pommier au stade C/D.

contrôler la position de l'œuf. En disséquant la lambourde et le bouton floral, nous avons constaté que l'œuf occupait sa position définitive.

BALACHOWSKY et MESNIL (1935, p. 31) et REICHARD (1950) ne peuvent admettre non plus qu'un œuf très mou puisse être poussé sans dommage par le rostre de l'insecte dans une ouverture aussi étroite.

L'œuf se trouve posé sur une anthère, contre la paroi interne d'un pétale : cette implantation a été bien décrite par MILES (1923). Il convient de remarquer qu'à ce stade végétatif les étamines sont à peine développées : leurs filets sont repliés en crosse et leurs anthères serrées les unes contre les autres, occupent toute la cavité florale, pressées contre les parois internes des pétales.

De nombreux auteurs s'accordent à reconnaître que la fécondité des femelles est peu importante : HENNEGUY, REGNIER d'après leurs dissections et observations estiment qu'elles pondent environ une vingtaine d'œufs; SCHULZ, SATTLER, DICKER donnent le chiffre maximum de 48. D'après TROITZKI une femelle pondrait 1 à 2 œufs seulement par jour (36 œufs en 28 jours), et selon SPEYER 80-100 œufs en 14 jours. Ces derniers chiffres nous semblent exagérés, néanmoins REICHARD (1950) ne les conteste pas en confirmant la donnée de SCHULZ relative à une possibilité de ponte quotidienne de 5 œufs par femelle. Nous avons enregistré une moyenne de 25 œufs pondus par femelle sur dix femelles en 26 jours à une température constante de 14° C. Il est probable qu'une femelle en liberté ayant la possibilité de s'alimenter rationnellement pourrait, si les conditions climatiques sont optima, déposer de trente à quarante œufs pendant 5 à 6 semaines.

Comme toutes les autres activités printanières de l'imago (sortie, alimentation, etc...) la ponte est fortement influencée par les conditions climatiques, en particulier par la température. Elle exige au moins 10° C et les conditions optima se présentent à 14° et 15° C; à partir de 25° C le nombre d'œufs pondus est très réduit.

Relations entre la ponte d'*A. pomorum* et l'état végétatif des Pommiers. — En 1891, HENNEGUY signalait que les seules variétés gravement atteintes étaient celles de « moyenne saison » mais n'établissait pas de relations précises entre l'activité de l'insecte et le développement végétatif de la plante attaquée.

D'autres auteurs, notamment TROITZKI (1928), ARISTOV (1928), KLEMM (1936), SATTLER (1937), HAUF (1938), HUYSMANS (1944) ont montré que la ponte était étroitement liée avec certains stades végétatifs du Pommier.

Les observations faites sur les variétés françaises, en utilisant comme notation phénologique celle qui a été décrite par FLECKINGER (fig. 680), ont montré que sous nos climats la *ponte avait lieu aux stades B/C à D de FLECKINGER, quelle que soit la date effective de la floraison des variétés.*

Les relations entre l'activité de l'Anthonome et l'état végétatif de la plante-hôte sont résumées dans le tableau ci-après.

Les faits relevés montrent bien que la ponte d'*A. pomorum* est étroitement liée au développement végétatif de l'arbre et qu'elle se place à cet égard entre des limites si strictes que l'utilisation des notations phénologiques est nécessaire pour la pratique des « avertissements agricoles » dans la lutte contre le Charançon.

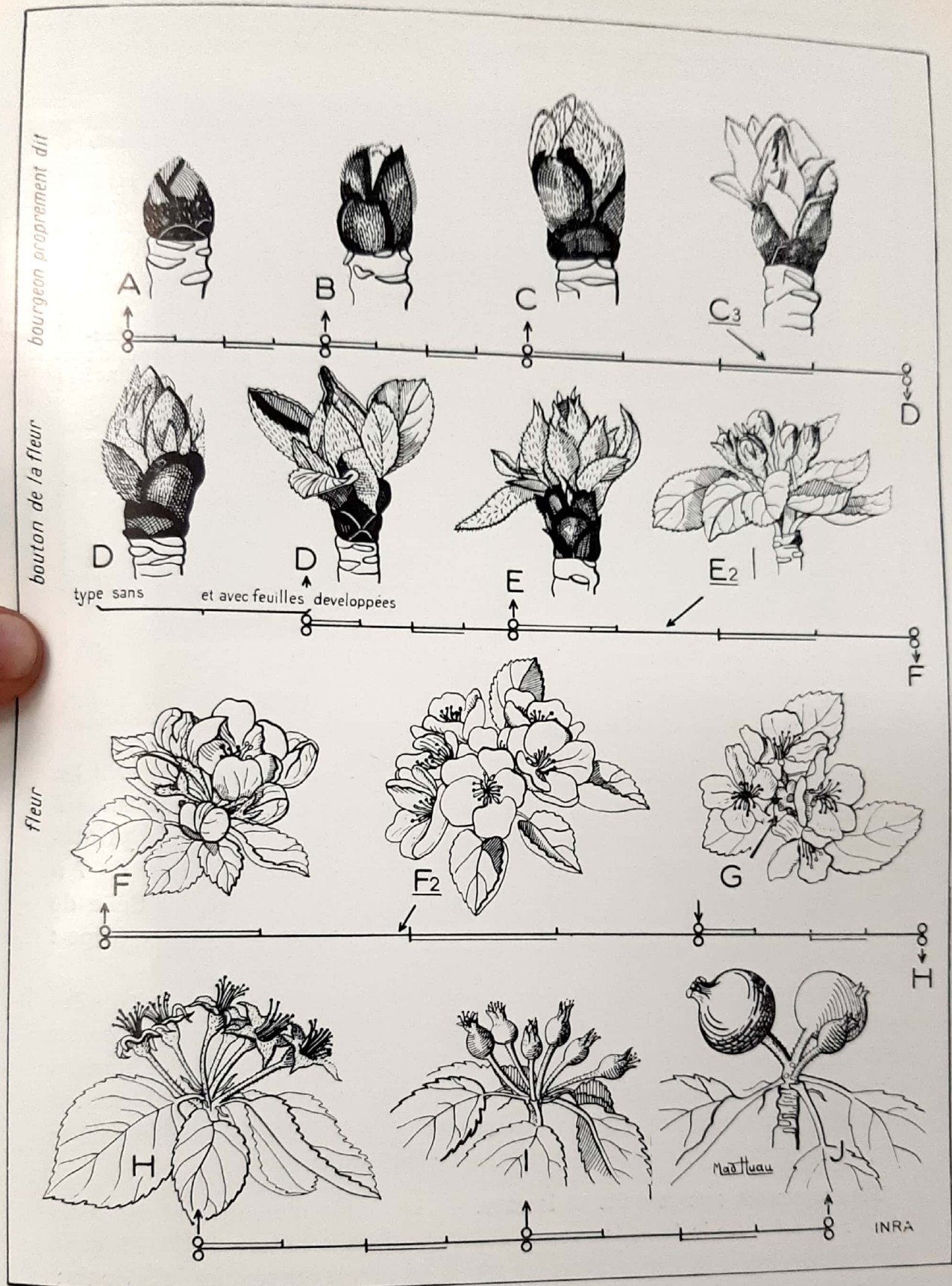


FIG. 680. — Schémas des stades phénologiques des boutons floraux de Pommier. (d'après J. FLECKINGER, 1946).

<p>Notations phénologiques de J. Fleckinger (Les termes des arboriculteurs sont placés entre parenthèses). A suivre sur la fig. 680.</p>	<p>Activité de l'insecte sur le bourgeon</p>
<p>A) Bourgeon légèrement gonflé (prégonflement).</p> <p>B) Écailles internes s'allongent et glissent légèrement les unes sur les autres (début de gonflement).</p> <p>C) Écailles plus internes et bien visibles mais pas encore entr'ouvertes. Stade de la réduction chromatique des cellules-mères des grains de pollen (gonflement du bourgeon : <i>Bouls blancs</i>).</p> <p>C-D) Formation des grains de pollen.</p> <p>D) Écailles les plus internes entr'ouvertes et laissant voir les boutons floraux. (Éclatement).</p> <p>D-E) Les boutons floraux sont séparés les uns des autres et les pétales visibles (séparation des boutons).</p>	<p>A-B) Les lambourdes portent quelques piqûres nutritives à leur sommet. Aucune ponte.</p> <p>B) Les lambourdes sont criblées de nombreuses piqûres nutritives d'où s'exudent des gouttelettes de sève. Certaines piqûres sont superficielles, d'autres atteignent les boutons floraux dans lesquels les Anthonomes rongent les étamines. Aucune ponte.</p> <p>B-C) Quelques œufs sont déposés particulièrement dans le bouton central du corymbe. Celui-ci étant plus avancé (stade C).</p> <p>C) C'est à ce stade que l'on enregistre le <i>maximum de ponte</i>. La plupart des boutons périphériques sont infestés; par contre, le bouton central ne l'est plus que dans 10 à 15 % des cas.</p> <p>D) Quelques œufs; les larves qui en éclosent n'ont pas le temps d'attaquer les pétales et sont rejetées hors de la fleur. (RITUS ПОТІАРОВА 1928).</p> <p>D-E) Aucune ponte.</p>

Si les « stades critiques » pour la contamination par l'Anthonome sont les mêmes pour toutes les variétés de Pommier, par contre nos relevés ont montré que leur durée change selon les variétés et les conditions climatiques printanières particulières à chaque année, ou région. Ainsi, cette durée est de 7 à 10 jours pour les variétés à floraison rapide et homogène (type : Belle de Boskoop) et de 15 à 20 jours pour les variétés à floraison échelonnée (type : Reinette du Mans).

En d'autres termes, la durée de « susceptibilité » et de « réceptivité » des lambourdes varie selon les variétés et même pour une même variété selon les conditions climatiques de l'année et du lieu. Si le printemps est froid et humide, la végétation se prolonge, offrant à l'insecte des conditions favorables à sa pullulation; au contraire, si le printemps est chaud la réceptivité des lambourdes est réduite par suite de leur végétation rapide.

Développements embryonnaire et larvaire. — La durée d'incubation des œufs est en rapport avec la température et elle varie dans la nature de 5 à 12 jours. Selon REICHARD, à la température de 20° C les larves éclosent après 5-7 jours; à l'air libre à la température de 10° C la période de développement dure une dizaine de jours et dans de plus mauvaises conditions naturelles cette période peut s'allonger sans dépasser 15 jours. SCHULZ a observé que lorsque la température baisse jusqu'à 2° C le développement embryonnaire dure 14-15 jours; à la température ambiante de 17-19° C elle dure 6 à 6 jours 1/2.

Au moment de l'éclosion, les anthères déjà redressées ont poussé devant elles les jeunes larves au contact de la voûte des pétales. SCHULZ et REGNIER décrivent le processus par lequel ces larves sont ainsi amenées à dévorer le parenchyme

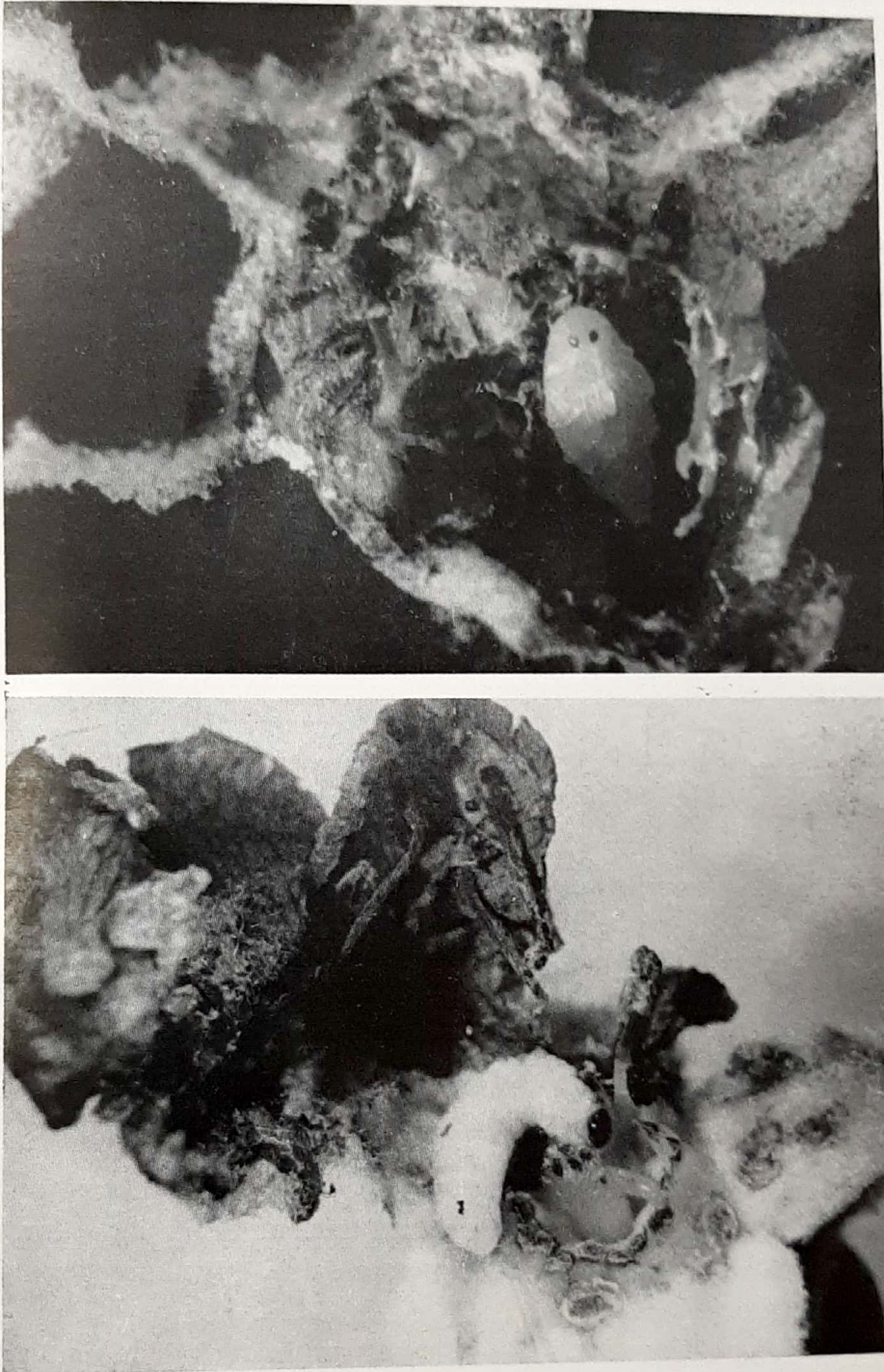


FIG. 681. — *En haut*, nymphe d'*Anthonomus pomorum* L. — *En bas*, larve à son complet développement ($\times 3$) dans son « clou de girofle ».

interne très pileux des pétales et à provoquer un amincissement de la corolle rendue plus sensible au froid et dans l'impossibilité de s'épanouir. Les larves en se développant dévorent également les étamines, voire le pistil mais ne touchent pas au péricarpe de l'ovaire. Les excréments sont rejetés à la base interne

des pétales ou sur la partie supérieure du péricarpe dans lesquels la nymphe se trouvera enrobée.

Si la larve n'a pas atteint le deuxième stade lorsque le bouton devrait se trouver en préfloraison, elle n'achèvera pas son développement et sera rejetée mécaniquement au dehors. Cela se produit fréquemment chez les variétés tardives de Pommier ou par printemps chaud.

REICHARD a très bien décrit le processus des trois mues larvaires dont chacune dure une heure.

La rapidité du développement larvaire varie avec la température et, sans avoir d'indications précises sur cette relation, les périodes suivantes donnent une approximation des écarts de 13 à 26 jours pour la durée de vie larvaire observée également par divers auteurs :

<i>Dates d' éclosion</i>	<i>Dates de prénymphe</i>	<i>Durée de la vie larvaire</i>
—	—	—
1 ^{er} avril	26 avril	26 j.
1 ^{er} mai	16 mai	16 j.
16 mai	31 mai	15 j.
18 mai	31 mai	13 j.

BONNEMAISON (1948) a donné de nombreux exemples d'hétérogénéité de la ponte, d'éclosions et de la croissance larvaire due surtout à l'échelonnement du développement végétatif des lambourdes.

En suivant l'évolution de l'insecte parallèlement à celle de la végétation on constate que la nymphose des premières larves, commence dès la défloraison des premières fleurs (stade H), et que les premiers imagos de la nouvelle génération apparaissent lorsque les fruits ont la grosseur d'une petite noix.

En résumé, en prenant pour exemples les dates extrêmes de ponte d'une année, les durées maxima et minima de développement sont les suivantes :

	<i>durée max. (ponte 3 avril)</i>	<i>durée min. (ponte 10 mai)</i>
Développement embryonnaire	10 jours	5 jours
— larvaire	28 —	14 —
— nymphale	15 —	8 —
Développement total	53 jours	27 jours

Activité estivale; diapause et hibernation des imagos. — L'insecte parfait, après la mue imaginale, reste quelques jours à l'intérieur de la loge florale puis, à l'aide de son rostre, il découpe latéralement une ouverture circulaire par laquelle il s'échappe.

La période pendant laquelle a lieu la sortie des imagos de la nouvelle génération est relativement brève par rapport au long échelonnement de la ponte et ceci parce qu'avec l'élévation progressive de la température la durée du développement larvaire est de plus en plus courte. Ainsi dans l'exemple ci-dessus un écart de 37 jours (5 semaines) sépare les dates de la première et de la dernière pontes tandis que l'écart des dates de sortie des insectes parfaits est réduit à 11 jours (1 semaine 1/2).

Le jeune adulte s'alimente pendant une quinzaine de jours (2 à 3 semaines selon SATTLER). Il ronge la face inférieure de la feuille de Pommier (except-

tionnellement de Poirier) en respectant les nervures et souvent l'épiderme supérieur (fig. 683).

Cette période d'alimentation est indispensable à la survie des insectes pendant la diapause estivale et l'hibernation. Exceptionnellement il y aurait même, selon REGNIER, une période de faible alimentation en septembre avant l'hibernation proprement dite.

La survie en cours de diapause est plus grande chez les femelles que chez les mâles (REICHARD) ce qui explique l'observation non controversée de KAZANSKY



FIG. 682. — *Anthonomus pomorum* L., après son éclosion.

sur l'apparition après l'hibernation d'une plus grande proportion de femelles (60 p. 100) que de mâles (40 p. 100).

La longévité est normalement de 14 ou 15 mois, mais, les observations de SPEYER (1922) sur la possibilité pour les imagos de vivre deux ans et d'avoir deux périodes de ponte, sans être généralement acceptées, n'ont jamais été infirmées expérimentalement.

Les déplacements par vol qui sont intenses au printemps par température élevée sont rares ou nuls chez les jeunes imagos. Ce fait explique que l'hibernation ait lieu fréquemment sur place, dans le verger ou sur l'arbre même qui a hébergé la larve. C'est seulement lorsque la plante-hôte n'offre pas de conditions physiques satisfaisantes au refuge de l'insecte que celui-ci tend à émigrer vers des abris plus favorables.

Ceux-ci sont généralement constitués par des fissures d'écorce, des lichens ou encore des endroits secs sous les pierres du sol, mais, jamais dans le sol même.

Ennemis naturels. — Pendant la longue période de torpeur les insectes parfaits peuvent être contaminés et détruits par des champignons entomophytes et particulièrement, selon les auteurs, par ceux du genre *Beauveria* qui les recouvrent d'un mycélium blanchâtre et dont l'action dans la régulation naturelle des populations de *Anthonomus pomorum* L. n'a jamais fait l'objet



FIG. 683. — Face inférieure d'une feuille de Pommier couverte de morsures de nutrition d'*Anthonomus pomorum* L. et vue grossie de ces morsures à droite (Photo VINCENT).

d'observations précises. Il est vraisemblable que cette action n'est pas négligeable surtout lorsque les conditions climatiques, et notamment la persistance de l'humidité en été et en automne, favorisent la multiplication du Champignon.

Le rôle prédateur des Oiseaux a été fréquemment cité mais c'est surtout l'action parasitaire des Insectes entomophages qui a retenu l'attention des entomologistes. La plupart des auteurs cependant n'ont pas apporté d'informations originales depuis les diagnoses et descriptions faites par IMMS (1918) se rapportant aux espèces suivantes :

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. <i>Pimpla pomorum</i> Ratz. | 6. <i>Apanteles impurus</i> Nees. |
| 2. <i>Pimpla examiner</i> Fab. | 7. <i>Campoplex latus</i> Ratz. |
| 3. <i>Pimpla graminellae</i> Grav. | 8. <i>Meteorus ictericus</i> Nees. |
| 4. <i>Pimpla sagax</i> Stg. | 9. <i>Habrocytus fasciatus</i> Thoms. |
| 5. <i>Apanteles lacteus</i> Nees. | |

A cette liste RÉGNIER ajoute l'ectoparasite *Bracon discoidens* Wems., également observé en Hollande, qu'il a obtenu en assez grande quantité en 1921. C'est une espèce qui présenterait deux ou trois générations par an et qui parasiterait par conséquent en cours d'été d'autres larves phytophages, soit de Microlépidoptères, soit de quelque Rhynchite. SPEYER accorde une grande importance à l'action du Braconide *Syrrhizus delusorius* Forst.

Cependant le principal ennemi de l'Anthonome du Pommier est *Pimpla pomorum* Ratz., dont la présence a été observée par tous les auteurs dans toutes les régions où sévit l'Anthonome. Le taux de parasitisme varie évidemment d'une année à l'autre mais les récoltes et les expériences de DECAUX nous laissent supposer qu'il est assez souvent appréciable. Tandis que IMMS (1917) donne le chiffre très élevé de 27 p. 100, MILES (1923) indique 5 p. 100 et DICKER (1946) moins de 1 p. 100.

En France, RÉGNIER l'évalue au maximum à 12 p. 100 en Normandie et BONNEMAISON à 3 p. 100 dans la région parisienne durant les années 1944, 1945 et 1946. Ce dernier chiffre est également admis comme maximum par VOUKAS-SOVITCH, tandis que les auteurs hongrois (REICHARD) estiment qu'il peut varier de 4 p. 100 à 27 p. 100 selon les années et les localités.

Cet *Ichneumonidae* vit en ectoparasite de la larve et de la nymphe d'*Anthonomus pomorum* L. Il se nymphose dans un cocon soyeux à l'intérieur du « bouton roussi » où il demeure à ce stade une vingtaine de jours. La sortie des *Pimpla* adultes est donc plus tardive que celle des imagos d'Anthonomes. On ignore alors s'ils vont parasiter d'autres larves phytophages au cours d'une seconde génération. Mais leur vagabondage est incontestable puisqu'on les a retrouvés dans de nombreux biotopes et notamment dans les lisières forestières parmi les échantillonnages de la faune touchée par certains traitements insecticides.

Parmi les Insectes prédateurs, RAJKOV et RIMSKY-KORSAKOV (après KASANSKY) mentionnent *Anthocoris nemorum* L. comme ennemi des larves et des nymphes de l'Anthonome et KURDJUMOV signale le prédatisme de *Haplothrips tritici* Kurd.

Lutte contre l'Anthonome du pommier

1° *Lutte biologique.* — L'action frénatrice non négligeable de quelques ennemis naturels de l'Anthonome du Pommier a suscité chez DECAUX en 1880 l'idée de réaliser une très intéressante expérience de lutte biologique qui n'a pas suffisamment retenu l'attention des agronomes. L'auteur la rapporte ainsi :

« Dans une étude (*Revue des Sciences appliquées*, 20 mars 1891) j'ai fait connaître une expérience importante faite en Picardie, en 1880, en recueillant les boutons roussis de 800 Pommiers (plus d'un demi-litre par arbre) soit 5 hl et en complétant l'opération par l'élevage des parasites de l'Anthonome contenus dans les boutons roussis, dans des baquets à lessive recouverts d'une toile. Il est sorti environ 25 p. 100 de parasites hyménoptères. En supposant 2 boutons roussis par centimètre cube, l'opération a permis de détruire UN MILLION d'*Anthonomus* et facilité la mise en liberté de 250 000 parasites qui ont été autant d'auxiliaires pour la destruction des Anthonomes l'année suivante. Dans les vergers traités entourant une ferme au milieu des champs cultivés, il a suffi de renouveler le traitement l'année suivante pour n'avoir plus à constater de dégâts sérieux pendant dix ans ».

Quelle que soit la signification écologique réelle de cette expérience, elle a été basée sur l'un des principes fondamentaux consacrant les méthodes modernes de lutte biologique se rapportant à l'intensification du parasitisme naturel et à une époque où la lutte biologique elle-même ne représentait pour certains entomologistes qu'une spéculation intellectuelle.

En fait, les progrès de la lutte biologique ont été et demeurent une conséquence de l'avancement de nos connaissances sur les conditions écologiques des hôtes et sur la taxonomie et la biologie des parasites.

D'un même point de vue les méthodes basées sur l'emploi des microorganismes doivent être reprises en considération : ainsi, plus d'un demi-siècle après les essais satisfaisants de KRASSILCHIK en 1880, les mises au point par les biologistes russes de préparations grâce auxquelles les champignons entomophytes du type « muscardines » seraient utilisables en arboriculture fruitière, pourraient être applicables à la lutte contre l'Anthonome du Pommier.

2° **Méthodes mécaniques et culturales.** — Une simple mention peut être faite du procédé des *bandes engluées* fixées sur les troncs de Pommiers et de celui des *pièges-abris* préconisé par DECAUX et constitués de petits fagots de brindilles disposés au pied des arbres pour capturer des adultes au moment de l'estivation. Aucun de ces procédés n'est satisfaisant et n'a fait l'objet de spéculations pratiques.

L'*anthonomage* et le *ramassage des boutons roussis* sont évidemment des méthodes relativement efficaces mais qui appartiennent à une époque révolue et ne présentent plus d'intérêt pratique. L'« anthonomage » ou capture des adultes au printemps par secouage des arbres, présente en outre le très grave inconvénient, pour être réalisé efficacement, de provoquer la chute de nombreux bourgeons à fruits sains (RÉGNIER) et d'ébranler les racines.

Les diverses variétés de Pommier ne sont pas différemment sensibles ou résistantes à l'Anthonome. Les variations d'attaque qu'elles peuvent présenter résultent plutôt du degré de concordance ou de discordance existant entre leur développement et celui de l'insecte : en général ce sont les variétés de moyenne précocité qui offrent à l'Anthonome prêt à pondre le stade floral (entre C et D de la notation FLECKINGER) le plus réceptif.

Il a été préconisé de proscrire l'emploi de ces variétés lors de la plantation de nouveaux vergers, mais une telle recommandation ne peut être suivie pour les Pommes de table car elle tendrait à déconseiller la culture en France des variétés commerciales de valeur telles que : Belle de Boskoop, Calville blanc, Calville rouge d'hiver, Cox's Orange Pippin, Reine des Reinettes, Reinette Baumann, Reinette blanche, Reinette grise, etc....

Éventuellement on peut recommander le mélange des variétés de différentes saisons de floraison dans un même verger, mesure également intéressante pour limiter les dégâts des gelées, mais qui rend plus difficile et plus onéreuse la lutte chimique.

3° **Lutte chimique.** — Jusqu'à l'apparition des insecticides organiques de synthèse il n'y avait pas de protection efficace contre l'Anthonome. Aussi est-il superflu de rappeler la diversité des composés utilisés avant 1943.

Les premiers travaux publiés en 1944 portent essentiellement sur l'expérimentation faite en France avec l'H. C. H. ou ses dérivés et en Suisse avec le D. D. T. Puis des résultats plus importants et particulièrement significatifs sont venus confirmer le succès des premiers essais : DICKER (1946 et 1949) et BONNEMAISON (1948) en donnent une description détaillée.

De ces travaux il faut retenir la grande efficacité du *zeidane* que DICKER préconise d'utiliser en mélange à 0,5 p. 100 à 1 p. 100 dans une huile blanche ou mieux encore une huile jaune à 8 p. 100; celles-ci accroissent la persistance de l'insecticide organique de synthèse.

Le *lindane* a été recommandé à la dose de 12 g. de matière active par hectolitre d'eau.

Les poudrages ne peuvent être effectués que pour la protection des formes basses surtout avec les composés à base de H. C. H. Mais depuis 1950 de nouveaux insecticides ont été mis au point et présentent également des qualités très satisfaisantes dans la lutte contre l'Anthonome du Pommier tant en poudrage qu'en pulvérisation.

Il est rarement nécessaire de faire deux traitements à huit jours d'intervalle comme cela est parfois indiqué surtout avec les préparations insecticides modernes. Les deux traitements ne sont indispensables que lorsque les conditions climatiques ralentissent la croissance des boutons floraux et freinent l'activité des insectes en créant ainsi deux périodes de vulnérabilité des arbres et de ponte des ravageurs nettement distinctes et espacées.

Il est même conseillé dans les années de forte floraison et de faible attaque de l'Anthonome de ne pas effectuer de traitement.

La date d'application est facile à déterminer par l'arboriculteur lui-même en tenant compte des informations biologiques et écologiques qui ont été précédemment données et détaillées.

Le but à atteindre est d'empêcher la ponte d'avoir lieu dans les bourgeons à fruits parvenant au stade réceptif (C/D). Il convient donc de surveiller d'une part l'évolution des bourgeons et d'autre part la température qui conditionne l'activité de l'insecte puisque en-dessous de $+ 10^{\circ}$ C l'Anthonome du Pommier ne pond pas.

En d'autres termes, le traitement chimique doit être appliqué avant que les bourgeons aient atteint le stade C et lorsque la température moyenne diurne est au-dessus de $+ 10^{\circ}$ C.