



## BIODIVERSITÉ FONCTIONNELLE EN VERGER DE POMMIER

# LES CHAUVES-SOURIS CONSOMMENT-ELLES DES RAVAGEURS ?

### RÉSUMÉ

La recherche, par PCR diagnostique, d'ADN de carpocapse de la pomme et de tordeuse orientale dans les fèces de chauves-souris a été engagée entre 2009 et 2012 dans le cadre d'une thèse conduite au Ctifl. Sur plus de mille crottes de pipistrelles de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) et de pipistrelles pygmées (*Pipistrellus pygmaeus*) collectées sous des gîtes artificiels placés près de vergers de pommiers, 179 ont été analysées par PCR. De 5 à 14 % des fèces testées se sont révélées positives au carpocapse de la pomme et 15 à 21 % à la tordeuse orientale. Ces espèces sont donc de véritables auxiliaires pour l'arboriculture. Leur présence autour des vergers est possible avec un environnement de qualité.

### FUNCTIONAL BIODIVERSITY IN APPLE ORCHARDS : ARE THE BATS EATING THE PESTS ?

Using PCR diagnostics from 2009 to 2012, bat faeces were analysed for traces of codling moth and Oriental fruit moth DNA. The research took place within the framework of a thesis project carried out at Ctifl. Of the more than one thousand droppings of the Kuhl's pipistrelle (*Pipistrellus kuhlii*) and the Pygmy (or Soprano) pipistrelle (*Pipistrellus pygmaeus*) collected beneath artificial roost sites placed near apple orchards, 179 were analysed using PCR. Between 5 and 14 % of the faeces samples analysed tested positive for codling moth and between 15 and 21 % tested positive for Oriental fruit moth. These bats are therefore valuable beneficials, and providing a quality environment will ensure their presence in the vicinity of fruit orchards.

Avec la collaboration de William O.C. Symondson de l'université de Cardiff (Royaume-Uni) et de Emma C. Teeling de l'University College Dublin (Irlande).

L'article présente les résultats obtenus sur les chauves-souris au cours d'une thèse conduite au Ctifl entre 2009 et 2012 par Catherine Boreau de Roincé. Elle portait sur l'implication des prédateurs généralistes vertébrés (chauves-souris, mésanges) et invertébrés (arthropodes du sol, araignées de la frondaison) dans le contrôle de certains ravageurs du pommier (carpocapse de la pomme *Cydia pomonella*, tordeuse orientale *Grapholita molesta*, puceron cendré *Dysaphis plantaginea*). Ce travail s'inscrit dans la continuité d'actions entreprises dès 2003, qui sont maintenant intégrées dans le programme « Biodiversité fonctionnelle » du Ctifl.



> PIPISTRELLE SP. (PIPISTRELLUS SP.) VENANT DE CAPTURER UN LÉPIDOPTÈRE



## LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION

Le carpocapse de la pomme et la tordeuse orientale sont des ravageurs d'importance économique en verger de pommier. Compte tenu du seuil très bas de fruits attaqués admis à la commercialisation, le contrôle de ces insectes nécessite une grande attention et des stratégies de protection efficaces, le plus souvent basées sur l'utilisation d'insecticides.

Le modèle du tout chimique est depuis longtemps remis en question et a montré ses limites : résistance aux insecticides, risques sanitaires (exposition des applicateurs, consommateurs) et impacts sur l'environnement.

La lutte intégrée, qui prend en compte la notion de risque et combine l'utilisation de moyens alternatifs et/ou complémentaires à la lutte chimique, a apporté des avancées substantielles. La technique de la confusion sexuelle, l'utilisation du virus de la granulose et de *Bacillus Thuringiensis* contre le carpocapse de la pomme par exemple, permettent une réduction importante des interventions chimiques. La lutte biologique par conservation est une voie complémentaire de plus en plus étudiée. Elle consiste en la gestion de l'environnement ou des pratiques existantes pour protéger et augmenter les populations d'auxiliaires afin de diminuer les effets des ravageurs.

Il est généralement admis que la résilience d'un écosystème est plus probable

lorsqu'il présente une forte richesse spécifique. En effet, la biodiversité représente une forme d'assurance sur le long terme face à des perturbations. De plus, la complexité du paysage a un impact positif sur l'abondance et la diversité en ennemis naturels (prédateurs généralistes et spécialistes), dont les actions peuvent se combiner.

Fort de ces constats, l'idée est donc de faire en sorte de connecter au maximum le verger à son environnement, pour favoriser les flux de populations entre les deux. La richesse en espèces d'un verger, milieu pérenne, est en partie liée à celle des habitats voisins.

## LES CHAUVES-SOURIS, DES INSECTIVORES OPPORTUNISTES

Mammifères singuliers, les chauves-souris (ou chiroptères) exploitent la niche écologique des insectes crépusculaires et nocturnes, au moyen de leur sonar sophistiqué basé sur le couple émission/réception d'ultrasons. Volants et plutôt de petite taille, les chiroptères ont un métabolisme très élevé qui les contraint à une consommation soutenue d'insectes.

La France héberge 35 espèces qui fréquentent tous les milieux, mais leur abondance est nettement plus élevée près des surfaces d'eau calme, dans les milieux richement structurés avec de grands arbres et en forêt. Elles chassent classiquement le long des haies, des li-

sières, au-dessus des chemins forestiers, dans les parcs arborés. Leur présence est liée aux ressources en insectes et en gîtes (de repos et/ou de reproduction), qu'ils soient anthropiques ou non.

Toutes les espèces sont considérées comme opportunistes, n'hésitant pas à exploiter des proies ponctuellement abondantes, même si cela reste très discuté. Cependant, on peut observer, chez certaines espèces, un comportement alimentaire assez spécialiste privilégiant la consommation d'un groupe d'insectes en particulier (lépidoptères, coléoptères, voire arachnides...).

## UTILISATION D'UN NOUVEL OUTIL : LA PCR DIAGNOSTIQUE

Le transit intestinal des chauves-souris est très rapide et l'assimilation des proies incomplète. Les nombreux fragments d'insectes qui composent les crottes (élytres, tarsi, antennes...) font qu'elles sont très friables et se disloquent facilement (Photo 1).

L'analyse du régime alimentaire à partir des restes de crottes est un long travail de spécialiste. Il présente l'inconvénient de ne donner qu'une image partielle du régime alimentaire car les proies au corps mou laissent très peu de fragments identifiables (les écailles des ailes pour les papillons nocturnes par exemple). De plus, il est rarement possible d'identifier les fragments de proies au-delà de l'ordre ou de la famille.

Depuis le début des années 2000, les progrès de la biologie moléculaire permettent le développement de méthodes ciblant soit les protéines, soit l'ADN des proies. En particulier, il a été développé pour cette étude, une PCR diagnostique spécifique du carpocapse de la pomme et de la tordeuse orientale. Elle est basée sur la reconnaissance spécifique de l'ADN des deux ravageurs dans les fèces par une réaction de polymérisation en chaîne (Polymerase Chain Reaction, PCR). Pour cela, des amorces hautement spécifiques, qui n'amplifient que ces deux espèces ciblées ont été utilisées. La fèces testée est qualifiée de positive, c'est-à-dire que l'ADN d'une des proies est détecté dans la crotte du prédateur, lorsque le résultat PCR, révélé par électrophorèse, présente une bande d'amplification (Figure 1).



> PHOTO 1 : CROTTES DE PIPISTRELLES



## TESTS ALIMENTAIRES SUR DES ANIMAUX CAPTIFS

La sensibilité de la PCR diagnostique à la digestion doit être estimée via des tests alimentaires. L'objectif est de déterminer la fourchette de temps de digestion des ravageurs entre les premières fèces détectées positives et les dernières. Ces tests ont été réalisés avec deux pipistrelles de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) captives au Muséum de Bourges. Ces animaux, blessés et inaptes à la vie sauvage, ont été nourris en une seule fois d'une larve de carpocapse et de tordeuse orientale d'élevage. Les crottes, récupérées au fur et à mesure, étaient ensuite congelées pour analyses ultérieures.

Les crottes récupérées jusqu'à deux heures après le repas sont toutes positives. Au-delà de cet intervalle, les crottes positives sont de l'ordre de 30 % (Figure 2). Ce résultat est représentatif du processus de digestion chez les chauves-souris. Tout d'abord, une partie de la proie consommée passe dans le tractus digestif sans être digérée, ce qui permet de la détecter très rapidement. Puis, le reste de la proie est digéré dans le bol alimentaire et reste encore détectable après 28 heures de digestion, mais la dégradation de l'ADN conduit à une moins bonne détection de la proie (30 % de détection). Ces tests confirment la faisabilité de la détection de l'ADN de proies à partir de fèces de chauves-souris. La forte détectabilité de la proie juste après le repas permet d'envisager la mise en œuvre soit de la récupération de fèces par capture temporaire de chauves-souris sauvages près des vergers, soit de leur collecte sous des gîtes artificiels.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'étude est conduite sur un réseau de parcelles commerciales de pommiers situées au sud d'Avignon. Il est composé de vergers conduits en protection conventionnelle, intégrée et biologique. Ces parcelles sont situées dans une zone où l'agriculture est prédominante (arboriculture, maraîchage, vigne, céréales). Pour les vergers, le pommier et le poirier sont majoritaires. Le paysage est cloisonné de haies, surtout monospécifiques (peupliers et cyprès). Un bon réseau

FIGURE 1 : Principe de la PCR diagnostique

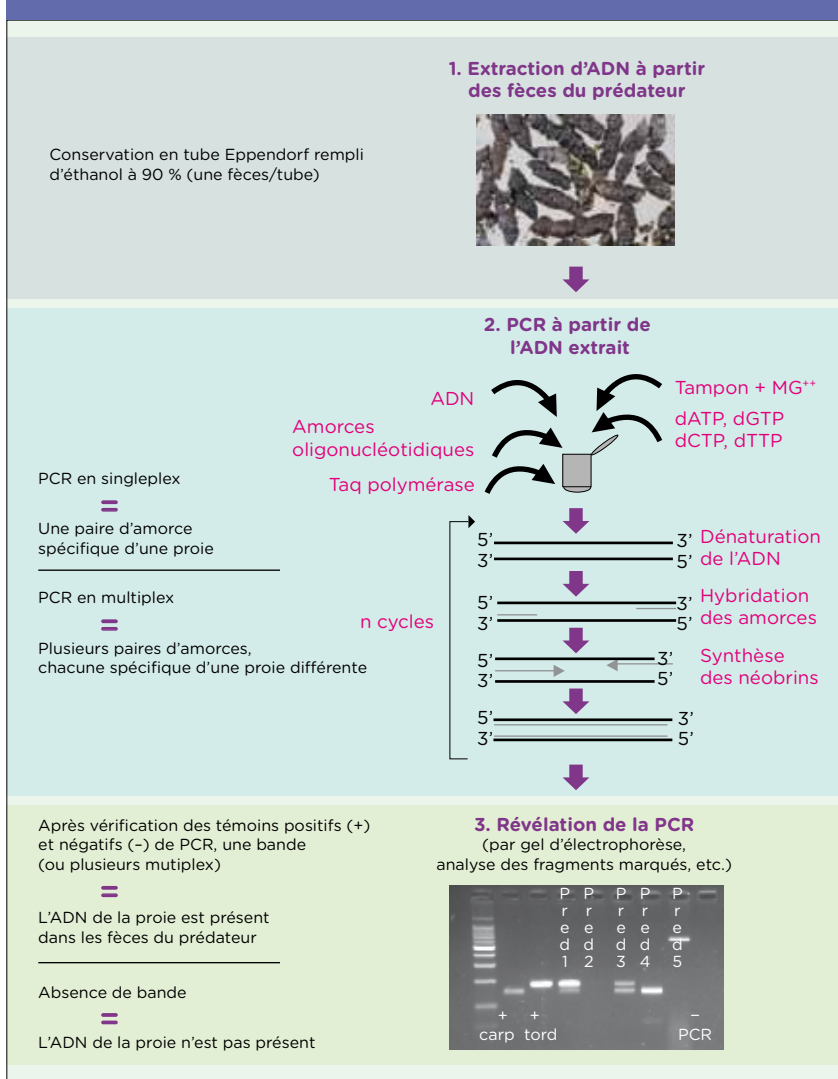
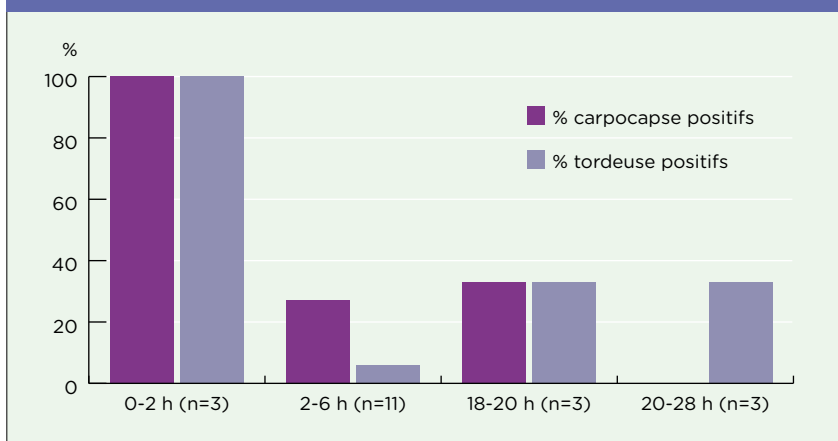


FIGURE 2 : Pourcentages de fèces détectées positives pour le carpocapse de la pomme et la tordeuse orientale en fonction du temps de digestion. Test réalisé avec deux pipistrelles de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) captives au Muséum d'Histoire naturelle de Bourges





hydrologique permet l'irrigation gravitaire par des canaux et « roubines ». Quelques îlots boisés subsistent çà et là.

### Choix des parcelles

Toutes les modalités sont étudiées : un tiers en protection conventionnelle, un tiers en lutte intégrée, un tiers en agriculture biologique.

### Pose des gîtes à chiroptères (Tableau 1)

À part connaître des colonies dans des constructions diverses, des trous d'arbres, ou capturer des animaux sur place, la pose de gîtes artificiels équipés de gouttière est la méthode la plus simple pour collecter des fèces d'animaux volants à proximité des vergers. L'attractivité de tels abris est très aléatoire et dépend de nombreux facteurs. Dans le type de milieu étudié ici, ils sont généralement occupés à la belle saison par des animaux isolés d'espèces communes (pipistrelles). La nécessité impérieuse que les gîtes à chauves-souris ne se balancent pas complique une pose homogène en orientation (difficulté de trouver de gros arbres support).



> PHOTO 2 : GÎTE MULTILOGES À CHIROPTÈRE EN PLACE EN BORDURE D'UN VERGER DE POMMIER



> PHOTO 3 : GÎTE SIMPLE LOGE, LE PLUS UTILISÉ PAR LES CHAUVES-SOURIS

Première pose le 19 juin 2007 : quinze gîtes à trois loges (Photo 2), orientés majoritairement au nord.

Deuxième pose le 17 septembre 2008 : quinze gîtes à une loge (Photo 3), orientés majoritairement au sud.

Hauteur moyenne de pose : 3,6 m (maximum 4,6 m, minimum 2,8 m).

### Collecte des fèces

De mai à octobre, elles sont récoltées environ chaque mois. Dix crottes sont mises individuellement en tube Eppendorf rempli d'éthanol à 90 %, puis congelées à - 20 °C. Les autres sont conservées au sec et en vrac. En mai 2010, la récolte a été ciblée sur la période

TABLEAU 1 : CARACTÉRISTIQUES DES PARCELLES ÉQUIPÉES ET TYPES DE GÎTES POSÉS

N° parcelle	Commune	Modalité			Type de gîte		Arbres support
		Conventionnel	Intrégrée	Biologique	Une loge	Trois loges	
11	Eyragues	X				1	Cyprès
88	Mollégès	X			1	1	Platane, cyprès
4	Mollégès	X				1	Frêne
62	Mollégès	X			2	1	Peuplier
17	Mollégès	X			2	1	Peuplier
10	Eyragues		X		1	1	Cyprès, chêne pubescent
123	St-Andiol		X			1	Cyprès
122	St-Andiol		X		2	1	Cyprès
54	Mollégès		X		2	1	Peuplier, cyprès
26	St-Andiol		X			1	Cyprès
126	St-Rémy			X		1	Chêne pubescent
163	Mollégès			X	2		Peuplier
51	Mollégès			X	2	1	Charme, peuplier
124	Mollégès			X	1	1	Frêne, peuplier
125	Mollégès			X		1	Peuplier
145	Mollégès			X		1	Peuplier
		5	5	6	15	15	



**TABLEAU 2 : ESPÈCES DE CHAUVES-SOURIS CONTACTÉES PAR PARCELLE (N : 76 ENREGISTREMENTS DE 3,4 S), CUMUL 2009-2010**

N° des parcelles*	Sérotine commune ( <i>Eptesicus serotinus</i> )	Pipistrelle de Kuhl ( <i>Pipistrellus kuhlii</i> )	Pipistrelle commune ( <i>Pipistrellus pipistrellus</i> )	Pipistrelle pygmée ( <i>Pipistrellus pygmaeus</i> )	Vespère de Savi ( <i>Hypsugo savii</i> )	Oreillards ( <i>Plecotus sp.</i> )	Grand murin/Petit murin ( <i>Myotis myotis/M. blythii</i> )
51		X	X	X	X		X
124		X	X	X	X		
163		X	X	X	X	X	
170		X	X		X		
171	X	X	X	X	X		
145					X		
168		X		X			
167		X	X	X	X		
172		X	X				

\* Étude conduite uniquement sur des parcelles en agriculture biologique

de vol de la première génération de tordeuse orientale : récolte hebdomadaire pendant un mois sous certains gîtes occupés. Toutes les collectes sont pesées par date et par gîte sur une balance de précision.

#### PCR diagnostique

Seules les amorces spécifiques de carpocapse et tordeuse orientale sont utilisées pour les chauves-souris (mêmes conditions de PCR). L'ADN des fèces est extrait grâce au stool mini-kit de Qiagen, selon le protocole décrit par S. Puechmaille (2007). Sur certains échantillons, l'ADN extrait est conservé au froid pour des analyses ultérieures de l'espèce ayant produit les fèces (méthodologie mise au point aussi par S. Puechmaille). Cela permet de connaître avec certitude les espèces fréquentant les gîtes.

#### Analyse acoustique

Les espèces de chiroptères présentes sur la zone d'étude sont identifiées par analyse acoustique, seulement au crépuscule, qui correspond à la période de vol des ravageurs étudiés. Faute de temps, ce travail est resté partiel : seuls certains vergers en agriculture biologique ont été étudiés sur deux soirées en 2009 (17 et 19 août), et cinq en 2010 (16, 18, 25, 26 août, 9 septembre). Détecteur utilisé : Pettersson D240X couplé à un enregistreur numérique Edirol. Analyse des séquences avec le logiciel Batsound.

#### UN PEUPEMENT EN CHAUVES-SOURIS ASSEZ DIVERSIFIÉ

La zone d'étude est fréquentée par au moins sept espèces de chauves-souris (Tableau 2). C'est un minimum car le créneau horaire étudié surreprésente les espèces crépusculaires de lisière comme les pipistrelles, seules les parcelles en agriculture biologique ont été échantillonnées, les temps d'écoute par point n'étaient pas homogènes et enfin, l'échantillonnage n'a été réalisé qu'en fin d'été. Ces restrictions font que le travail ne peut être interprété que de façon qualitative sous la forme présence/absence. Cependant, en première approche, ce secteur semble potentiellement riche, en particulier du fait d'un bon réseau de haies (dont des feuillus) et de canaux, deux critères importants qui conditionnent l'abondance des chiroptères (biomasses d'insectes importantes). Pour comparaison, rappels que lors d'une étude conduite sur le domaine agricole du Ctifl de Balandran (Gard), surtout cloisonné de cyprès, cinq espèces seulement ont été détectées avec un effort d'écoute beaucoup plus important. Les pipistrelles de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) et commune (*Pipistrellus pipistrellus*) y représentaient 84 % des contacts acoustiques (Jay *et al.*, 2004). Cette prédominance des espèces de lisière très répandues comme les pipistrelles, est observée dans plusieurs pays d'Europe et beaucoup de milieux.

#### DES RÉSULTATS MITIGÉS SUR L'OCCUPATION DES GÎTES ARTIFICIELS

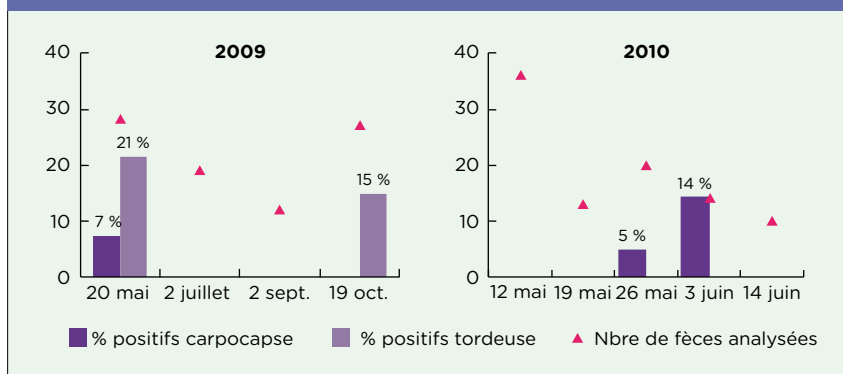
Du 4 septembre 2007 au 6 octobre 2011, les trente gîtes ont été visités dix-neuf fois. Au cours de cette période, plusieurs sont tombés (expulsion par la croissance de l'arbre) ou ont disparu (abattage des arbres support) : cinq dans les parcelles en conventionnel, deux dans les parcelles en agriculture biologique et un dans une parcelle en intégré.

Le tableau 3 synthétise les résultats concernant l'occupation des gîtes.

Des fèces ont été collectées sous un tiers des gîtes posés. Mais l'essentiel du matériel provient de quatre parcelles seulement : deux en protection conventionnelle et deux en protection intégrée. Aucun des gîtes posés dans les parcelles en agriculture biologique n'a fourni de matériel. Il est difficile d'expliquer cette observation car de multiples facteurs peuvent intervenir : richesse locale en chauves-souris, structure et qualité paysagères, connectivité des milieux, présence de gîtes naturels... L'effort d'échantillonnage a donc dû être assez important pour pouvoir collecter suffisamment de matériel analysable. La détection des gîtes par les animaux prend du temps, comme le montrent les poids de fèces récoltés chaque année. C'est une observation assez régulière, surtout si le milieu de pose est banalisé (peu de trafic d'animaux). De plus, ces abris attirent un nombre limité



**FIGURE 3 :** Pourcentages de fèces détectées positives pour la consommation de carpocapse de la pomme et de la tordeuse orientale



d'espèces, en particulier celles qui recherchent des fissures.

Concernant le type de gîte utilisé et les conditions de pose, il apparaît clairement que ce sont les gîtes simple loge orientés au sud qui fournissent l'essentiel du matériel collecté. Les résultats obtenus avec les gîtes à trois loges sont décevants dans nos conditions. Ce modèle est pourtant le plus utilisé aux États-Unis. Les raisons de cette absence d'occupation doivent être recherchées.

### DES RAVAGEURS DÉTECTÉS DANS LES FÈCES DE DEUX ESPÈCES DE PIPISTRELLES

Les analyses génétiques destinées à la recherche des ravageurs dans les crottes de chiroptères ont été faites deux années consécutives. En 2009, l'échantillonnage couvre toute la saison de reproduction du carpocapse de la pomme et de la tordeuse orientale. En 2010, il a été

resserré sur la première génération de tordeuse, par des prélèvements hebdomadaires sur cinq semaines en mai et juin (Figure 3).

Certains gîtes étant inoccupés, le nombre de fèces collectées est assez limité pour certaines dates. Cependant, au total, 179 crottes ont pu être analysées par PCR. Des positifs apparaissent dès le mois de mai aux deux années, ce qui prouve la consommation, par ces chauves-souris, d'adultes de carpocapse et de tordeuse émergeant de larves diapausantes. Aucune fèces n'est positive durant l'été 2009. Mais, étant donné le peu de crottes prélevées à ces dates et l'absence de données concernant les vols des deux ravageurs suivis, il est difficile de conclure sur cette période. Des positifs à la tordeuse orientale sont notés jusqu'à la deuxième décennie d'octobre en 2009.

À partir de crottes testées positives aux deux lépidoptères ravageurs ciblés, l'identité des espèces de chiroptères

ayant produit les crottes a pu être déterminée par des marqueurs génétiques spécifiques développés par S. Puechmaile (University College Dublin). Sur les quatorze crottes analysées, neuf (64 %) ont été produites par la pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) et cinq (36 %) par la pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*). Ces deux espèces de lisières à large répartition géographique sont communément notées en gîte artificiel.

### UNE MÉTHODOLOGIE PROMETTEUSE À APPROFONDIR

À notre connaissance, c'est la première fois que la consommation de carpocapse et de tordeuse orientale est prouvée pour deux espèces de pipistrelles. Ces résultats complètent les études précédentes entreprises par le Ctifl ayant montré aussi une prédation sur la mouche de l'olive et le ravageur émergent *Metcalfa pruinosa* (Jay et al., 2005 ; Ricard et al., 2008).

La présence avérée de plusieurs espèces de ravageurs dans les crottes de pipistrelles confirme que ces chauves-souris communes ont un potentiel certain de prédation de ravageurs d'importance économique. Les tout petits insectes comme les Culicidés et les Chironomes/Cératopogonidés sont souvent la base du régime alimentaire des pipistrelles de kuhl (*P. Kuhlii*) et pygmée (*P. pygmaeus*). Mais la première sélectionne les proies supérieures à 5 mm de long, même en présence de nombreuses petites proies (Arthur et Lemaire, 2009).

**TABLEAU 3 : OCCUPATION DES GÎTES À CHIROPTÈRES (PÉRIODE 2007-2011)**

Modalités	Nombre de gîtes fréquentés	Poids de fèces (g) :										Nombre de crottes (estimation)*	Hauteur d'occupation
		Par année						Par gîte		Par orientation			
		2007	2008	2009	2010	2011	Total	3 loges	1 loge	Nord	Sud		
Biologique	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0	-
Intégré	6	0,0	0,0	0,8	3,2	2,1	<b>6,1</b>	0,7	5,4	0,0	6,1	841	3,3 - 4,4 m
Conventionnel	4	0,0	0,5	0,6	0,6	0,2	<b>2,0</b>	0,9	1,1	0,9	1,1	277	3,4 - 3,8 m
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>3,8</b>	<b>2,3</b>	<b>8,1</b>	<b>1,6</b>	<b>6,5</b>	<b>0,9</b>	<b>7,2</b>	<b>1118</b>	

\* Poids moyen d'une crotte : 7,2 mg (sur 100 crottes)



Le carpocapse de la pomme et la tordeuse orientale doivent ainsi être recherchés car rentables sur le plan énergétique.

Grâce à la PCR diagnostique, les preuves de consommation de ravageurs deviennent plus nombreuses. Aux États-Unis, la noctuelle *Acrobasis nuxvorella*, le carpocapse *Cydia cararyana*, la noctuelle du maïs *Helicoverpa zea* et la punaise verte *Nezara viridula* figurent, parfois de façon massive, au régime alimentaire du Molosse à queue courte (*Tadarida brasiliensis*). Plusieurs milliers d'individus de cette espèce occupent des gîtes artificiels multi loges près de vergers de noix de Pécan conduits en agriculture biologique (Brown, 2010 ; Mac Cracken *et al.*, 2012). Au Canada, la PCR diagnostique a permis d'identifier plusieurs ravageurs, dont du carpocapse, parmi les 127 espèces de proies consommées par la chauve-souris rousse (*Lasiurus borealis*).

La PCR diagnostique s'avère donc être une méthode prometteuse. Son principal intérêt est de pouvoir identifier avec certitude les espèces consommées, en particulier les proies au corps mou qui habituellement laissent peu ou pas de traces dans les fèces des chiroptères. Son utilisation doit être optimisée, autant en laboratoire (la PCR quantitative doit être évaluée) que sur le terrain (cibler les prélèvements de fèces en lien avec la phénologie des vols de ravageurs doit améliorer les résultats).

La pipistrelle pygmée (*P. pygmaeus*) qui occupe majoritairement les gîtes dans notre étude, est une espèce très liée aux plans d'eau. Dans le but d'assurer une pression continue sur la pyrale du riz, cette pipistrelle a fait l'objet d'une campagne de pose de gîtes artificiels autour des rizières, dans le delta de l'Ebre (Espagne). Ce travail donne des résultats prometteurs, tant sur le plan de l'occupation des gîtes (des colonies de reproduction s'installent), que sur celui de la consommation du ravageur (Flaquer *et al.*, 2006, 2011).

Ces observations montrent que les chiroptères font partie de l'assemblage des prédateurs généralistes susceptibles d'exercer, en complémentarité avec d'autres espèces, une pression de prédation significative sur certains

ravageurs comme le carpocapse de la pomme et la tordeuse orientale en verger de pommier. Ces mammifères doivent donc être considérés comme des auxiliaires à part entière de l'arboriculture fruitière. Vertébrés à forts besoins énergétiques, ils ont un grand potentiel de consommation de ravageurs malgré leur polyphagie par rapport aux prédateurs invertébrés.

Se faire des chauves-souris des auxiliaires dans la lutte contre les ravageurs nécessite d'entretenir une biomasse importante de proies alternatives permettant de maintenir une population dense de prédateurs généralistes. Les fortes biomasses d'insectes ne sont

possibles qu'avec un paysage structuré par des haies, des grands arbres, la présence d'eau et une utilisation parcimonieuse de produits phytosanitaires. ■

### Remerciements

Nous remercions Laurent Arthur et Michèle Lemaire du Muséum d'histoire naturelle de Bourges, pour la mise à disposition de deux pipistrelles de Kuhl blessées et captives pour les tests alimentaires, ainsi que les producteurs de pommes de la zone Mollégès-St Andiol-St-Rémy pour la mise à disposition de leurs vergers. Et Jean Chevallier, auteur de la photographie de chauve-souris en action de chasse qui illustre cet article.

### BIBLIOGRAPHIE

Arthur L., Lemaire M., 2009. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 pp.

Boreau de Roince C., 2012. Biodiversité et aménagements fonctionnels en verger de pommiers : implication des prédateurs généralistes vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs. Thèse de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), spécialité agroécologie, 189 pp.

Brown V.A., 2010. Molecular analysis of guano from bats in bat houses on organic pecan orchards. Master's Thesis, University of Tennessee, 35 pp.

Clare E. *et al.*, 2009. Species on the menu of a generalist predator, the eastern red bat (*Lasiurus borealis*) : using a molecular approach to detect arthropod prey. *Molecular Ecology* 18 : p. 2532-2542.

Flaquer C., *et al.*, 2006. The value of bat-boxes in the conservation of *Pipistrellus pygmaeus* in wetland rice paddies. *Biological conservation* n° 128 : p. 223-230.

Flaquer C., *et al.*, 2011. Bats and pest control in rice paddy landscapes of southern Europe. In XII<sup>th</sup> European Bat Research Sympo-

sium, 22-26 august 2011, Vilnius (Lithuania). À paraître.

Floyd R., Clare E., 2009. Food forensics. New technology uses DNA to reveal what's on the menu for bats. *Bats* vol. 27 (4) : p. 6-8.

Jay M., 2000. Oiseaux et mammifères auxiliaires des cultures. *Hortipratic*. Editions Ctifl, 203 pp.

Jay M., Tupinier Y., 2004. Les chauves-souris et vergers. La distribution spatio-temporelle des animaux. *Infos Ctifl* n° 207 décembre 2004 : p. 27-31

Jay M., Langton P., 2005. Biodiversité autour des vergers. L'étude du régime alimentaire des chauves-souris. *Infos Ctifl* n° 212 juin 2005 : 28-33

Mac Cracken G.F. *et al.*, 2012. Bats track and exploit changes in insect pest populations. *PLoS ONE* 7(8) : e43839. Doi : 10.1371/journal.pone.0043839.

Puechmaille S.J. *et al.*, 2007. Good DNA from bat droppings. *Acta Chiropterologica* 9 : 269-276.

Ricard J. M. *et al.*, 2008. Mesure de la prédation des ravageurs par des auxiliaires vertébrés et invertébrés. Développement d'un outil biomoléculaire. *Infos Ctifl* n° 241 mai 2008 : p. 15-19.