

# RESTITUTION

## Les services rendus par les cultures fruitières

Marie-Charlotte Bopp

Dominique Grasselly (CTIFL)

Françoise Lescourret (INRA)

Sylvie Colleu (INRA)

4 septembre 2019

Maison des Fruits & Légumes

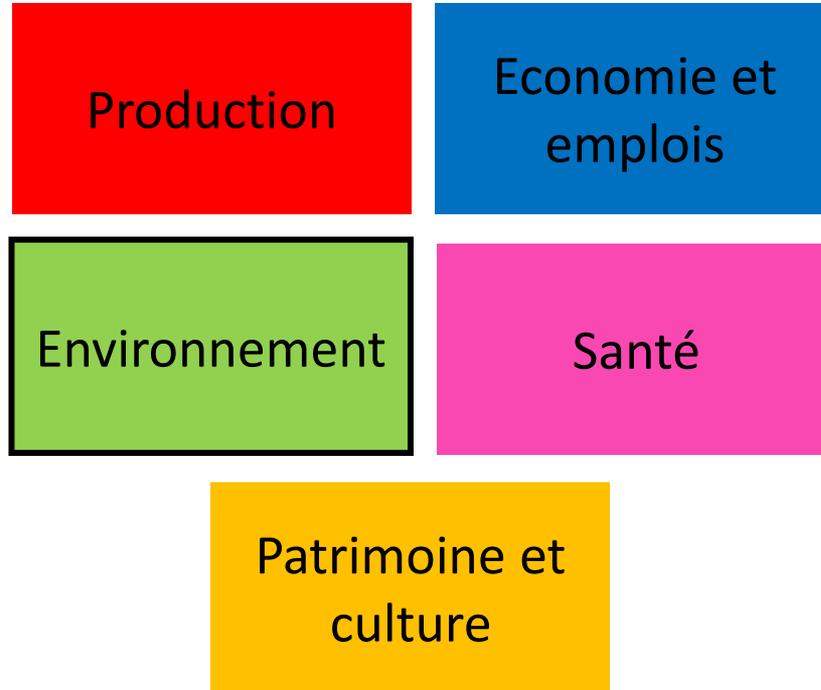
Ctifl



INRA  
SCIENCE & IMPACT



# Les catégories de services rendus par les cultures fruitières



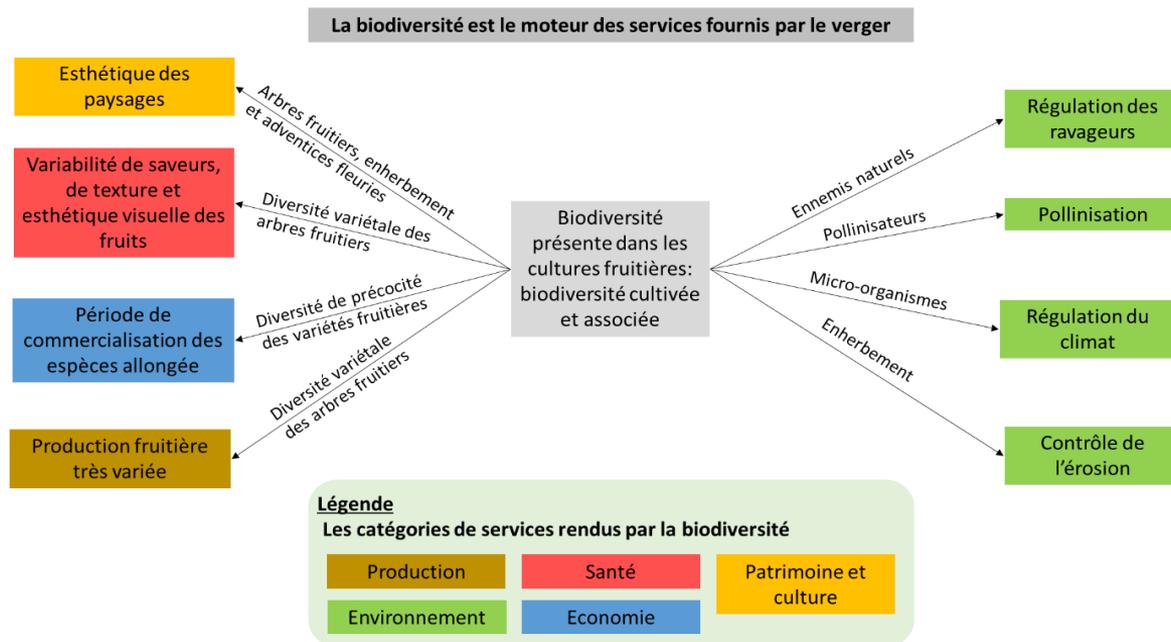
# La biodiversité comme moteur des services rendus

Environnement



# La biodiversité est le moteur des services rendus

- La **biodiversité** est le **déterminant majeur de la fourniture de services**

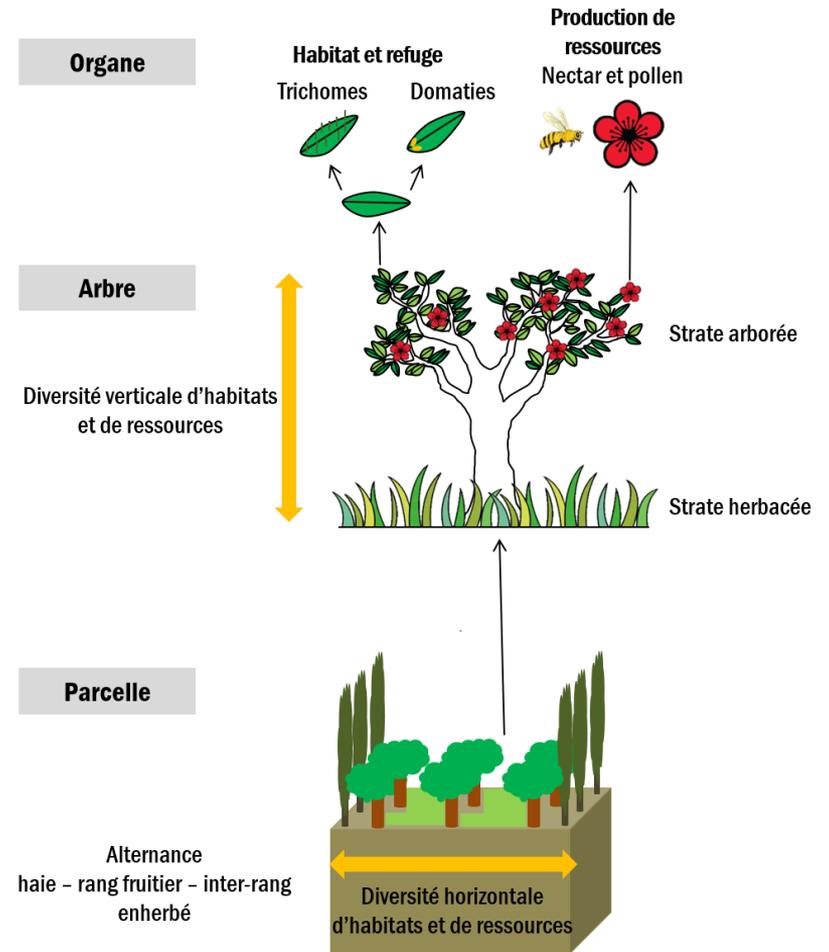


**Figure** Des exemples de services rendus par la biodiversité et traités dans le rapport. Pour chaque service, la couleur de l'encadré correspond à une catégorie de service (voir légende).

# La biodiversité en verger

Les vergers ont un fort potentiel **d'habitats et de ressources :**

- Pérennité de ressources et d'habitat le long de la durée de vie du verger
- Diversité verticale et horizontale d'habitats et de ressources



# La biodiversité en verger

- Biodiversité en verger = **biodiversité planifiée** + biodiversité associée

Tableau Nombre de variétés fruitières. Sources : CTIFL, GEVES, INRA plateforme SIREGAL (INRA)

Espèce fruitière	Nombre de variétés représentant au moins 1% de la surface du verger national	Nombre de variétés inscrites au catalogue officiel	Nombre d'accessions disponibles dans les Centres de Ressources Biologiques de l'INRA
Abricotier	19	162	156
Cerisier	18	81	183
Pêcher et nectarinier	56	426	74
Prunier	16	79	70
Pommier de table	16 groupes variétaux	286	669
Pommier à cidre	Pas d'estimation	116	216
Poirier	10	87	393
<b>Total</b>	<b>Plus d'une centaine pour ces seules espèces</b>	<b>1 237 pour ces seules espèces</b>	<b>1761 pour ces seules espèces</b>

Nombre variétés

# La biodiversité en verger

- Biodiversité en verger = biodiversité planifiée + **biodiversité associée**

2 bases de données nationales : l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) et l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB)

L'arboriculture présente des abondances d'abeilles solitaires, de vers de terre, d'invertébrés et de papillons similaires aux autres cultures (données OAB (2012-2017) analysées par Royal, 2018). Les seules différences sont :

- Abondance en vers de terre plus forte en verger qu'en viticulture
- Abondance en invertébrés plus faible en verger qu'en maraîchage

# Travaux menés sur la biodiversité et sur le service de régulation des ravageurs en verger

Anne Guérin (IFPC)

## 2 exemples appliqués en vergers cidricoles

- Travaux basés sur la thèse de Laurence Albert/VDD → biodiversité fonctionnelle dans les différentes strates du verger : arthropodes auxiliaires et régulation naturelle du puceron encré et impacts de la proximité des infrastructures agro-écologiques
- Travaux basés sur VDD  
→ biodiversité du sol : vers de terre et impacts du système de culture

# Exemple 1 – Suivi de la biodiversité fonctionnelle en vergers cidricoles

- Méthodologie

→ Thèse de L. Albert: *Régulation naturelle du puceron cendre et aménagements agro-écologiques : l'exemple des vergers cidricoles du nord-ouest de la France*

*Objectifs:*

*Quels ennemis naturels présents au sein des vergers cidricoles dans le contexte du Nord-Ouest de la France?*

*Quels rôles des aménagements agro-écologiques (haies et mélanges fleuris)?*



# Exemple 1 – Suivi de la biodiversité fonctionnelle en vergers cidricoles

- Méthodologie – Quels auxiliaires présents en verger cidricoles?

100 coups de filet fauchoir dans chaque habitat du verger (haies, mélanges fleuris, pommier, enherbement fétuque/ray grass),



3 années d'études, 2 relevés au moment du pic d'infestation du puceron cendré

Identification laboratoire (famille principalement)

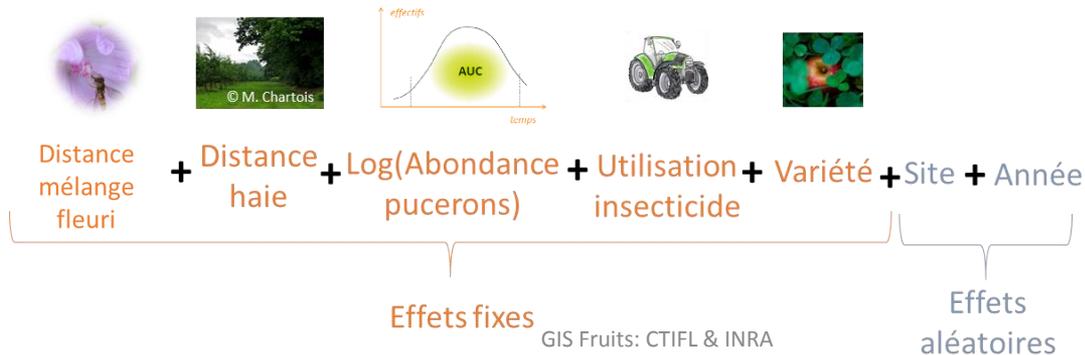
→ Plus de 8000 arthropodes identifiés

**Indicateur : proportion d'auxiliaires par relevé**



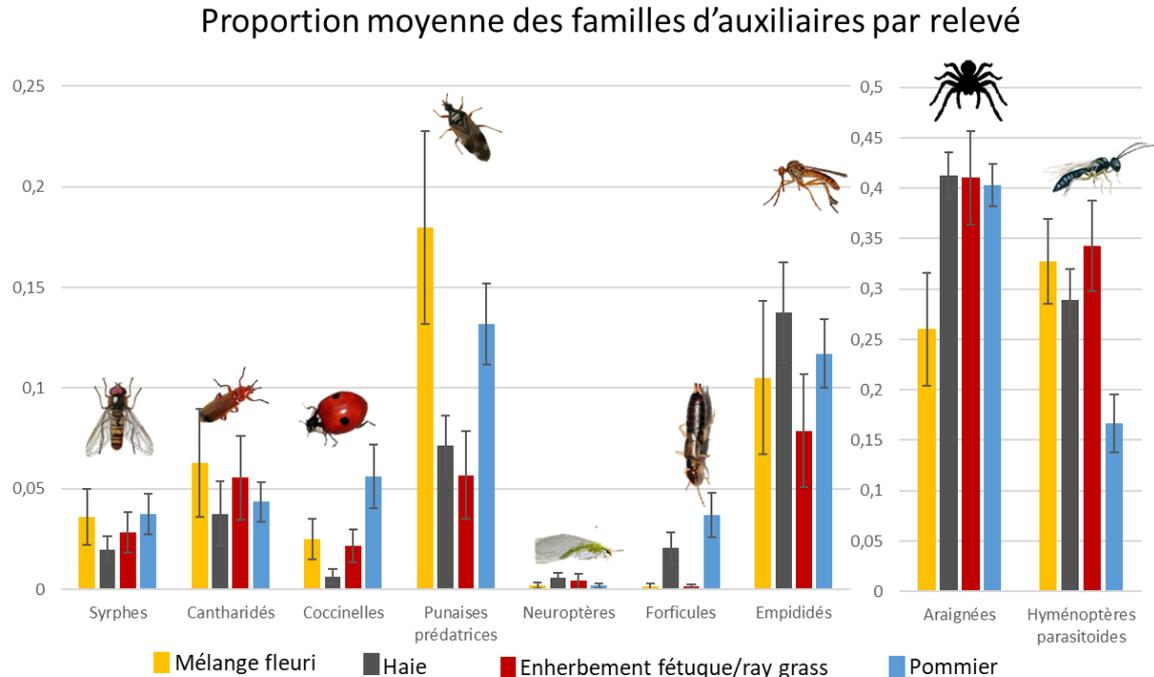
# Exemple 1 – Suivi de la biodiversité fonctionnelle en vergers cidricoles

- Méthodologie – Quels rôles des IAE?
  - Suivi de la dynamique des arthropodes/arbre :
    - Nombre de pucerons cendrés, d'auxiliaires (stade, famille) et de fourmis dans colonies/arbre → Plus de 50 000 relevés
    - Pour chaque arbre
      - Distance aux IAE les plus proches (haies et bandes fleuries)
  - Puis analyse statiques (GLMM)



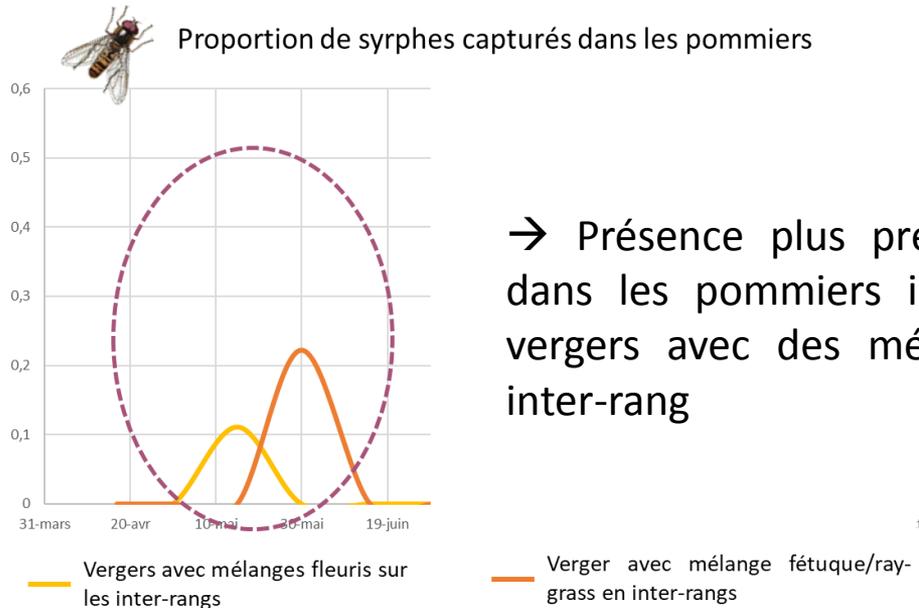
# Exemple 1 – Suivi de la biodiversité fonctionnelle en vergers cidricoles

- Résultats quantification filet fauchoir



# Exemple 1 – Suivi de la biodiversité fonctionnelle en vergers cidricoles

- Quelles pratiques culturales favorisent la biodiversité?



→ Présence plus précoce de syrphes dans les pommiers installés dans des vergers avec des mélanges fleuris en inter-rang

# Exemple 1 – Suivi de la biodiversité fonctionnelle en vergers cidricoles

- Quelles pratiques culturales favorisent la biodiversité?

Résultats GLMM	Mélange fleuri
Abondance pucerons	X 2
Abondance forficules	X 2
Abondance œufs de syrpe	X 2
Abondance larves de syrpe	X 1,3
Abondance auxiliaires totaux	X 2

- Effet significatif positif des bandes fleuries
- Effets directs et indirects de la proximité du mélange fleuri
  - augmente l'abondance globale des auxiliaires
  - Défavorable au développement du puceron cendré et des fourmis

# Exemple 1 – Suivi de la biodiversité fonctionnelle en vergers cidricoles

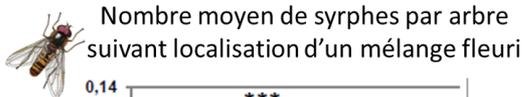
- Quelles pratiques culturales favorisent la biodiversité?

Raisonner le choix des espèces

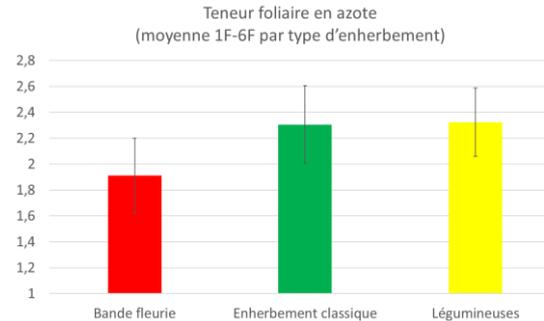
Diversité des familles  
Étalement des floraisons



Raisonner la densité et la disposition



/!\ aux dyservices (concurrences)



# Exemple 2 – Etude de l'impact du système de culture sur les vers de terre

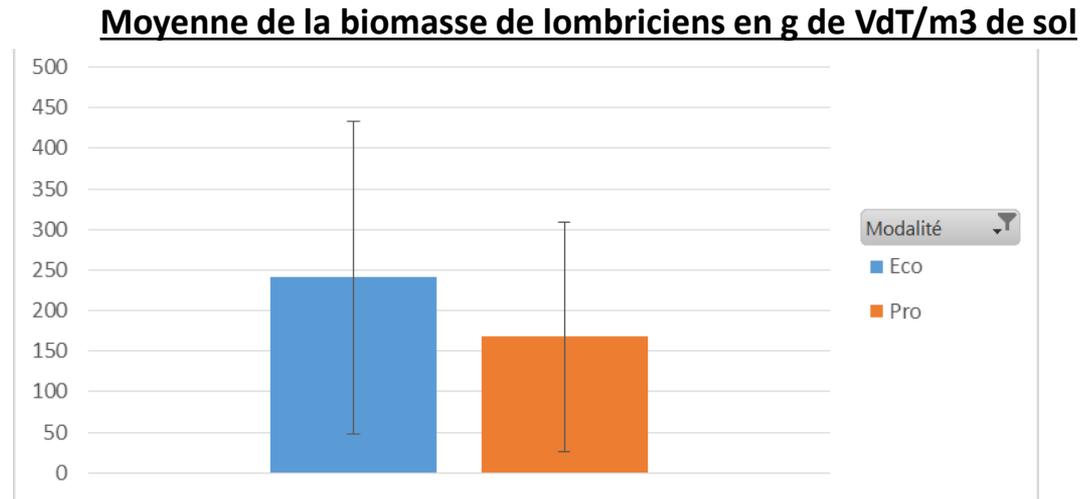
→ CASDAR 2015-2018 Verger Cidricole de Demain

- Méthodologie

- Comptage de vers de terre (biomasse)
- Comparaison de 2 SdC (bas-intrants 'ECO' vs témoin 'PROD') x 8 sites (18 SdC)
- 2 répétitions/SdC (2 trous de foruche-bèche de 20 cm x 20 cm x 20 cm)
- Interface rang/inter-rang
- Séparation des VdT par catégories écologiques et pesée
- **Indicateur : biomasse lombricienne (g de vers/m<sup>3</sup> de terre)**

# Exemple 2 – Etude de l'impact du système de culture sur les vers de terre

- Résultats

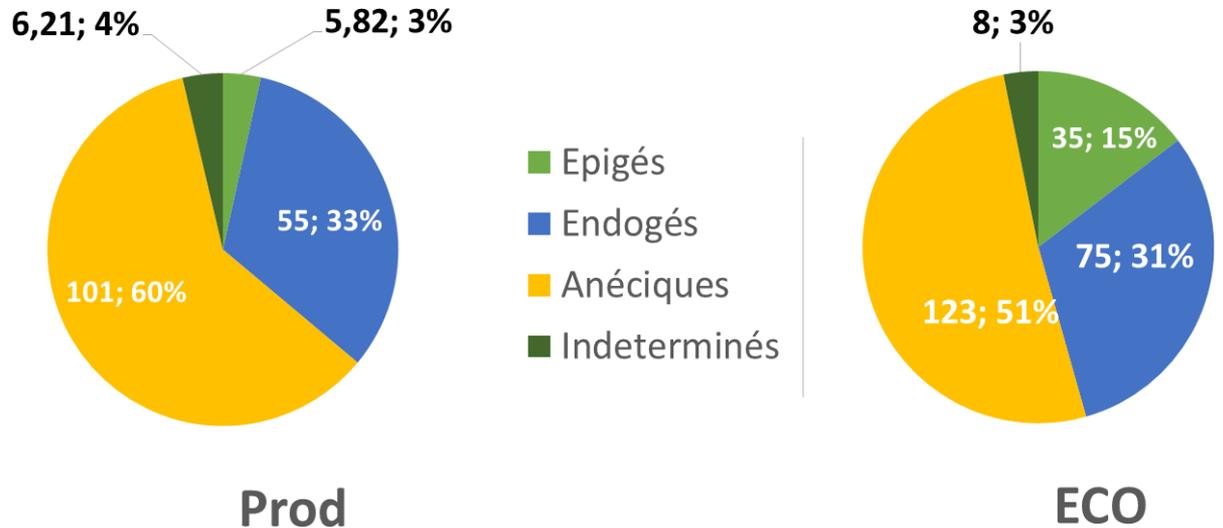


test de KW non significatif ( $p=0.3271296$ )

→ Pas de différence statistique sur la quantité entre ECO et PROD car grande variabilité inter-site

# Exemple 2 – Etude de l'impact du système de culture sur les vers de terre

- Résultats



→ Diversité significativement différente entre ECO et PROD  
Epigés ECO > PROD (test KW significatif :  $p=0,048$ )

## Exemple 2 – Etude de l'impact du système de culture sur les vers de terre

- Conclusion effet des pratiques culturales sur la biodiversité du sol
  - Effet du système de culture sur les communautés de vers de terre
  - Approche système donc difficile d'identifier le facteur prépondérant
  - SdC bas-intrants : fertilisation organique x IFT herbicides=0 x couverture rang (enherbement total, bâches, mulch, ...) x couverture inter-rang (bandes fleurie, légumineuses, graminées)

# Travaux menés sur la biodiversité et sur le service de régulation des ravageurs en verger

Jean-Michel Ricard (CTIFL)

# Biodiversité et régulation des bio-agresseurs : étude du rôle des chauves-souris

## Questions:

- quelle diversité d'espèces en verger ?
- que consomment-elles ? Quelle part de ravageurs dans leur régimes alimentaire ? Quel niveau de prédation?
- quel impact sur les population de ravageurs et leurs dégâts?
- quelle complémentarité avec les autres auxiliaires? Comment cela s'insère-t-il dans le réseau trophique des vergers?

## LES CHAUVES-SOURIS DE FRANCE : 35 ESPECES DE 4 FAMILLES

Minioptéridés (1  
espèce)



Molossidés  
(1 espèce)



Rhinolophidés (4  
espèces)



Vespertilionidés (29  
espèces)



Murin à oreilles  
échancrées



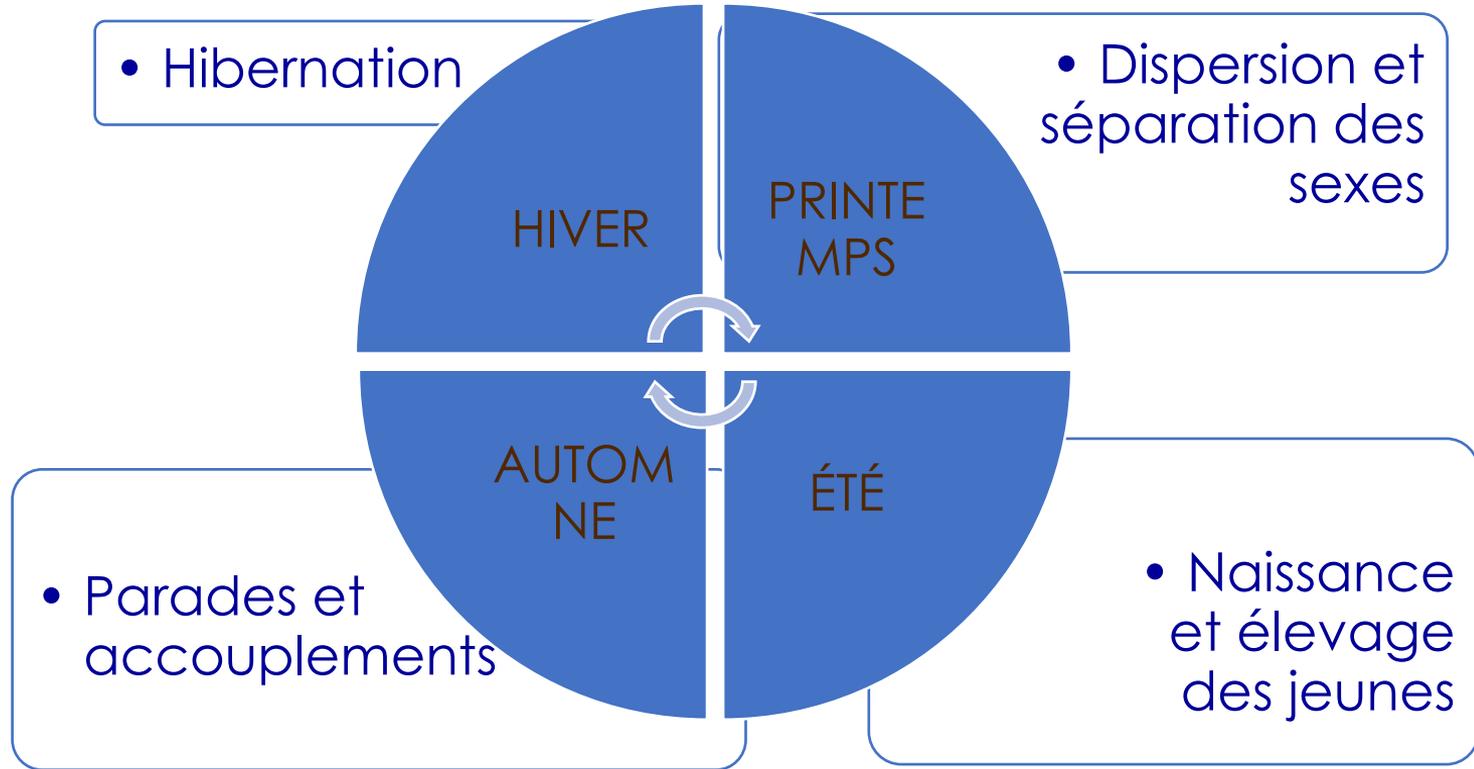
✓ Toutes carnivores

Oreillard gris



✓ Une galerie de portraits unique!

## UN CYCLE ANNUEL COMPLEXE



***Plusieurs milieux sont utilisés , parfois sur plusieurs pays...***

## UN MODE DE CHASSE ORIGINAL : L'EMISSION ULTRASONORE



Emission par la bouche...



...où par les narines

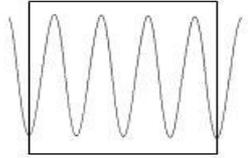
- ✓ Echelle utilisée : 20-100 kHz (1Hz = 1 oscillation/seconde)
- ✓ Rythme : 6-16 cris/seconde (jusqu'à 100)
- ✓ Durée : 1-80 millisecondes

## DES PERFORMANCES DE CHASSE HORS DU COMMUN

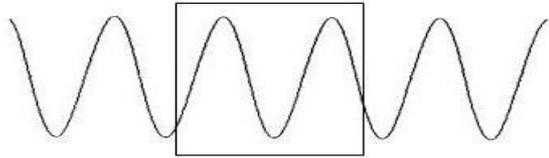
**Toutes les espèces  
européennes sont  
insectivores**

- ✓ Obstacles d'environ 1 mm détectés dans le noir
- ✓ Insectes de 1 à 4 mm capturés avec facilité
- ✓ Capture de plus de 600 moustiques/heure (genre *Myotis* en laboratoire)
- ✓ Estimation : plus de 3000 insectes capturés/nuit (pipistrelles)
- ✓ Taux de capture maximal de 7-10 insectes/mn
- ✓ 15 kg d'insectes/saison (colonie de 50 individus)
- ✓ Plusieurs tonnes/nuit pour plusieurs millions d'individus...

# LA BIOACOUSTIQUE APPLIQUEE AUX CHAUVES-SOURIS



Ultrasons émis à 40 kHz



Ultrasons ralentis 20 fois  
(40/20) : 2 kHz

Détecteur à  
ultrasons



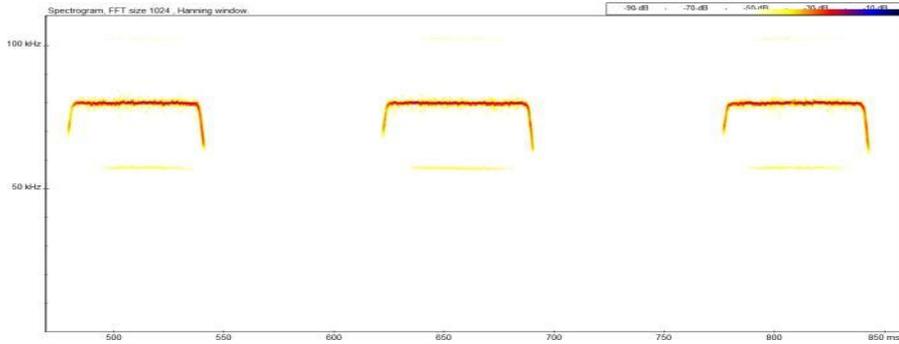
Enregistreur numérique

Enregistreur SM2Bat (Wildlife acoustic)

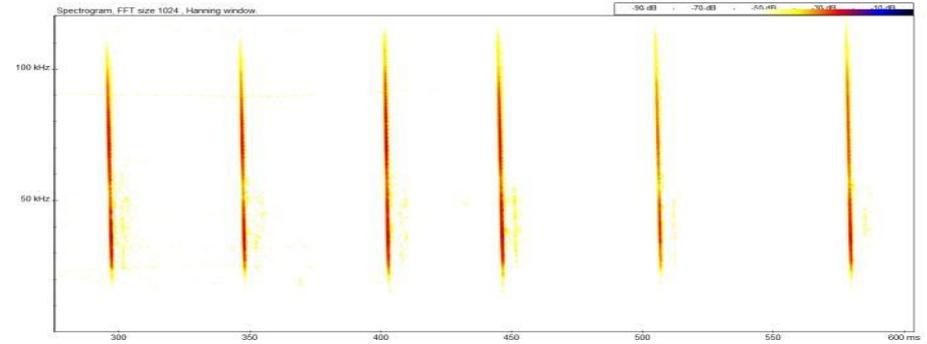


# IDENTIFICATION DES ESPECES

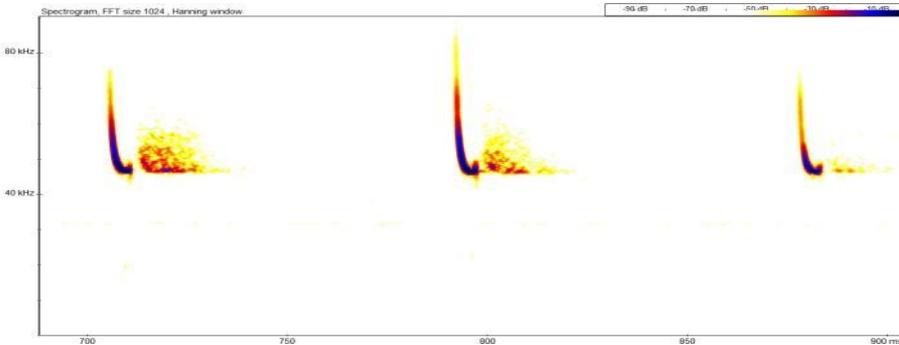
Fréquence constante



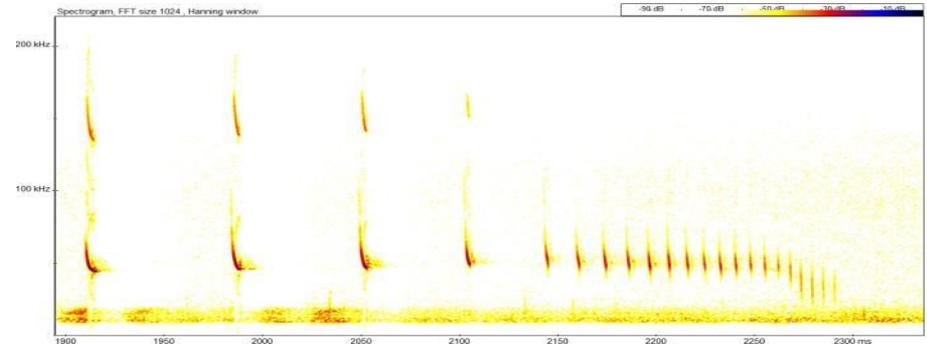
Fréquence modulée abrupte



Fréquence modulée aplanie



Séquence de chasse



# Les chauves-souris européennes sont surtout forestières

## Forestières

- ✓ Murin à oreilles échancrées
- ✓ Grand murin
- ✓ Oreillard gris
- ✓ Oreillard roux
- ✓ Oreillard montagnard
- ✓ Murin de Natterer
- ✓ Murin d'Escalera
- ✓ Murin de Bechstein
- ✓ Petit rhinolophe
- ✓ Grand rhinolophe
- ✓ Rhinolophe euryale
- ✓ Rhinolophe de Mehely
- ✓ Barbastelle
- ✓ Murin de Daubenton
- ✓ Murin de Brandt
- ✓ Murin à Moustaches
- ✓ Murin d'Alcathoé

**17/35 (49%)**

## Lisières

- ✓ Petit murin
- ✓ Murin du Maghreb
- ✓ Minioptère de Schreibers
- ✓ Sérotine commune
- ✓ Sérotine de Nilsson
- ✓ Pipistrelle commune
- ✓ Pipistrelle de Nathusius
- ✓ Pipistrelle de Kuhl
- ✓ Pipistrelle pygmée
- ✓ Vespère de Savi

**10/35 (29%)**

## Cours d'eau, plans d'eau

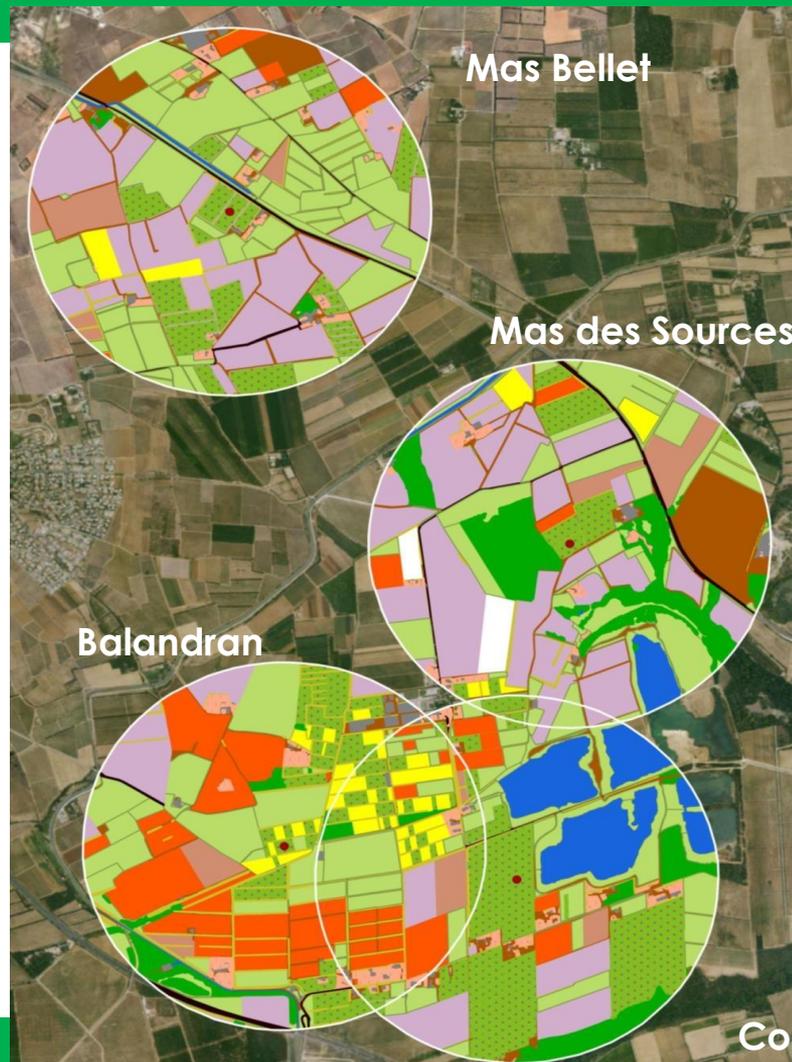
- ✓ Murin de Daubenton
- ✓ Murin de Capaccini
- ✓ Murin des marais
- ✓ Sérotine bicolore

**4/35 (11%)**

## Aériennes

- ✓ Grande noctule
- ✓ Molosse de Cestoni
- ✓ Noctule commune
- ✓ Noctule de Leisler

**4/35 (11%)**



## DISPERSION DES CHAUVES-SOURIS DANS LE PAYSAGE

- ✓ Cartographie SIG – 8 vergers
- ✓ Surface décrite : 314 ha
- ✓ Description du paysage
- ✓ Analyses statistiques des relations activité-paysage
- ✓ Prélèvements de crottes pour analyses de restes de proies



# Les chauves-souris en verger

## Forestières

- ✓ **Murin à oreilles échanrées**
- ✓ Grand murin
- ✓ **Oreillard gris**
- ✓ Oreillard roux
- ✓ Oreillard montagnard
- ✓ Murin de Natterer
- ✓ Murin d'Escalera
- ✓ Murin de Bechstein
- ✓ Petit rhinolophe
- ✓ **Grand rhinolophe**
- ✓ Rhinolophe euryale
- ✓ Rhinolophe de Mehely
- ✓ Barbastelle
- ✓ **Murin de Daubenton**
- ✓ Murin de Brandt
- ✓ **Murin à Moustaches**
- ✓ Murin d'Alcathoé

**17/35 (49%)**

## Lisières

- ✓ **Petit murin**
- ✓ Murin du Maghreb
- ✓ **Minioptère de Schreibers**
- ✓ **Sérotine commune**
- ✓ Sérotine de Nilsson
- ✓ **Pipistrelle commune**
- ✓ **Pipistrelle de Nathusius**
- ✓ **Pipistrelle de Kuhl**
- ✓ **Pipistrelle pygmée**
- ✓ **Vespère de Savi**

**10/35 (29%)**

## Cours d'eau, plans d'eau

- ✓ **Murin de Daubenton**
- ✓ **Murin de Capaccini**
- ✓ Murin des marais
- ✓ Sérotine bicolore

**4/35 (11%)**

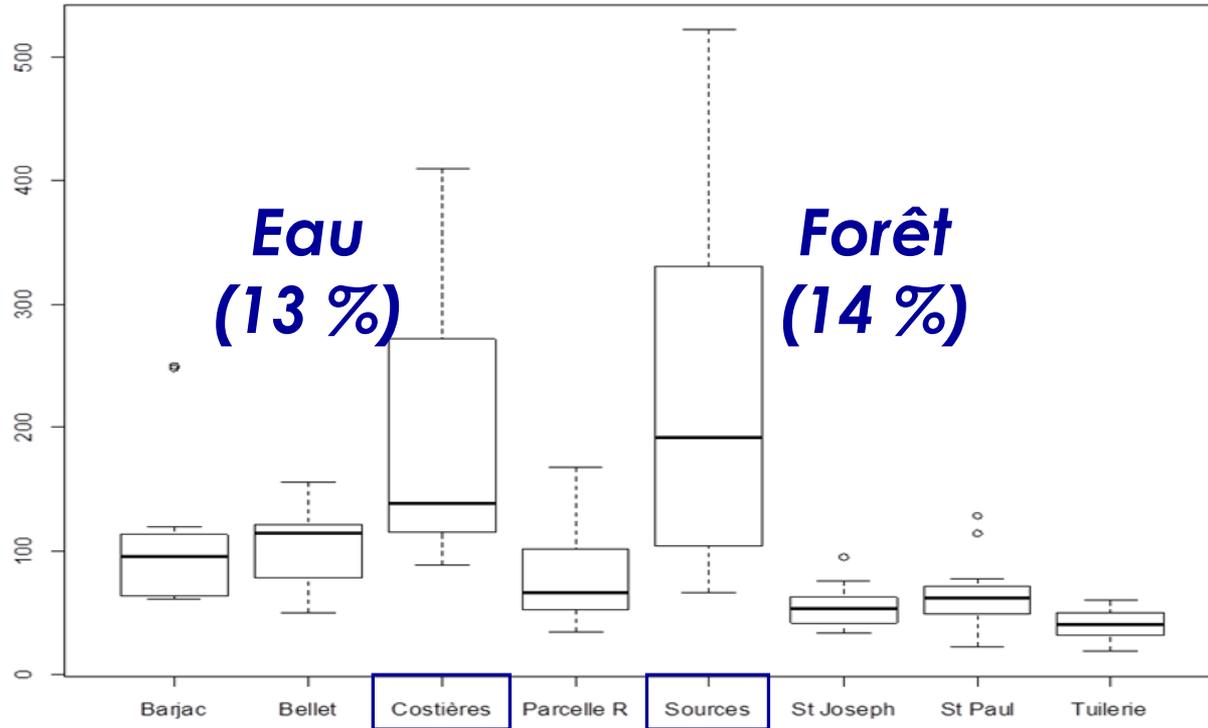
## Aériennes

- ✓ **Grande noctule**
- ✓ **Molosse de Cestoni**
- ✓ **Noctule commune**
- ✓ **Noctule de Leisler**

**4/35 (11%)**

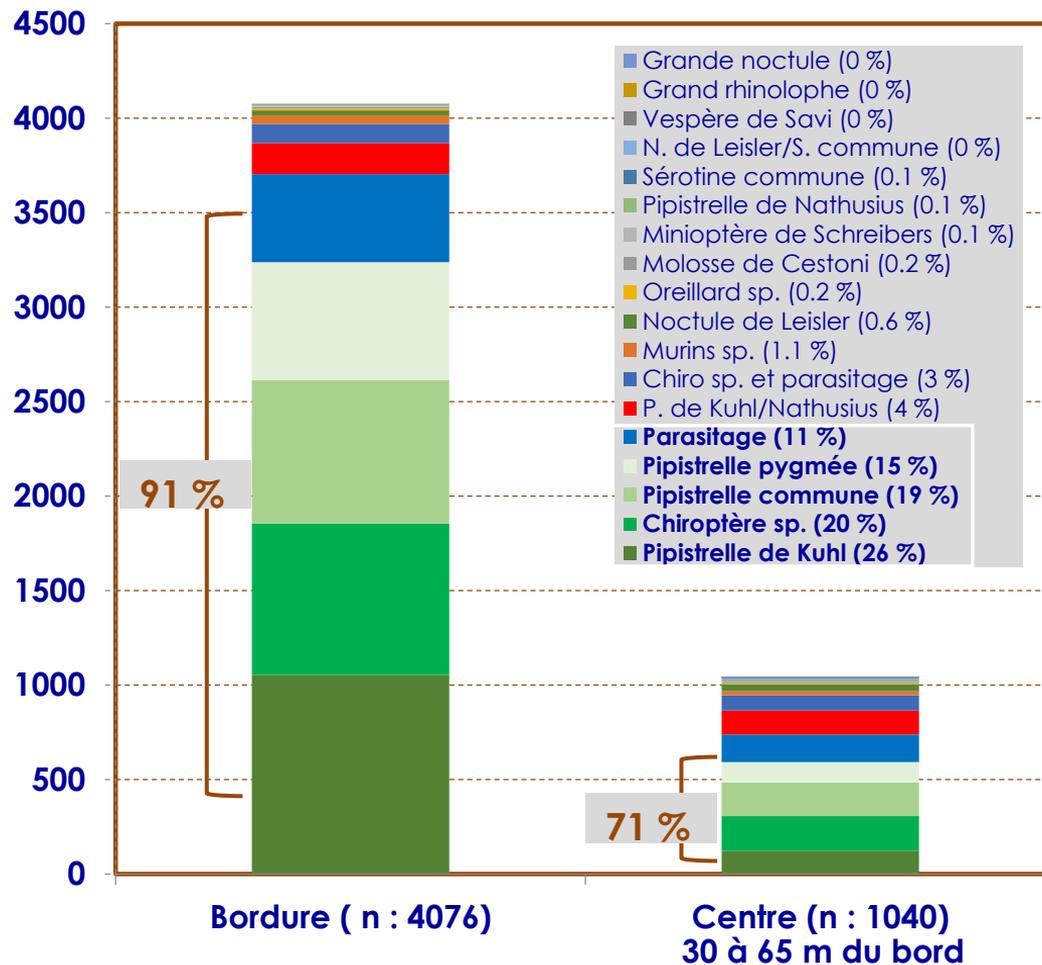
**Centre Ctifl Balandran et 8 vergers alentours :  
19 espèces/35 présentes en France**

## CONTACTS PAR SITE



- Autre effet positif : friches
- Effet négatif : cultures

## UNE GRANDE DIFFERENCE BORDURE-CENTRE



## BILAN ET RETOMBÉES PRATIQUES

- ❑ 19 espèces → 12 partout → 3 dominantes (60 %)
- ❑ Peu d'activité au-dessus des vergers
- ❑ Activité concentrée le long des haies
- ❑ Deux facteurs importants : l'eau et la forêt

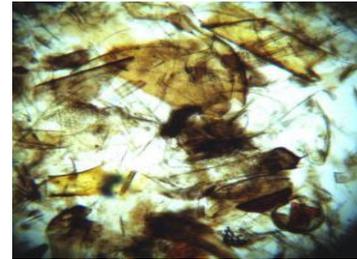


## LE REGIME ALIMENTAIRE PAR ANALYSE DE RESTES

Analyses conventionnelles (2001-2005)



- ✓ Collecte crottes sous gîtes artificiels
- ✓ Au moins 40 crottes/date
- ✓ Dilacération dans l'alcool
- ✓ Montage entre lame et lamelle
- ✓ Examen sous loupe binoculaire (300 fois)
- ✓ Détermination selon l'ordre, la famille, voire l'espèce



*Vue générale  
d'une préparation*

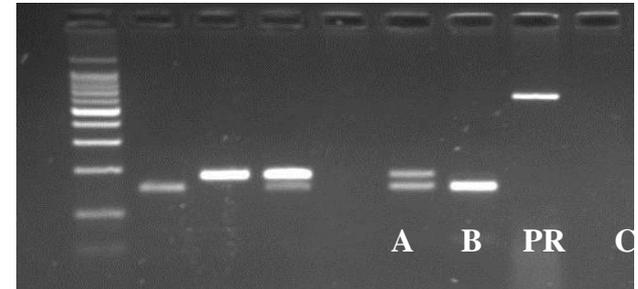


*Hyménoptère  
Chalcidien entier*

## LE REGIME ALIMENTAIRE PAR ANALYSE GENETIQUE

Biologie moléculaire : mise au point d'amorces spécifiques des ravageurs  
Détection de la présence de l'ADN du ravageur dans le prédateur

*PCR simplex (puceron cendré) et multiplex (carpocapse + tordeuse orientale)*



*A : chauve-souris ayant consommé un adulte de tordeuse et de carpocapse*

*B : Lycosidae ayant consommé une larve de carpocapse*

## ROLE D'AUXILIAIRE DES CHIROPTERES

Espèce fruitière	Lieu	Année et mois	Crottes analysées (n : 1449)	% de crottes positives pour :		
				Mouche de l'olive ( <i>Bactrocera oleae</i> )	Carpocapse de la pomme ( <i>Cydia pomonella</i> )	Tordeuse orientale du pêcher ( <i>Grapholita molesta</i> )
Olivier	Bellegarde (Gard)	2005 (Septembre)	12	33 %		
Olivier	Bellegarde (Gard)	2005 (Octobre)	12	17 %		
Pommier	Avignon (Vaucluse)	2009 (Mai-Octobre)	86		7 %	15 à 21 %
Pommier	Avignon (Vaucluse)	2010 (Mai-Juin)	93		5 à 14 %	
Pommier	Avignon (Vaucluse), Bellegarde (Gard)	2013 (Mai-juin)	87		15 à 21 %	12 à 14 %
Pommier	Bellegarde (Gard)	2014 (Avril-Juin)	500			2 à 18 %
Pommier	Bellegarde, Beaucaire, St Gilles, Garons (Gard)	2015 (Avril-Juin)	507		2 à 10 %	1 %
-	Bellegarde (Gard)	2016 (Septembre)	104		2 %	
Pommier	Volx (Hautes Alpes) <sup>2</sup>	2016 (Juin)	48		12.5 %	2 %

<sup>2</sup> Collaboration David Sarrey (Groupe Chiroptère de Provence)

## LES CHAUVES-SOURIS : DES OPPORTUNISTES



Mais aussi : Noctuelle de la tomate, Drosophile suzuki, Processionnaire du pin, Tordeuses de la vigne...

## Régime alimentaire du Minioptère de Schreibers par métabarcoding

**TABLE 1** List of arthropod pest species preyed upon by *Miniopterus schreibersii*, crop types affected by each species, and their frequency of occurrence in *M. schreibersii*'s diet. Category 1 refers to minor pests, while category 2 corresponds to major pests

Species	Family	Affected plants	Category	# samples	% samples	# sites	% sites
<i>Acleris variegana</i>	Tortricidae	Rose family (apple, pear, apricot...)	2	1	1.4	1	6.3
<i>Acronicta tridens</i>	Noctuidae	Rose family (apple, pear, apricot...)	1	1	1.4	1	6.3
<i>Agrotis ipseion</i>	Noctuidae	Crops and pastures	2	15	21.4	10	62.5
<i>Agrotis munda</i>	Noctuidae	Crops and pastures	2	2	2.9	2	12.5
<i>Agrotis segetum</i>	Noctuidae	Root vegetables and cereals	2	13	18.6	8	50.0
<i>Anarta trifolii</i>	Noctuidae	Woody and herbaceous plants	1	8	11.4	6	37.5
<i>Autographa gamma</i>	Noctuidae	Leguminous cultures	1	9	12.9	7	43.8
<i>Cadra figulella</i>	Pyralidae	Drying or dried fruits (figs, clusters of grapes on vines...)	1	1	1.4	1	6.3
<i>Campaea margaritaria</i>	Geometridae	Fruit trees (apple)	1	1	1.4	1	6.3
<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	Pyralidae	High-value nut and fruit (dates, almonds, pistachios...)	2	1	1.4	1	6.3
<i>Ephestia elutella</i>	Pyralidae	Dry plants (cocoa, beans, tobacco), cereals and dried fruit and nuts	2	1	1.4	1	6.3
<i>Etiella zinckenella</i>	Pyralidae	Leguminous crops (soya beans,	2	2	2.9	2	12.5
<i>Galleria mellonella</i>	Pyralidae	Honeycombs	2	3	4.3	3	18.8
<i>Gymnoscelus nufasciata</i>	Geometridae	Citrus and olives	1	5	7.1	3	18.8
<i>Helicoverpa armigera</i>	Noctuidae	Polyphagous (tomato, cotton, chickpea, rice, sorghum, cowpea...)	2	1	1.4	1	6.3
<i>Homoeosoma rubicella</i>	Pyralidae	Sunflowers	2	2	2.9	2	12.5
<i>Hypera rostralis</i>	Noctuidae	Hop	1	1	1.4	1	6.3
<i>Hypsopygia costalis</i>	Pyralidae	Clover hay	1	1	1.4	1	6.3
<i>Loxostege sticticalis</i>	Pyralidae	Sugar beet and tobacco	1	4	5.7	2	12.5
<i>Mimodes illae</i>	Sphingidae	Fruit trees	1	1	1.4	1	6.3
<i>Mythimna loreyi</i>	Noctuidae	Cereals (wheat, barley, rice, corn...)	2	8	11.4	5	31.3
<i>Mythimna separata</i>	Noctuidae	Cereals (wheat, maize, rice, corn...)	2	3	4.3	2	12.5
<i>Noctua comes</i>	Noctuidae	Grape and tobacco	1	3	4.3	3	18.8
<i>Noctua pronuba</i>	Noctuidae	Strawberry, potato, grasses...	1	19	27.1	10	62.5
<i>Ostrinia nubilalis</i>	Crambidae	Corn	2	3	4.3	2	12.5
<i>Ostrinia scapularis</i>	Crambidae	Hop	1	1	1.4	1	6.3
<i>Pandemis heparana</i>	Tortricidae	Trees and shrubs (apple, pear, apricot, cherry...)	1	2	2.9	2	12.5
<i>Peribatodes rhomboidaria</i>	Geometridae	Grapevine, fruit trees	1	8	11.4	5	31.3
<i>Peridroma saucia</i>	Noctuidae	Crops, trees, shrubs	2	13	18.6	8	50.0
<i>Plutella xylostella</i>	Plutellidae	Cruciferous crops	2	3	4.3	3	18.8
<i>Prays citri</i>	Yponomeutidae	Citrus crops	2	8	11.4	2	12.5
<i>Pyralis farinalis</i>	Pyralidae	Stored food (milled plant products)	2	1	1.4	1	6.3
<i>Sesamia nonagrioides</i>	Noctuidae	Maize	2	4	5.7	3	18.8
<i>Sitotroga cerealella</i>	Gelechiidae	Cereal crop (wheat, barley, corn, rice, sorghum, millet)	2	1	1.4	1	6.3
<i>Spilarguta luteum</i>	Erebidae	Blackberry, raspberry, strawberry, apple	1	1	1.4	1	6.3
<i>Spodoptera exigua</i>	Noctuidae	Vegetable, field and flower crops (asparagus, cabbage, pepper, tomato, lettuce, celery, strawberry)	2	7	10.0	5	31.3
<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	Notodontidae	Pine tree	2	10	14.3	3	18.8
<i>Tipula oleracea</i>	Tipulidae	Fruit crops (cane fruit, strawberry, hop)	1	3	4.3	3	18.8
<i>Trichlora crataegi</i>	Lasiocampidae	Rosaceous fruit trees (apple, plum)	1	3	4.3	3	18.8
<i>Trichoplusia ni</i>	Noctuidae	Cereal crop (wheat, barley, corn, rice, sorghum, millet)	2	1	1.4	1	6.3
<i>Udea ferrugalis</i>	Crambidae	Plum, gooseberry	1	4	5.7	2	12.5

Agriculture shapes the trophic niche of a bat preying on multiple pest arthropods across Europe: Evidence from DNA metabarcoding

Ostaizka Aizpuru<sup>1</sup> | Ivana Budinski<sup>2</sup> | Panagiotis Georgiakakis<sup>3</sup> | Shyam Gopalakrishnan<sup>1</sup> | Carlos Ibañez<sup>4</sup> | Vanessa Mata<sup>5</sup> | Hugo Rebelo<sup>5</sup> | Danilo Russo<sup>6</sup> | Farkas Szodoray-Parádi<sup>7</sup> | Violeta Zhelyazkova<sup>8</sup> | Vida Zmcic<sup>9</sup> | M. Thomas P. Gilbert<sup>1,10</sup> | Antton Alberdi<sup>10</sup>

*Molecular Ecology*. 2018;1-11.

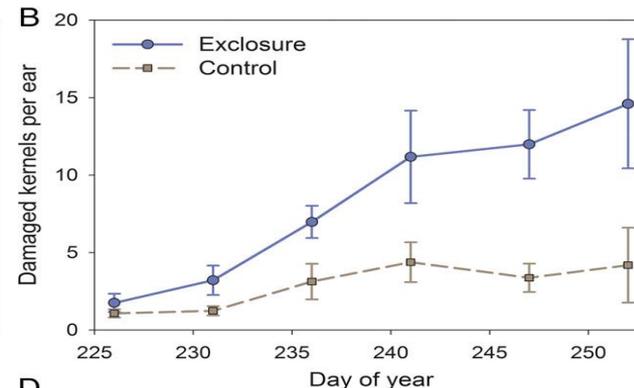
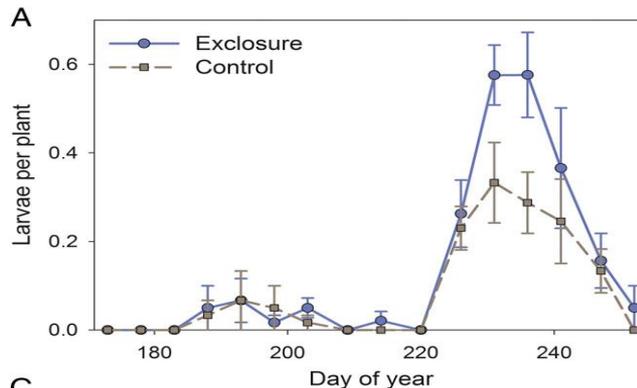
400 espèces identifiées  
dont 44 ravageurs ...et  
dans 94% des  
échantillons

# Evaluation du service de régulation à l'aide de dispositifs d'exclusion

## Bats initiate vital agroecological interactions in corn

Josiah J. Maine<sup>a,b,c,1</sup> and Justin G. Boyles<sup>a,b,c</sup>

PNAS | October 6, 2015



## Dispositif d'exclusion fixe (chiroptères et oiseaux) en pommier

- 2018: pas de différence avec témoin sans filet (50% de dégâts à la récolte)
- 2019: ?
- Dispositif à améliorer

