

Lutte biologique contre le carpocapse des pommes à l'aide du parasitoïde exotique *Mastrus ridens*

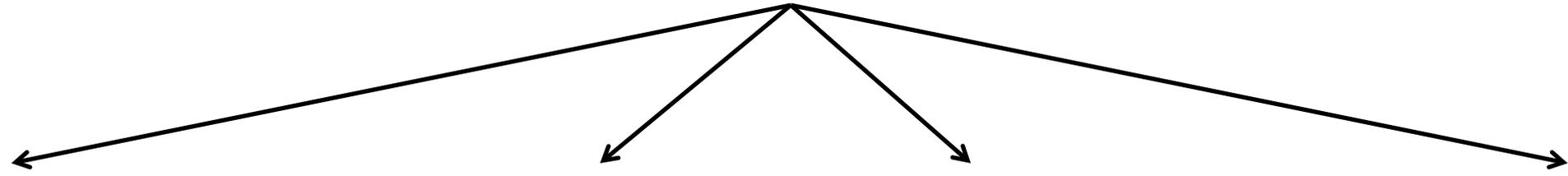
Nicolas Borowiec

UMR 1355 INRA-CNRS-UCA "Institut Sophia Agrobiotech"
Equipe « Recherche et Développement en Lutte Biologique »
INRA PACA
Sophia Antipolis
France



Quelques définitions

Biocontrôle = Ensemble des méthodes déployées comme alternative à la lutte chimique



Macro-organismes

Micro-organismes

Médiateurs chimiques

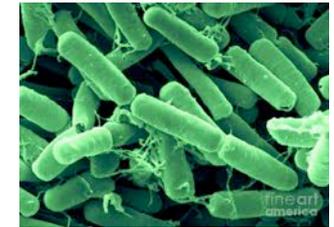
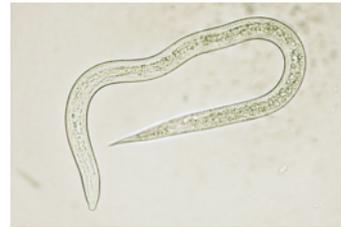
Substances naturelles

Lutte biologique

Lutte biologique

Confusion

Biopesticides

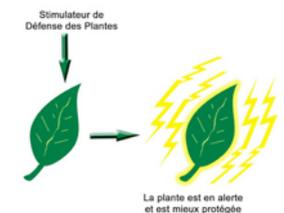
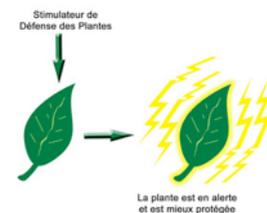
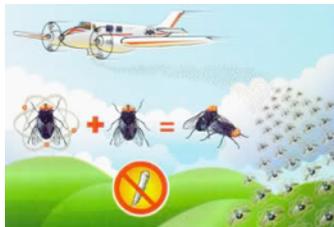


Lutte autocide

Biostimulation

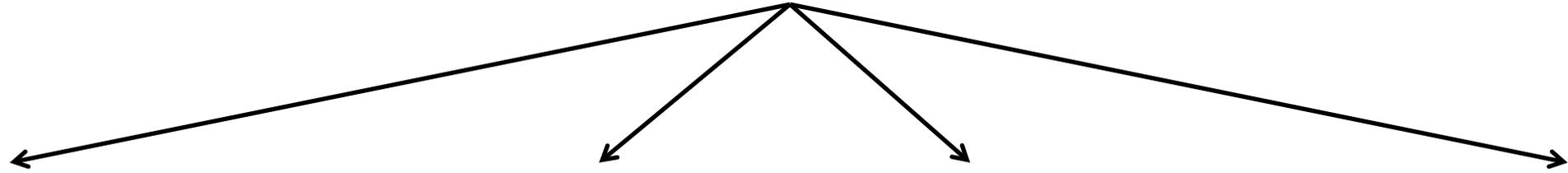
Piégeages

Biostimulation



Quelques définitions

Biocontrôle = Ensemble des méthodes déployées comme alternative à la lutte chimique



Macro-organismes

Lutte biologique

Lutte autocide

Micro-organismes

Lutte biologique

Biostimulation

Médiateurs chimiques

Confusion

Piégeages

Substances naturelles

Biopesticides

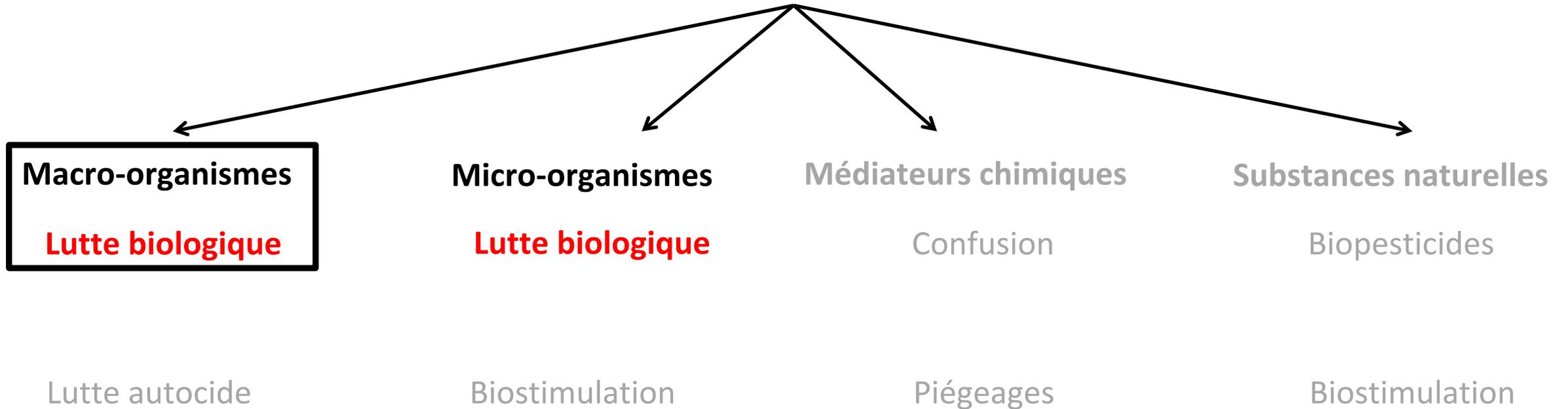
Biostimulation

Lutte biologique = Utilisation d'**organismes vivants** pour réduire les dégâts causés par des ravageurs

Auxiliaires : macro-organismes (**insectes**, acariens, nématodes, etc.) ; micro-organismes (champignons, virus, bactéries, etc.)

Quelques définitions

Biocontrôle = Ensemble des méthodes déployées comme alternative à la lutte chimique



Lutte biologique = Utilisation d'**organismes vivants** pour réduire les dégâts causés par des ravageurs

Auxiliaires : macro-organismes (**insectes**, acariens, nématodes, etc.) ; micro-organismes (champignons, virus, bactéries, etc.)

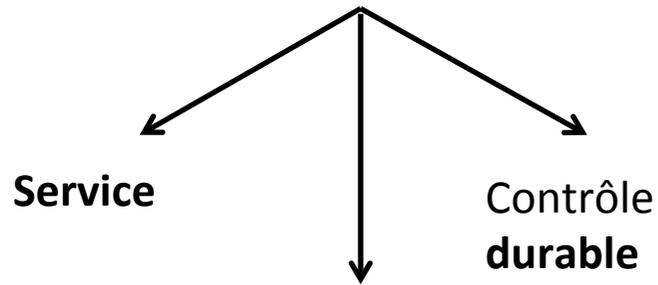
Quelques définitions

Mise en œuvre différente selon la stratégie considérée

Lutte biologique par acclimatation



Introduction d'un auxiliaire dans le but de son établissement pérenne et d'un contrôle durable du ravageur

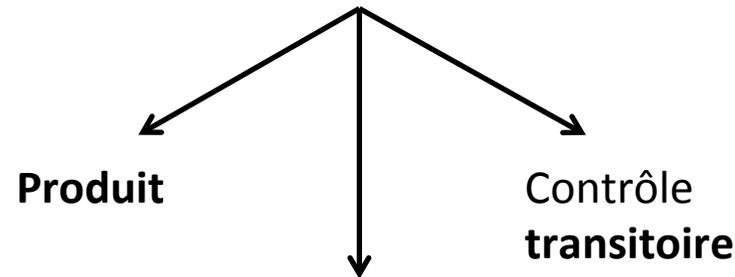


Auxiliaires exotiques

Lutte biologique par augmentation



Lâchers +/- fréquents et +/- massifs d'auxiliaires dans le but d'un contrôle transitoire du ravageur

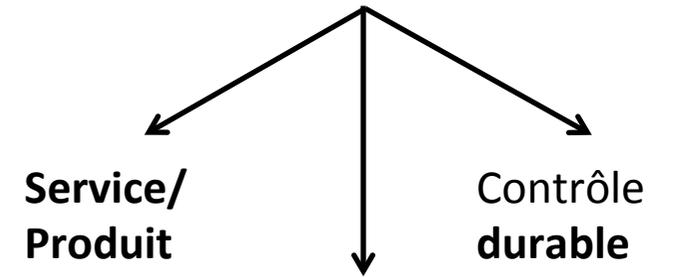


Auxiliaires indigènes / exotiques

Lutte biologique par conservation



Favoriser la présence d'auxiliaires en : aménageant la parcelle et ses abords ; modifiant les pratiques culturales



Auxiliaires indigènes

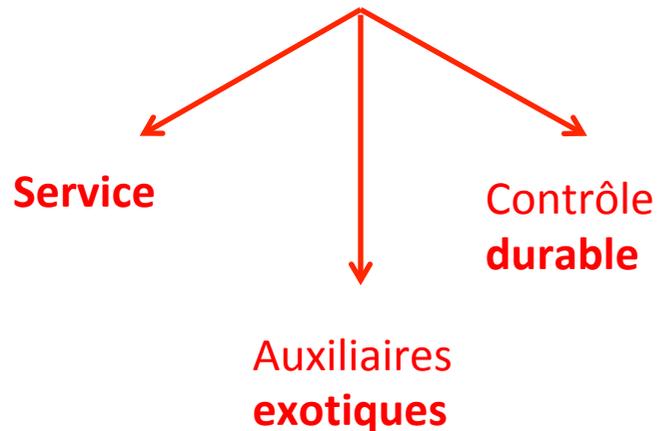
Quelques définitions

Mise en œuvre différente selon la stratégie considérée

Lutte biologique par acclimatation



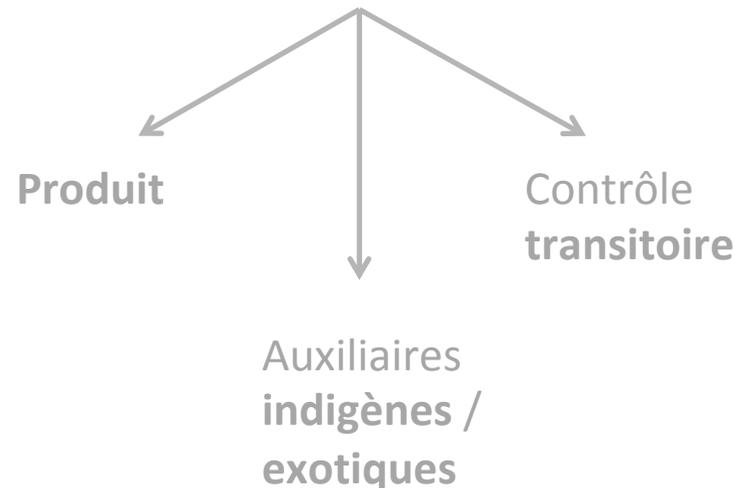
Introduction d'un auxiliaire dans le but de son établissement pérenne et d'un contrôle durable du ravageur



Lutte biologique par augmentation



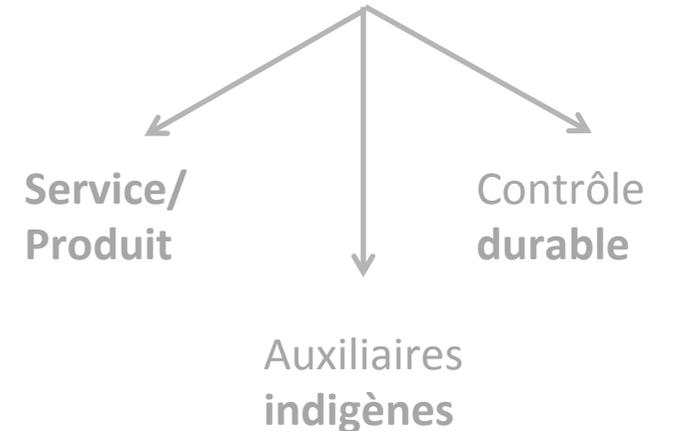
Lâchers +/- fréquents et +/- massifs d'auxiliaires dans le but d'un contrôle transitoire du ravageur



Lutte biologique par conservation



Favoriser la présence d'auxiliaires en : aménageant la parcelle et ses abords ; modifiant les pratiques culturales



Contexte

Le ravageur *Cydia pomonella*



- Lépidoptère Tortricidae
- 2 à 3 générations / an (début de 4^{ème} en Méditerranée)
- Origine probable Asie Centrale
- Capacité de résistance aux (bio)insecticides en augmentation

Les impacts



=> 30 à 40 % des traitements insecticides sur pomme (> 40% en PACA)

L'auxiliaire *Mastrus ridens*



- Hyménoptère Ichneumonidae
- Originaire du Kazakhstan/Chine
- Ectoparasitoïde grégaire (1-10 larves / carpo) – Ponte sur L5 (cocons)
- Déjà introduit dans plusieurs pays (Argentine, Australie, Chili, Nouvelle-Zélande, USA)

L'auxiliaire
Mastrus ridens



- Hyménoptère Ichneumonidae
- Originaire du Kazakhstan/Chine
- Ectoparasitoïde grégaire (1-10 larves / carpo) – Ponte sur L5 (cocons)
- Déjà introduit dans plusieurs pays (Argentine, Australie, Chili, Nouvelle-Zélande, USA)



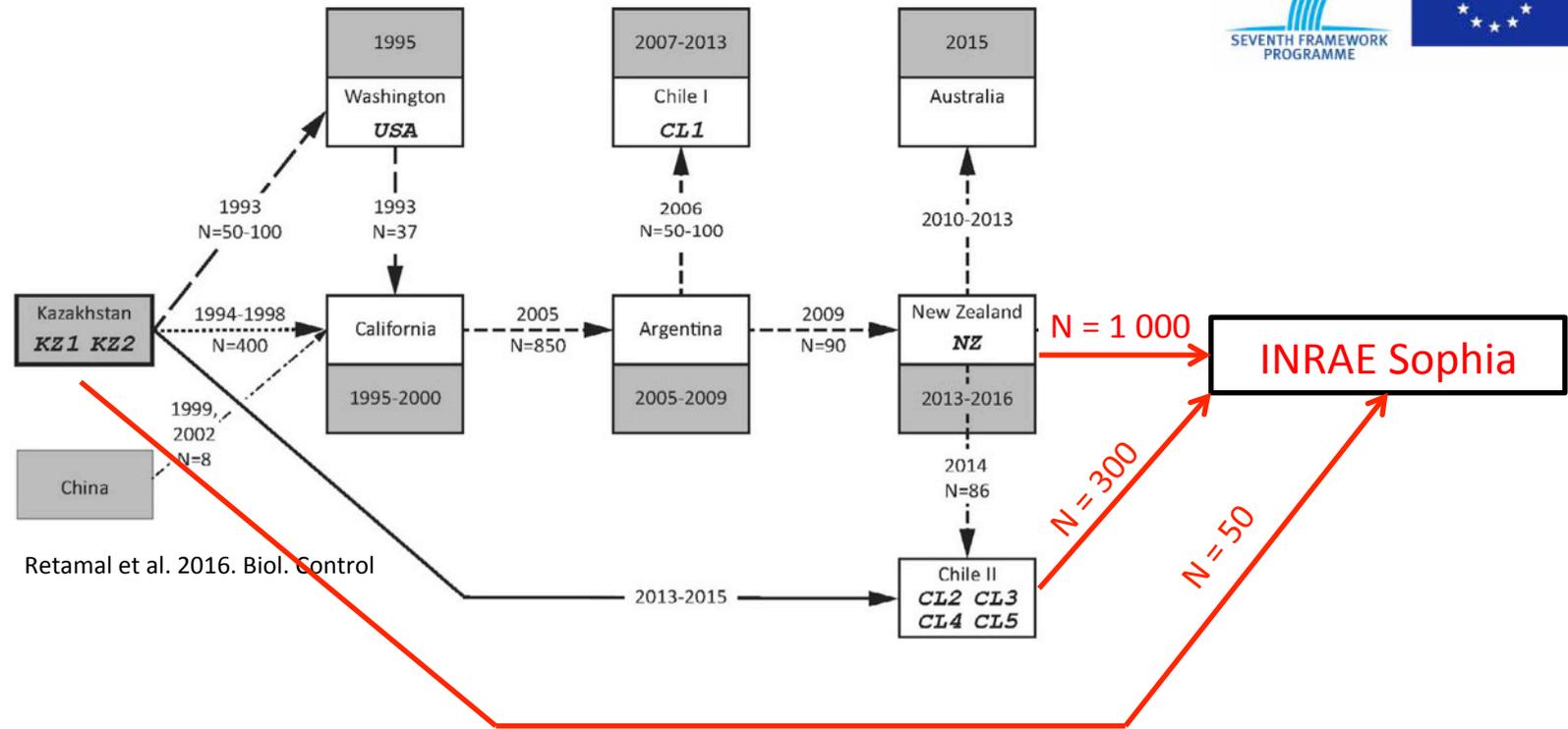
Historique

(1) Importation de souches d'élevage de *M. ridens*

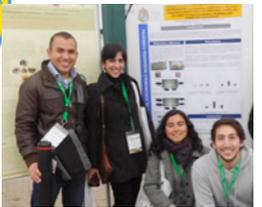
[2015 - 2018]



Plant & Food
RESEARCH
RANGAHAU AHUMĀRA KAI



Retamal et al. 2016. Biol. Control



Historique

(2) Phénotypage de *M. ridens* (specificité parasitaire)

[2015 - 2016]



Borowiec et al. 2016 ; Muru et al. 2018

Position systématique des différentes espèces de Lépidoptères utilisées pour tester la spécificité de *Mastrus ridens*

		Espèce testée	Résultat du test	Espèce présente en France	Plantes-hôtes communes avec <i>C. pomonella</i>			
TORTRICIDAE	Olethreutinae	<i>Cydia pomonella</i> (L.)	Parasitisme	oui	-			
		Genre <i>Cydia</i>	<i>Cydia splendana</i> (Hübner)	Faible parasitisme	oui	oui		
			<i>Cydia nigricana</i> (Fabricius)	Parasitisme mais développement "anormal"	oui	non		
			<i>Cydia prunivora</i> (Walsh)	Développement "anormal"	non	oui		
		Tortricinae	Grapholitini	<i>Cydia succedana</i> (Denis & Schiffermüller)	Faible parasitisme ; Descendance anormale	oui	non	
				Autres Genres	<i>Grapholita molesta</i> (Busck)	Pas ou faible parasitisme	oui	oui
					<i>Pammene</i> sp. (<i>aurita</i> ou <i>regiana</i>)	Pas de parasitisme	oui	non
			Archipini	<i>Cryptophlebia ombrodelta</i> (Lower)	Pas de parasitisme	non	non	
				<i>Lobesia botrana</i> (Denis & Schiffermüller)	Pas de parasitisme	oui	oui	
				Cochylini	<i>Argyroploce chlorosaris</i> Meyrick	Faible parasitisme ; Descendance anormale	non	non
					<i>Archips rosana</i> (L.)	Pas de parasitisme	oui	oui
					<i>Argyrotaenia franciscana</i> (Walsingham) [= <i>citrana</i> (Fernald)]	Pas de parasitisme	non	non
					<i>Choristoneura rosaceana</i> (Harris)	Pas de parasitisme	non	non
					<i>Ctenopseustis obliquana</i> (Walker)	Faible parasitisme ; Descendance anormale	non	non
					<i>Pandemis chondrillana</i> (Herrich-Schäffer)	Pas de parasitisme	oui	oui
				<i>Planotortrix octo</i> Dugdale	Faible parasitisme ; Descendance anormale	non	non	
				<i>Eupoecilia ambiguella</i> (Hübner)	Pas de parasitisme	oui	non	
				GELECHIIDAE	<i>Anarsia lineatella</i> Zeller	Pas de parasitisme	oui	oui
CRAMBIDAE	<i>Anania hortulata</i> (L.) [= <i>Eurrhypara urticara</i> (L.)]			Pas de parasitisme	oui	non		
PYRALIDAE	<i>Amyelois transitella</i> (Walker)	Pas de parasitisme	non	oui				
	<i>Cadra cautella</i> (Walker)	Pas de parasitisme	oui	non				
	<i>Ephestia kuehniella</i> Zeller	Pas de parasitisme	oui	non				
NOCTUIDAE	<i>Galleria mellonella</i> (L.)	Pas de parasitisme	oui	non				
	<i>Mamestra brassicae</i> (L.)	Pas de parasitisme	oui	non				
YPONOMEUTIDAE	<i>Agrotis ypsilon</i> (Hufnagel)	Pas de parasitisme	oui	non				
	<i>Yponomeuta malinellus</i> Zeller	Pas de parasitisme	oui	oui				



(3) Autorisation d'introduction dans l'environnement

[2017]


anses
ANAGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL
Connaître. Évaluer. Protéger.
LE DIRECTEUR GÉNÉRAL

Anses – dossier n° M-016-005 *Mastrus ridens*

Maisons-Alfort, le 4 JAN. 2017

AVIS
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
relatif à une demande d'autorisation d'introduction dans l'environnement du macro-organisme non indigène *Mastrus ridens* dans le cadre de la lutte biologique

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail a notamment pour mission l'évaluation des dossiers de produits phytopharmaceutiques et de demande d'introduction dans l'environnement de macro-organismes non indigènes. Les avis formulés par l'agence comprennent :

- L'évaluation des risques que l'utilisation de ces produits peut présenter pour l'homme, l'animal ou l'environnement ;
- L'évaluation de leur efficacité et de l'absence d'effets inacceptables sur les végétaux et produits végétaux ainsi que celle de leurs autres bénéfices éventuels ;
- Une synthèse de ces évaluations assortie de recommandations portant notamment sur leurs conditions d'emploi.

PRESENTATION DE LA DEMANDE

Dans le cadre des dispositions prévues par l'article L. 258-1 et 2 du code rural et de la pêche maritime, et du décret n° 2012-140 du 30 janvier 2012¹, l'entrée sur le territoire et l'introduction de macro-organismes non indigènes sont soumises à autorisation préalable des ministres chargés de l'agriculture et de la protection de la nature, sur la base d'une analyse du risque phytosanitaire et environnemental que cet organisme peut présenter.

L'Agence a accusé réception le 04 mars 2016 d'une demande d'autorisation d'introduction dans l'environnement du macro-organisme non indigène *Mastrus ridens* (Horstmann 2009) de la équipe « Recherche et Développement en Lutte Biologique » de l'UMR INRA-CNRS-UNS Institut Sophia-Agrobiotech. Conformément au code rural et de la pêche maritime, l'avis de l'Anses est requis.

Le présent avis porte sur l'évaluation du risque phytosanitaire et environnemental lié à l'introduction et à l'acclimatation dans l'environnement du macro-organisme non indigène *Mastrus ridens* (Horstmann 2009) pour une régulation des populations de carpocapse du pommier *Cydia pomonella*.

Il est fondé sur l'examen par l'Agence du dossier déposé pour ce macro-organisme non indigène, conformément aux dispositions du décret n° 2012-140 du 30 janvier 2012 et à l'annexe II de l'arrêté du 28 juin 2012² relatifs à la constitution du dossier technique.

SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION

Les données prises en compte sont celles qui ont été jugées valides par l'Anses. L'avis présente une synthèse des éléments scientifiques essentiels qui conduisent aux recommandations émises par l'Agence et n'a pas pour objet de retracer de façon exhaustive les travaux d'évaluation menés par l'Agence.

Après consultation du comité d'experts spécialisé " Microorganismes et macroorganismes utiles aux végétaux", réuni le 17 novembre 2016, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail émet l'avis suivant.

¹ Décret n° 2012-140 du 30 janvier 2012 relatif aux conditions d'autorisation d'entrée sur le territoire et d'introduction dans l'environnement de macro-organismes non indigènes utiles aux végétaux, notamment dans le cadre de la lutte biologique

² Arrêté du 28 juin 2012 relatif aux demandes d'autorisation d'entrée sur le territoire et d'introduction dans l'environnement de macro-organismes non indigènes utiles aux végétaux, notamment dans le cadre de la lutte biologique (JORF N°0151 du 30 juin 2012 page 10760).

1/6

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt

Arrêté du 09 MAI 2017

Autorisant l'entrée sur le territoire et l'introduction dans l'environnement du macro-organisme *Mastrus ridens*

La ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, en charge des relations internationales sur le climat, et le ministre de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, porte-parole du Gouvernement,

Vu le code rural et de la pêche maritime, notamment son article L.258-1 ;

Vu le code rural et de la pêche maritime, notamment ses articles R.258-2 à R.258-9 ;

Vu l'avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) en date du 4 janvier 2017 ;

Vu la demande présentée par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) – Institut Sophia-Agrobiotech – UMR INRA-CNRS-UNS reçue le 4 mars 2016 ;

Arrêtent :

Article 1^{er}

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) – Institut Sophia-Agrobiotech – UMR INRA-CNRS-UNS est autorisé à faire entrer sur les territoires de la France métropolitaine continentale et de la Corse et à introduire dans l'environnement le macro-organisme *Mastrus ridens*, dans les conditions précisées dans l'avis de l'ANSES susvisé.

Article 2

Cette autorisation est valable 5 ans à compter de la date d'entrée en vigueur du présent arrêté. Le titulaire de l'autorisation devra transmettre à la direction générale de l'alimentation un bilan annuel de suivi des introductions du macro-organisme dans l'environnement. Ce bilan doit fournir des éléments relatifs aux aspects de dynamique des populations, au comportement du macro-organisme dans l'environnement d'introduction, aux aspects bénéfiques sur les cultures, aux aspects sanitaires et à tout effet non-intentionnel observé.



(4) Soutien financier pour l'évaluation au champ de *M. ridens* [2018 - 2019]



C-IPM « API-TREE »
(2018-2021)

FranceAgriMer
« BIOCCYD-Mastrus »
(2019-2022)

⇒ « Integrated agro-ecosystem approach to control apple pest »

⇒ Partenaires :



⇒ Webinaire de clôture : <https://youtu.be/yTlQ7hUCnUU>

Résumé expérimentations : <https://hal.inrae.fr/hal-03352357/document>

⇒ Evaluation terrain grande échelle

⇒ Partenaires :



Objectifs

- 1) Introduire et acclimater *M. ridens* en France pour améliorer le contrôle du carpocapse (en verger de production et en zones « non gérées »)
- 2) Etudier/comprendre certains facteurs potentiellement liés au succès d'établissement du parasitoïde

⇒ **Structuration du paysage**

Conduite, pratiques, phyto, filets, ...

Site expérimental de lâcher

Cartographie du site de la zone comprenant les 194 points de suivi

Légende

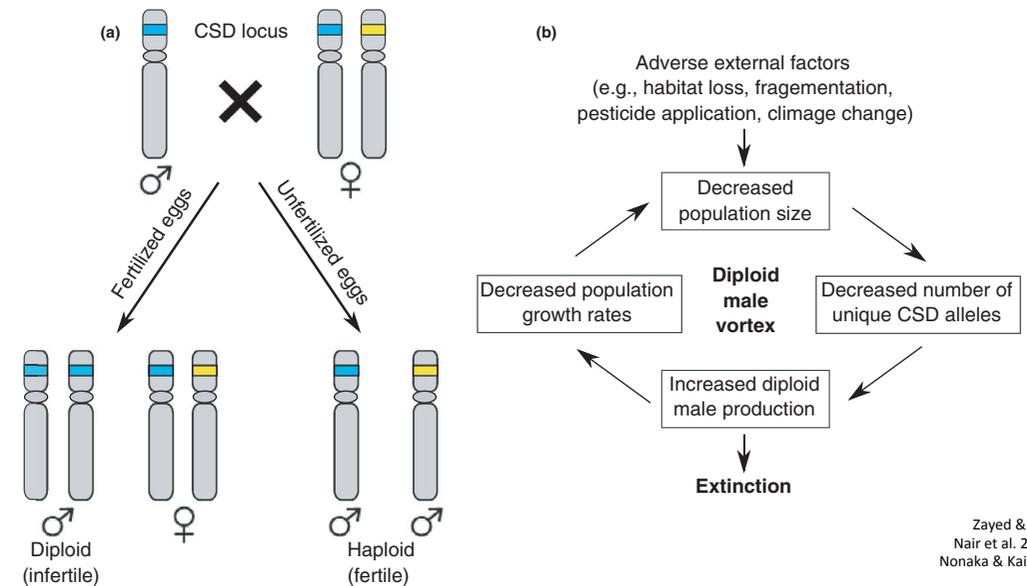
- Centre_parcelle_11
 - sebiopag_buffer_2016
 - Tampon
 - Parcelle_sebiopag_indicateurs
 - Suivis_vergers_2018_Qgis
 - BandePiegeSolée_new
 - sebiopaghaisphoto2014Buffer
 - sebiopag_2016_prairie
 - sebiopag_2016_bois_arbres
 - Routes_polygones
 - VergerCible
 - sebiopag_cultures_perennes_2016
 - sebiopag_artificiel_2016
 - raster_v11v
 - 1
 - 8
- 13-2014-0850-6310-LA93-0M50-E080



Objectifs

- 1) Introduire et acclimater *M. ridens* en France pour améliorer le contrôle du carpocapse (en verger de production et en zones « non gérées »)
- 2) Etudier/comprendre certains facteurs potentiellement liés au succès d'établissement du parasitoïde

⇒ **Diversité génétique (sl-CSD)**



Zayed & Packer 2005 (PNAS)
Nair et al. 2018 (Proc. R. Soc. B)
Nonaka & Kaitala 2020 (Ecol Evol)

Méthodologie

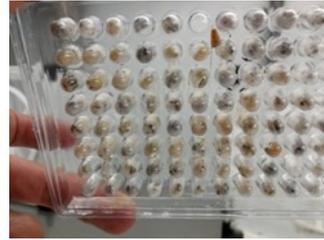
Production de carpocapses diapausants



Pontes de carpo (PSH)



Elevage des larves en tubes individuels (ISA)



Mise en plaque 96 puits des L5 (ISA)



Stockage en conditions diapausantes (ISA)



Production *M. ridens*

Utilisation des plaques pour la production de *M. ridens* (ISA)



Méthodologie

Dispositif

- Pression carpo élevée
- Sites AB + Pas de traitements insecticides (Spinosad...)
- Pas de filets (sauf exception)
- Distance > 10km entre les sites de lâcher
- Principalement sur pomme (mais pas que)
- « cartographie » des abords de la parcelle (plantes-hôtes potentielles)

Lâchers

- De fin Août à mi-octobre (carpo diapausants)
- Différentes Modalités :
 - ⇒ Diversité génétique : Grande (HD) vs Faible (LD)
 - ⇒ Nb de femelles : Grand (H = 3 000) vs Moyen (M = 600) vs faible (L = 200)



Echantillonnages

- Pré-intro (année n) : bandes pièges
- Post-intro (année n+1...) : bandes pièges + larves sentinelles + pièges phéromones (en cours de tests/optimisation)
- Mesure pression carpo (dégâts sur fruits)



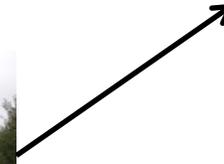
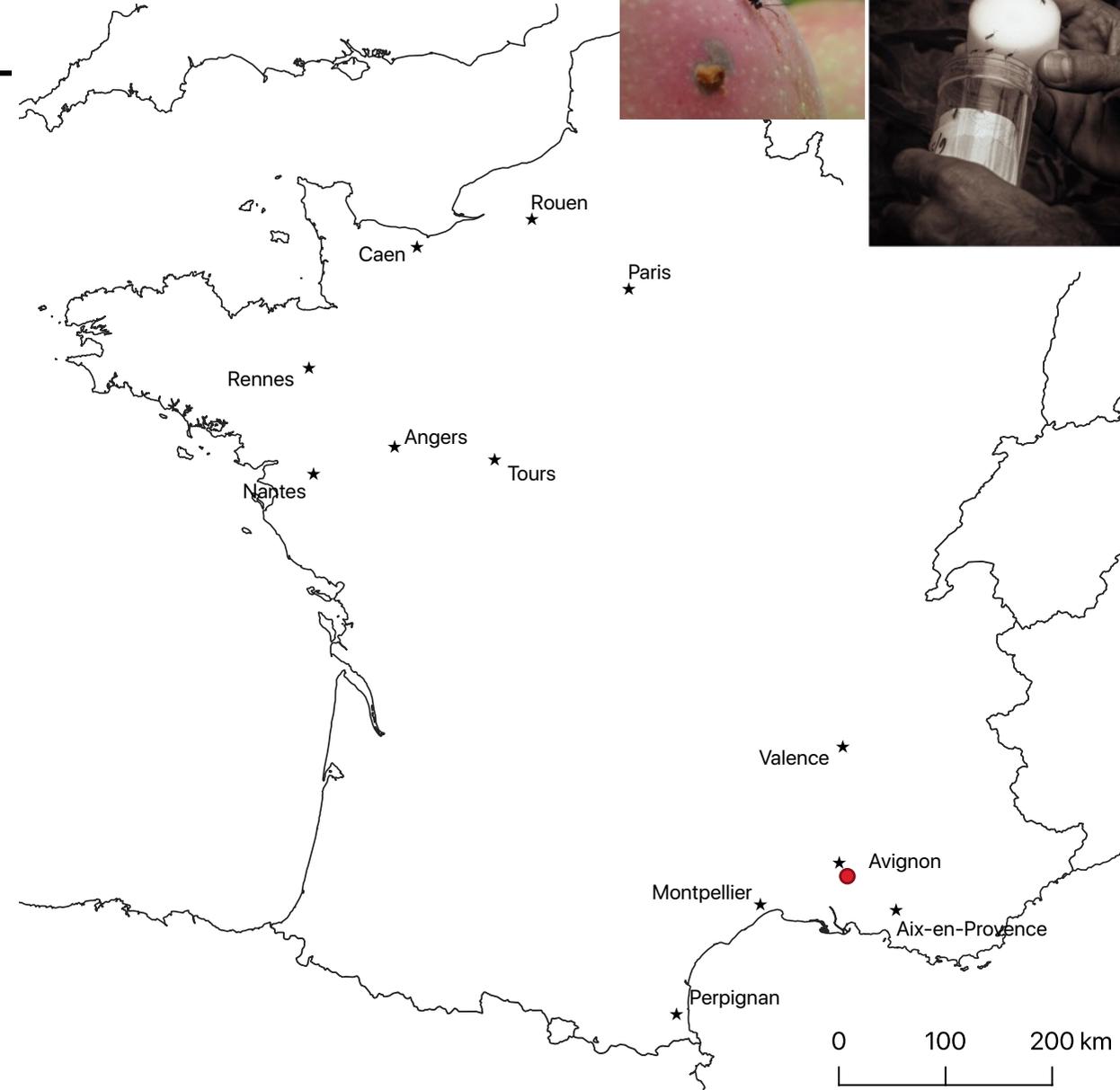
Résultats : Lâchers



2018 : 1 site (thèse D. Muru)



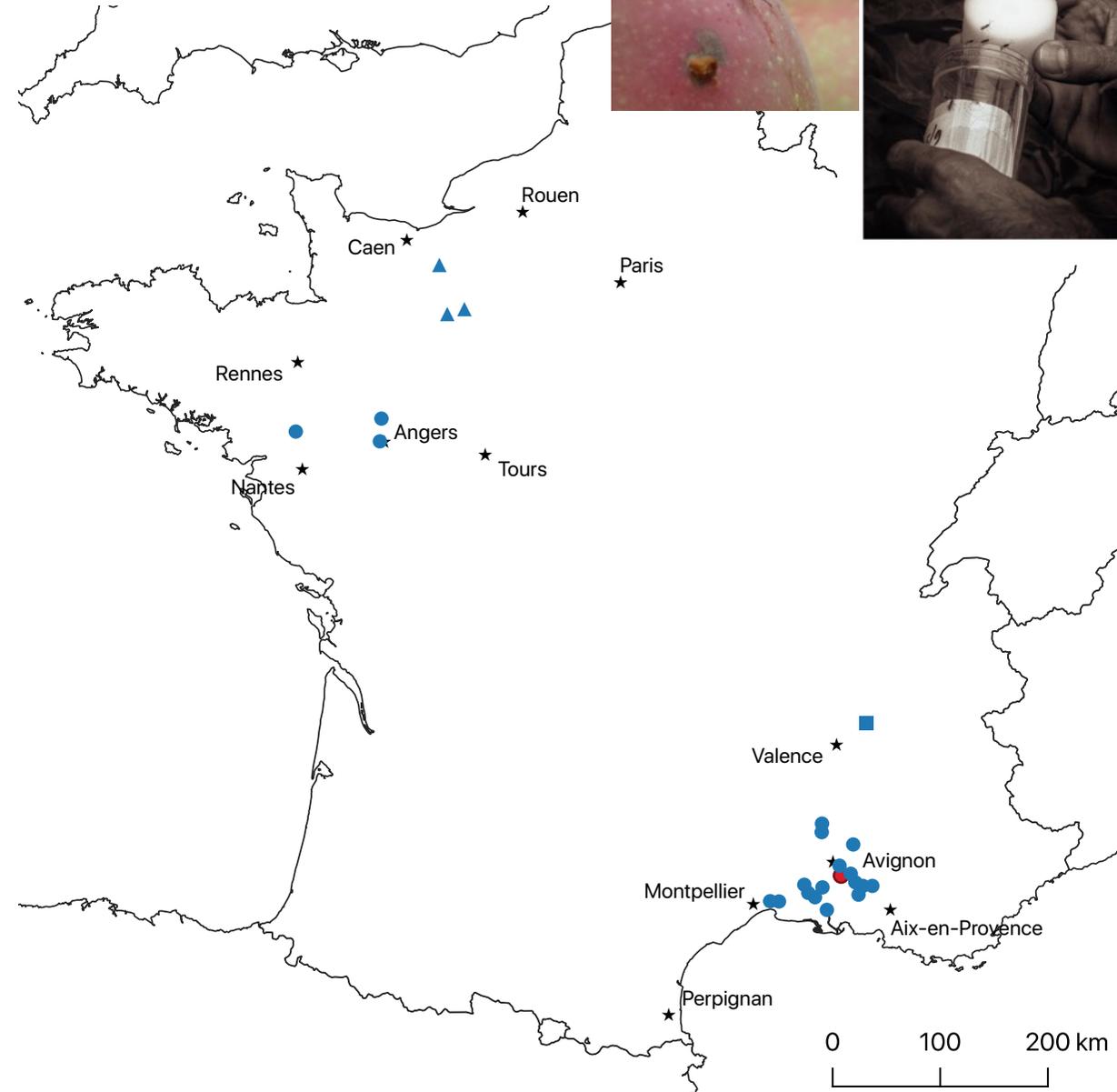
1 site **H-HD** (3 000 ♀)



○ Pomme de table

Résultats : Lâchers

2019 : + 23 sites



○ Pomme de table
(20 sites)



1 site **H-HD** (3 000 ♀)

19 sites **L-HD** (200 ♀)

△ Pomme à cidre
(3 sites)



3 sites **L-HD**

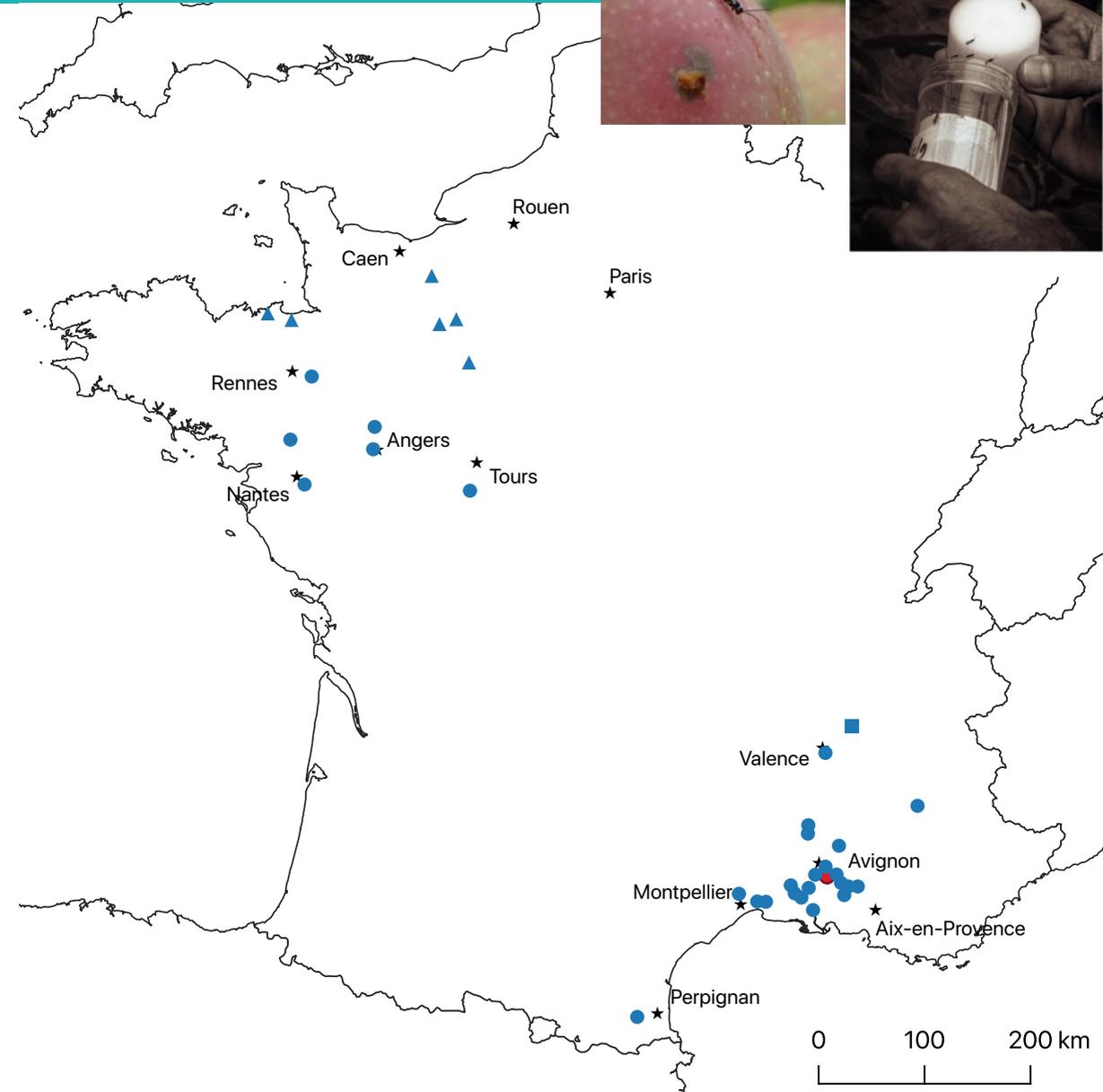
□ Noyers (1 site)



1 site **L-HD**

Résultats : Lâchers

2020 : + 11 sites



1 site **H-HD** (3 000 ♀)

27 sites **L-HD** (200 ♀)



6 sites **L-HD**



1 site **L-HD**

○ Pomme de table
(28 sites)

△ Pomme à cidre
(6 sites)

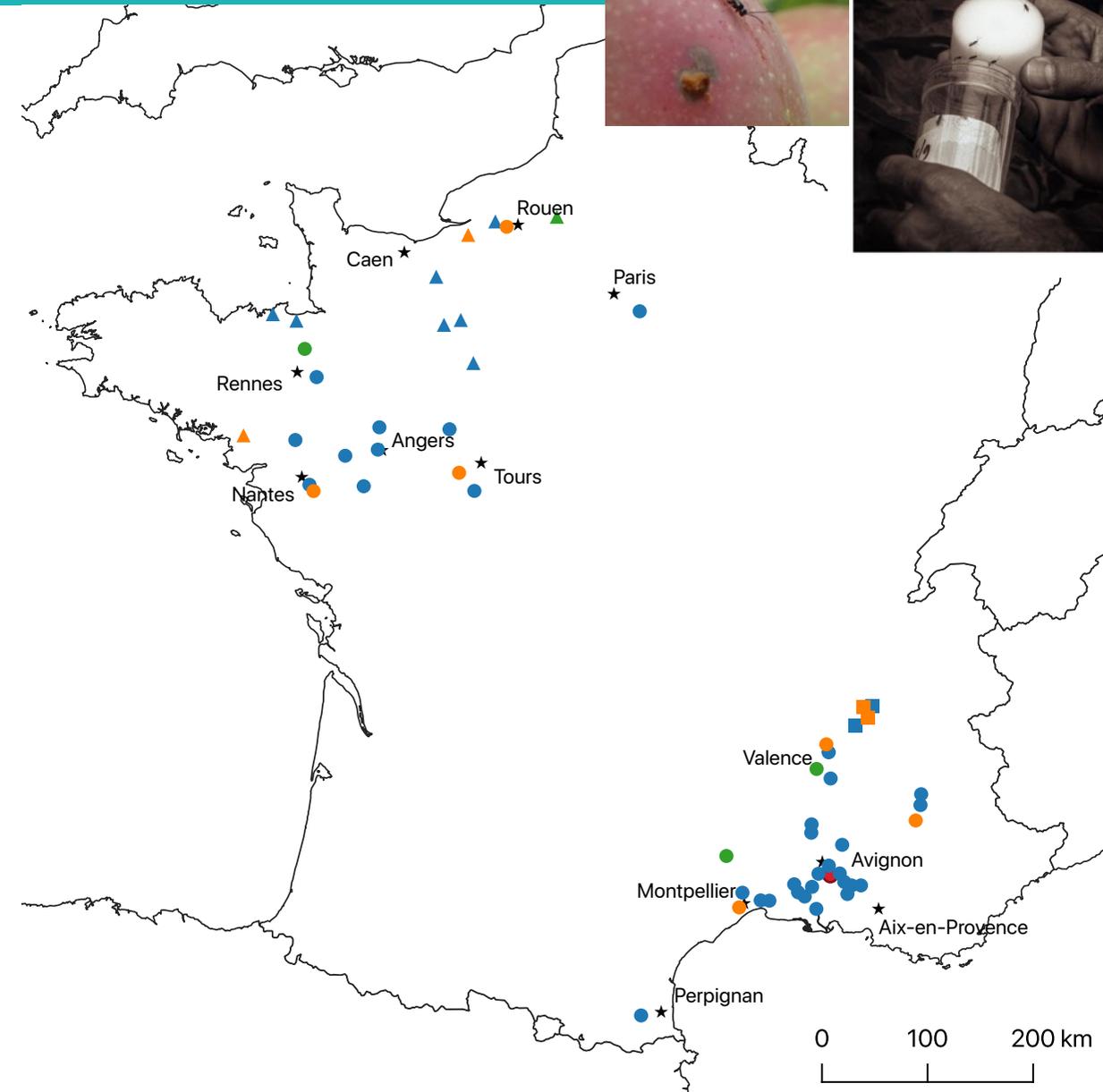
□ Noyers (1 site)

Résultats : Lâchers

2021 : + 22 sites

=> env. 24 000 *M. ridens* introduits

=> 57 sites de lâchers au total



1 site **H-HD** (3 000 ♀)

3 sites **M-HD** (600 ♀)

32 sites L-HD (200 ♀)

6 sites **L-LD** (200 ♀)

1 site **M-HD**

8 sites L-HD

2 sites **L-LD**

2 sites L-HD

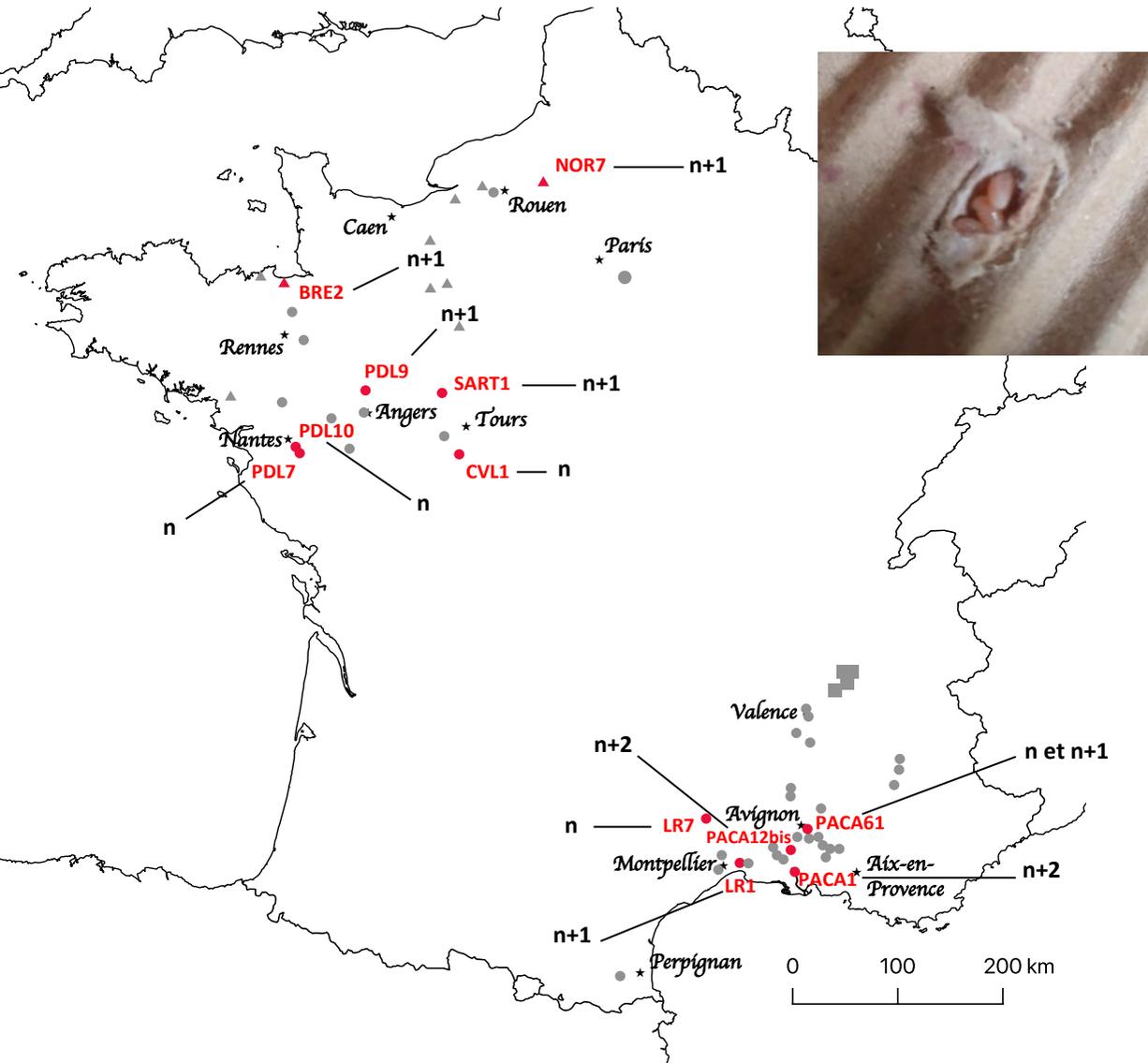
2 sites **L-LD**

○ **Pomme de table**
(42 sites)

△ **Pomme à cidre**
(11 sites)

□ **Noyers** (4 sites)

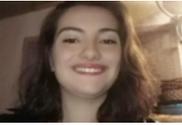
Résultats : Recaptures



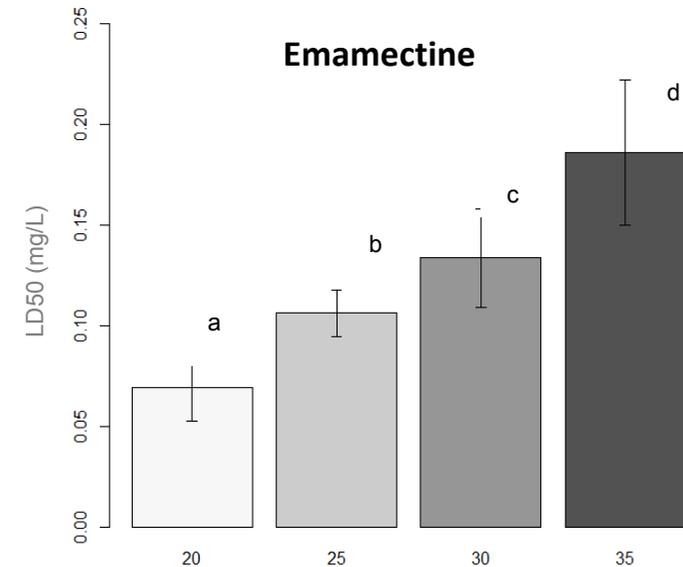
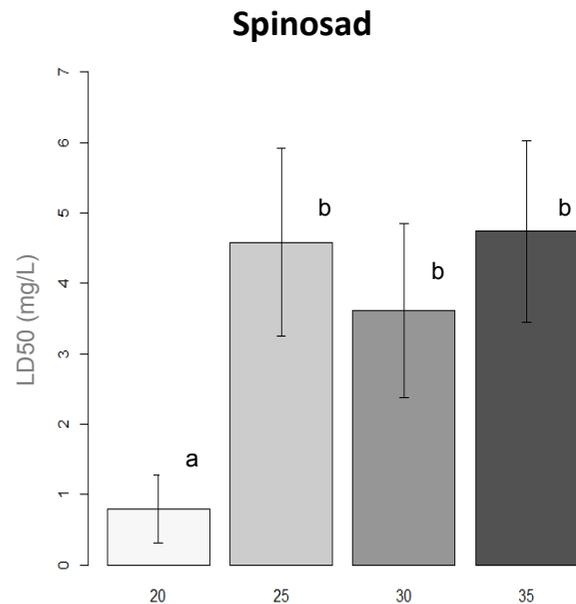
- *M. ridens* recapturé sur **12 sites** différents au total
- Mr recapturé sur des sites présentant des conditions pédoclimatiques / agronomiques différentes :
 - ⇒ 7 sites dans le Nord-Ouest / 5 sites dans le Sud-Est
 - ⇒ 10 sites « pomme de table » ; 2 sites « pomme à cidre »
- Faible probabilité de recapture à l'heure actuelle
 - ⇒ Densité de *M. ridens* encore faibles
 - ⇒ Dilution de la ressource (carpocapse) dans le paysage

Résultats : Ecotox

- Test de produits utilisés en arbo contre le carpo vis-à-vis d'adultes de *M. ridens* et à différentes températures

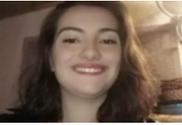


=> L'augmentation de la température réduit l'efficacité de certains produits testés vis-à-vis du carpocapse



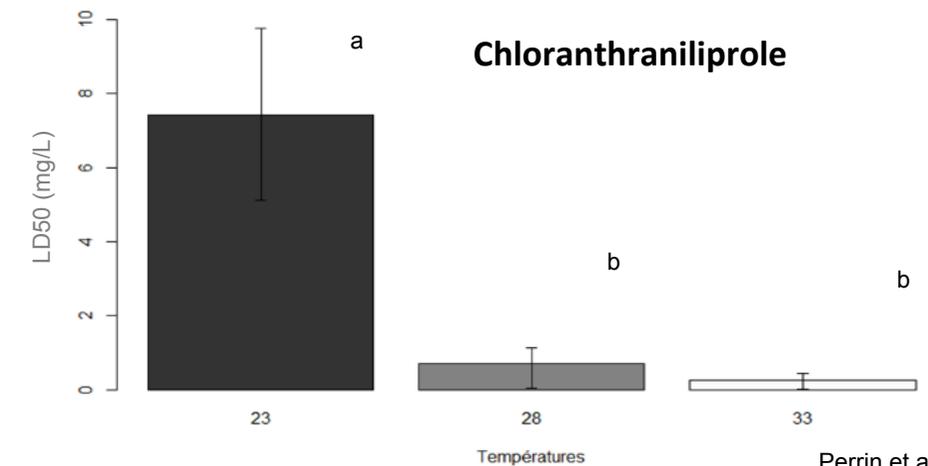
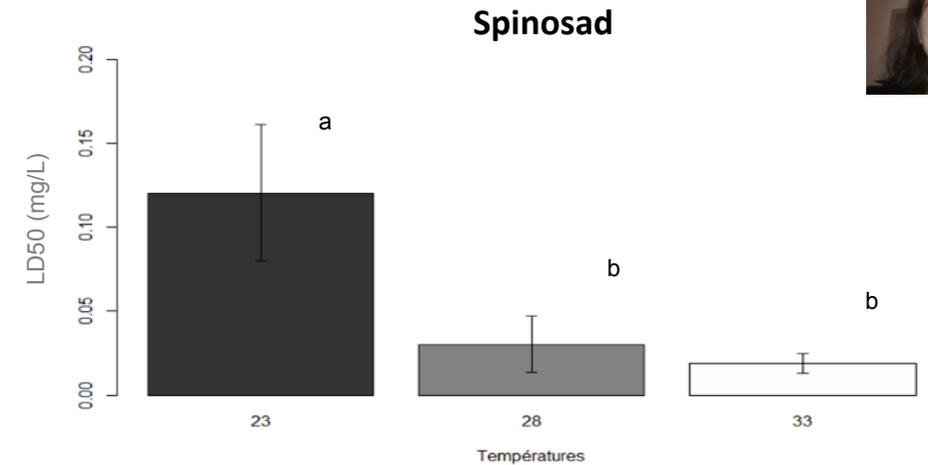
Résultats : Ecotox

- Test de produits utilisés en arbo contre le carpo vis-à-vis d'adultes de *M. ridens* et à différentes températures



=> L'augmentation de la température augmente la toxicité des produits testés vis-à-vis de *M. ridens*

=> Le Spinosad s'avère particulièrement toxique pour *M. ridens* !



Perrin et al. submitted

Perspectives

AAPN ECOPHYTO : Projet SUZoCARPO

2023-2025 (36 mois)

Développer des solutions innovantes de lutte biologique contre deux ravageurs majeurs : *Drosophila suzukii* et *Cydia pomonella*



- Primo-introduction de *Ganaspis cf. brasiliensis*

- Poursuite des suivis post-introduction de *M. ridens*

- Etudier les facteurs favorisant l'établissement, la dispersion et l'efficacité des parasitoïdes
- Evaluer la compatibilité de ces solutions avec les itinéraires techniques
- Proposer des recommandations pour favoriser le déploiement et l'intégration de ces solutions

Partenariat : INRAE (ISA, PSH, HORTI) ; CTIFL ; Chambre Agriculture 06 ; GRCETA ; IFPC ; La Pugère ; La Tapy ; SENURA ; SudExpé

Perspectives

⇒ Poursuivre les recaptures de *M. ridens*

⇒ Effectuer des lâchers complémentaires

⇒ Poursuivre la caractérisation de la toxicité de certains produits vis-à-vis de *M. ridens* (soufre, cuivre, huile de neem...) – Durabilité méthode (impact des résistances)

⇒ Poursuivre la mise au point d'une méthode de recapture utilisant les phéromones sexuelles de *M. ridens* (attraction des mâles)

[Février – août : stage M2 de Karolina Pecharova, en collab avec le CEFÉ de Montpellier]

