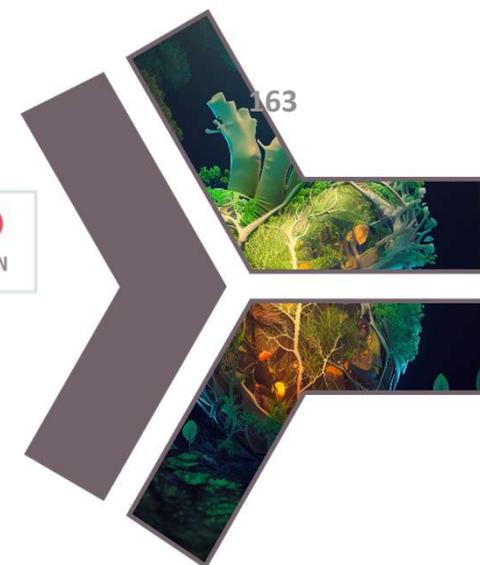




Carrefours de l'innovation INRAE  
Agriculture / Alimentation / Environnement

ÉCOPHYTO  
RECHERCHE & INNOVATION



# EXPLORA

EXpositions aux Pesticides :  
evaluer les effets différés des pesticides sur les  
Ouvrières et la Reine d' *Apis mellifera* : du gène à la colonie

• Freddie-Jeanne Richard, UMR Université de Poitiers / CNRS



# 01. Contexte, objectifs et caractère novateur du projet par rapport aux enjeux Ecophyto

*Justifier en quoi votre projet répond à la problématique de l'appel en aux enjeux Ecophyto ?  
Indiquer comment cela s'appuie sur ce qu'on sait de la littératures (2,3 papiers majeurs que vous utilisez et pourquoi)*



## Chute de biodiversité

---

Les insectes pourraient disparaître dans 100 ans

---

**40 %** des espèces d'insectes sont en déclin et un tiers sont menacées

---

- **98%** insectes à Porto Rico  
(en 35ans)

---

**75%** en Allemagne  
(zones protégées)

---

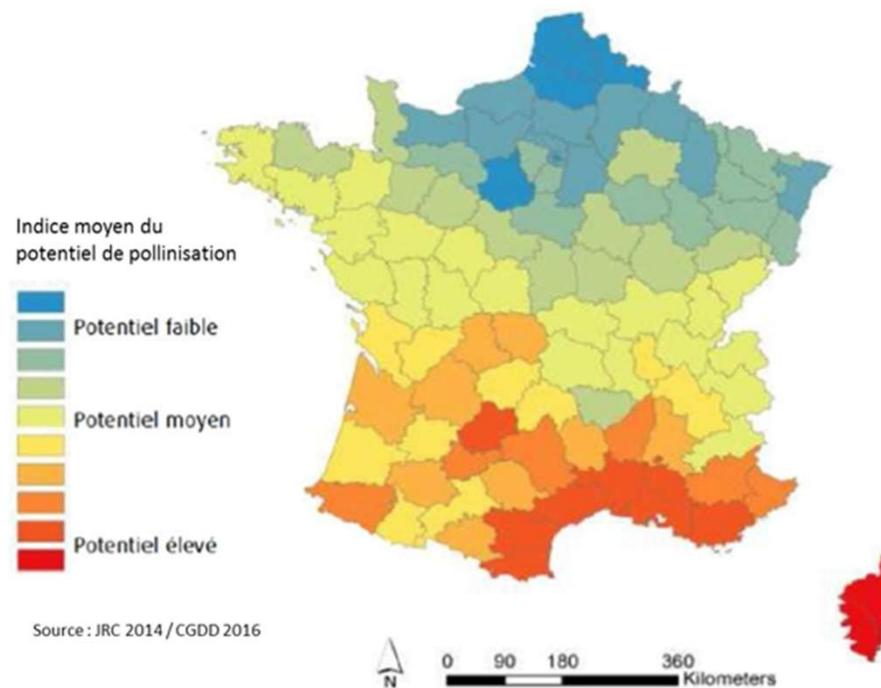
- **58%** espèces de papillon en Angleterre (2000-09)



## La pollinisation en danger

- Contribuent à la survie et à l'évolution de plus de 80% d'espèces végétales
  - Depuis 50 ans, le déclin semble s'accélérer préoccupation
    - Ecologique
    - Economique
- } Pertes de production végétale  
Pertes de biodiversité
- 1894 (23%) et 1926 (69%): faible récolte de miel
    - Météorologie défavorables: ↑ maladies adultes et couvains





## 2,3 - 5,3 milliards d'euros en France

Productions PACA : pomme 420 000t ; raisin de table 37 000t ; cerise 18 000t ; poire 100 000t ; pêches et nectarines 120 000t ; abricot 26 000t et fraise 4 500t .... (ANEFA)



Commissariat général au développement durable, 2016

# Pesticides



# Pesticides



Fongicides



Mollusquicides



Insecticides

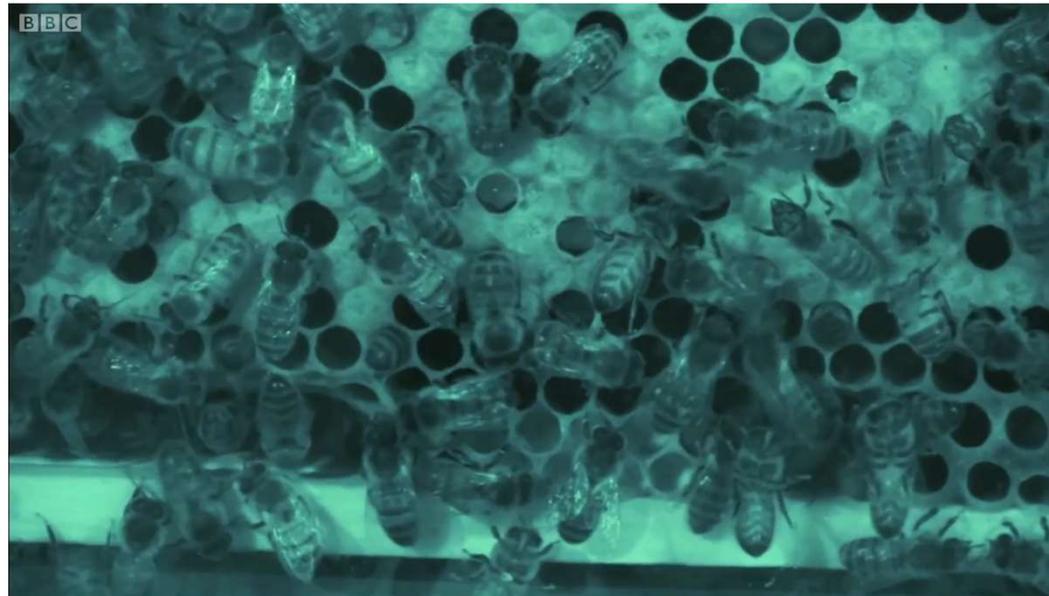


Rodenticides



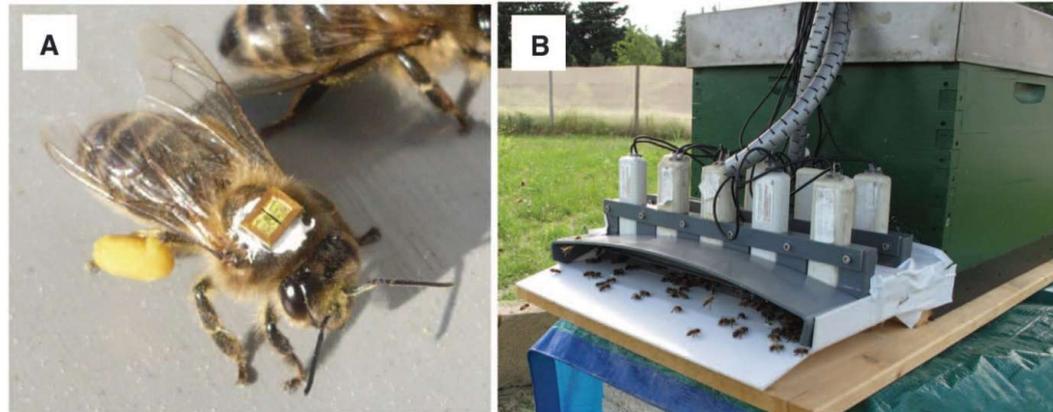
## Effets sublétaux des pesticides

- le développement (*Yang et al 2020*)
- l'immunité (*Collison et al 2016*)
- la communication (*Tison et al 2016*)



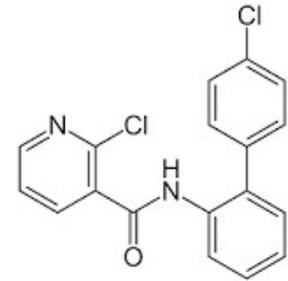
# Effets sublétaux des pesticides

- le développement (*Yang et al 2020*)
- l'immunité (*Collison et al 2016*)
- la communication (*Tison et al 2016*)
- la cognition (*Papach et al., 2017*)
- le butinage (*Henry et al 2012*)



*Henry et al 2012*

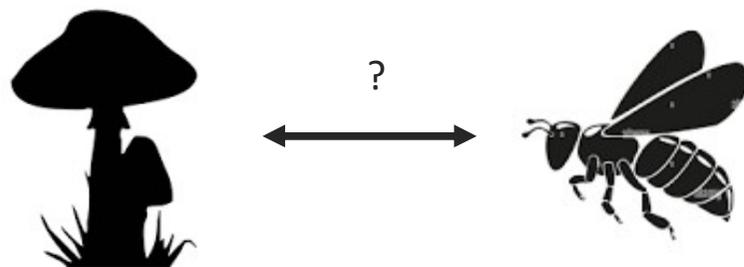
## fongicide - Boscalid



- contre la pourriture brune, la moisissure grise...
- dans les vergers, sur le colza...
- à forte dose ( $DL_{50}$  orale élevée > 166  $\mu\text{g}$ /abeille)
- dans des dizaines de solutions commerciales  
(e.g Pristine, PICTOR PRO...)

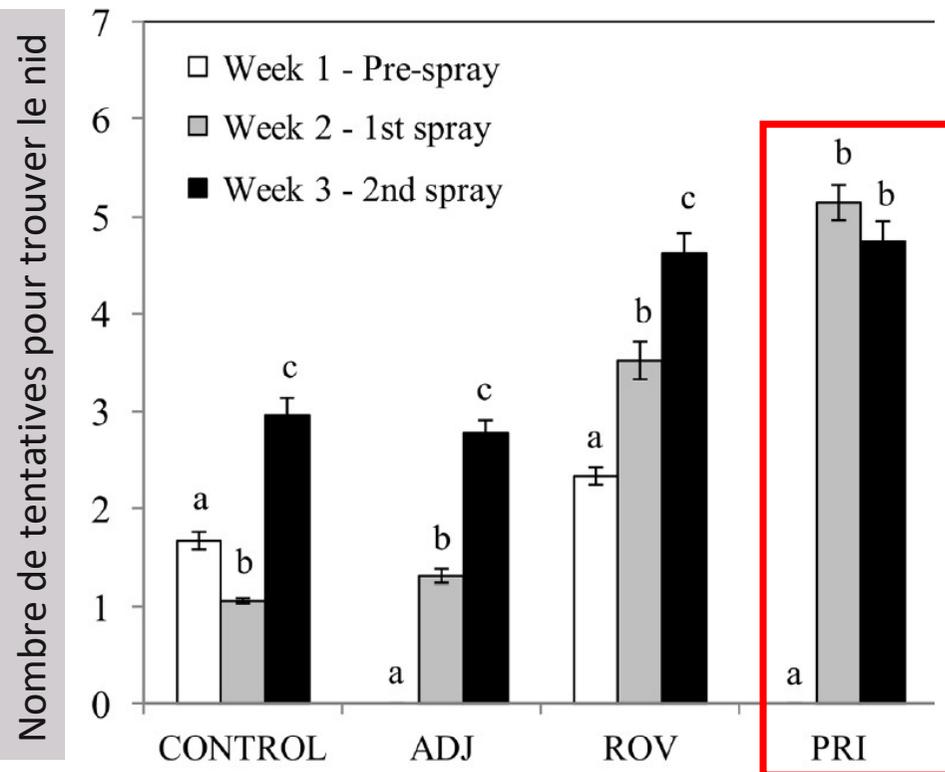
Action : inhibiteur de la production d'ATP





## Effets du Boscalid

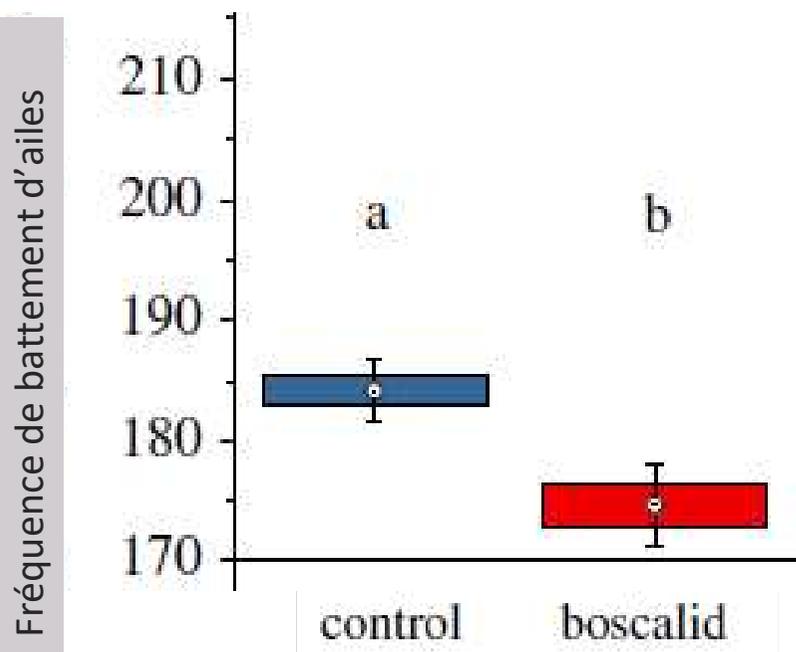
→ Boscalid – inhibiteur de la production d'ATP



**Diminue la capacité à retrouver son nid chez une abeille solitaire**  
(Artz et al 2015)

## Effets du Boscalid

→ Boscalid – inhibiteur de la production d'ATP

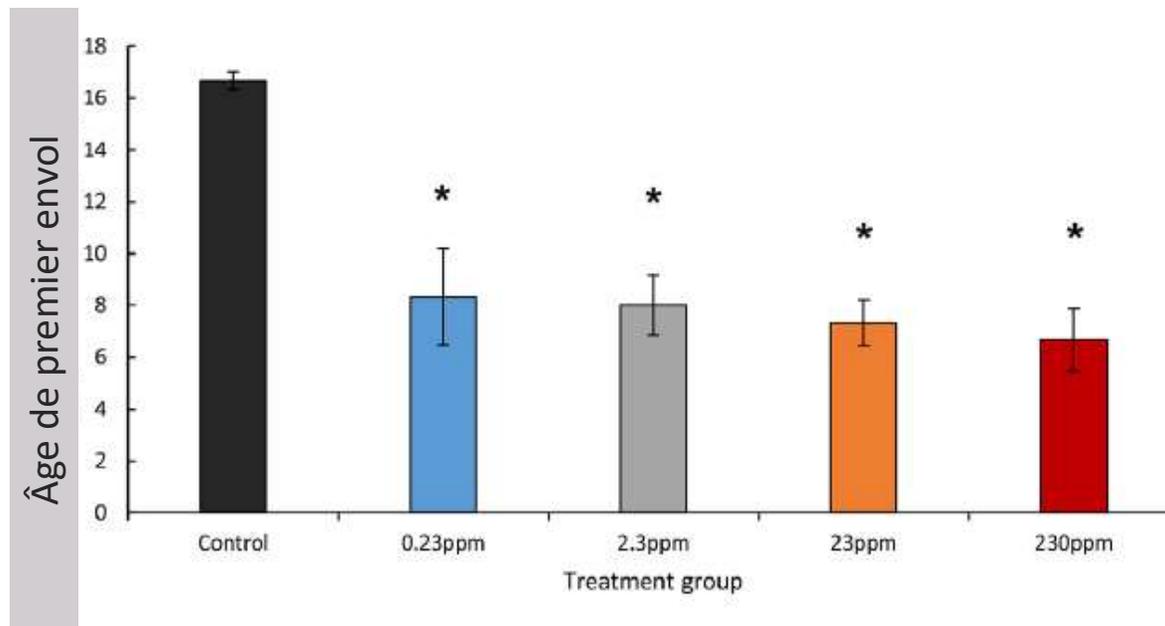


**Diminue la capacité de vol des ouvrières** (*Liao et al 2019*)

## Effets du Boscalid

→ Boscalid – inhibiteur de la production d'ATP

**Diminue l'âge de premier envol chez les ouvrières** (*Fischer et al 2021*)



## 02. Consortiums et partenaires du projet



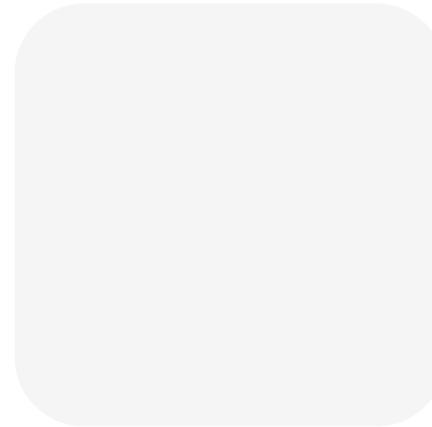
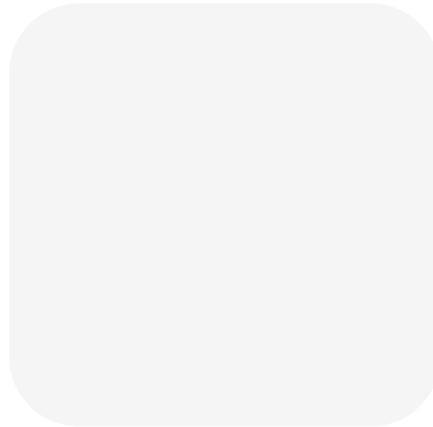
FJ Richard



FJ Richard



Pierrick Aupinel



# EXPLORA

- Impact des produits phytopharmaceutiques sur une espèce non-cible (fongicides – dont SDHI et insecticides)
- Doses réalistes – environnementales
- Evaluation des effets indirects à des doses sublétales sur les traits d'histoire de vie et la physiologie
  - Ouvrières - de la naissance à la mort
  - Reines - de l'émergence à la reproduction

Identifier des PPP affectant la santé des pollinisateurs via l'abeille à miel.



F-J Richard



## 03. Hypothèse(s) et méthodologie(s) mises en place

*Expliciter l'implication de chaque partenaire dans les différentes tâches du projet*

**Un point de déception** (et votre analyse) verrous technique ou scientifique ou organisationnel (si c'était à refaire que feriez-vous différemment)



# 03. Hypothèse(s) et méthodologie(s) mises en place

*Expériences de terrain: INRAE-Le Magneraud*

*Expériences de laboratoire: Lab EBI Univ de Poitiers UMR CNRS*



## 04. Principaux résultats finaux

*Donner votre analyse de comment ces résultats peuvent-ils diminuer le recours aux produits phytosanitaires ou diminuer leur impact.*

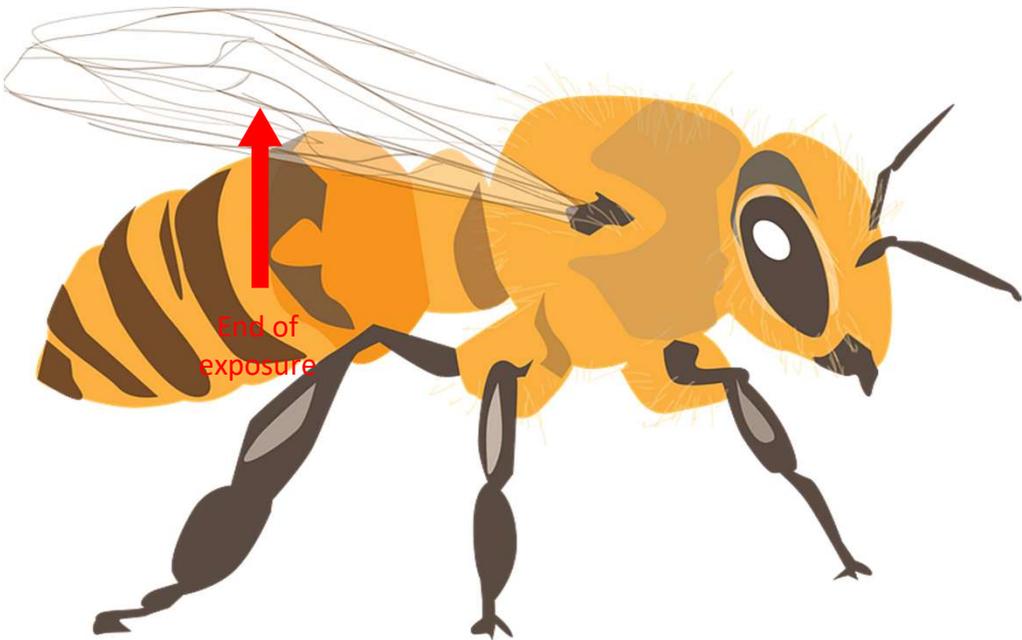


## Première partie

### Impact du boscalid sur la physiologie et l'activité des ouvrières

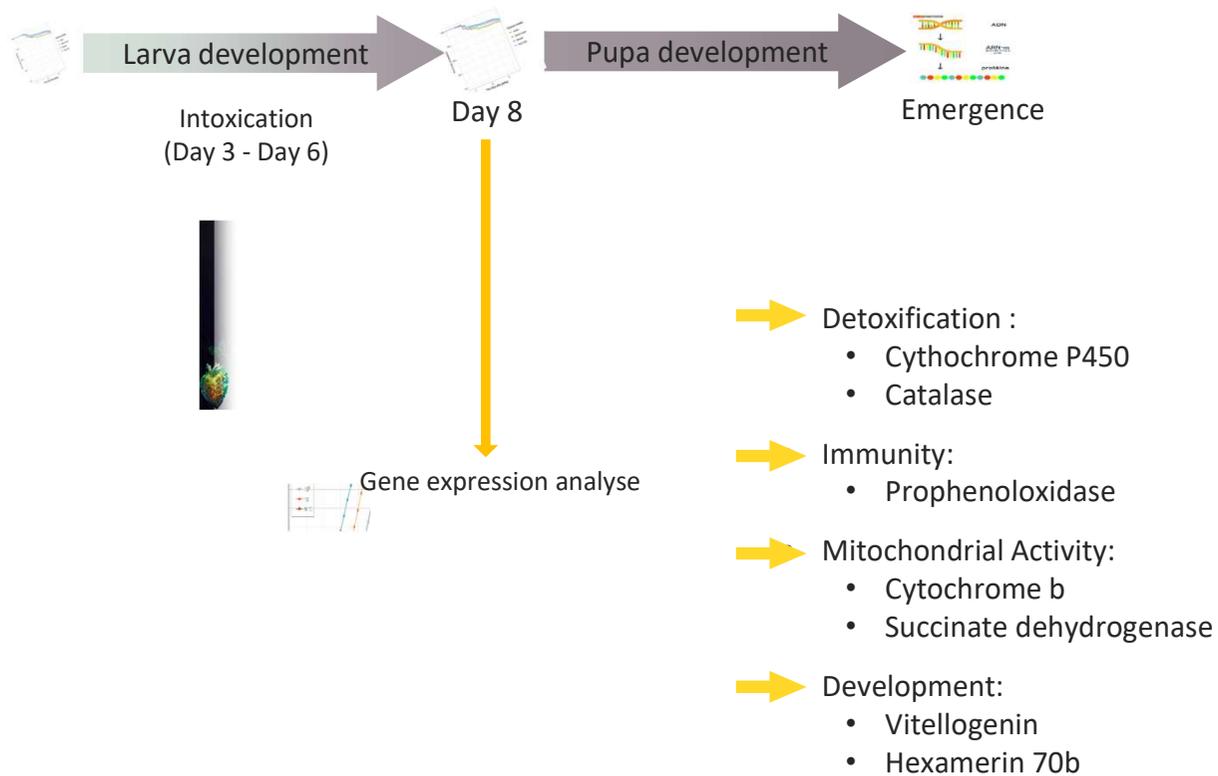


# Mortalité larvaire



Pas d'effet sur la mortalité

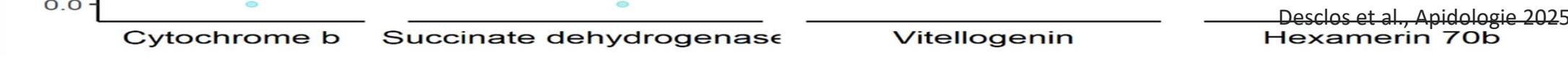
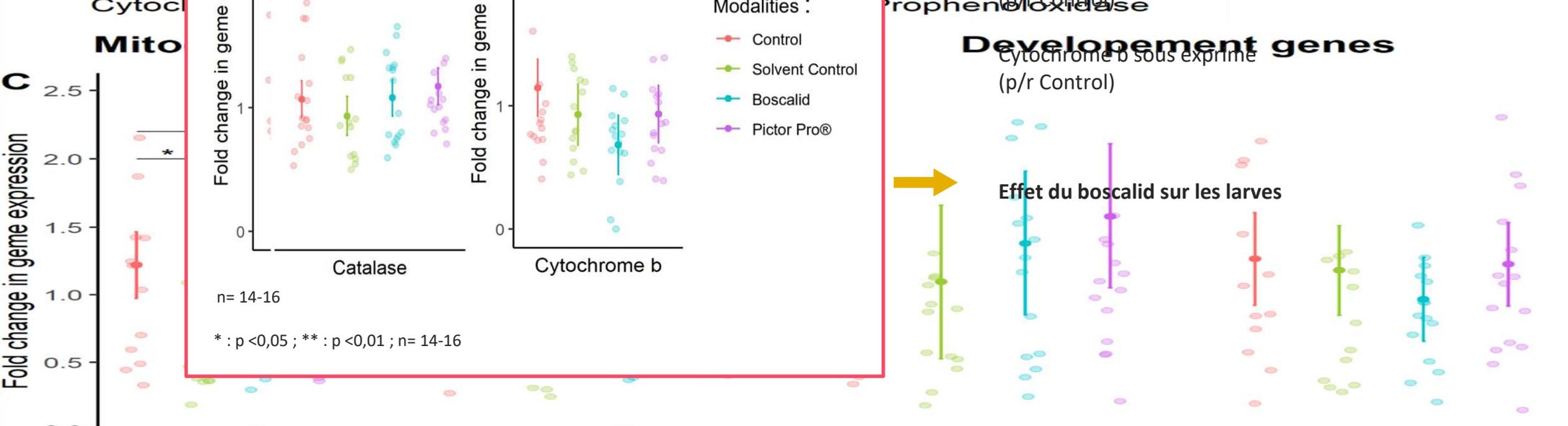
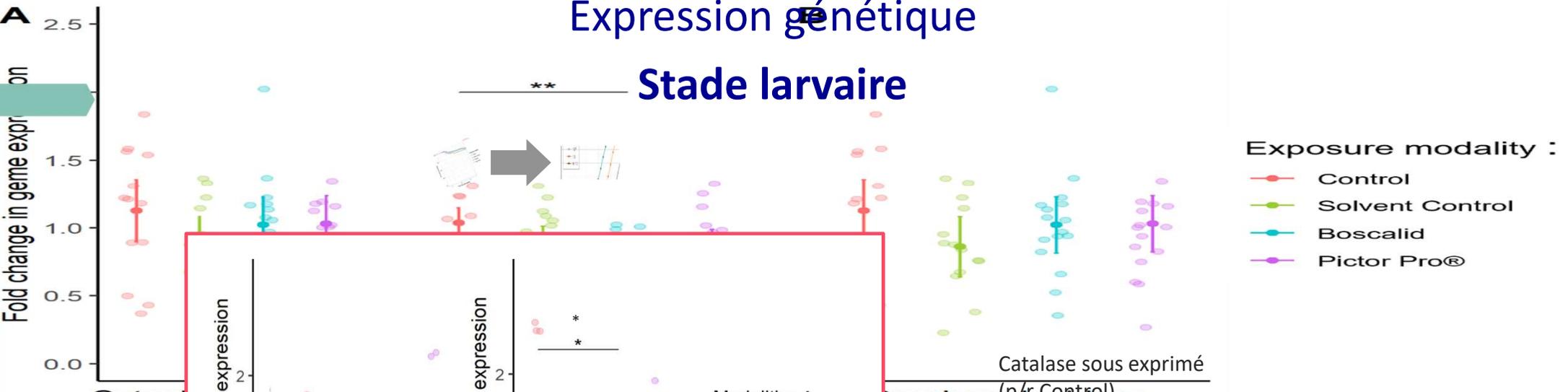
# Exposition chronique



### Detoxification genes

### Immunity gene

Expression génétique  
Stade larvaire

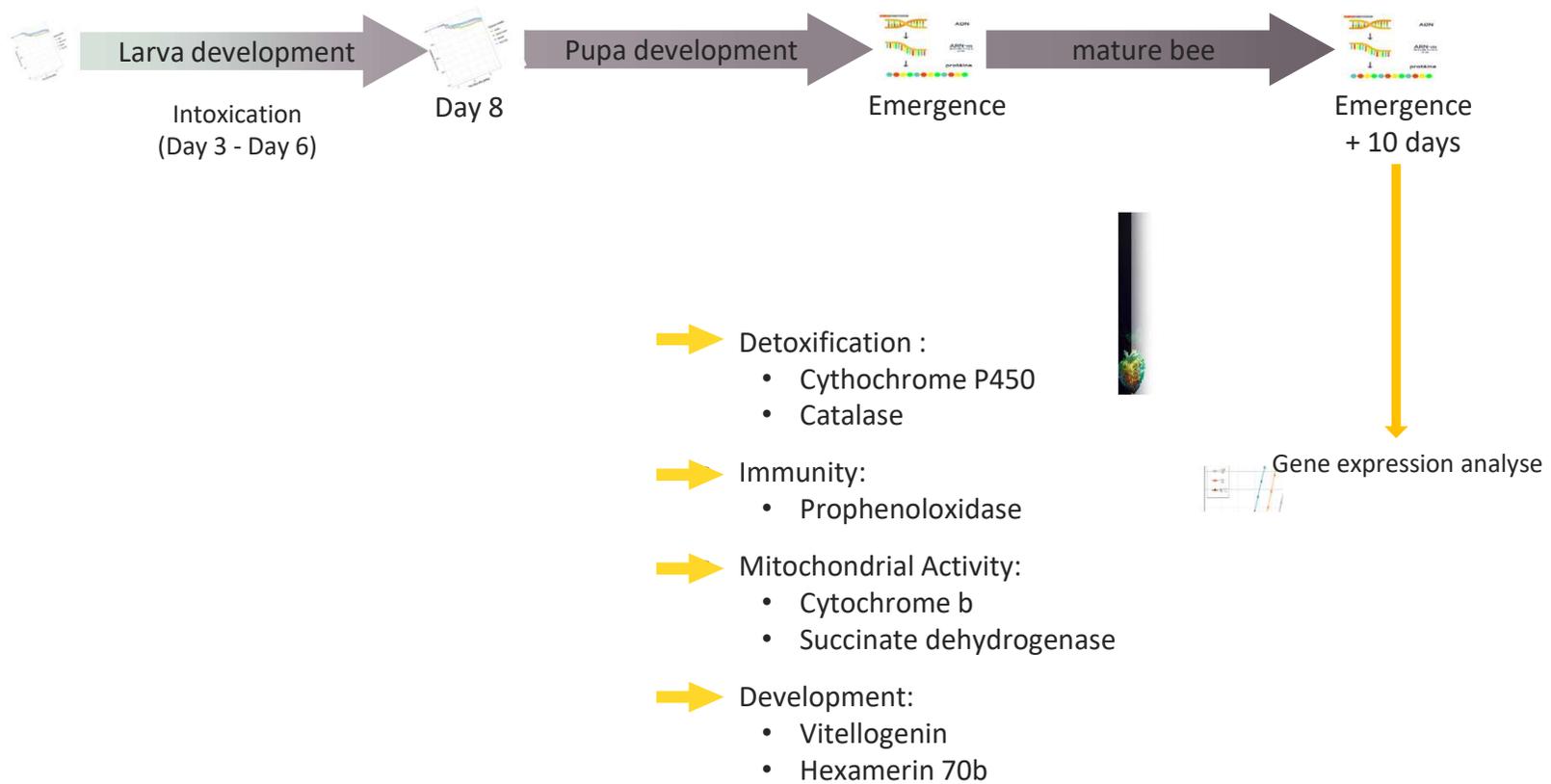


n= 14-16  
\* : p < 0,05 ; \*\* : p < 0,01 ; n= 14-16

Catalase sous exprimé (p/r Control)  
Cytochrome b sous exprimé (p/r Control)

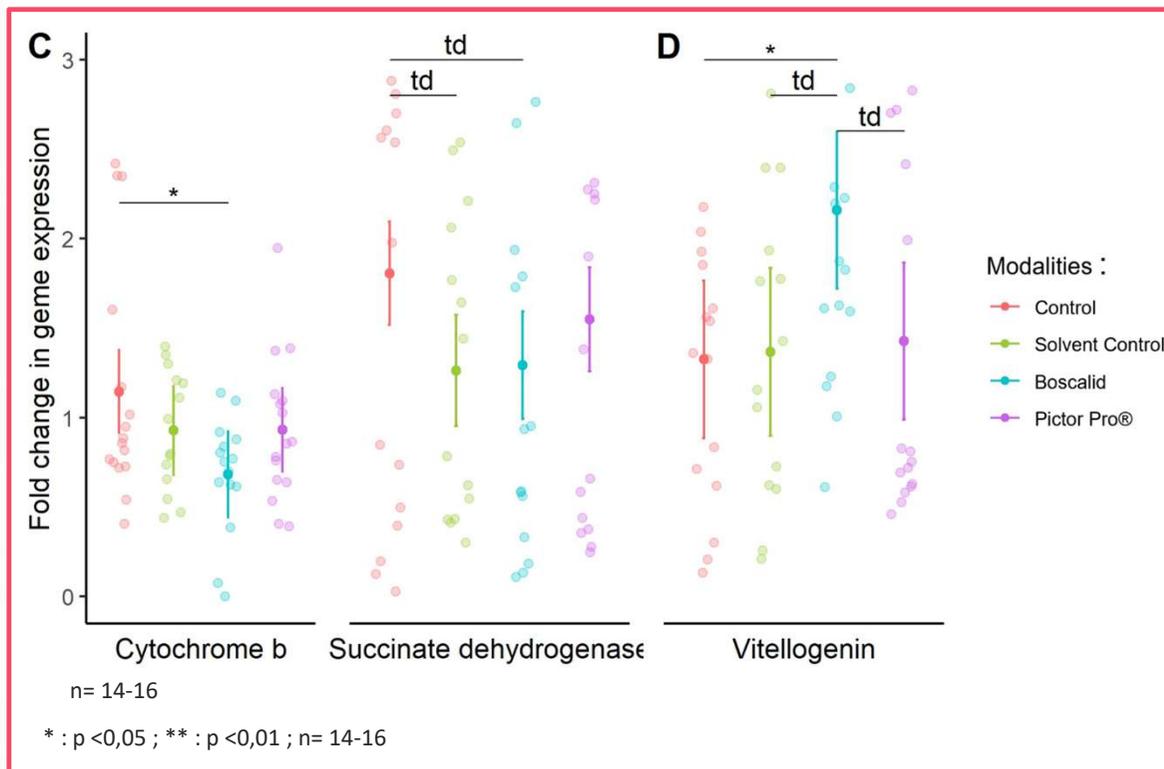
Effet du boscalid sur les larves

# Exposition chronique



# Expression génétique

## Stade adulte



Cytochrome b sous exprimé in Solvent Control and Boscalid

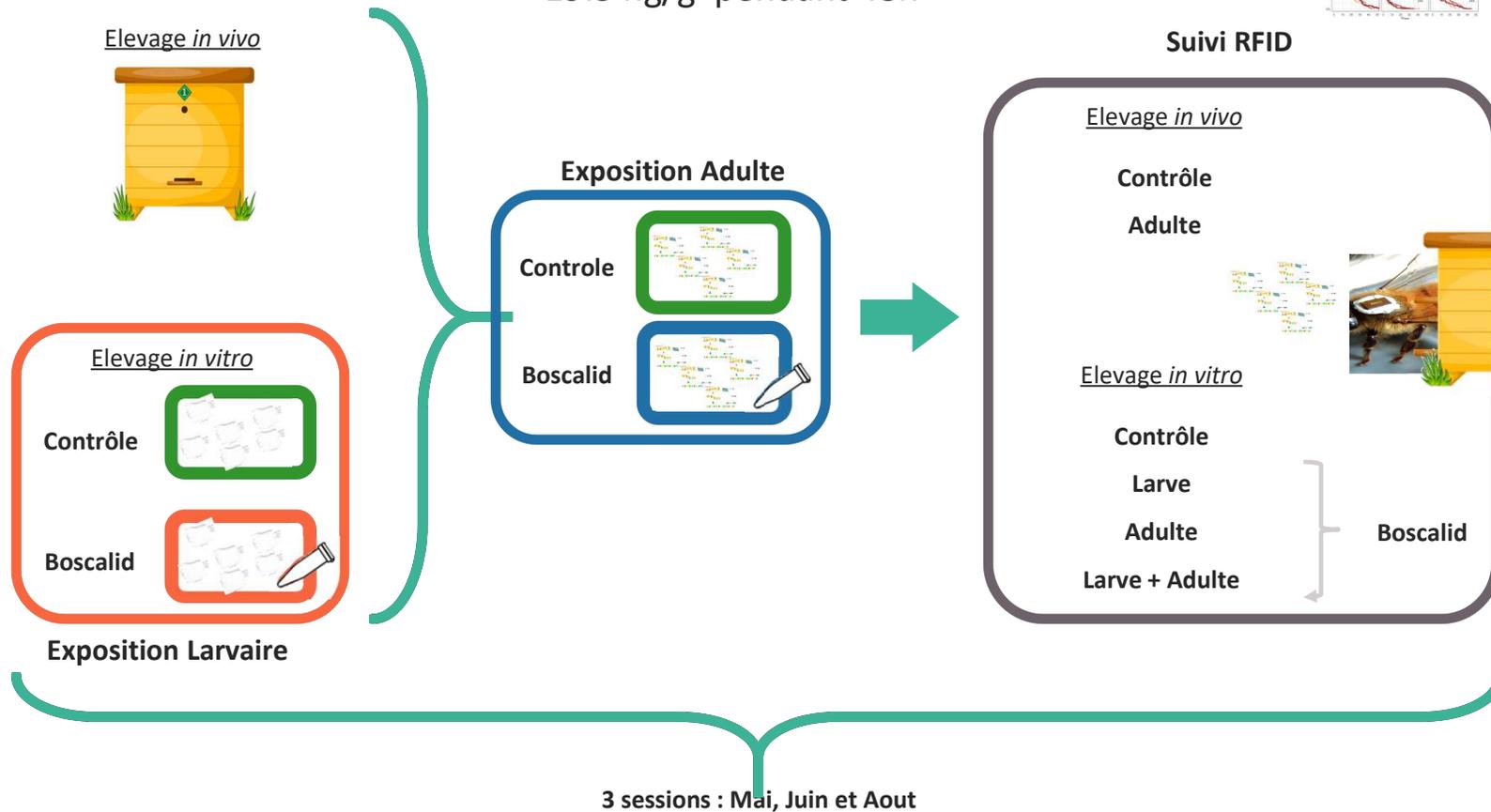
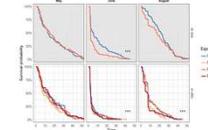
Succinate dehydrogenase tend à être sous exprimé pour Solvent Control et Boscalid

Vitellogenin sur-exprimé pour Boscalid

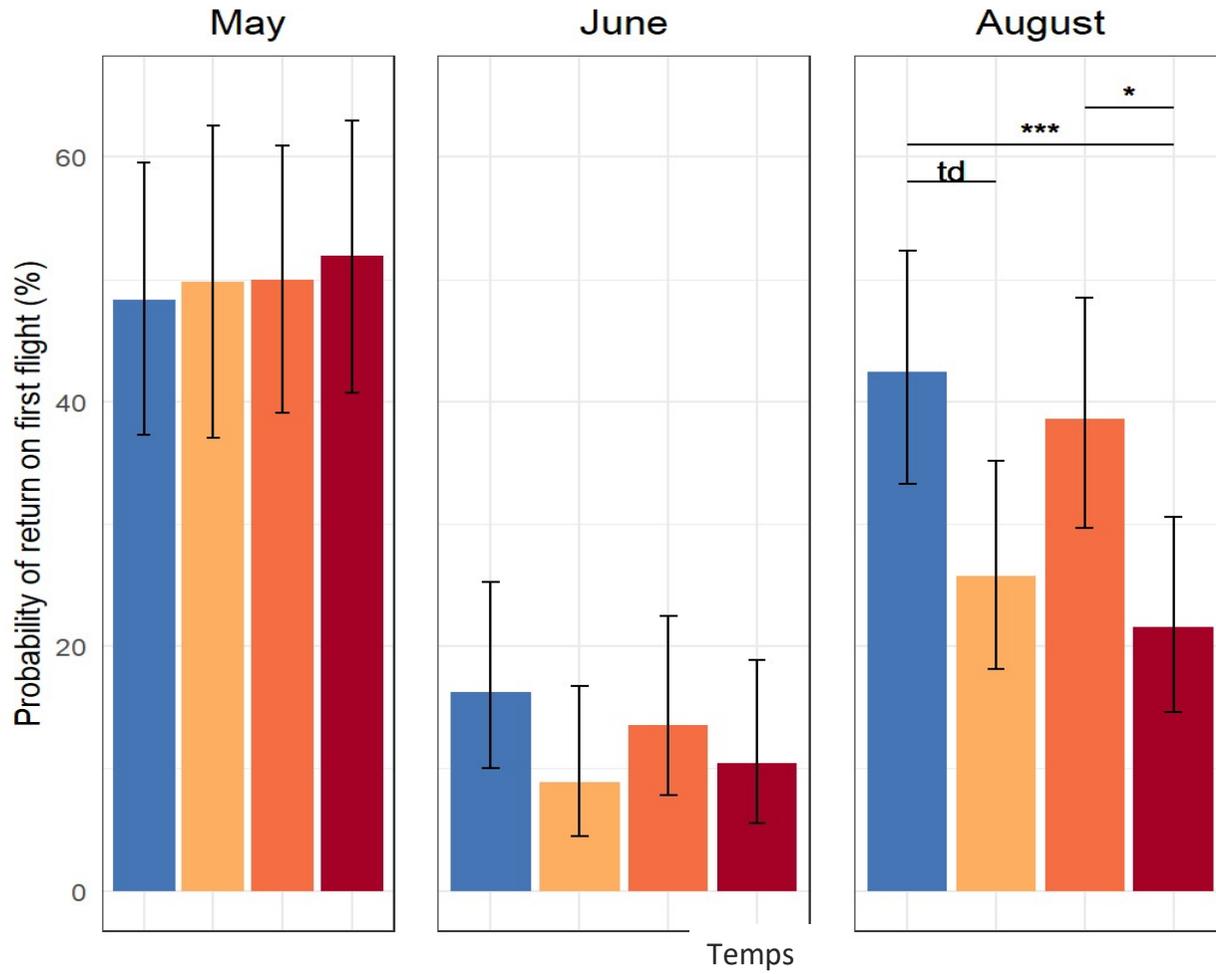
# Approche expérimentale

## Effet du boscalid

19.5 ng/g pendant 48h



# Taux de survie dans la ruche



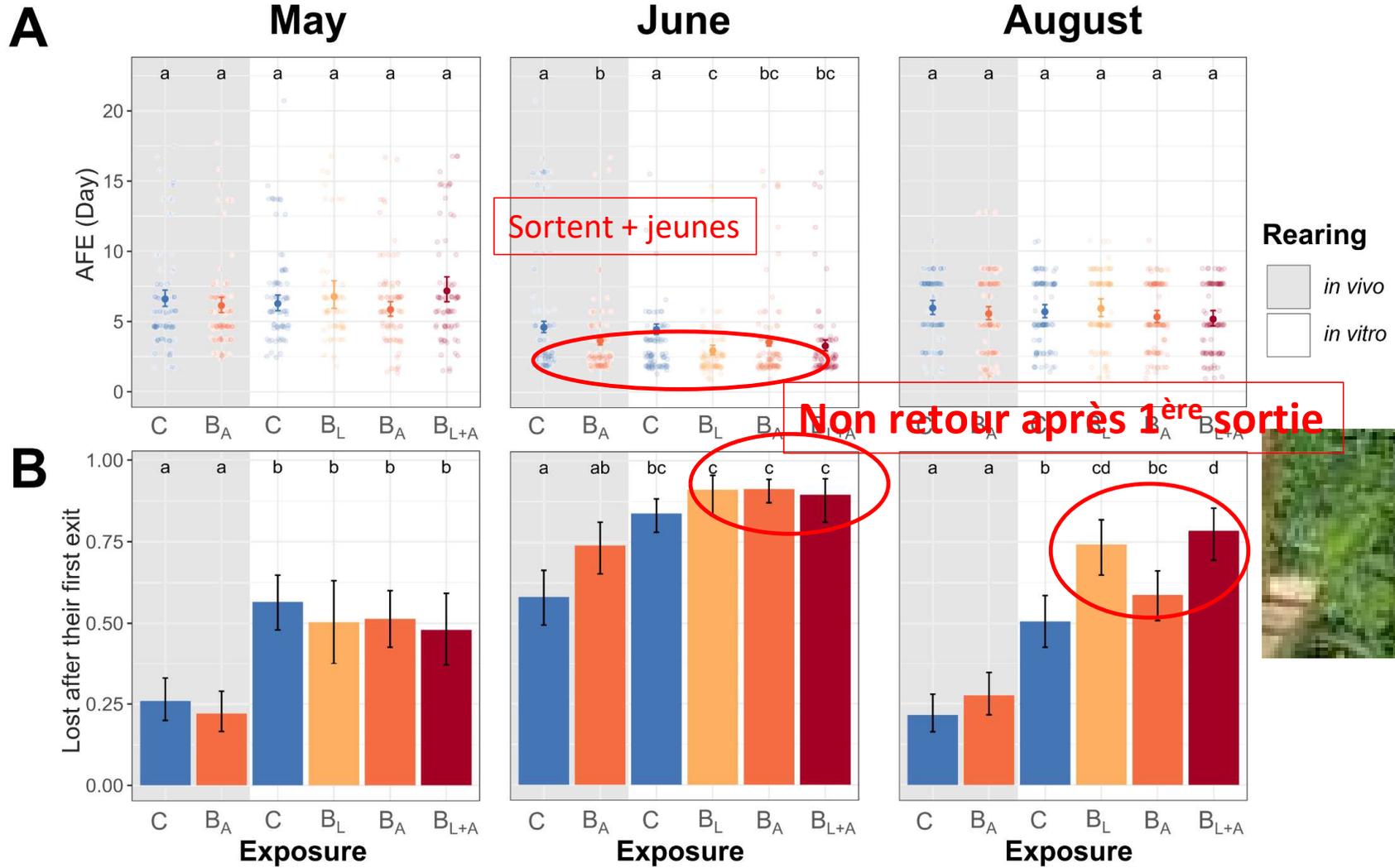
Réduction de la durée de vie en juin  
de toutes les abeilles



modalité  
■ Control  
■ Larvae  
■ Emergence  
■ Larvae

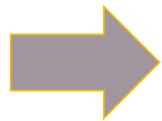
Month	Control	Larvae	Emergence	Larvae
May	~48	~50	~50	~52
June	~16	~9	~13	~10
August	~42	~26	~38	~21

# Succès du premier vol



# Conséquences de l'exposition au boscalid sur les ouvrières

- Délai d'émergence
- Diminution de la durée de vie : 29,9%
- Age de première sortie : précoce 1,5 jours
- Non retour après 1<sup>ère</sup> sortie : x1,4
- Simulation : effets accrue exposition printemps
  - - réduit taille population
  - - réduit production miel



➔ Cumul d'effets non létaux

## Seconde partie

### Impact du boscalid sur les reines



## Effets sublétaux des pesticides

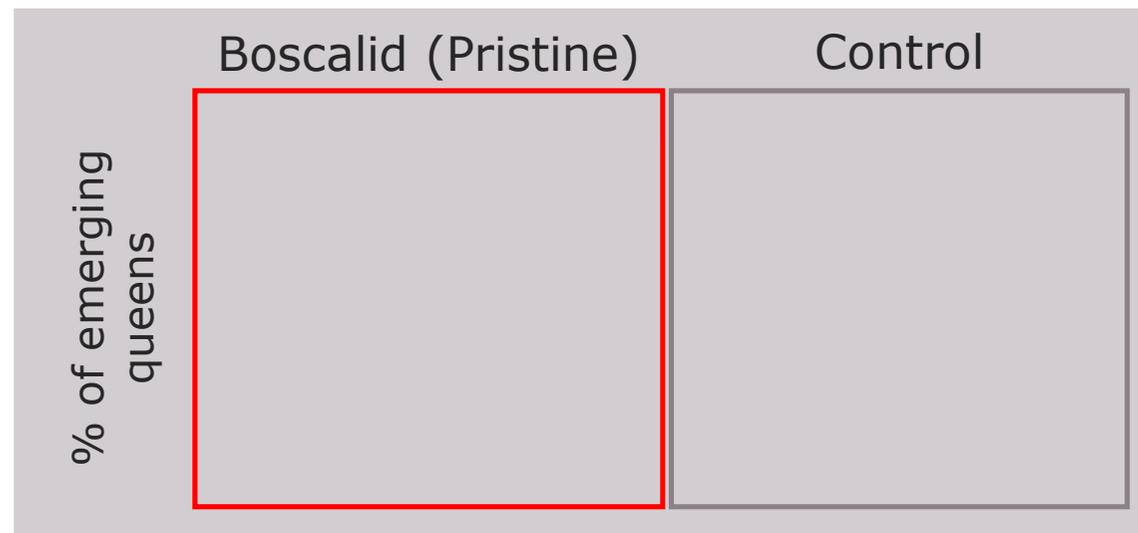
- le développement (*Yang et al 2020*)
- l'immunité (*Collison et al 2016*)
- la communication (*Tison et al 2016*)
- la cognition (*Papach et al., 2017*)
- le butinage (*Henry et al 2012*)
  - *capacité de vol*
  - *mémoire*
  - *orientation*
- la reproduction ?

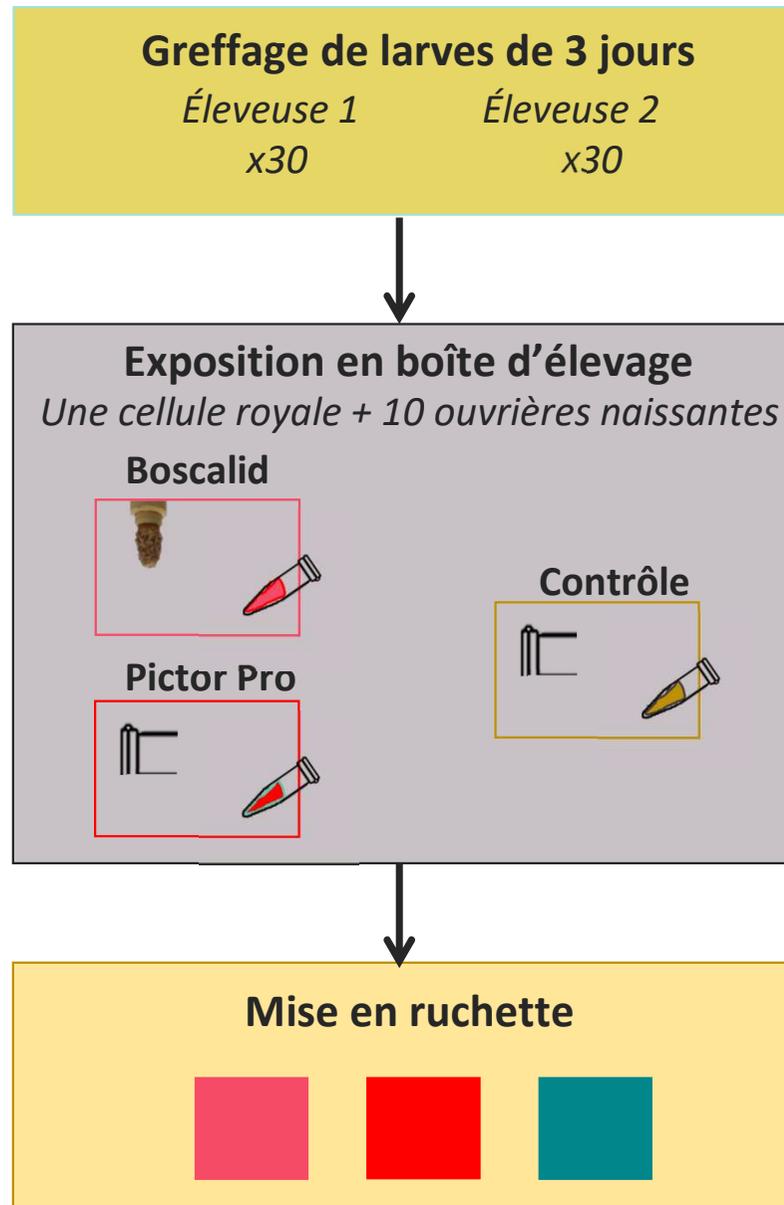
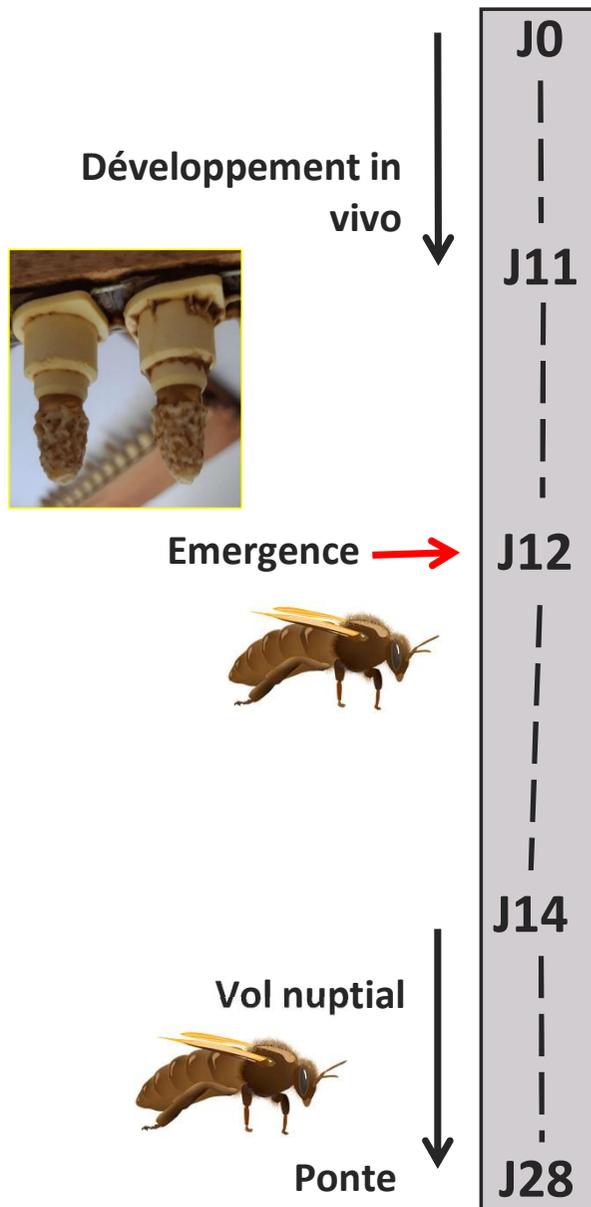
*Un seul être vous manque  
et tout est dépeuplé.*

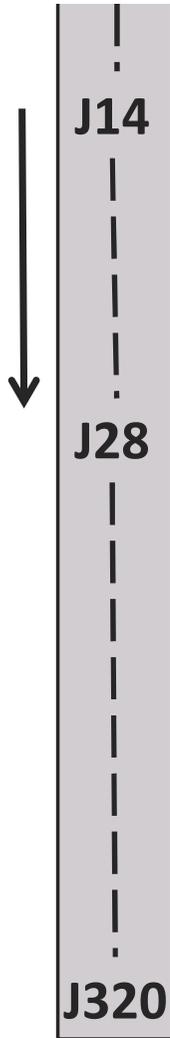


## Effets du Boscalid

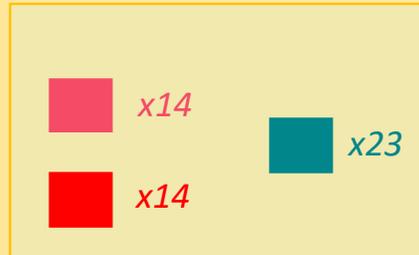
- Effets crucial sur les traits des ouvrières...
- ...mais 2 études sur les reines
  - Pas d'effets sur le développement ni la survie  
(*Johnson & Percel, 2013*)
  - Diminution succès d'émergence  
(*Degrandi-Hoffman et al., 2013*)







Mise en ruche



Mesures de qualité de la colonie

Productivité : quantité d'adultes, de réserves, de couvains

*Une fois par mois -> juin à septembre*

Activité des butineuses (août)

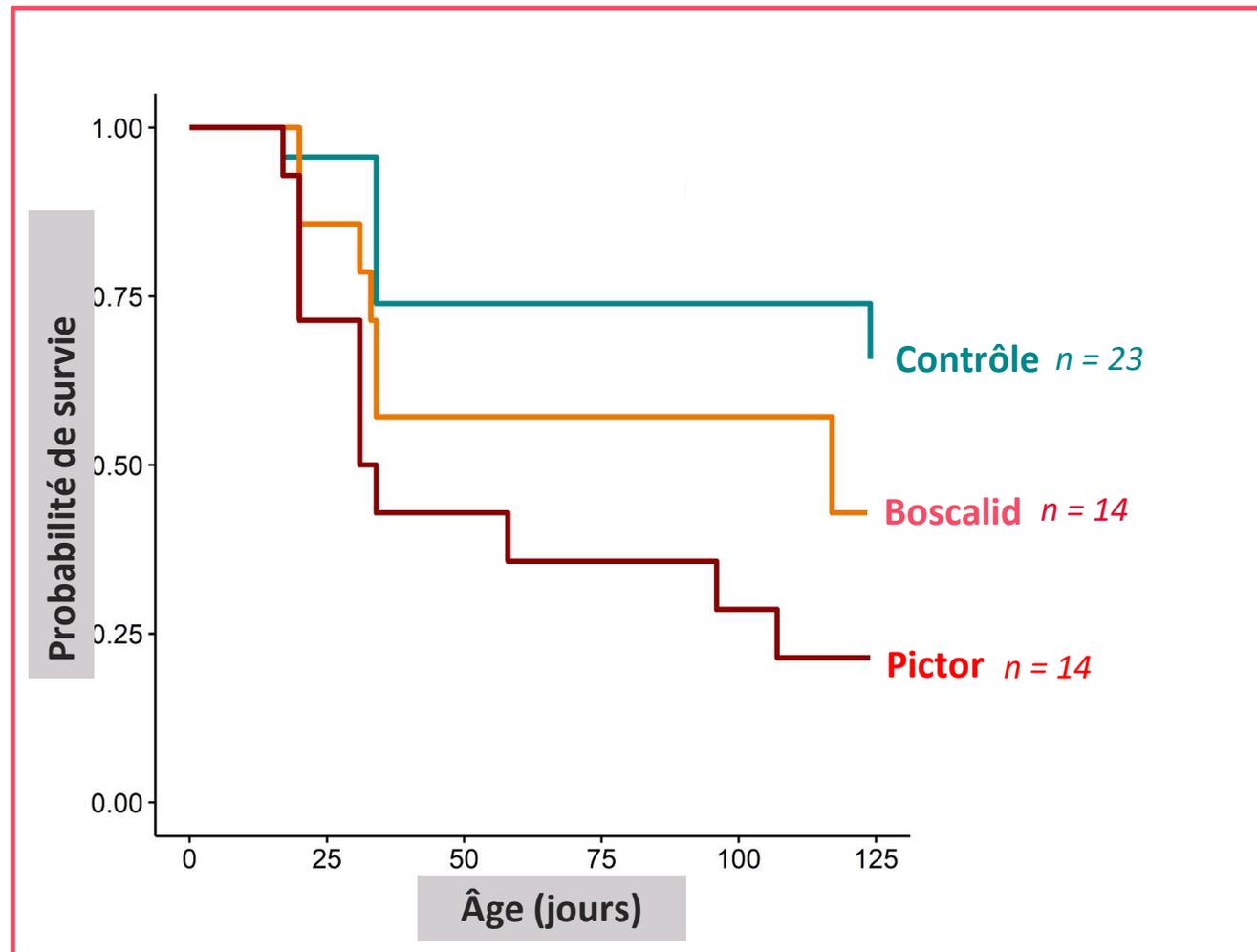
Intensité de varroas (août)

Suivi à long terme

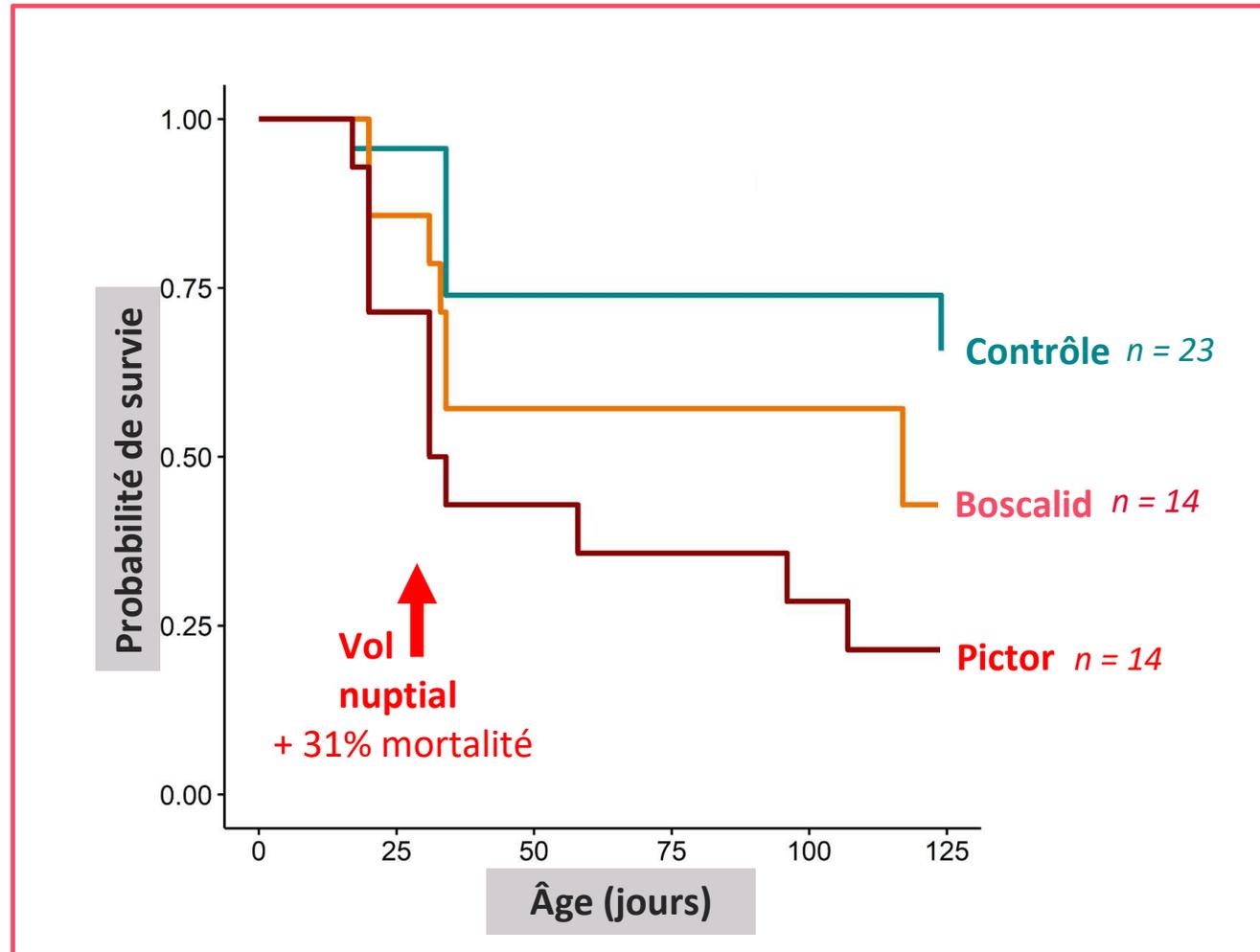


Mesures physiologiques

Les reines exposées au Pictor avaient plus de risques de mourir que les reines contrôles ( $p = 0.004$ )



Les reines exposées au Pictor avaient plus de risques de mourir que les reines contrôles ( $p = 0.004$ )



# Exposition des reines au boscalid

Exposition des reines  
(48h post-émergence)

**Contrôle**



**Boscalid**



**Pictor Pro**



## Qualité reproductive des reines

- Mortalité
- Nombre spermatozoïdes (spermathèque)
- Diversité génétique (polyandrie)

➔ Effet **négatif** du boscalid

## Expression de gènes

*qPCR (ovaire, corps gras, cerveau)*

- Détoxification
- Immunité
- Stockage
- Cognition

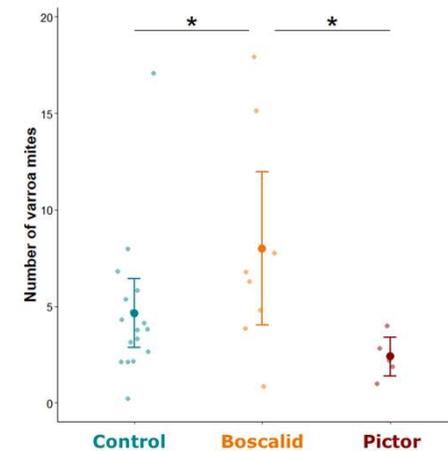
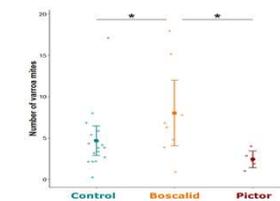
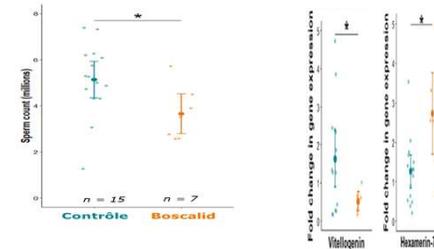
➔ Effet du **boscalid** uniquement sur les gènes impliqués dans le stockage

## Performances de la colonie

*Suivi à long terme*

- Productivité
- Présence de parasites (varroas)

➔ Moins de couvain ouvert, accumulation anormale de pollen  
Plus de Varroa



# Conséquences de l'exposition au boscalid des reines émergentes

- Diminution du succès des vols d'accouplement
- Diminution de la qualité reproductive de la reine
- Effets négatifs au niveau de la colonie

➔ **Une courte exposition au boscalid a un impact négatif sur les performances de la reine et de sa colonie à long terme**

Pineaux M, Grateau S, Lirand T, Aupinel P, Richard F-J., 2023. Honeybee queen exposure to a widely used fungicide disrupts reproduction and colony dynamic. **Environmental Pollution.**



## 05. Transfert & valorisation de ces résultats

*Comment ces résultats ont été transféré et auprès de qui ? Quelles perspectives de valorisation à venir  
Comment ces résultats peuvent-ils venir appuyer les utilisateurs et les politiques publiques : Quelles  
possibilités de transfert ? Quels verrous de transfert ?*



# 05. Transfert & valorisation de ces résultats

**3 publications scientifiques:** Pineaux M., et al., 2023. **Environ. Pollution**; Desclos Le Peley et al., 2024 **Environ Toxicol Chemistry**; Desclos Le Peley et al., 2025 **Apidology**

- 2 publications soumises, 4 en préparations

## Congrès scientifiques

- **6 internationaux** : Eurbee, Slovénie 2022, oral ; Intl Branch Entomol Soc America 20023; 2nd Intl Congress on bee sciences 2023; Intl Congress Ecology and Evolution Lyon 2024
- **10 nationaux** : SFECA Clermont-Ferrand 2022 & Tours 2023, poster & oral ; Université d'été OHMI, REID 2023; IUSSI –SF; GRFP Lyon 2024
- **Workshop**: ENI-BC+ Avignon 2022, & Toulon 2023

## • Grand public

- **6 Articles**: Actualité INEE CNRS (2023); The conversation, Abeilles et fleurs, La santé de l'abeille; Pollinis
- **Radio**: RCF; France Culture

## • Interventions Apiculteurs

- 2<sup>ème</sup> Congrès Intl Apiculture et Apithérapie Tours 2024; 44<sup>ème</sup> congrès FNOSAD Périgueux 2023

## • Interventions grand public

- **18 conférences** (F-J Richard) inaugurale de la Fête de la Science, médiathèques, Univ IA, AMOPA, Associations (linier, Aunac, Limoges, Poitiers; Mayenne...); webinaire; Espace des sciences à Rennes.
- Autres actions (V. Desclos) MT 180 secondes, pint of sciences Poitiers, interview 7 à Poitiers



## 07. Perspectives issues du projet

*Préciser les enseignements issus du projet, les nouvelles questions scientifiques / les nouveaux besoins de recherche à l'issue de ses résultats*



## 07. Perspectives issues du projet

### *Complexité et Forte variabilité des effets selon*

- *Les colonies*
- *La saison (conditions abiotiques)*
- *Le stade de développement*
- *A court ou long terme*

*L'ensemble de ces informations montrent qu'une vision binaire et à court terme de l'impact des pesticides n'est pas représentative de leurs effets sur les espèces non-cibles.*

### *Effets de cocktails*

### *Proposer des nouveaux tests AMM*



# Remerciements

*Vous pouvez mettre une photo de votre équipe  
(sous réserve d'avoir l'accord de diffusion des membres)*





# Project **EXPLORA (PI- FJ Richard)** – **Financed by National Program Ecophyto II+**

EBI UMR CNRS 7267  
Université de Poitiers

Unité APIS  
INRAE Le Magneraud



**Freddie-Jeanne.Richard@inrae.fr**

MERCI DE VOTRE ATTENTION



© F-J Richard