

Résistances de *Varroa destructor* aux acaricides : conséquences sur l'efficacité des traitements

Application au tau-fluvalinate et à l'amitrazé

Gabrielle ALMECIJA, doctorante
Encadrants : Christelle Suppo & Benjamin Poirot

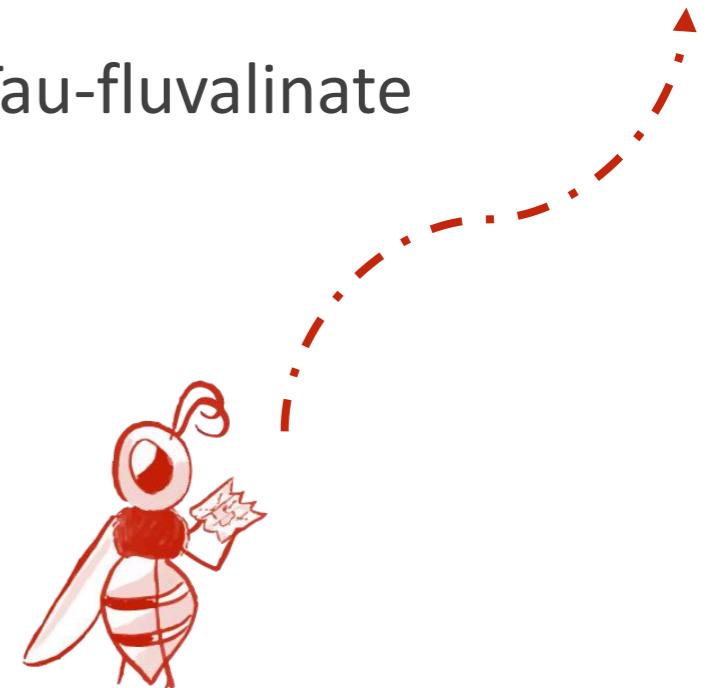
Soutenance de thèse le 12/10/21 à L'université de TOURS



Plan



- ▶ Contexte
- ▶ Evaluation des résistances en France : Amitraze & Tau-fluvalinate
- ▶ Modélisation & Traitements
- ▶ Discussion & Perspectives de recherche



1. Contexte



2. Evaluation des
résistances

3. Modélisation &
Traitement

4. Discussion

Varroa destructor

(Anderson & Trueman, 2000)

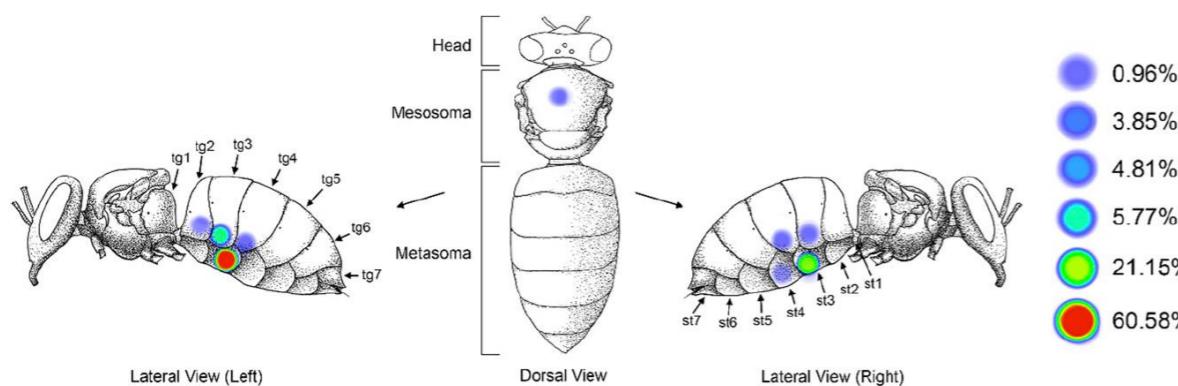
- ▶ Parasite de l'Abeille, *Apis mellifera*



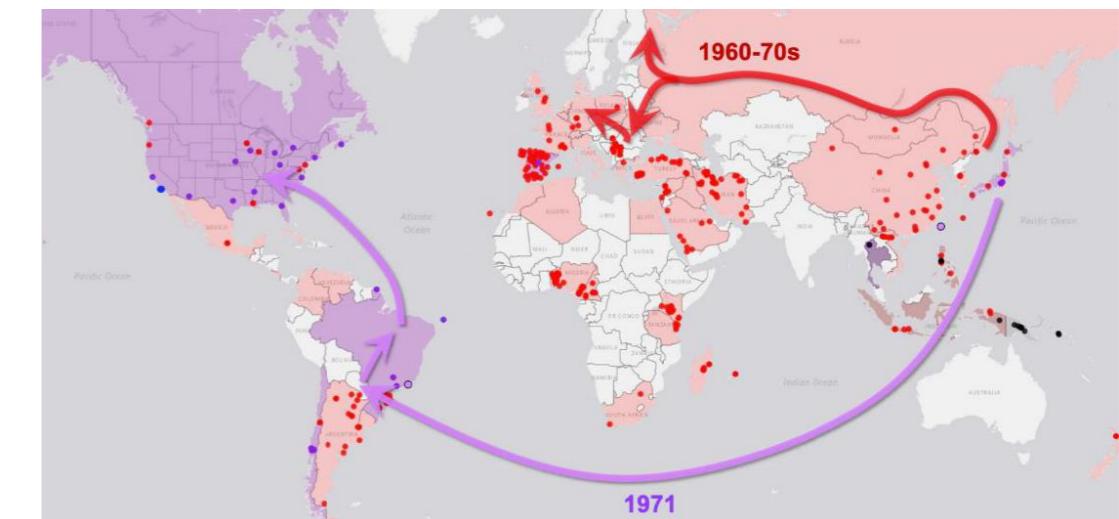
- ▶ Hôte d'origine : *Apis cerana*



- ▶ Nutrition : corps gras et hémolymphé



(Ramsey et al. 2019)



(Techer et al. 2019 ; Traynor et al. 2020)

1. Contexte

2. Evaluation des
résistances

3. Modélisation &
Traitement

4. Discussion



(Traynor et al. 2020)

Varroa destructor

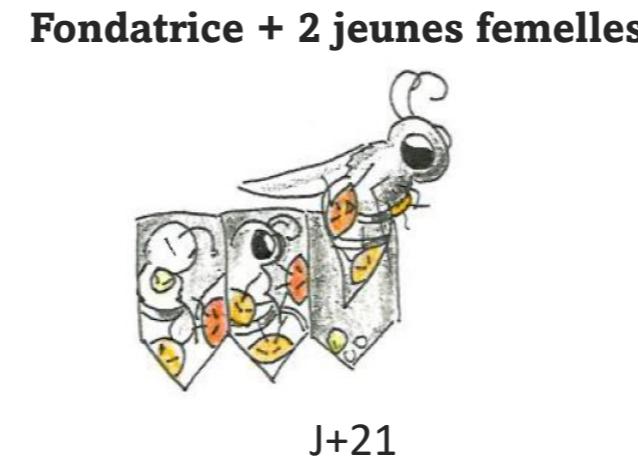
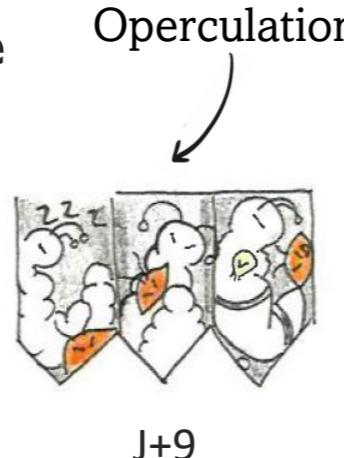
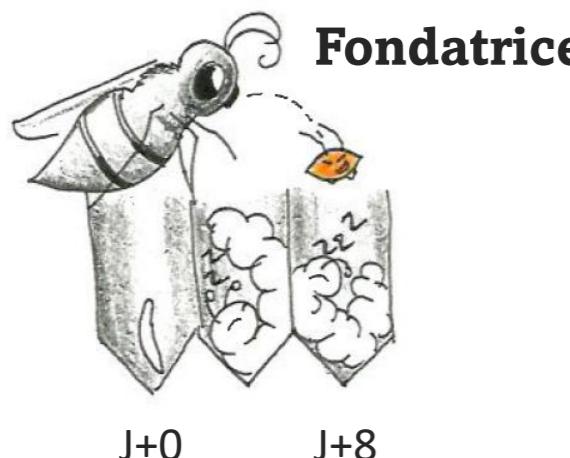
- ▶ 2 phases distinctes :
 - ▶ Phase de dispersion (anciennement “phorétique”)
 - ▶ Phase de reproduction (dans le couvain)



Phase de dispersion



Phase de reproduction
dans le couvain



1. Contexte



2. Evaluation des
résistances

3. Modélisation &
Traitement

4. Discussion

(Martin et al. 2012 ; Annoscia et al, 2015 ; Traynor et al. 2020 ; Mondet et al. 2016)

Varroa destructor

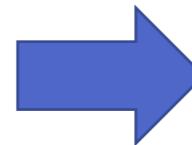
► Responsable de la VARROOSE



Abeille contaminée par le virus des
ailes déformées (DWV)

► Echelle individuelle

- Diminution des corps gras
- Transmission de virus



**Diminution de la longévité
Diminution des activités**



► Echelle de la colonie

- Réduction de la production de miel
- Effondrement hivernal ↗





Traitements en apiculture biologique : 3 substances actives

- ▶ Thymol (ApilifeVar®, Thymovar®, Apiguard®)
- ▶ Acide oxalique (Apibioxal®, Oxybee®, Varromed®)
- ▶ Acide formique (MAQS, FormicPro®)

Traitements en apiculture conventionnelle: 3 substances actives

- ▶ Fluméthrine (Bayvarol® et PolyvarYellow®)
- ▶ Tau-fluvalinate (Apistan®)
- ▶ Amitraz (Apitraz® et Apivar®)



Substance active la plus utilisée

1. Contexte

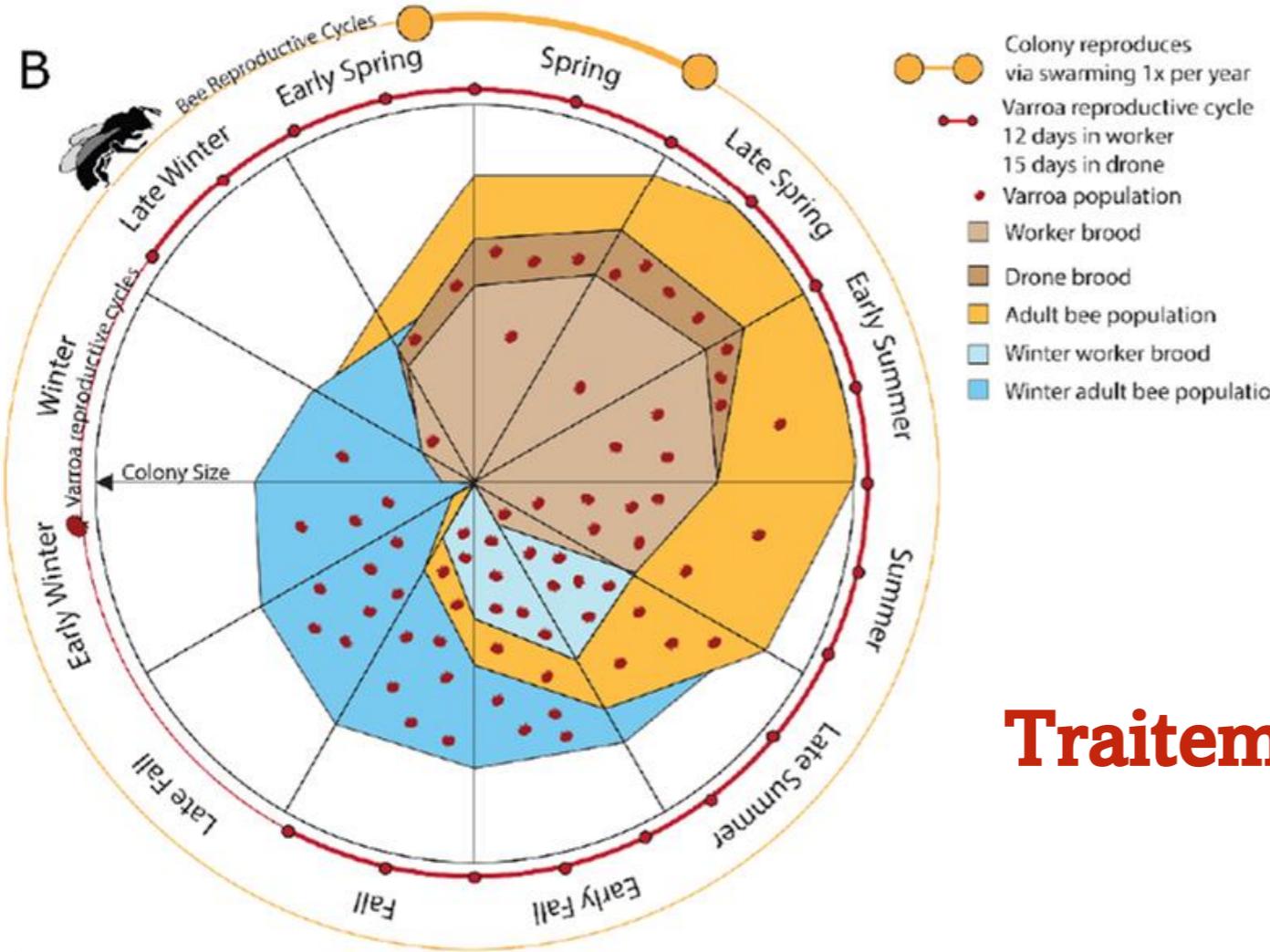


2. Evaluation des résistances

3. Modélisation & Traitements

4. Discussion

(Traynor et al. 2020)



- **Acaricide par contact**
- **Efficace uniquement sur varroas sur abeille (excepté acide formique)**



Traitements longue durée ...

1. Contexte



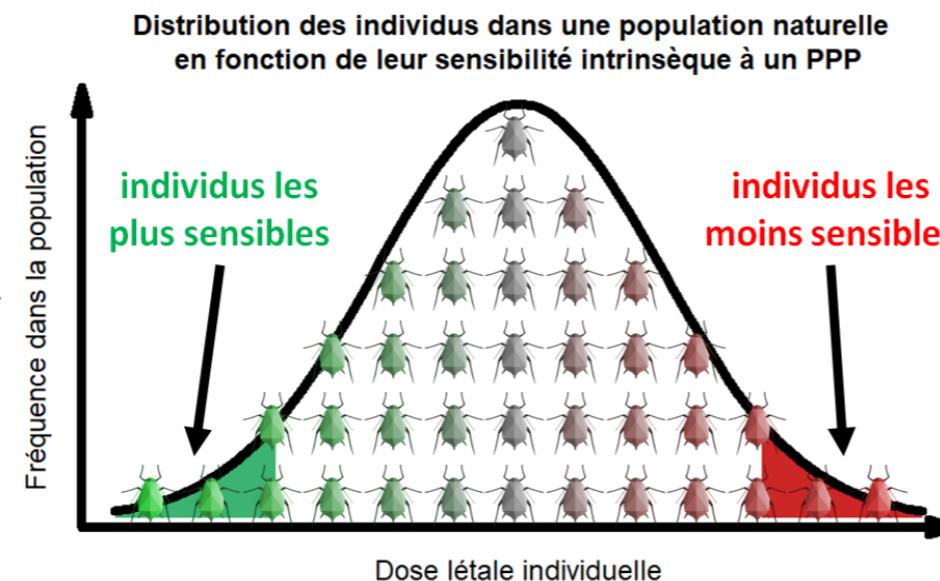
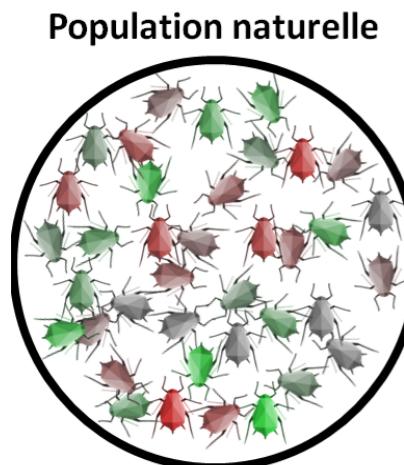
2. Evaluation des résistances

3. Modélisation & Traitements

4. Discussion

(Vannosthuyse et al. 2018)

Les types de résistances



► 4 types de résistances



► Comportementale



► Physiologique



► Métabolique



► Mutation de la cible

► Résistances connues chez Varroa : Métabolique & Mutation de la cible

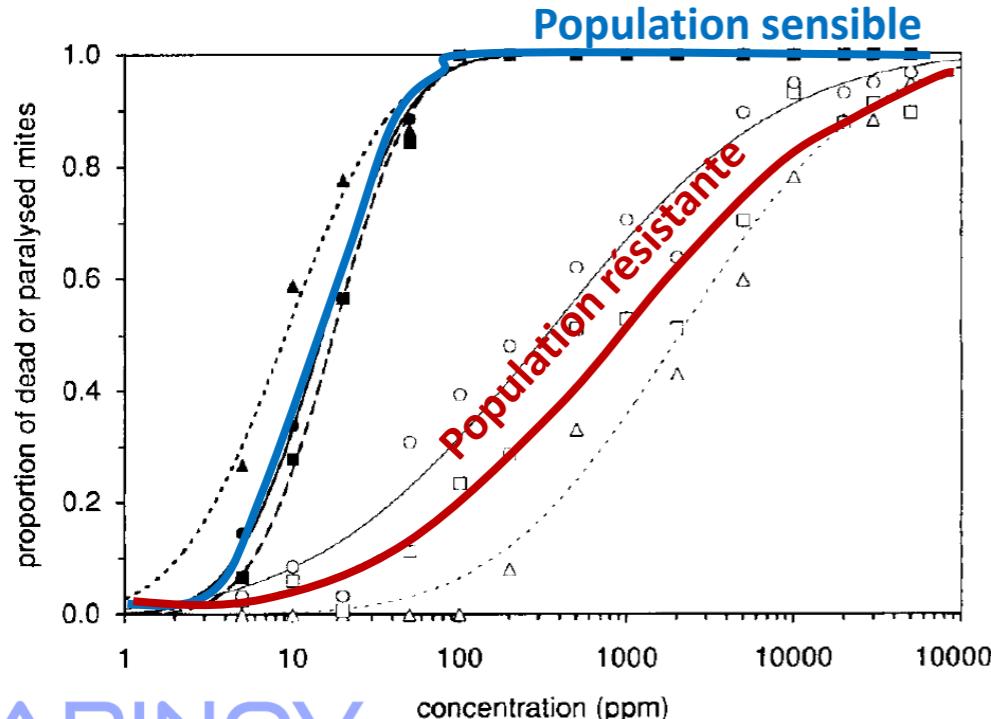




Résistances au tau-fluvalinate

► Test phénotypique (Milani. 1995)

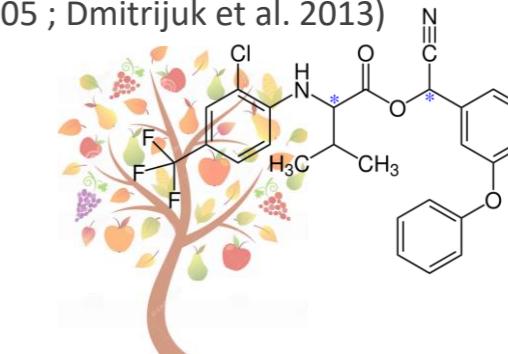
- ▶ Taux de mortalité / Concentration
- ▶ Population **sensible** vs **résistante**



► Test enzymatique



- ▶ Activité enzymes détoxifiantes
- ▶ Estérases (Sammataro et al. 2005 ; Dmitrijuk et al. 2013)



► Test moléculaire



- ▶ Profil homozygote sensible (SS), Homozygote résistant (RR)
- ▶ Plusieurs mutations possibles (Gonzalez et al. 2013 ; 2016)
- ▶ Europe : L925V majoritaire (Gonzalez et al. 2018)

1. Contexte



2. Evaluation des résistances

3. Modélisation & Traitements

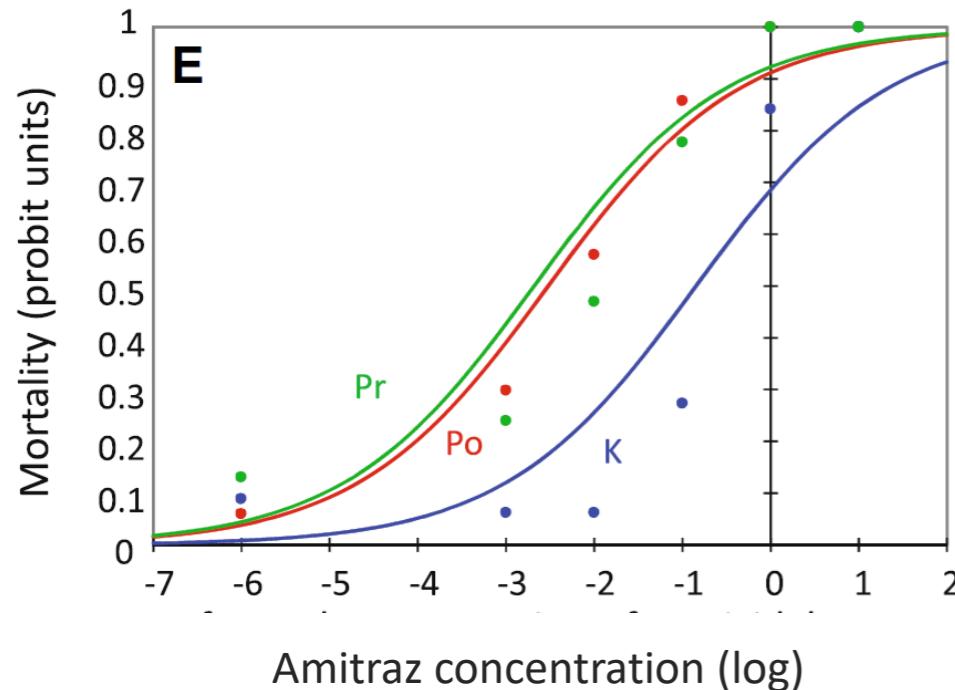
4. Discussion

Résistance à l'amitraze

► Test phénotypique

► Taux de mortalité / Concentration

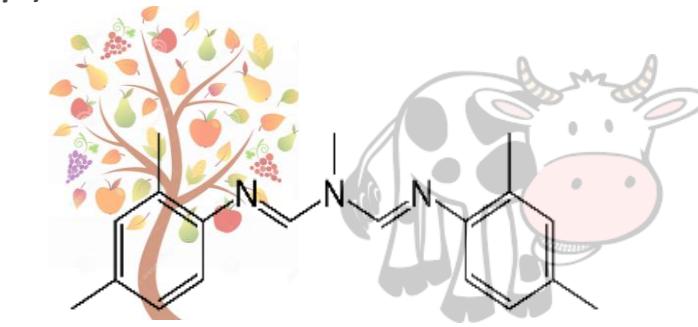
Kamler et al. 2016



► Test enzymatique (*Tetranychus sp*)

► Augmentation des estérases

Van Leeuwen et al. 2005



► Test moléculaire (*Boophilus sp*)

► Mutation du récepteur de l'octopamine

Chen et al. 2007 ; Corley et al. 2013

- Peu d'études sur la résistance à l'amitraze
- Peu de population testée
- Origine de la résistance inconnue chez *Varroa destructor*



1. Contexte



2. Evaluation des
résistances

3. Modélisation &
Traitements

4. Discussion

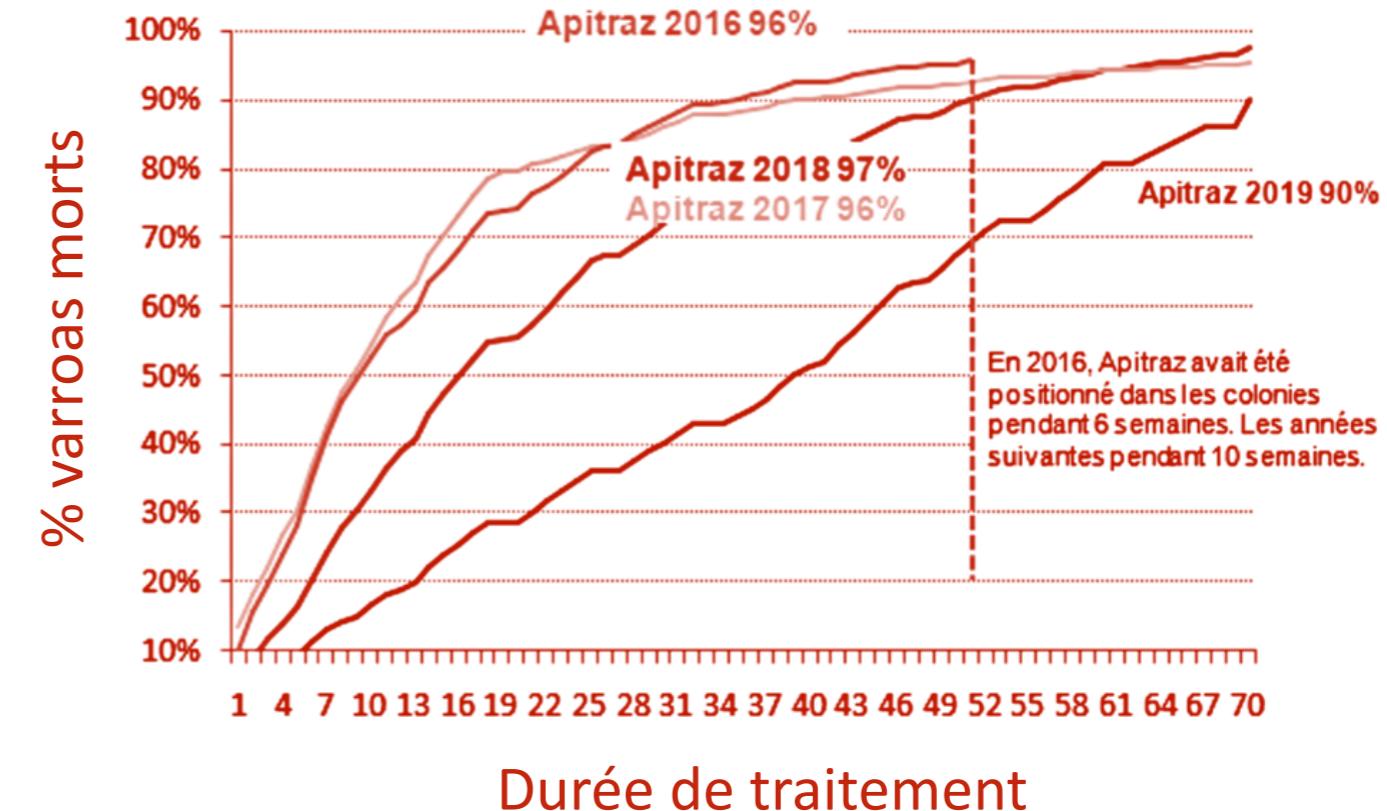
LSA n°298

Résistance à l'amitrazé

Sur le terrain ...

- ▶ Baisse de l'EFFICACITE
- ▶ Variabilité entre les ruchers

Cinétique de chute - Apitraz - 2016 2019



1. Contexte



2. Evaluation des
résistances

3. Modélisation &
Traitements

4. Discussion



- ▶ Quel est l'état de résistance des varroas au tau-fluvalinate et à l'amitrazé en France?
- ▶ Comment la résistance influence l'efficacité des traitements ?
- ▶ Comment conserver une bonne efficacité des traitements actuels ?

2. Evaluation des résistances



Méthode (Maggi et al. 2008)

1. Contamination des boîtes de Petri

- Préparation des solutions à base d'hexane
- Plusieurs concentrations
- Témoin : Hexane

Envoi de couvain infesté par les apiculteurs, les vétérinaires, les ADAs

2. Collecte des varroas (couvain)

- Collecte des fondatrices matures
- 4 répliques de 15 varroas = 60 varroas / concentration



3. Mise en contact des varroas (1h)

- Etuve : $30 \pm 1^\circ\text{C}$, HM $60 \pm 10\%$



5. Observation des mortalités (24h)

- Etuve : $30 \pm 1^\circ\text{C}$, HM $60 \pm 10\%$

4. Transfert des varroas dans des boîtes non-contaminées

2. Evaluation des résistances



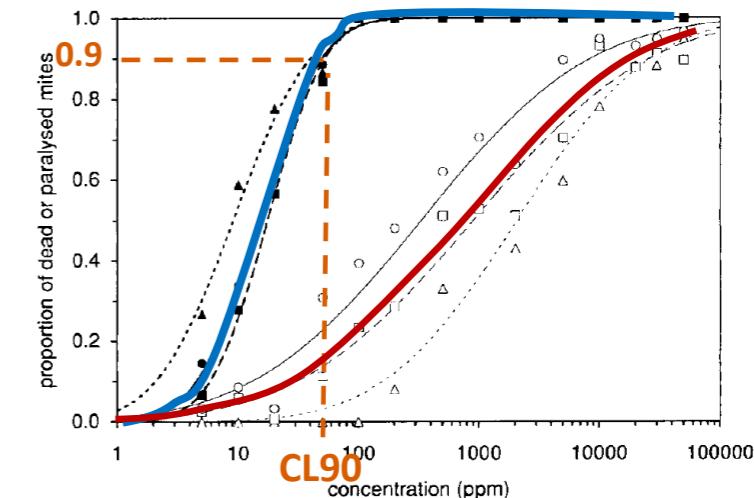
Méthode

Almecija et al. 2020 (Exp. and Applied Acarology)

- ▶ Comparaison de la mortalité des populations avec **des populations sensibles de référence**
- ▶ Choix d'une concentration discriminante **CL90**

CL90 [Amitraze]=0.4 µg/mL

CL90 [Tau-fluvalinate]=20 µg/mL



2. Evaluation des résistances



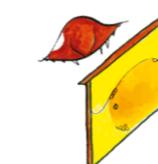
Méthode

Almecija et al. 2020 (Exp. and Applied Acarology)

- ▶ Comparaison de la mortalité des populations avec **des populations sensibles de référence**
- ▶ Choix d'une concentration discriminante **CL90**

CL90 [Amitraze]=0.4 µg/mL CL90 [Tau-fluvalinate]=20 µg/mL

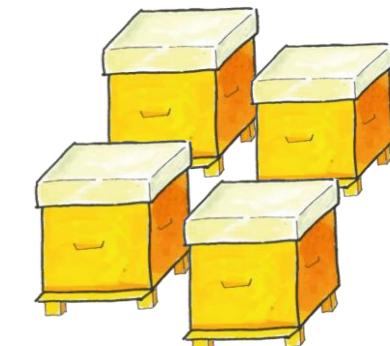
- ▶ Répétabilité & Reproductibilité du test



Cadre
ns



Inter-Cadre
ns



Inter-Ruche
 $p>0.05$

- ▶ Description de 3 classes de sensibilités : **Résistance forte**, **Résistance modérée**, **Sensible**
Mortalité <40% Mortalité 40-75% Mortalité >75%

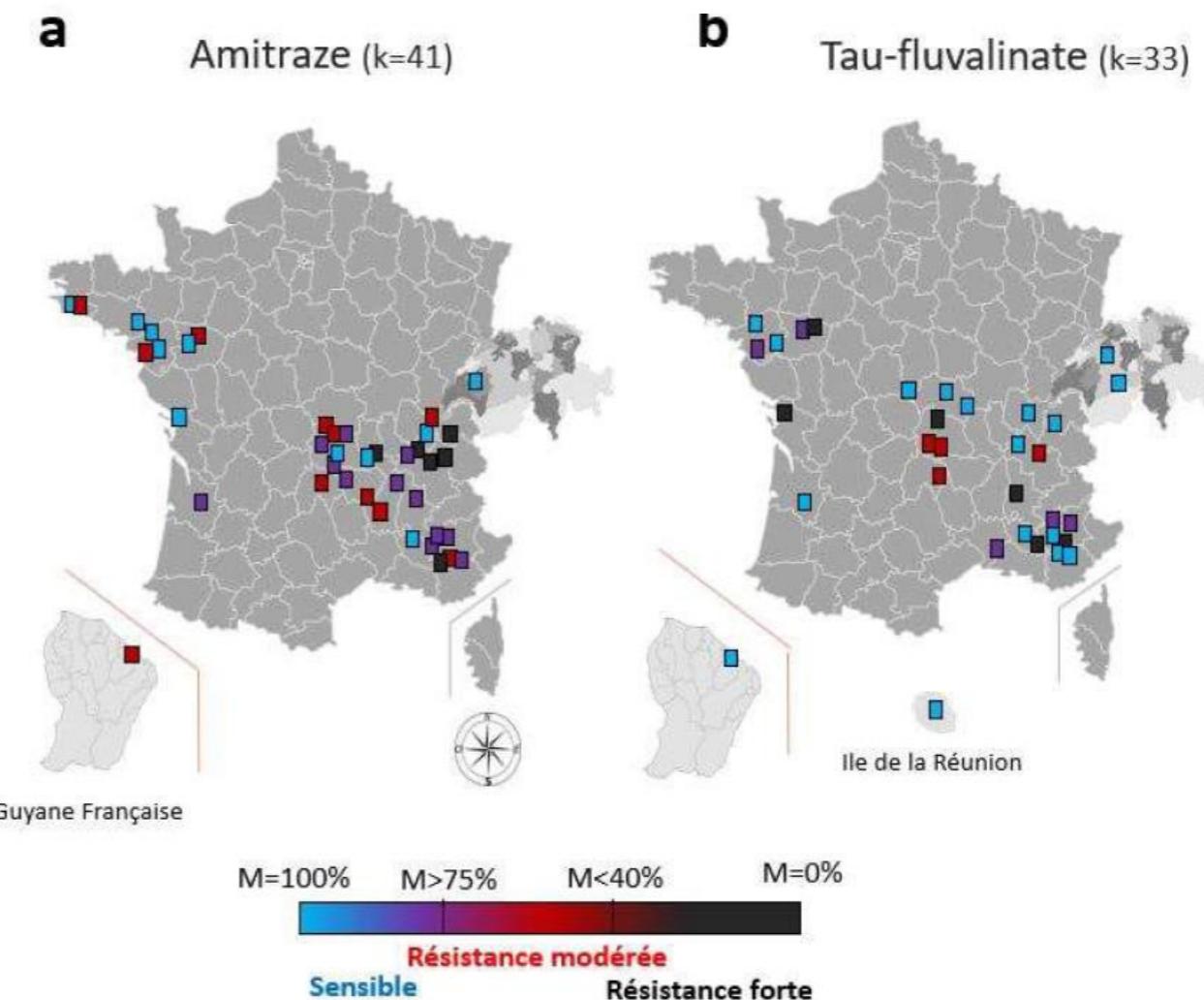




Almecija et al. 2020 (Exp. and Applied Acarology)

Résultats Tests phénotypiques

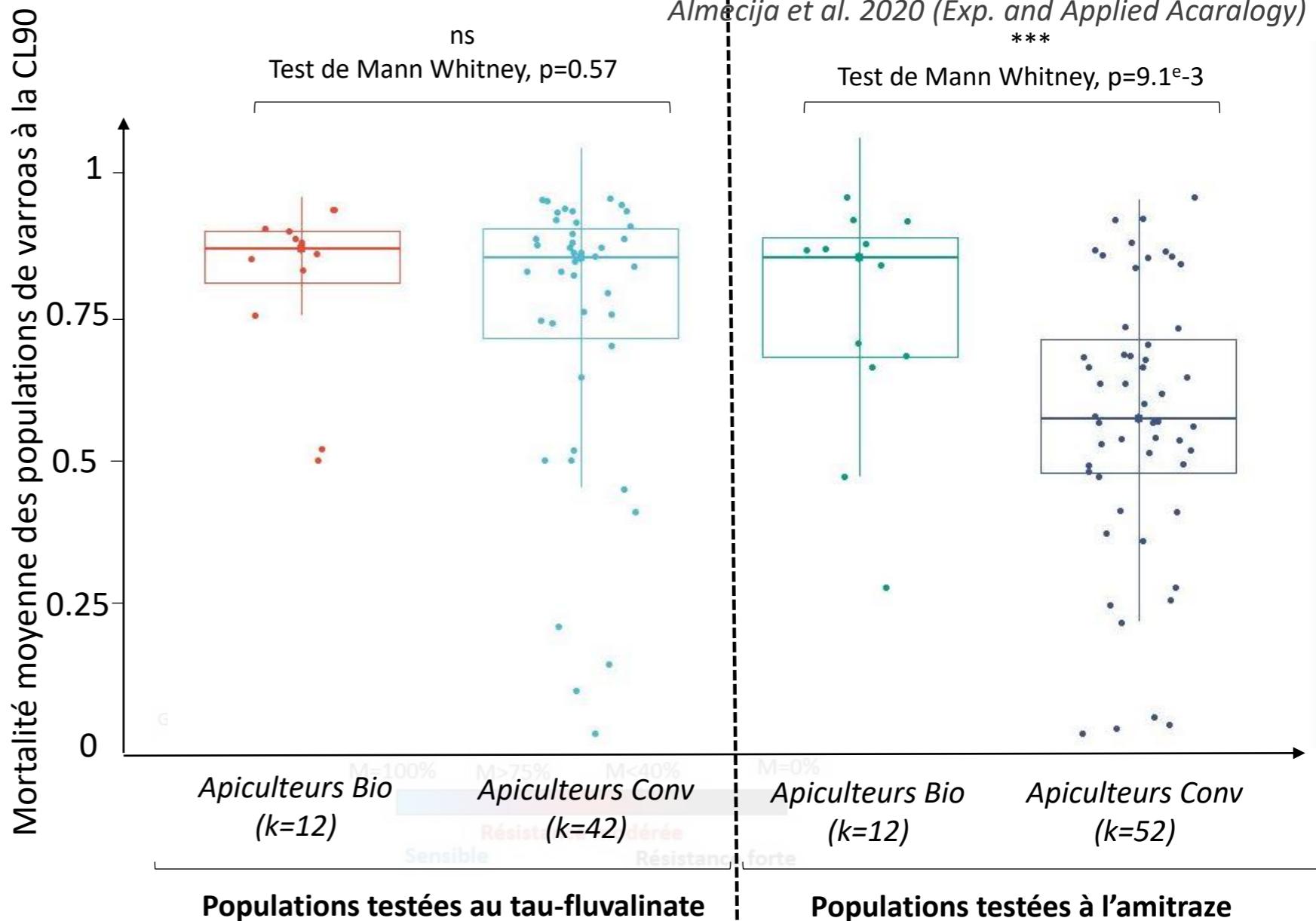
- ▶ Cartographie des sensibilités
- ▶ Forte Hétérogénéité
- ▶ Historique de traitement ?





Résultats Tests phénotypiques

- ▶ Cartographie des sensibilités
- ▶ Forte Hétérogénéité
- ▶ Historique de traitement ?





Résultats Tests phénotypiques

- ▶ Cartographie des sensibilités
- ▶ Forte Hétérogénéité
- ▶ Historique de traitement ?



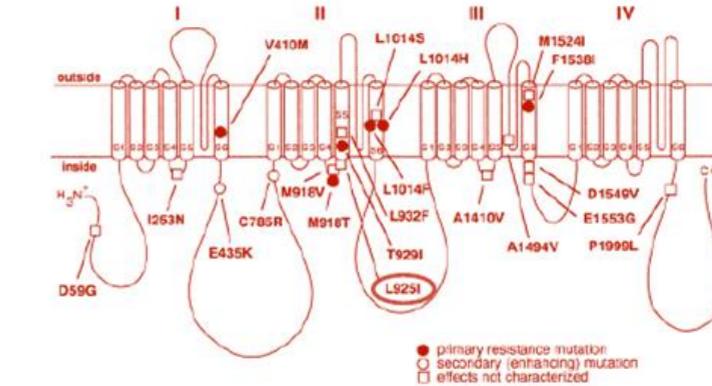


Résultats Origines des résistances

Tau-fluvalinate

- ▶ Recherche de mutations sur les canaux sodiques (Position 925)
- ▶ Corrélation entre test moléculaire et phénotypique ($R^2=84\%$)
- ▶ Corrélation Mort/Génotype sauvage SS ($R^2=99\%$), Vivant/Génotype mutant RR ($R^2=89\%$)

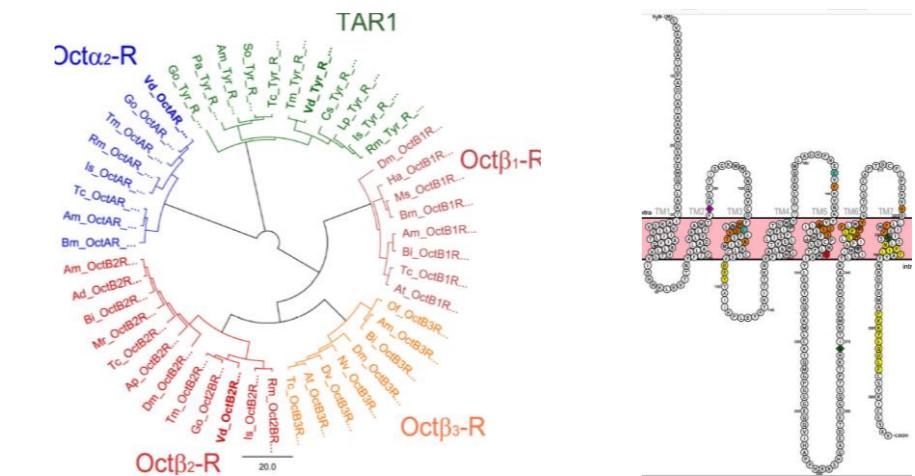
*Article en rédaction en collaboration avec l'ANSES
(→ Pest Science Management)*



Amitraze

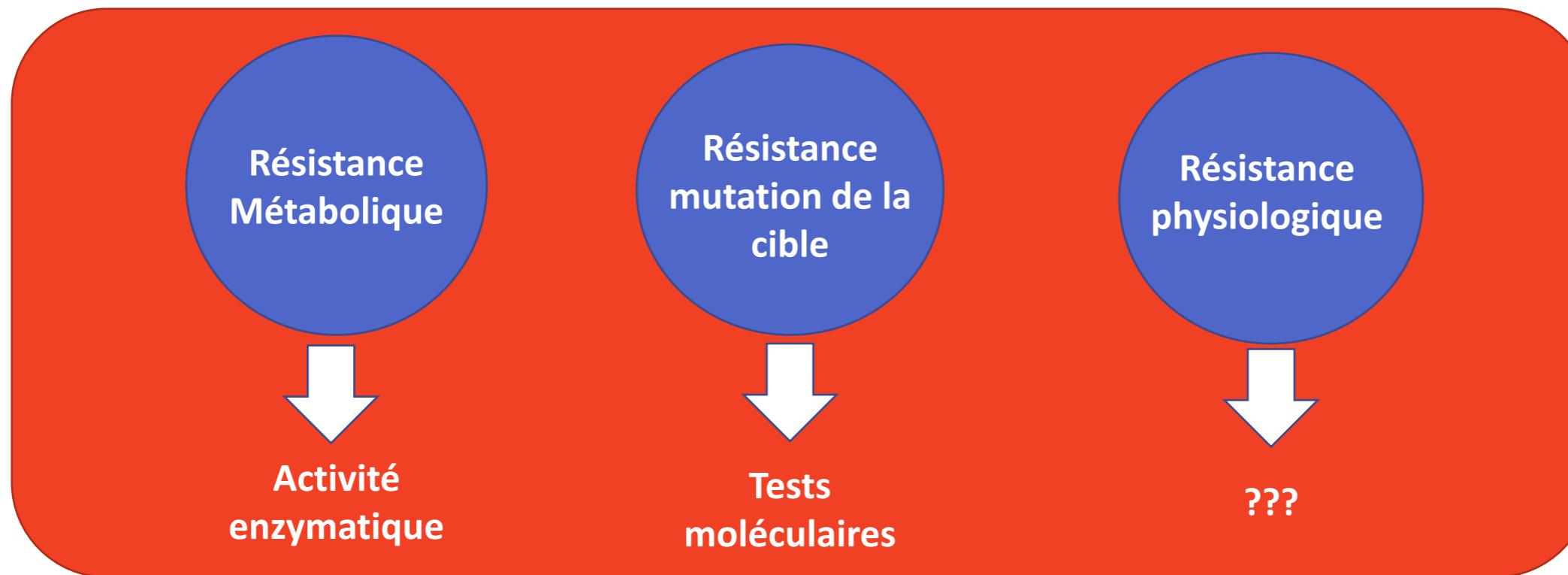
- ▶ Recherche de mutation sur les récepteurs de l'octopamine
- ▶ Mutation N87S (Vd_octβ₂r) sur les échantillons de France
- ▶ Mutation Y215H pour les échantillons des Etats-Unis

*Hernandez-Rodriguez et al, 2021, en soumission
(Journal of Pest Science)*





Test phénotypique



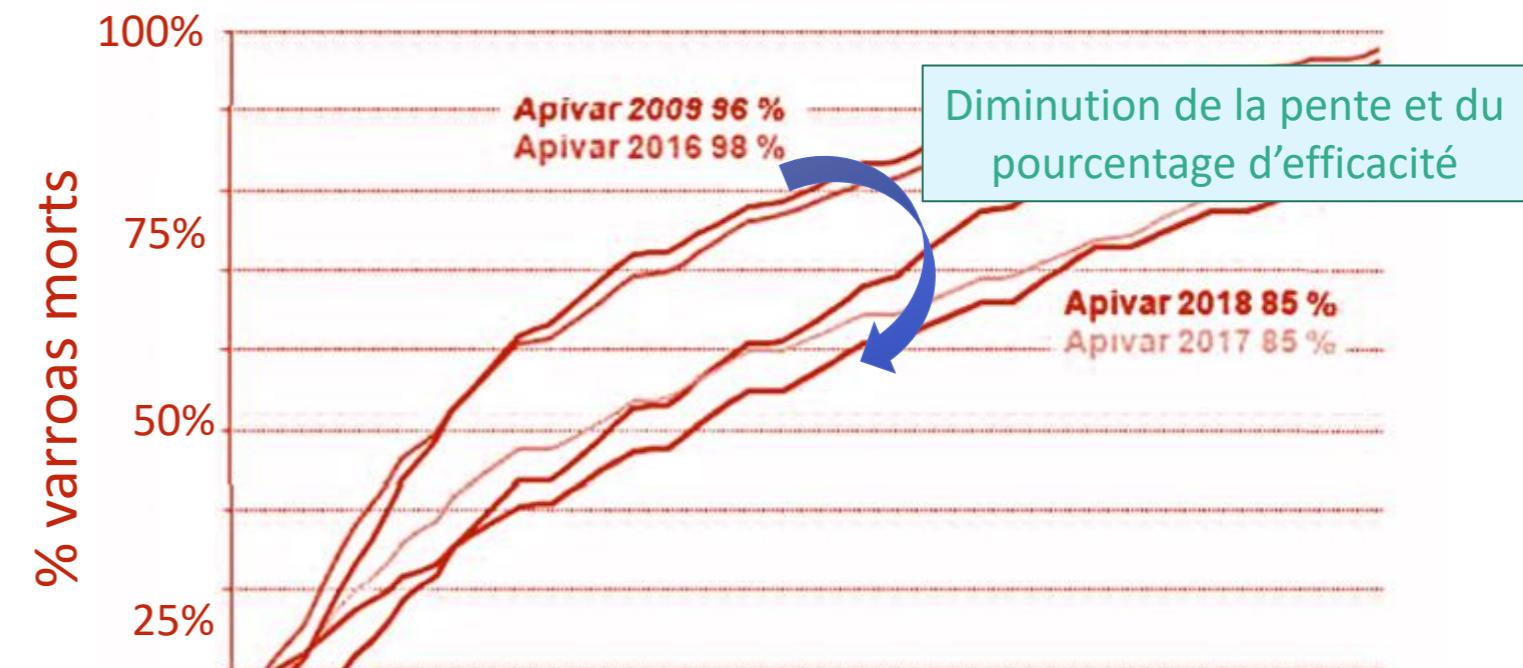
3. Modélisation & Traitements



LSA, n°298

Suivi d'efficacité sur le terrain

- ▶ Pourcentage d'efficacité
- ▶ Varroas résiduels (<50 varroas)
- ▶ Cinétique de chute (pente)



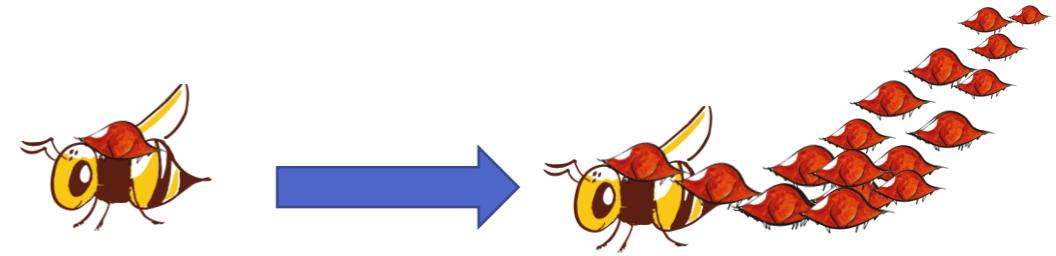
Est-ce que la résistance peut expliquer cette diminution de l'efficacité moyenne ?



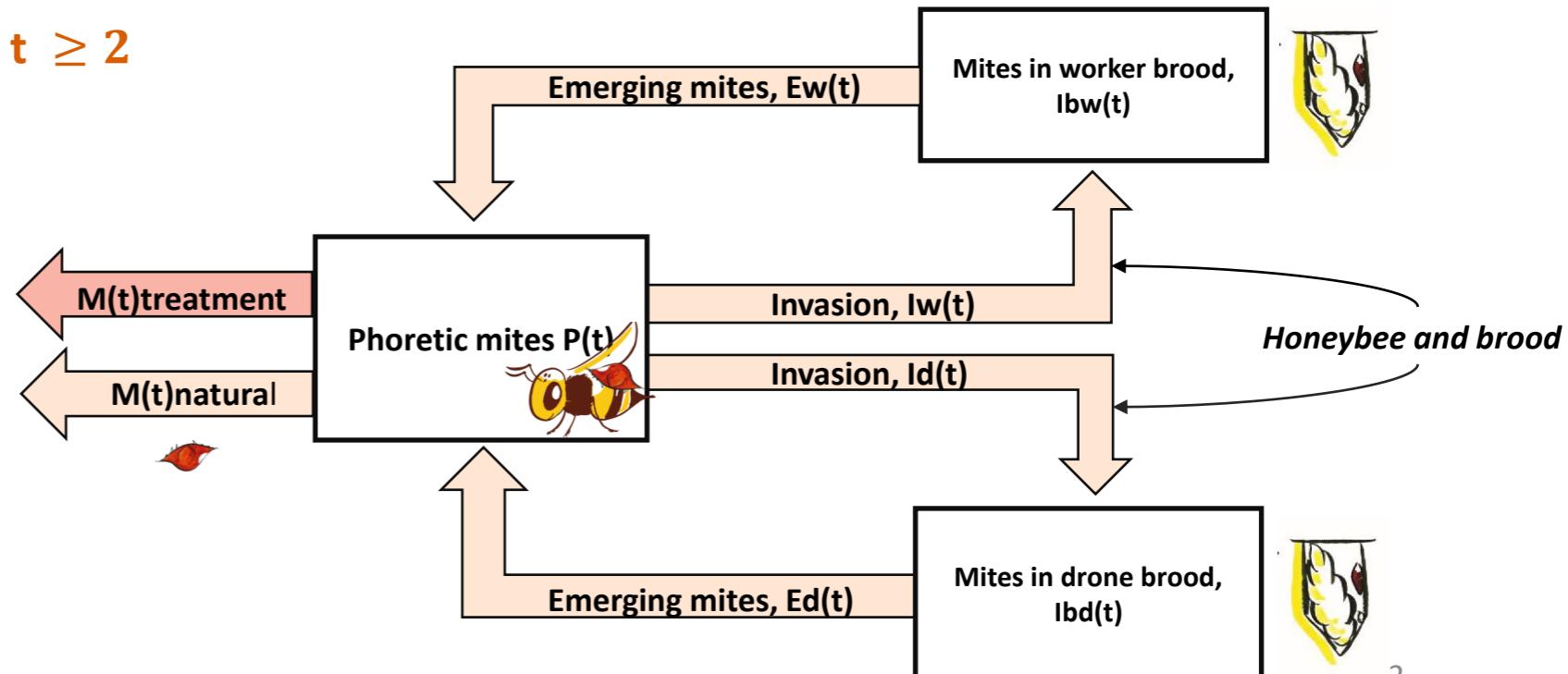
Méthode

► Modèle de dynamique de population du varroa

Calis, 1999



$$\begin{cases} P(1) = P_i > 0 \\ P(t) = P(t-1) - I(t) + E(t) - M(t) \text{ pour } t \geq 2 \end{cases}$$





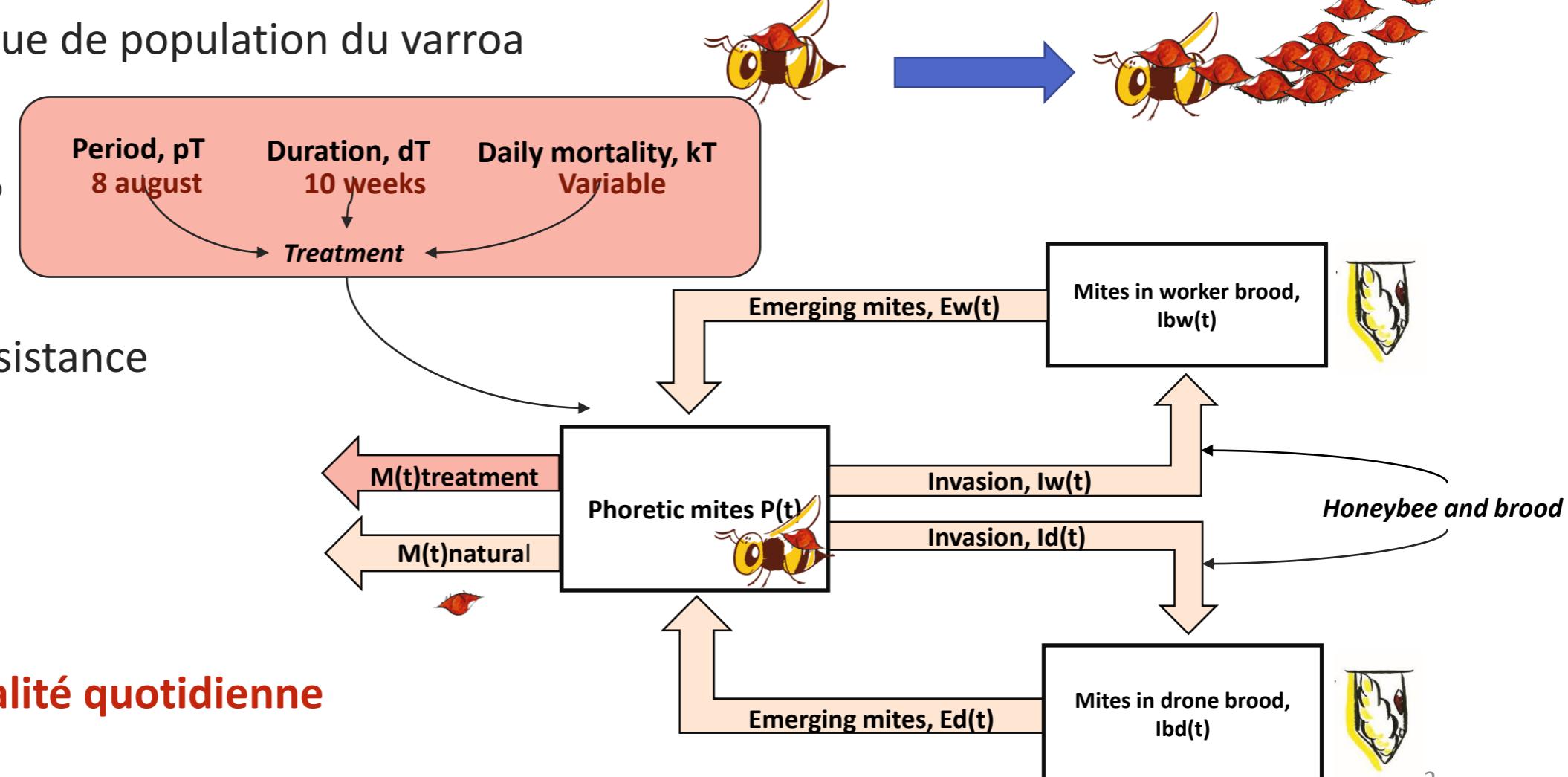
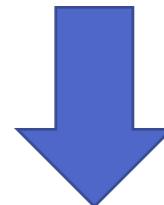
Méthode

- ▶ Modèle de dynamique de population du varroa

Calis, 1999

- ▶ Influence d'APIVAR®

- ▶ Simulation d'une résistance



Diminution de la mortalité quotidienne

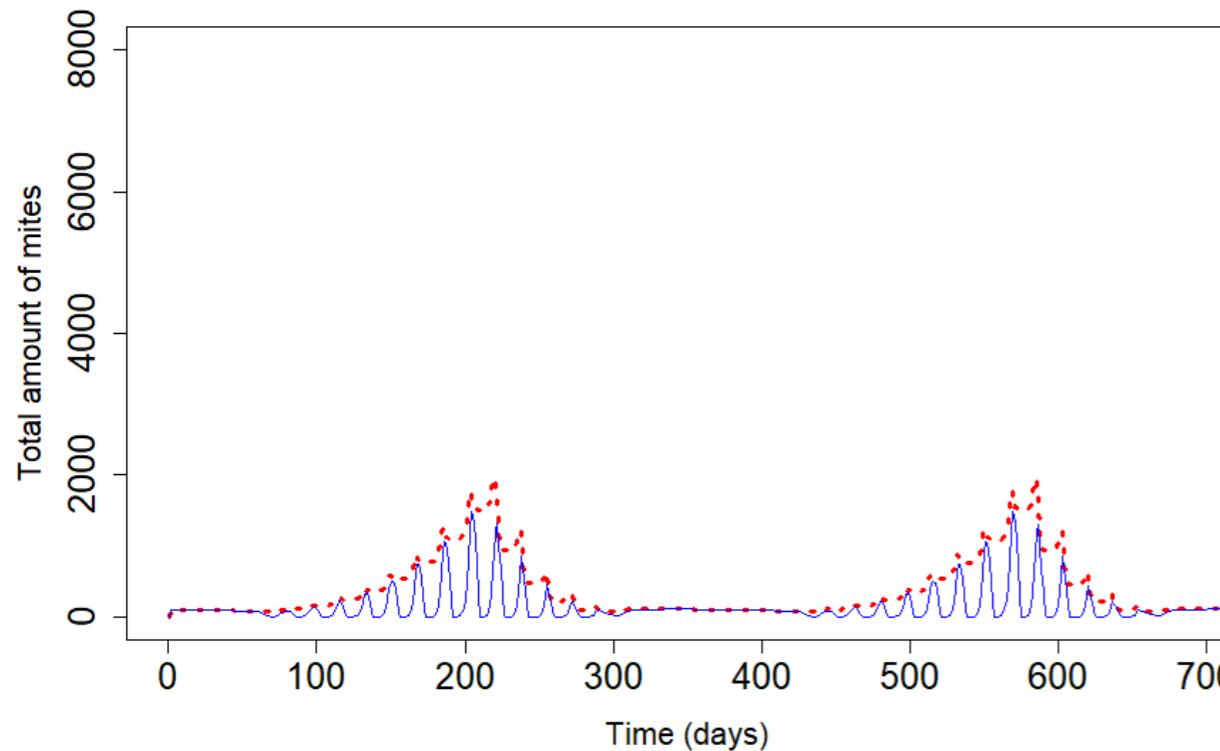


Résultats avec application du traitement APIVAR®

Condition initiale : pT= 8 août, dT=10 semaines, Pi= 100 varroas

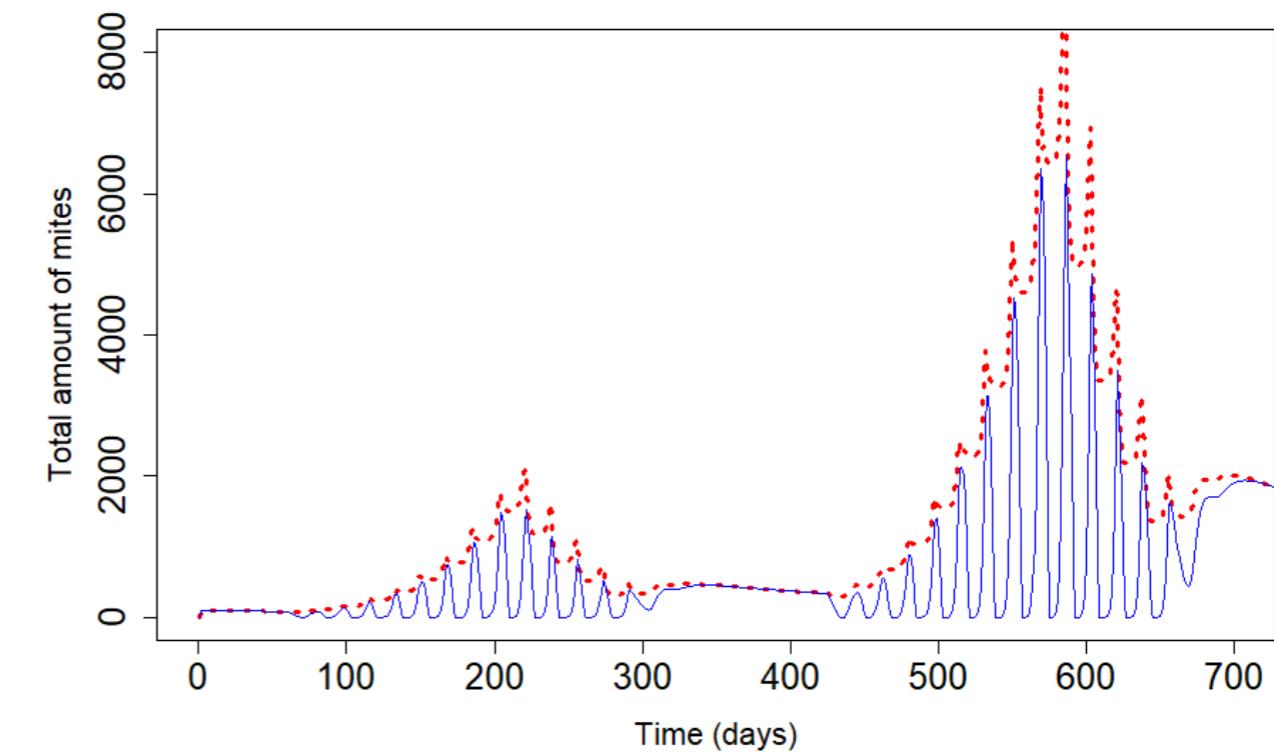
— Varroas sur abeilles
- - - Varroas totaux

Stabilisation de la population



Efficacité modèle : 98.7%

Croissance de la population



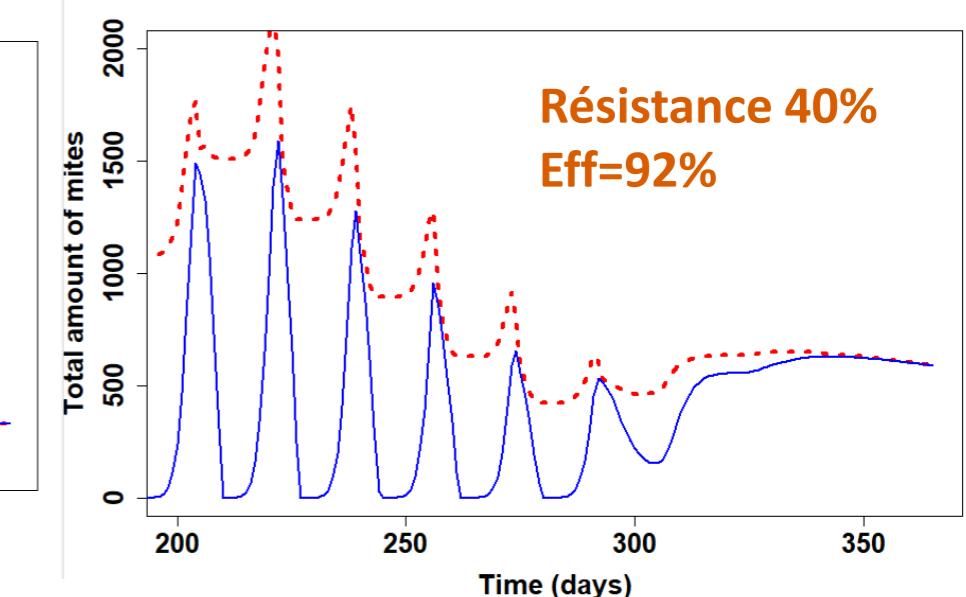
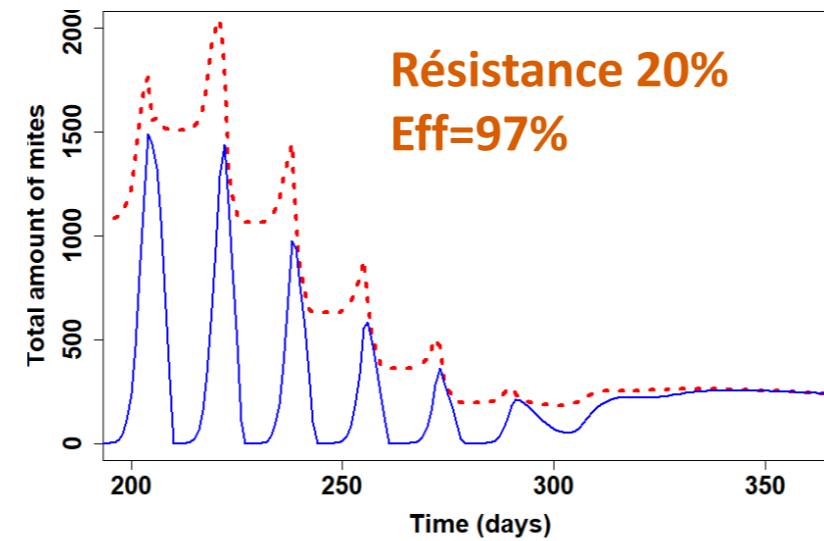
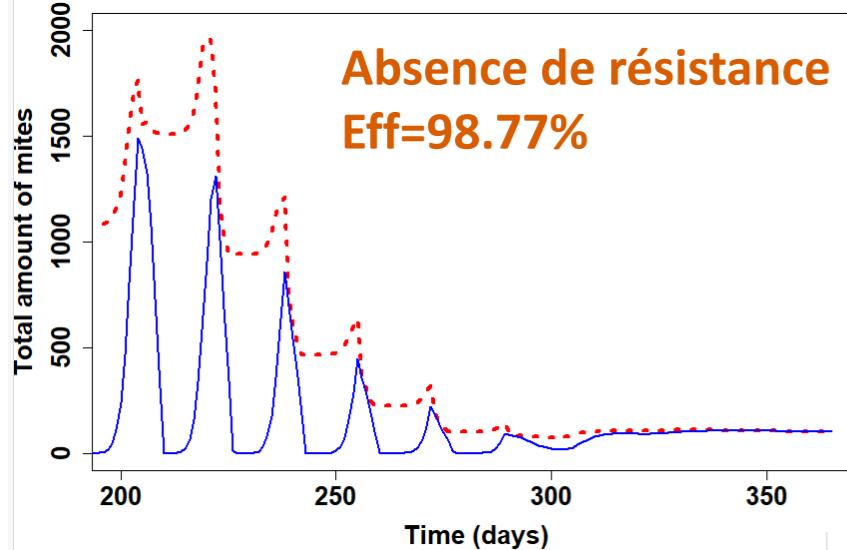
Efficacité modèle : 95%

3. Modélisation & Traitements

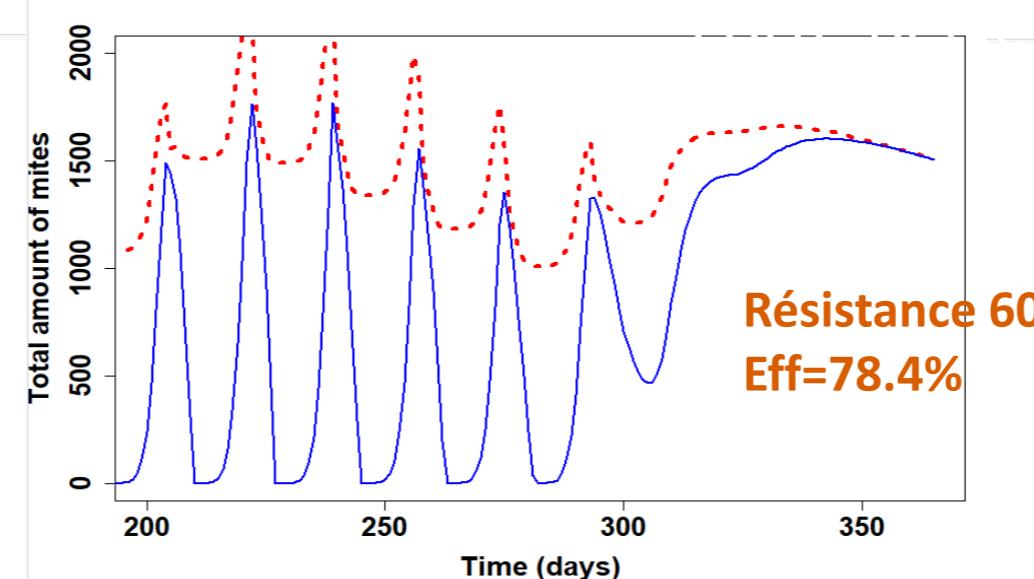


Influence d'une résistance sur l'efficacité

Almecija et al. 2021



— Varroas phorétiques
- - - Varroas totaux



Comparable aux
observations sur le terrain

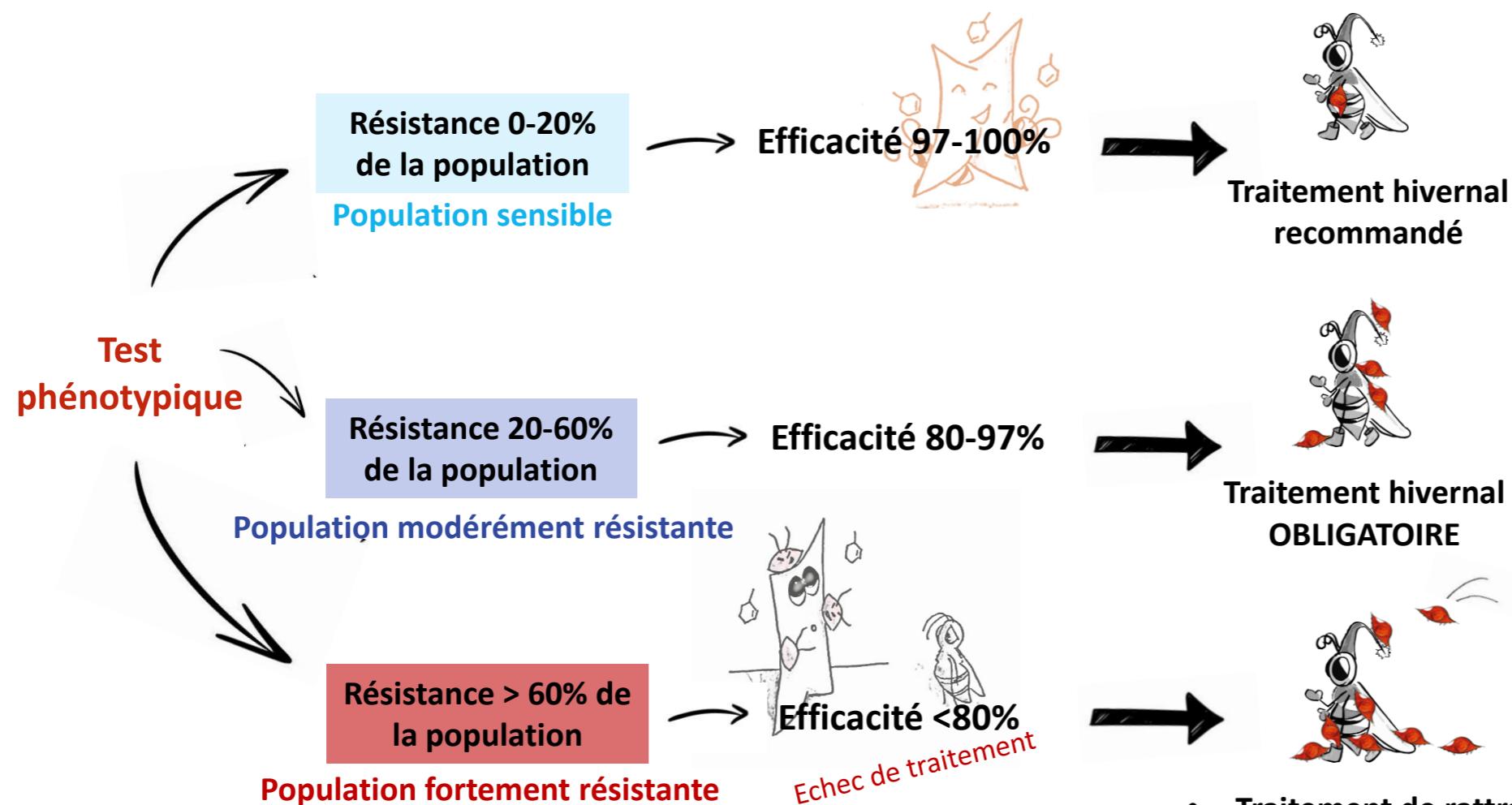
Résistance moyenne 60%
Efficacité moyenne 81%

3. Modélisation & Traitements

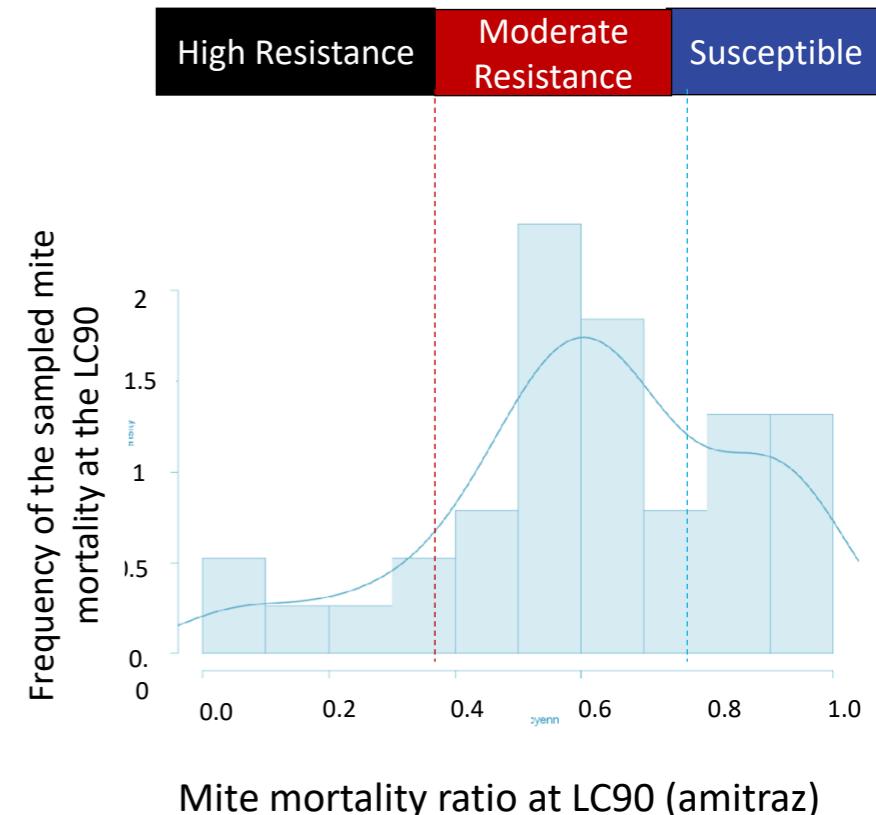


Almeecija et al. 2021

Influence d'une résistance sur l'efficacité



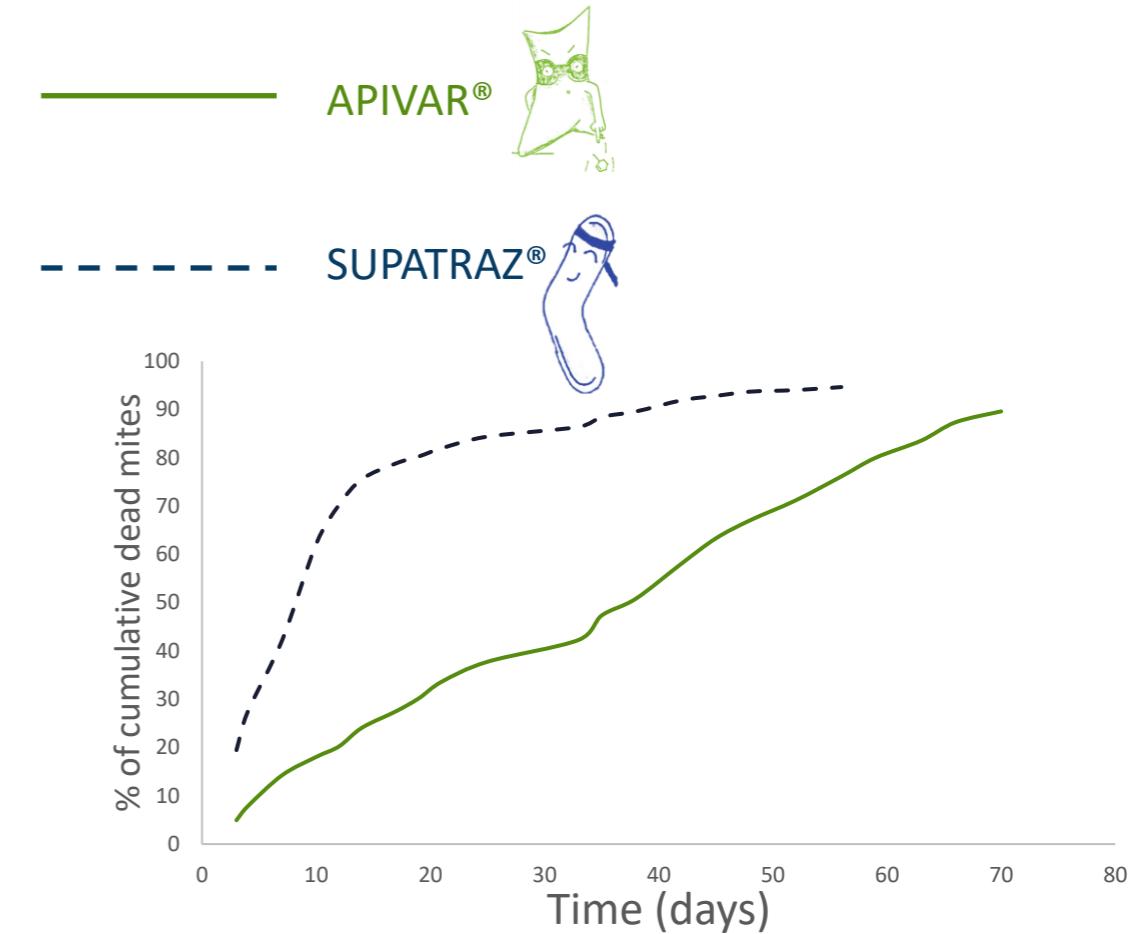
- Traitement de rattrapage ?
- Traitement hivernal OBLIGATOIRE





Influence de la galénique

- ▶ Comparaison de 2 traitements à base d'amitrazé
 - ▶ APIVAR®
 - ▶ SUPATRAZ®
- ▶ Comparaison de l'efficacité sur le terrain
- ▶ Modélisation des actions des 2 traitements

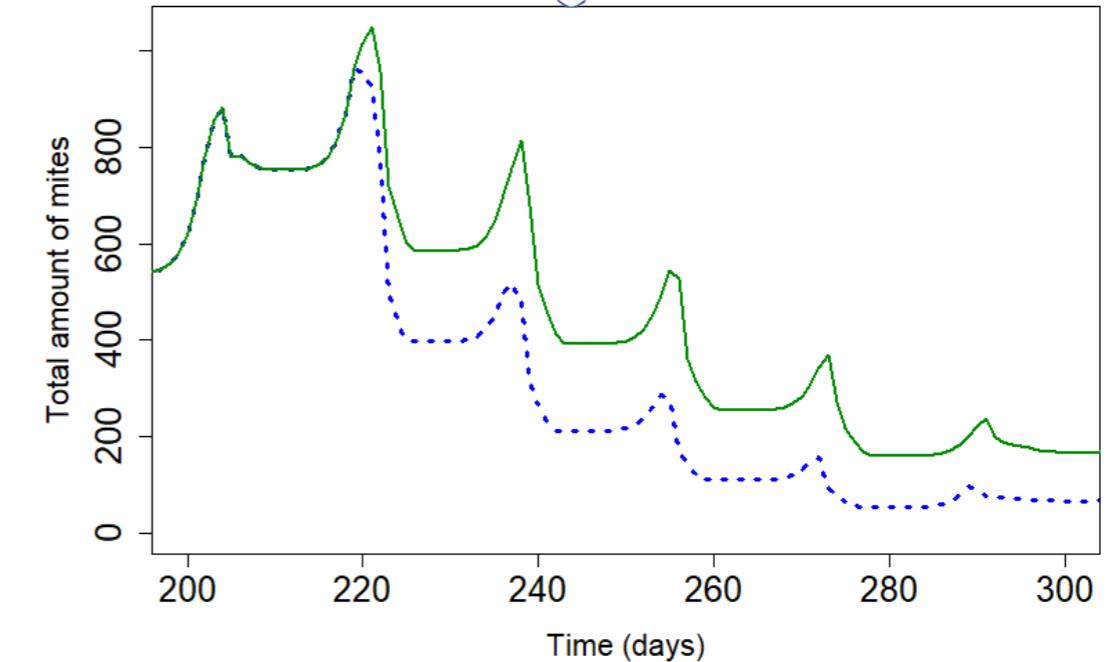


Pour une efficacité de 95%



Influence de la galénique

- ▶ Comparaison de 2 traitements à base d'amitrazé
- ▶ APIVAR®
- ▶ SUPATRAZ®
- ▶ Comparaison de l'efficacité sur le terrain
- ▶ Modélisation des actions des 2 traitements



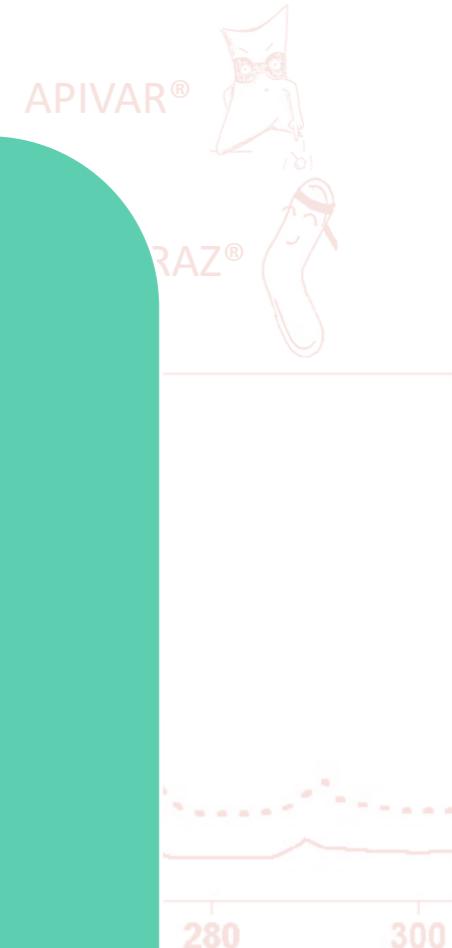
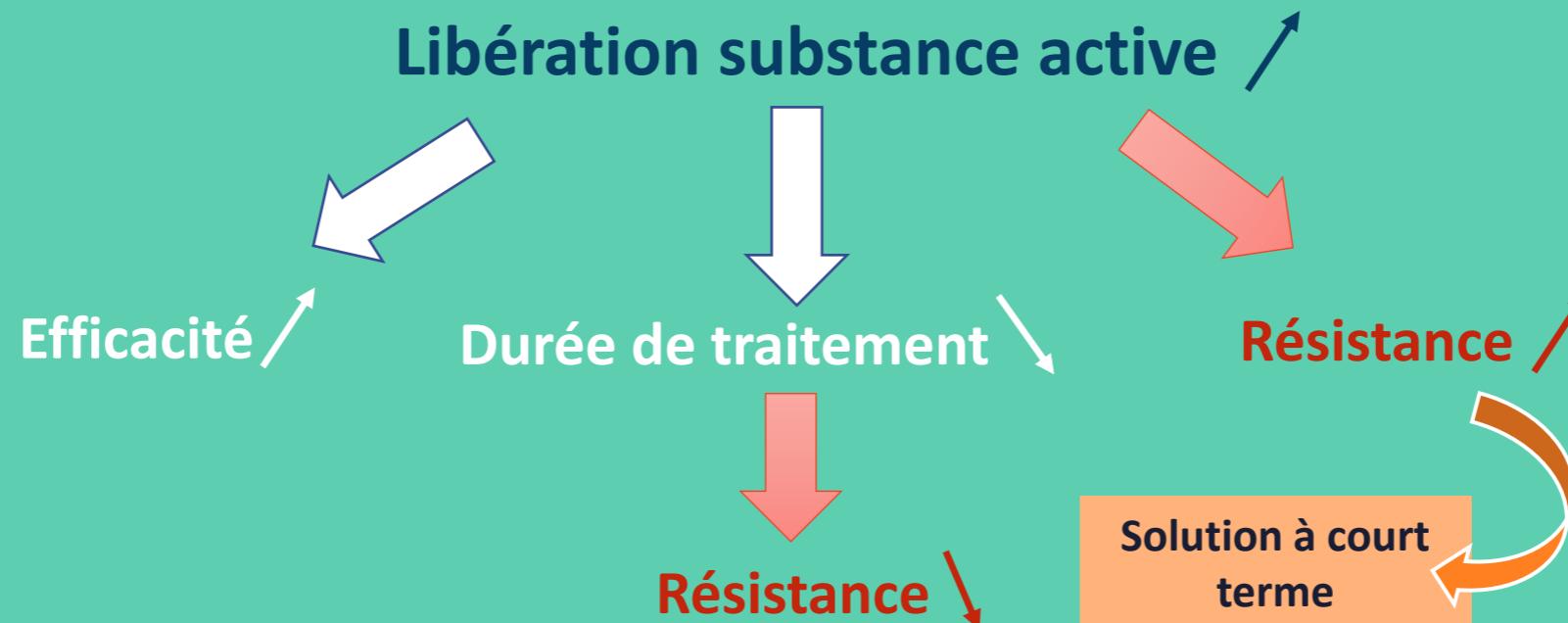
Pour une efficacité de 95%



Influence de la galénique

- ▶ Comparaison entre les différents types de galéniques
- ▶ APIVAR®
- ▶ SUPATRAZ®
- ▶ Comparaison entre les différents types de galéniques
- ▶ Modélisation et optimisation des traitements

Effet « Traitement »





4. Discussion

Synthèse



Perte d'efficacité des traitements

% Efficacité, Varroas résiduels, Cinétique chute
98% Faible/stable Rapidité



Amitraze, une résistance discrète

- ▶ Ratio de Résistance (RR) variable
 - ▶ RR amitraz ≈ 30
 - ▶ RR Tau-fluvalinate ≈ 200

Type de résistance

Espèce cible

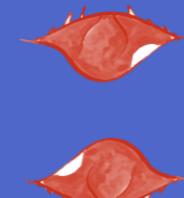
Molécule acaricide

Augmentation de la concentration pour la même mortalité

Amitraze

Concentration initiale x 30

Concentration initiale



Tau-fluvalinate

Concentration initiale x 200

Concentration initiale





Perspectives : Gestion des résistances

La lutte alternée

Inter-annuelle

- Rotation des substances acaricides
- Connaissance sur la **période de réversion**

(Milani & Vedova et al. 2002 ; Panini et al. 2014)

Intra-annuelle

- Traitement en successif
- Limite la durée de contact avec un acaricide
- Modification de la pression de sélection



Actuellement en essai sur le terrain





Conclusion

- ▶ Présence de résistances au tau-fluvalinate et à l'amitrazé

Forte → Perte d'efficacité élevée → Echec de traitement



- ▶ Résistances

Faible → Perte d'efficacité faible → Traitement hivernal



- ▶ Mise en place de stratégies de gestion des résistances chez Varroa



Gestion des infestations + Gestion des résistances

Remerciements



Equipe APINOV

Appui technique

ADAAURA, ADAPI, ADANA, les vétérinaires et les apiculteurs

Appui au laboratoire

Roman Catherin & Alexandra Regnault

Appui pour la rédaction

Christelle Suppo & Benjamin Poirot

Collaboration scientifique

VitaBeeHealth, Institut BIOTECMED (Valence), ANSES (Sophia-Antipolis)

Gabrielle ALMECIJA

