

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



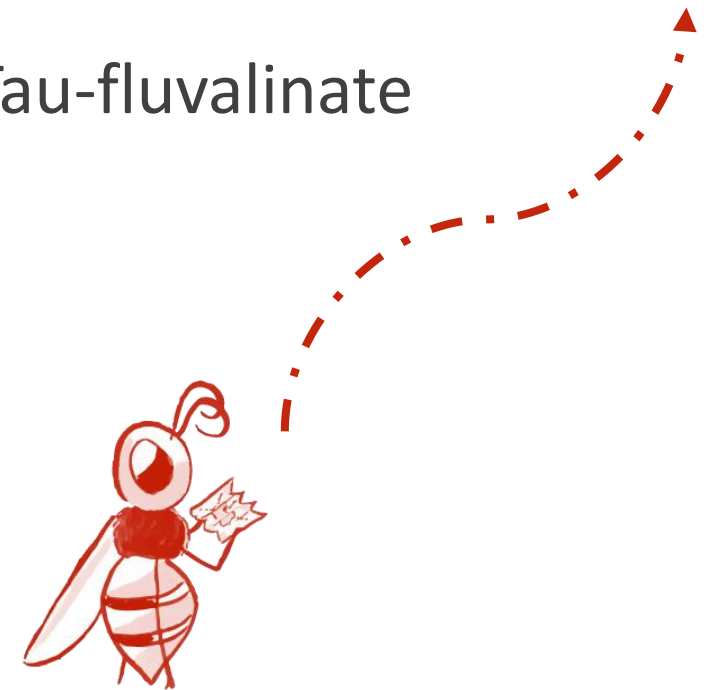
Plan

► 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

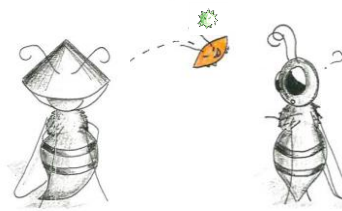
Varroa destructor

(Anderson & Trueman, 2000)

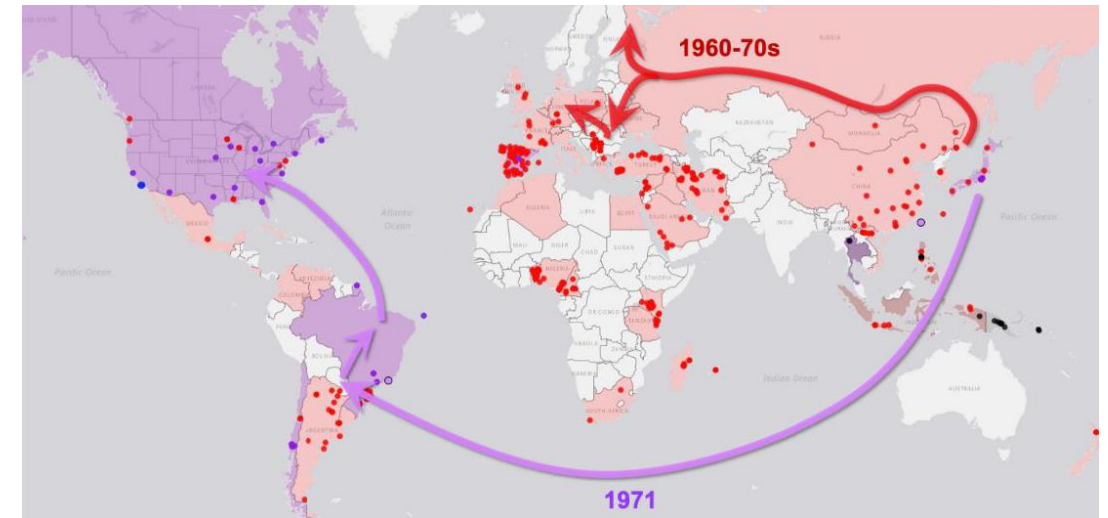
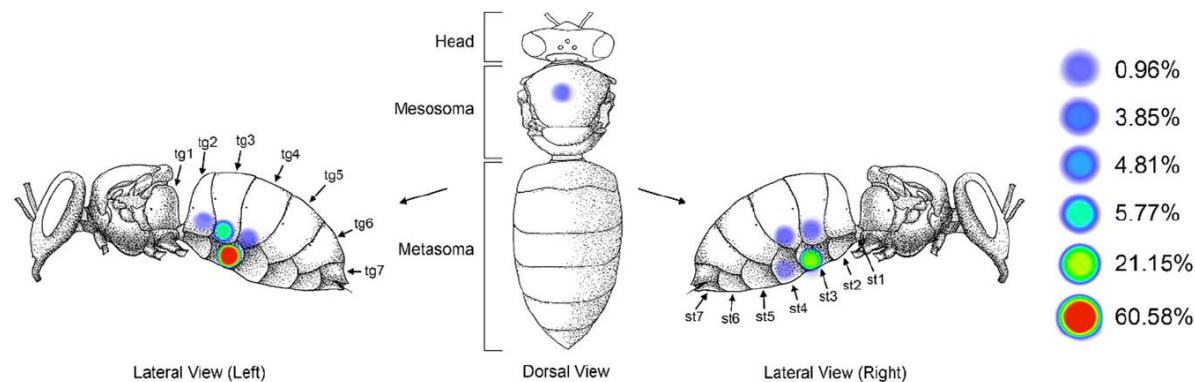
► Parasite de l'Abeille, *Apis mellifera*



► Hôte d'origine : *Apis cerana*



► Nutrition : corps gras et hémolymphhe

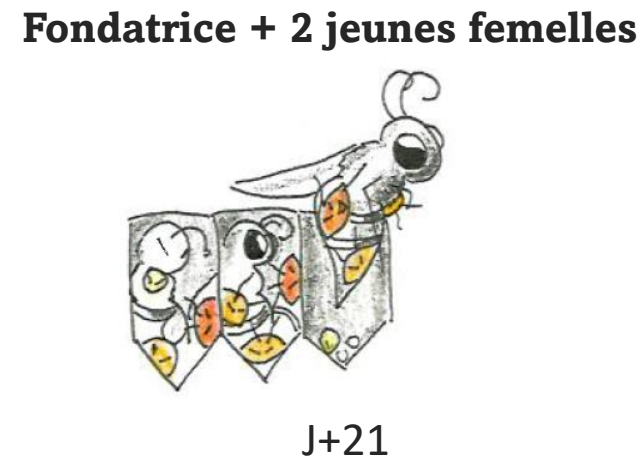
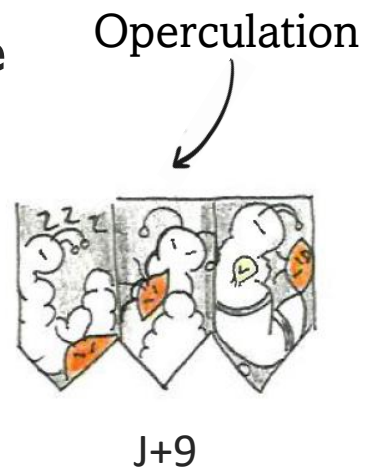
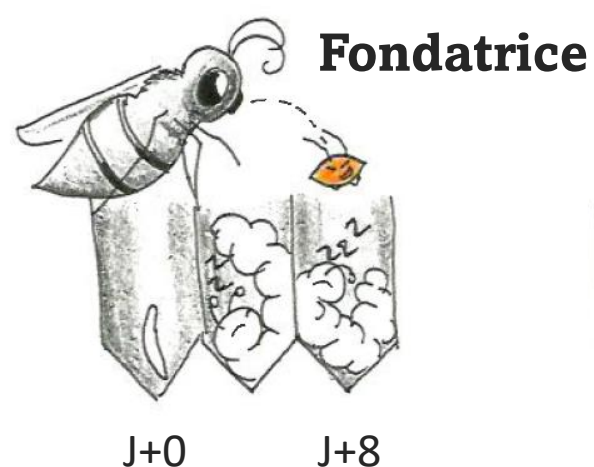


(Techer et al. 2019 ; Traynor et al. 2020)

(Ramsey et al. 2019)

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



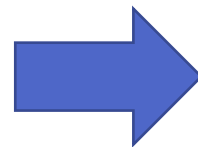
(Martin et al. 2012 ; Annoscia et al, 2015 ; Traynor et al. 2020 ; Mondet et al. 2016)

Varroa destructor

► Responsable de la VARROOSE

► Echelle **individuelle**

- Diminution des corps gras
- Transmission de virus



Diminution de la longévité
Diminution des activités



Abeille contaminée par le virus des
ailes déformées (DWV)



► 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[®])
- ▶ Amitraze (Apitraz[®] et **Apivar[®]**)



Substance active la plus utilisée

1. Contexte

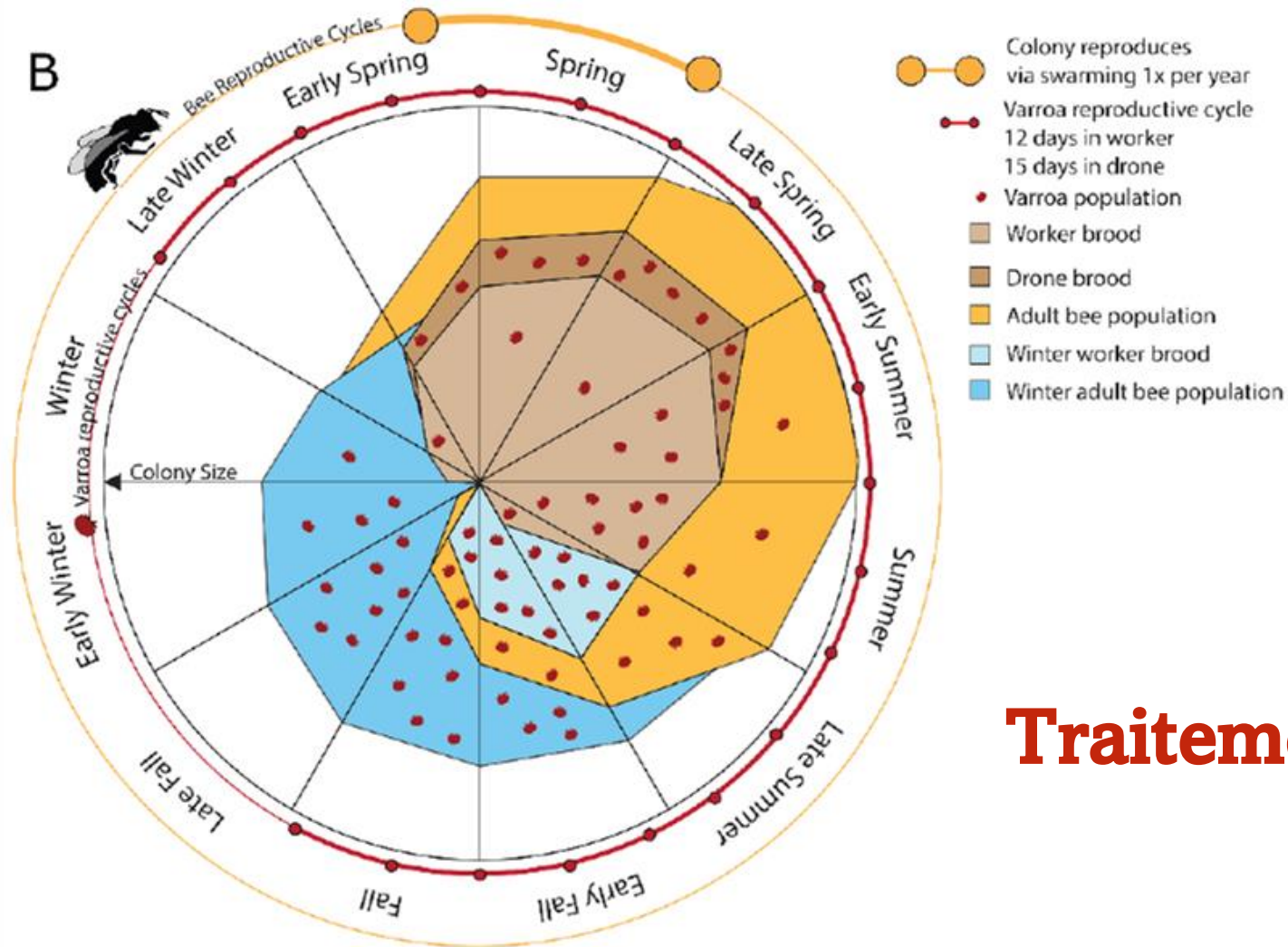


2. Evaluation des résistances

3. Modélisation & Traitements

4. Discussion

(Traynor et al. 2020)



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

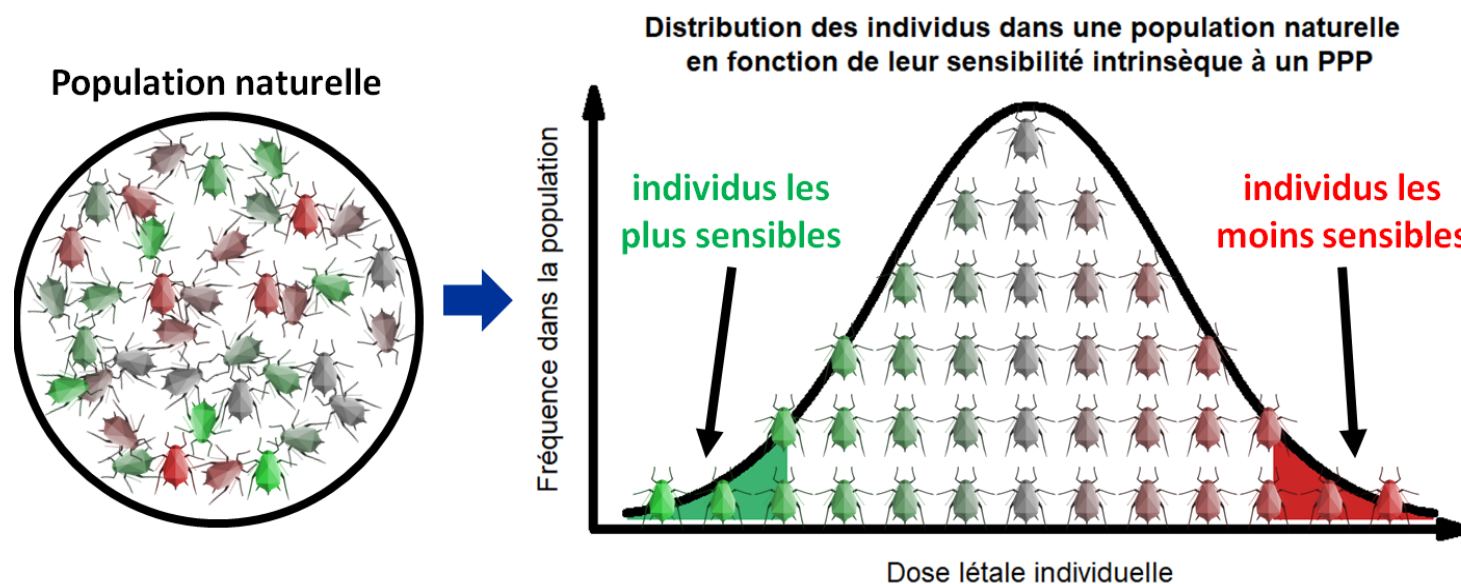


Traitement longue durée ...



(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

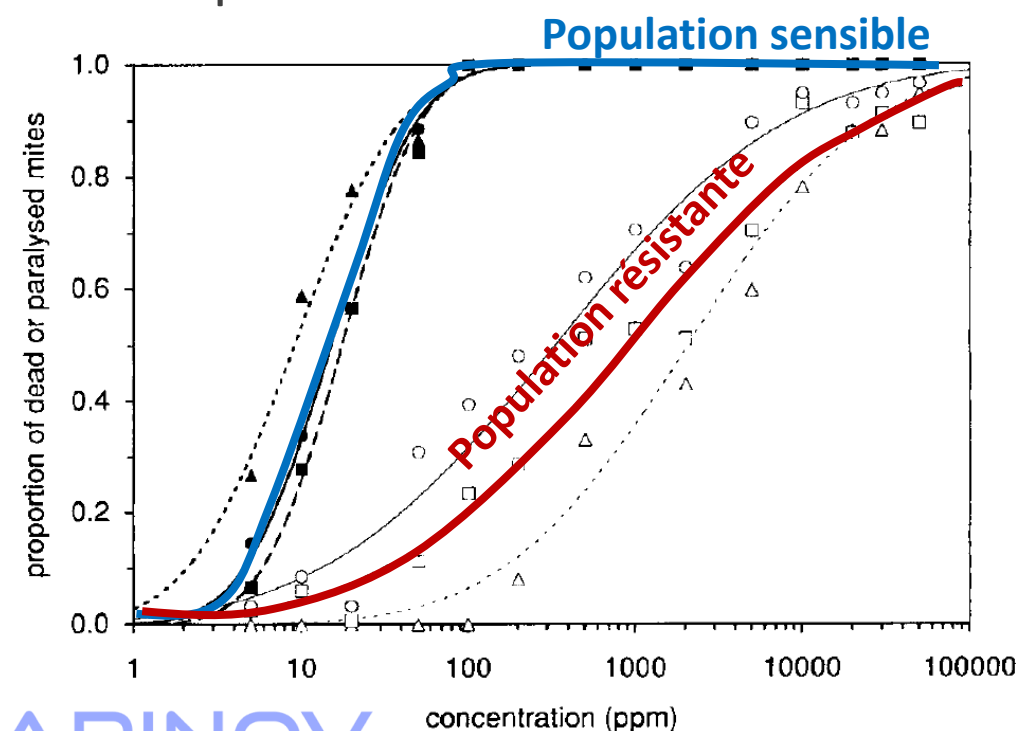




Résistances au tau-fluvalinate

► Test phénotypique (Milani. 1995)

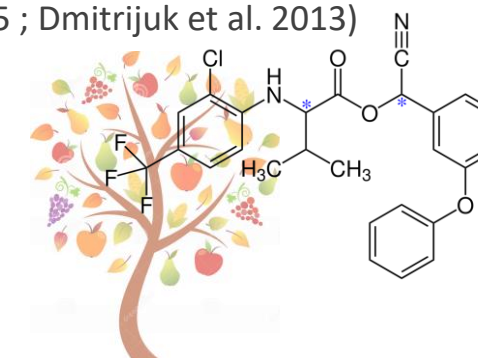
- Taux de mortalité / Concentration
- Population **sensible** vs **résistante**



► 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)

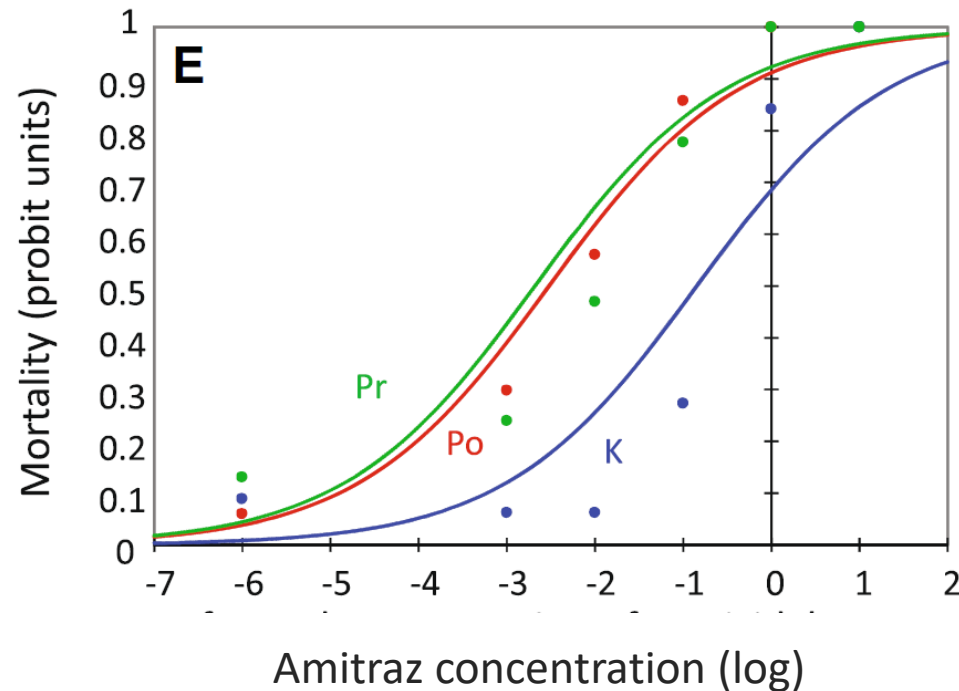


Résistance à l'amitraze

► Test phénotypique

- Taux de mortalité / Concentration

Kamler et al. 2016



► Test enzymatique (*Tetranychus sp*)

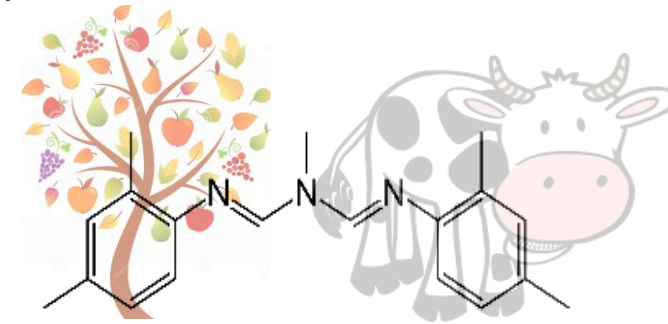
- Augmentation des estérases

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*



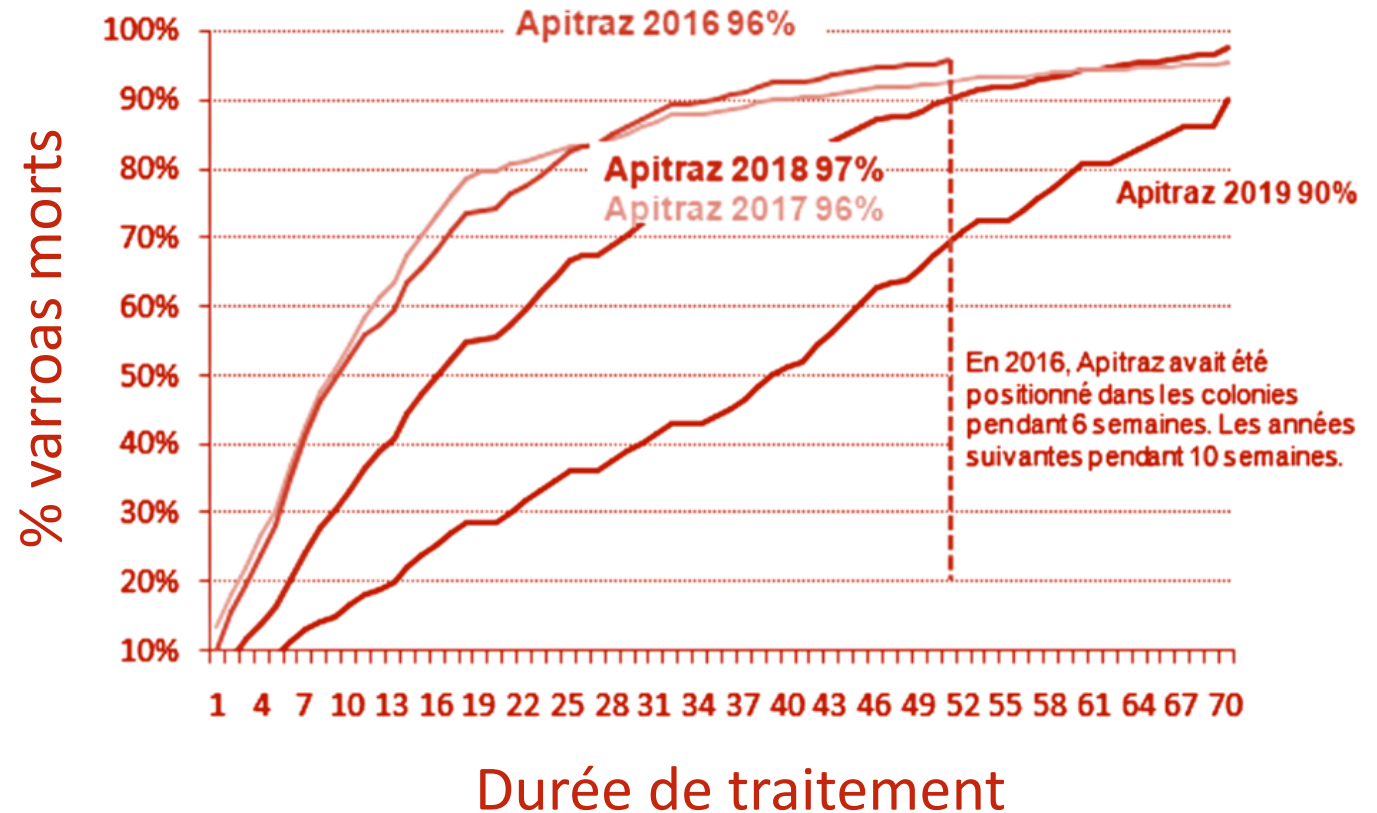


Résistance à l'amitraz

Sur le terrain ...

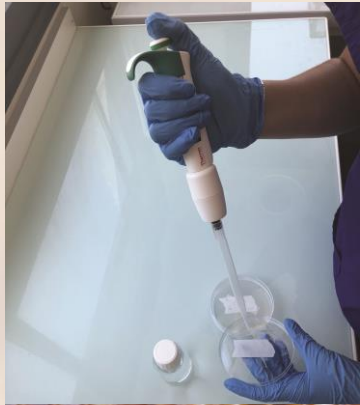
- ▶ Baisse de l'EFFICACITE
- ▶ Variabilité entre les ruchers

Cinétique de chute - Apitraz - 2016 2019





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



Méthode (Maggi et al. 2008)

1. Contamination des boîtes de Petri

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

2. Collecte des varroas (couvain)

- Collecte des fondatrices matures
- 4 réplicats 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 $60 \pm 10\%$

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

4. Transfert des varroas dans
des boîtes non-contaminées





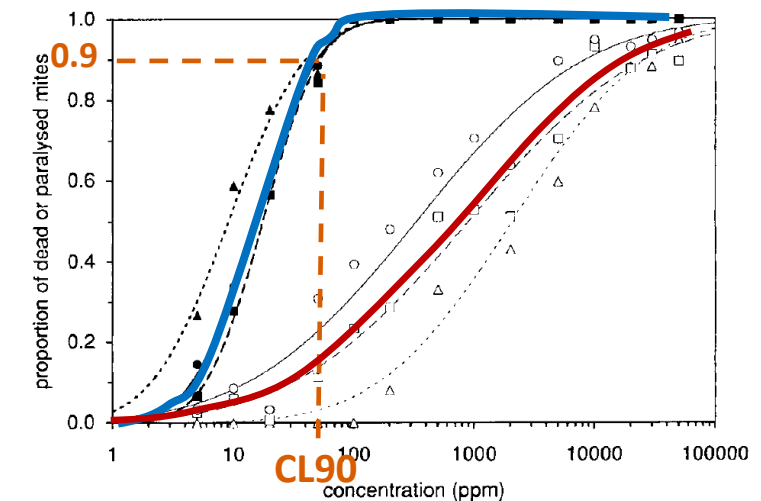
Méthode

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





Méthode

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

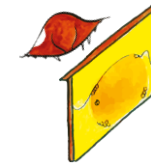
- ▶ Comparaison de la mortalité des populations avec **des populations sensibles de référence**

- ▶ Choix d'une concentration discriminante **CL90**

CL90 [Amitraze]=0.4 µg/mL

CL90 [Tau-fluvalinate]=20 µg/mL

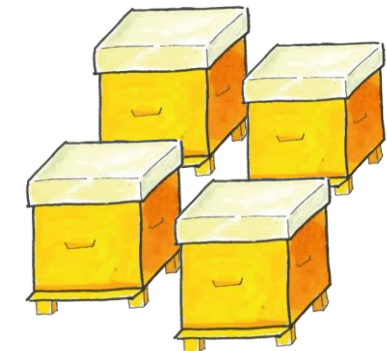
- ▶ Répétabilité & Reproductibilité du test



Cadre
ns



Inter-Cadre
ns



Inter-Ruche
 $p > 0.05$

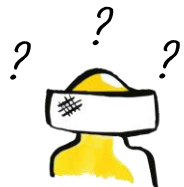
- ▶ Description de 3 classes de sensibilités : **Résistance forte**, **Résistance modérée**, **Sensible**
Mortalité <40% Mortalité 40-75% Mortalité >75%



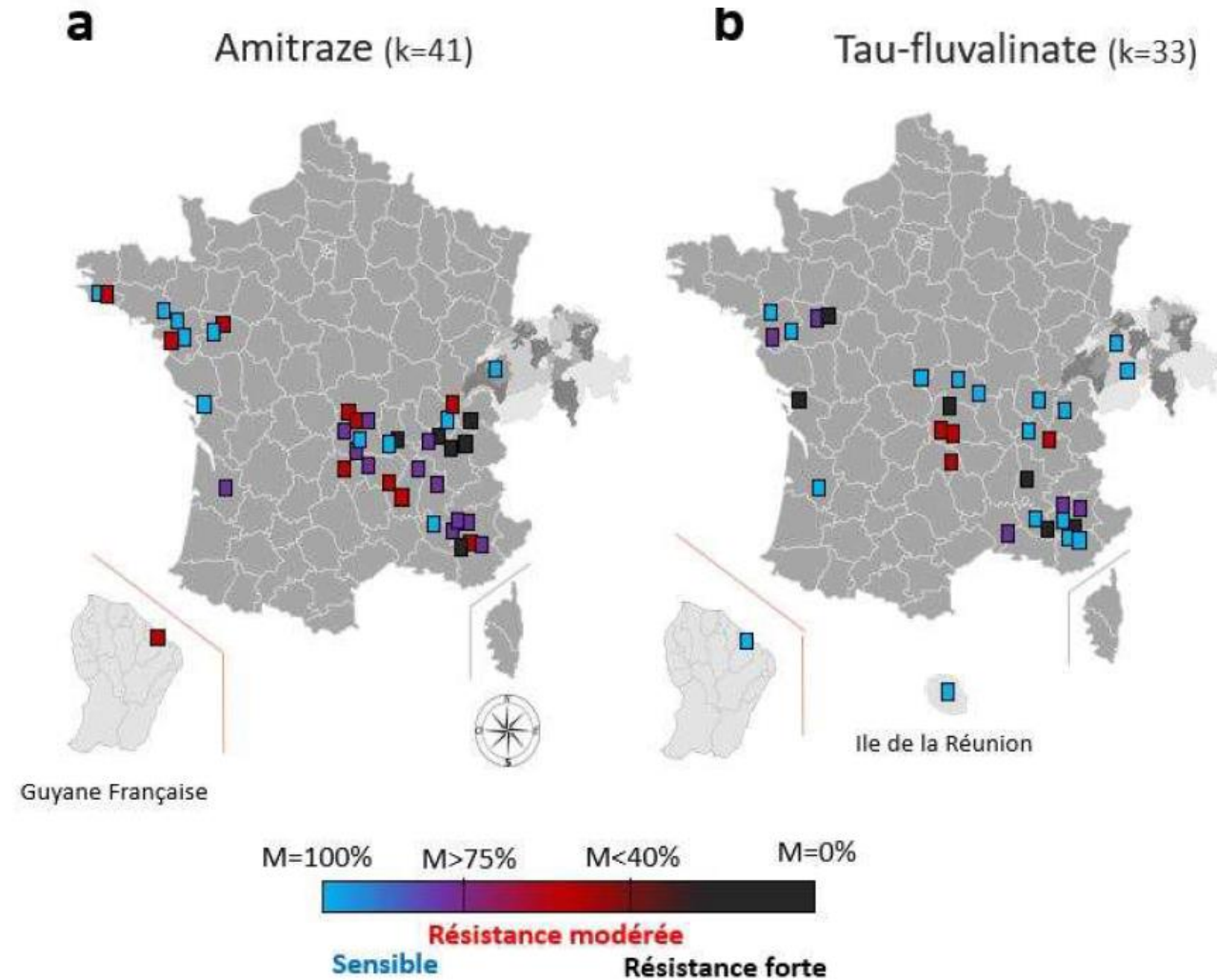


Résultats Tests phénotypiques

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



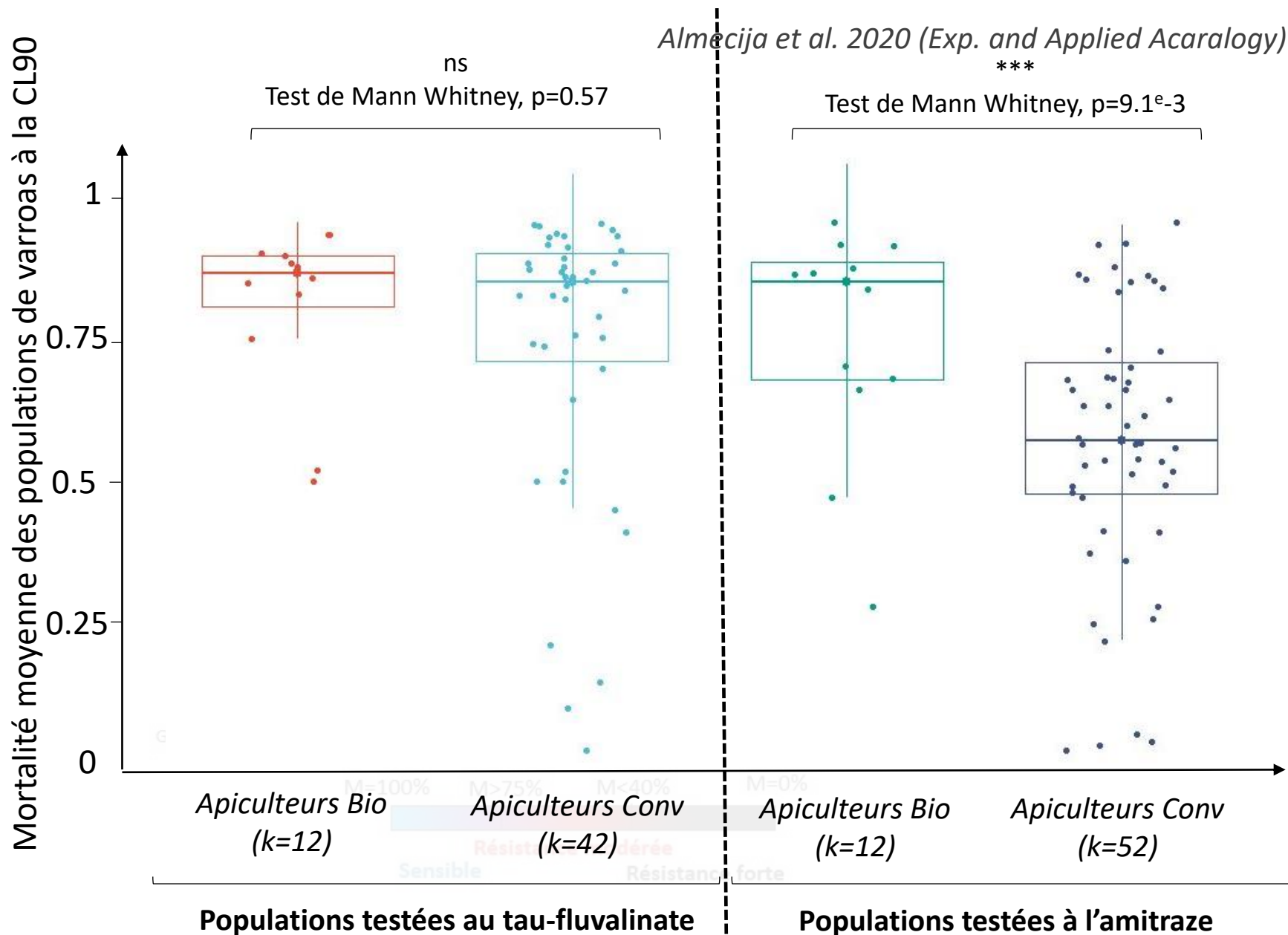
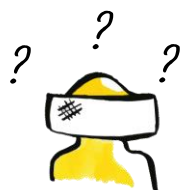
Almecija et al. 2020 (Exp. and Applied Acarology)





Résultats Tests phénotypiques

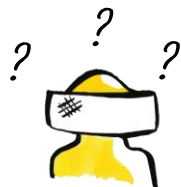
- Cartographie des sensibilités
- Forte Hétérogénéité
- Historique de traitement ?





Résultats Tests phénotypiques

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



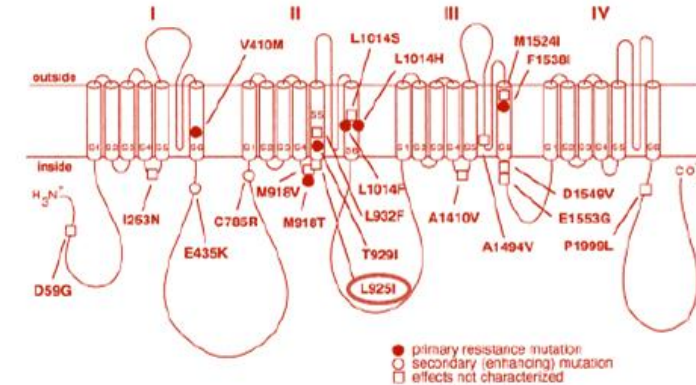


Résultats Origines des résistances

• 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 ($R^2=89\%$)

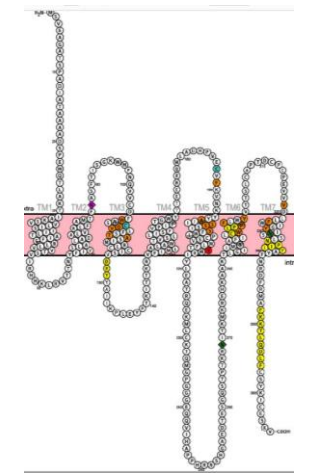
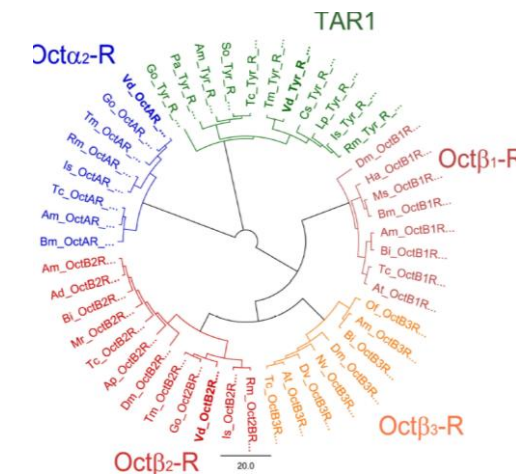
Article en rédaction en collaboration avec l'ANSES
(→ Pest Science Management)



• Amitraze

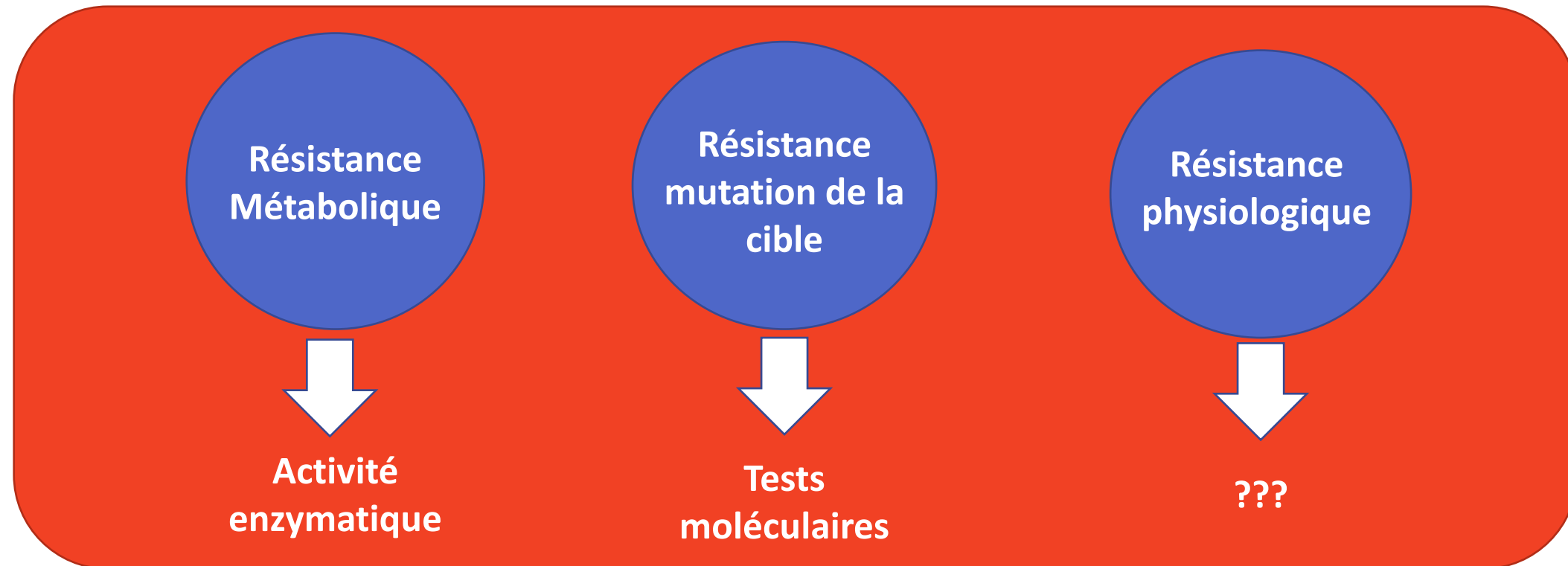
- ▶ Recherche de mutation sur les récepteurs de l'octopamine
- ▶ Mutation N87S (Vd_oct β_2 r) sur les échantillons de France
- ▶ Mutation Y215H pour les échantillons des Etats-Unis

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



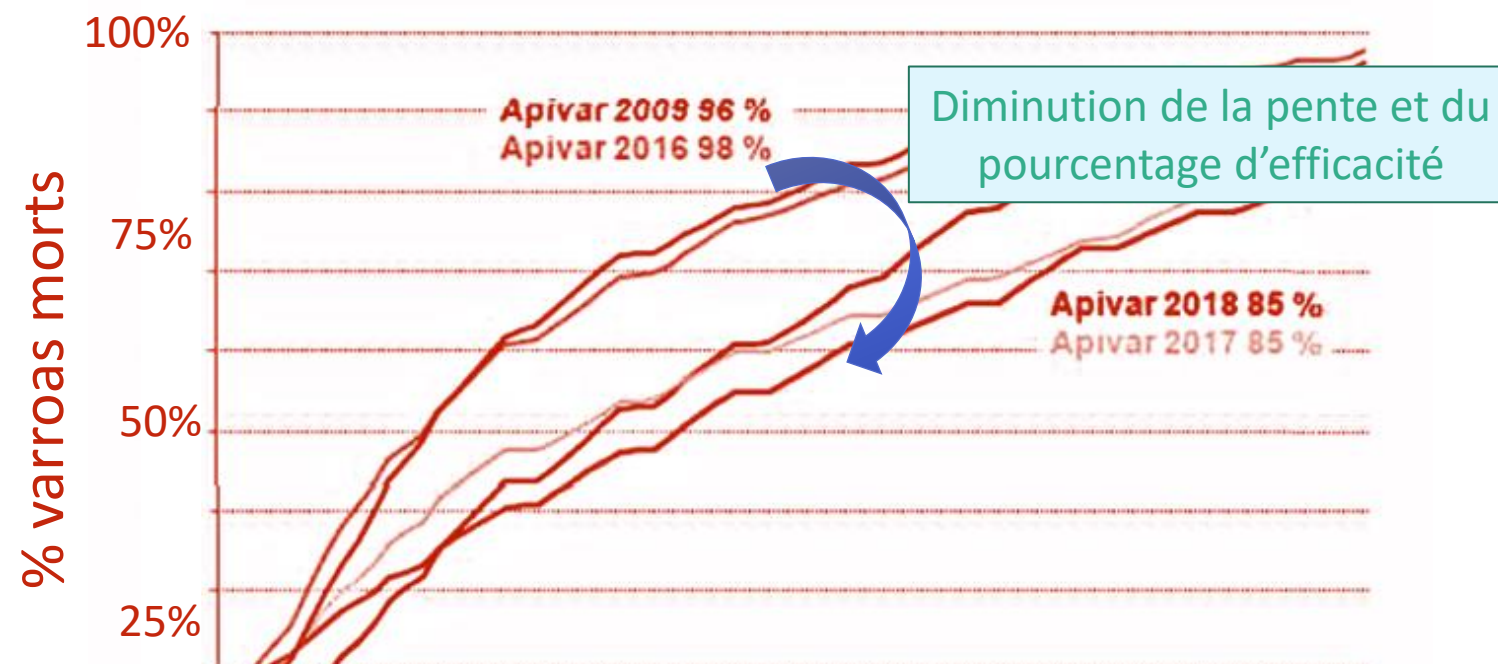


Test phénotypique



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 ?

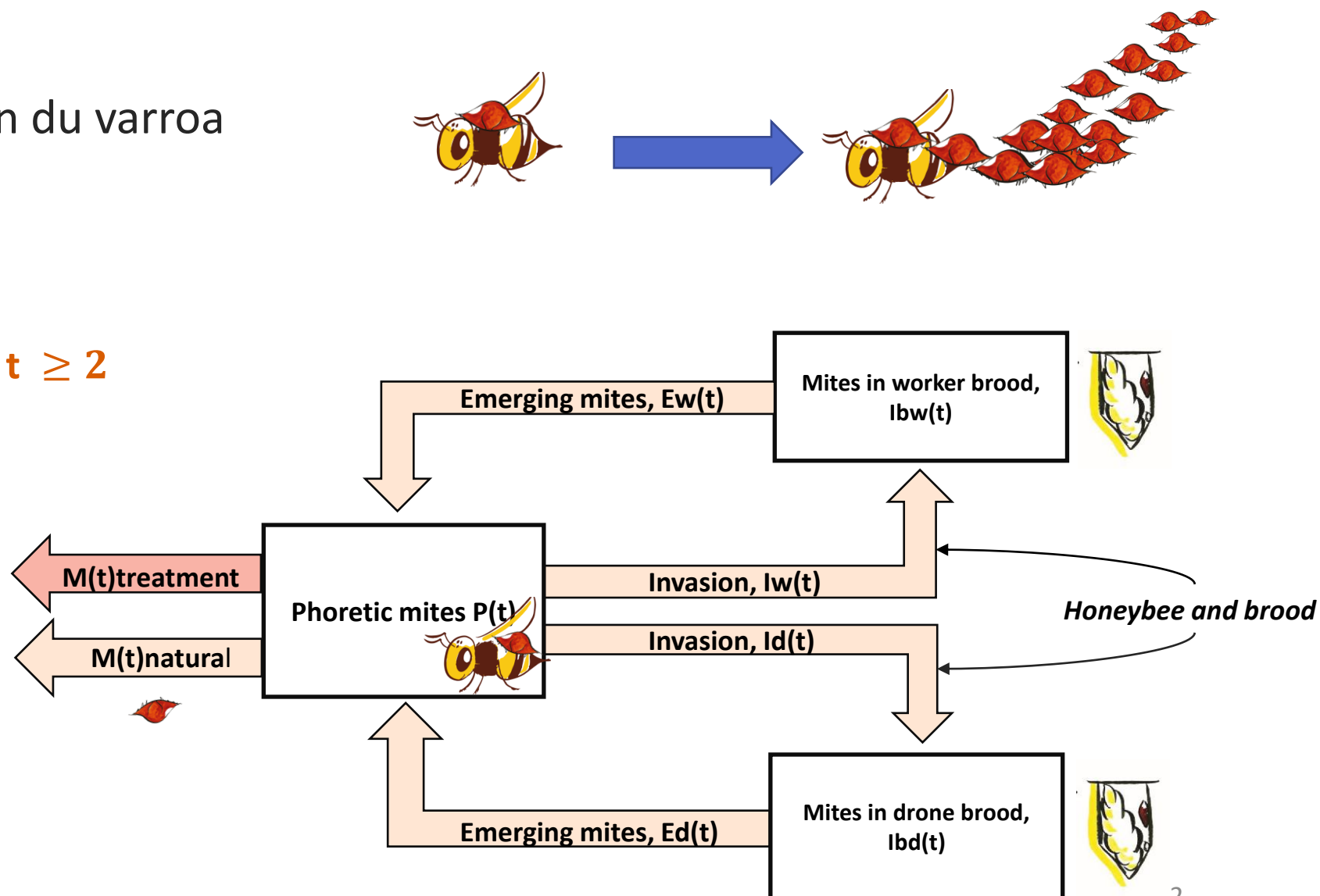


Almecija et al. 2021

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

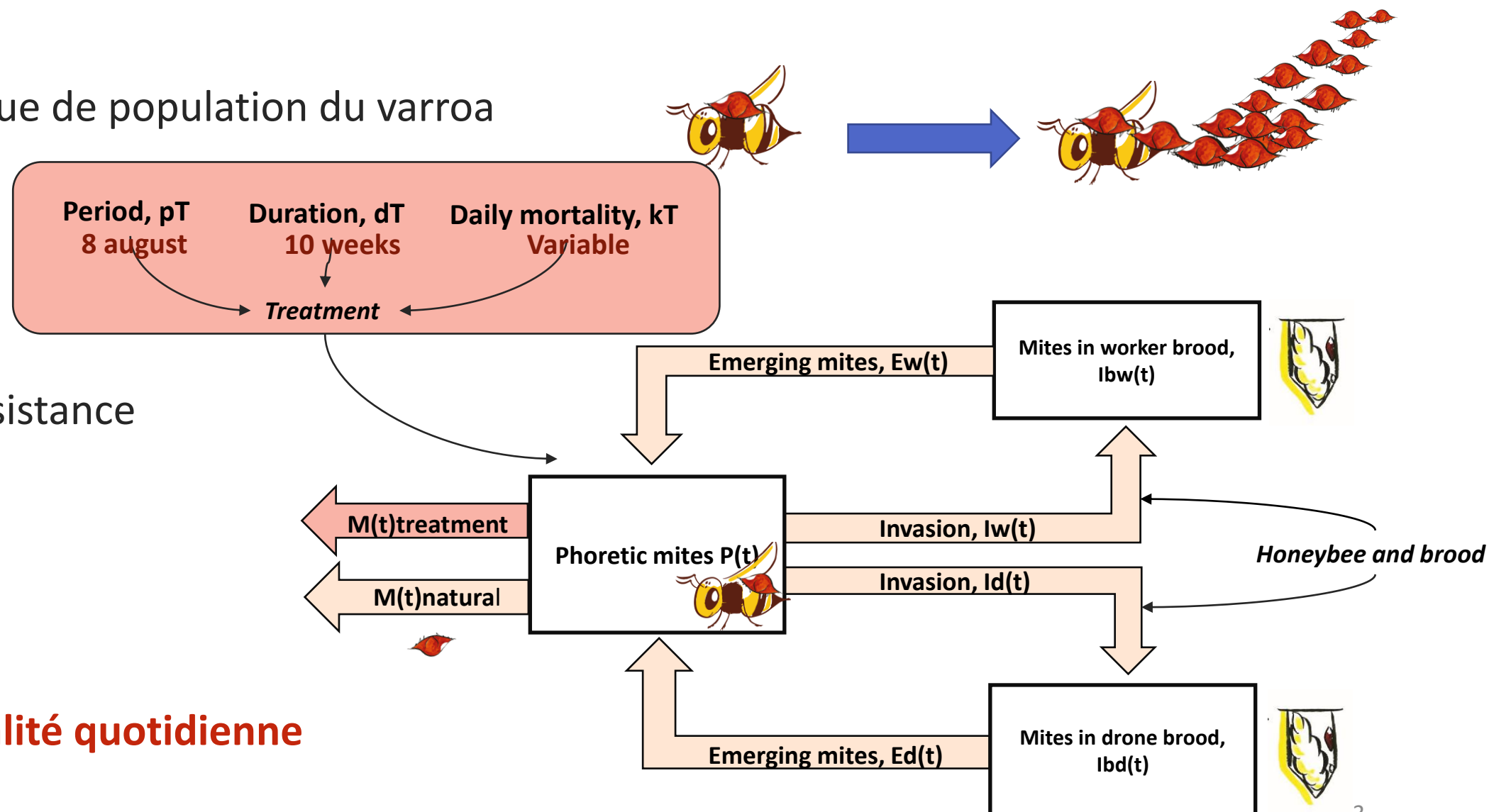
Calis, 1999

- Influence d'APIVAR®

- Simulation d'une résistance



Diminution de la mortalité quotidienne





Almecija et al. 2021

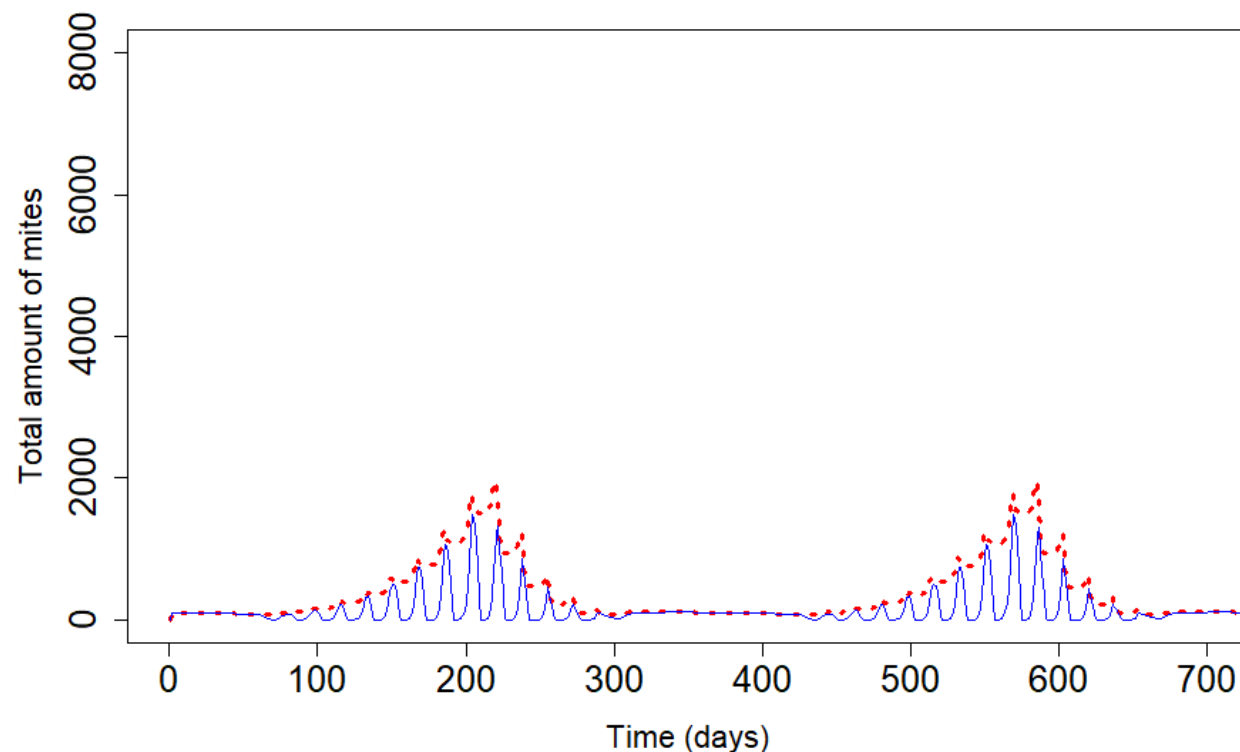
Résultats avec application du traitement APIVAR®

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

— Varroas sur abeilles

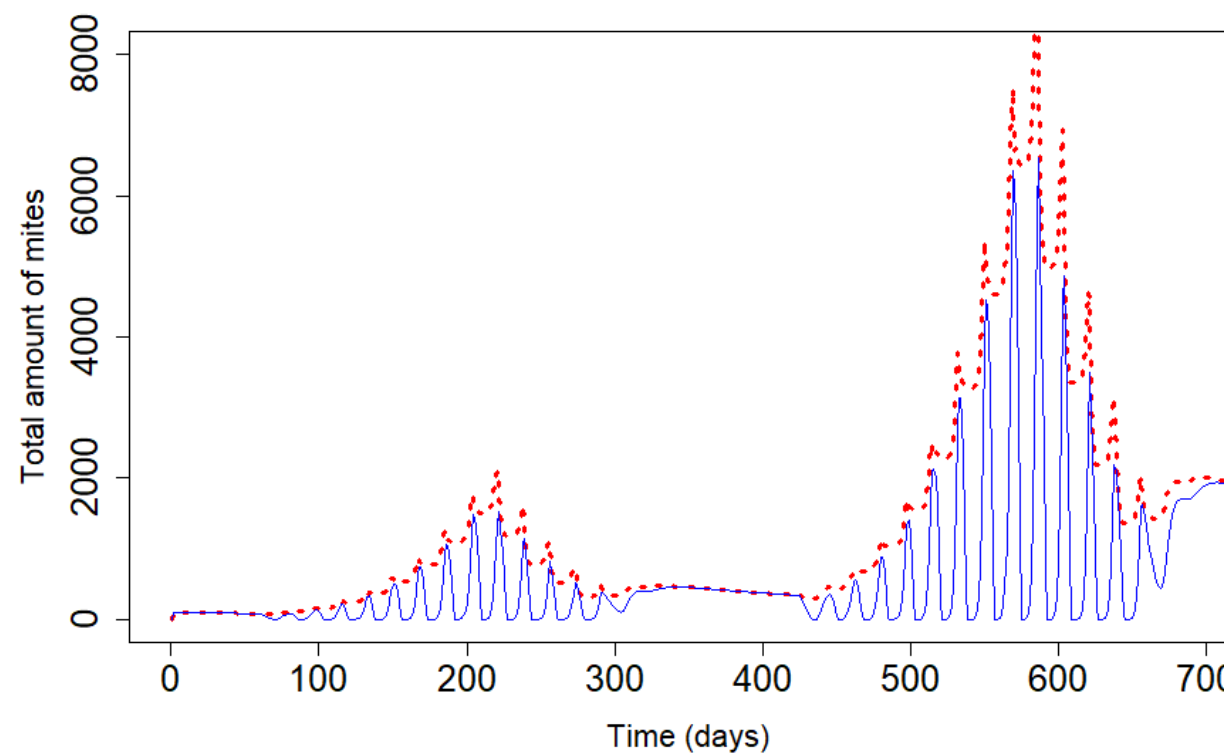
- - - Varroas totaux

Stabilisation de la population



Efficacité modèle : 98.7%

Croissance de la population

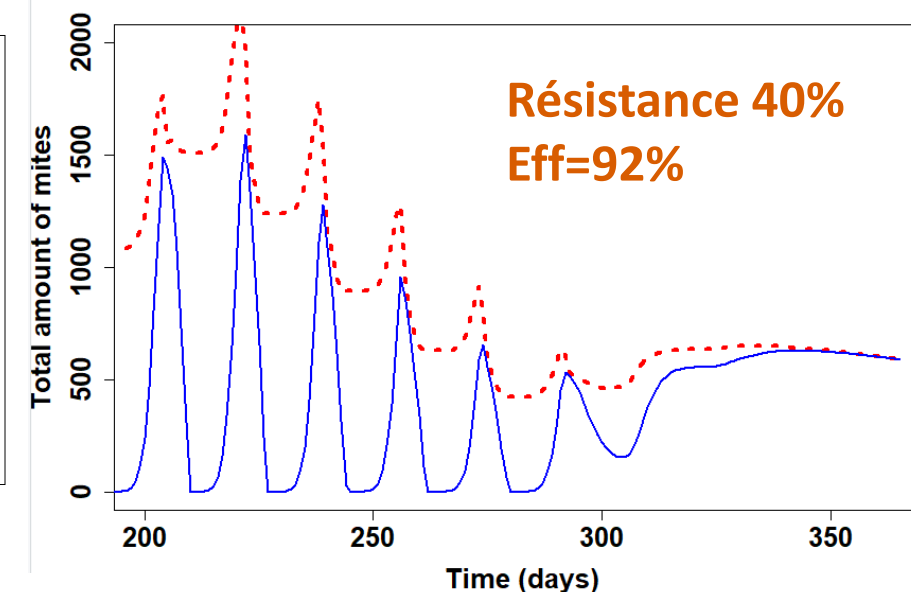
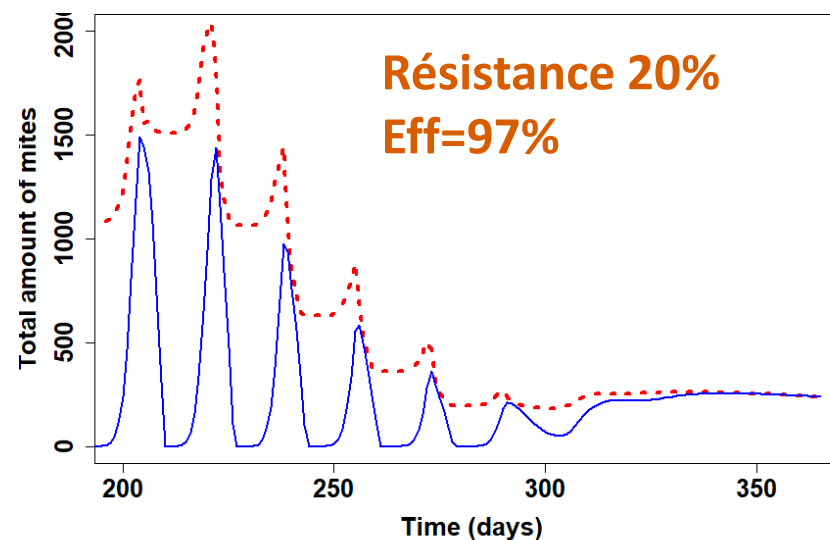
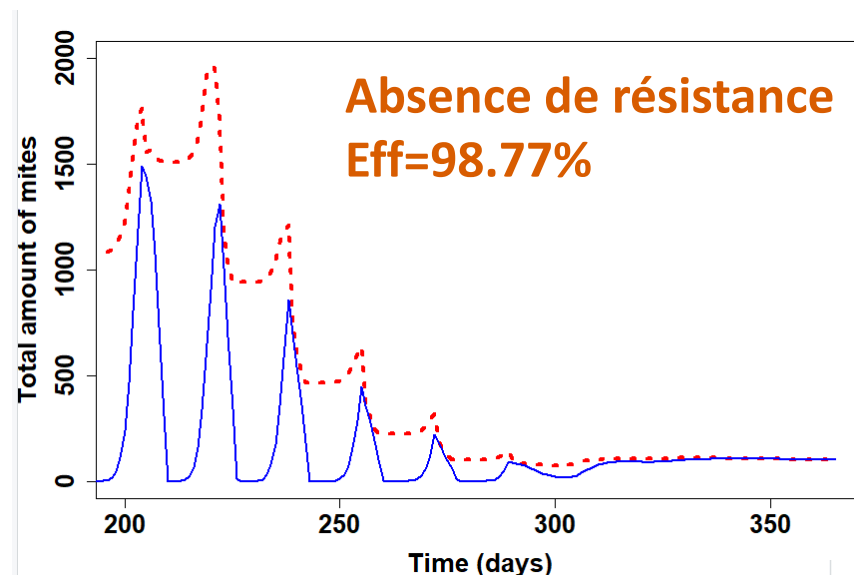


Efficacité modèle : 95%

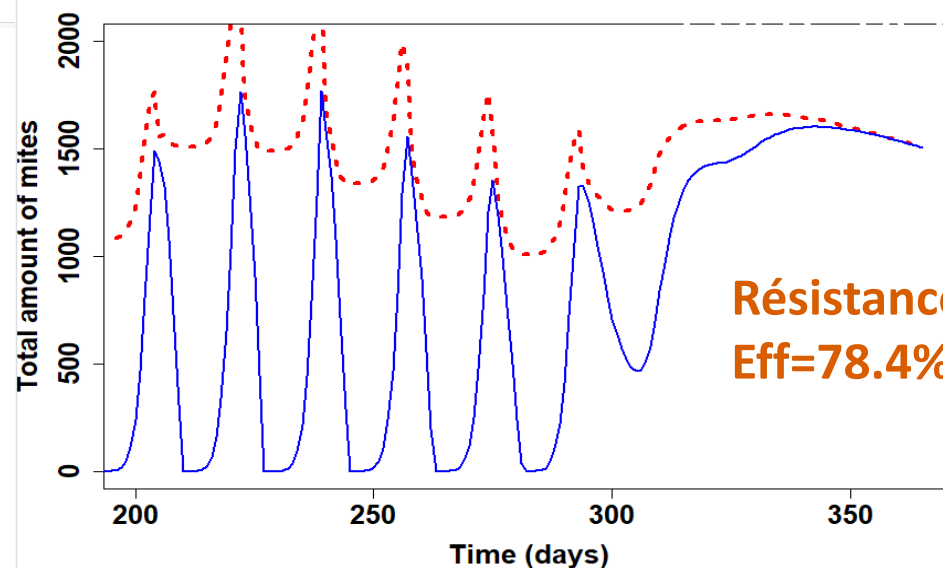


Influence d'une résistance sur l'efficacité

Almecija et al. 2021



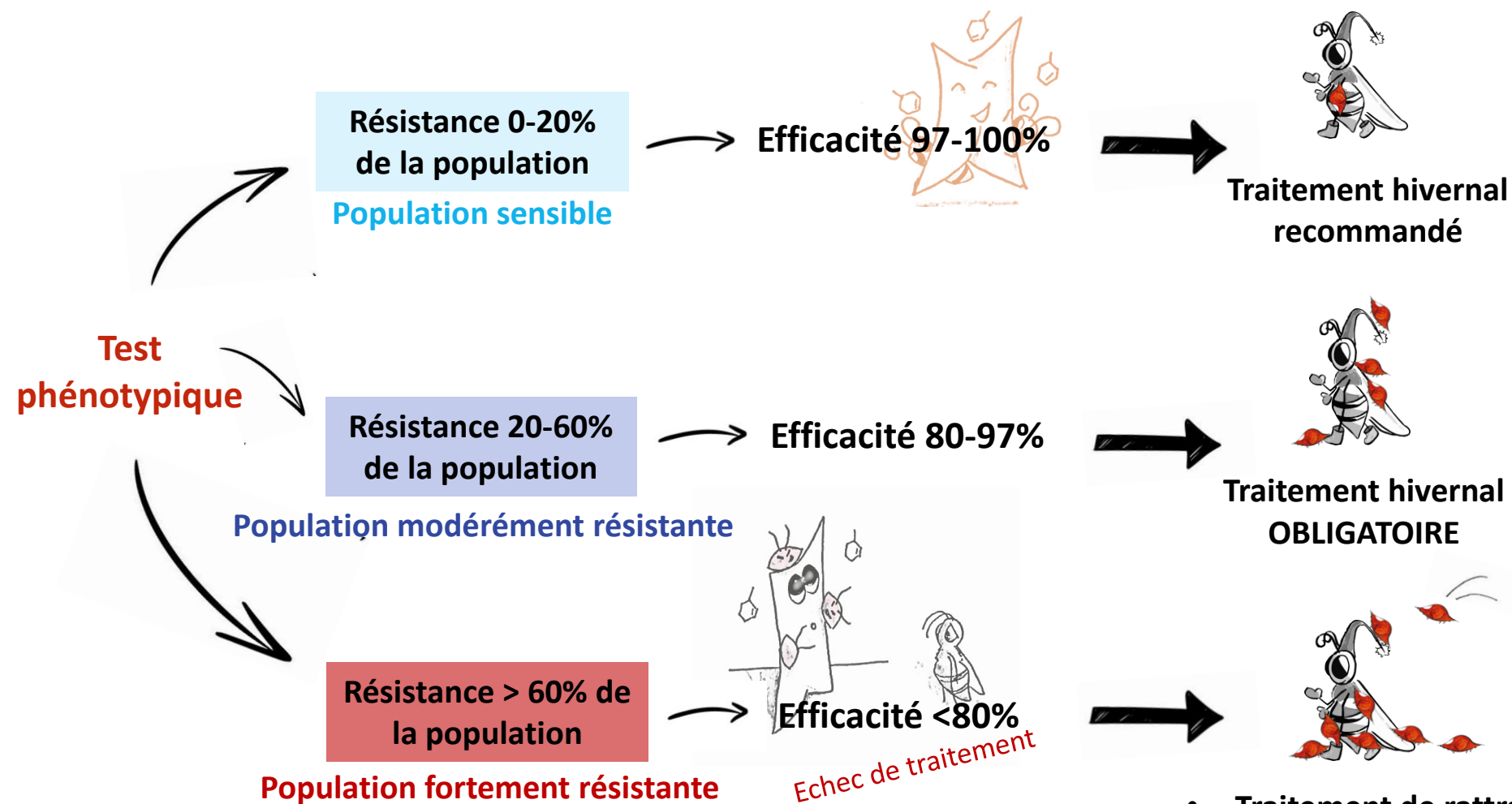
— Varroas phorétiques
- - - Varroas totaux



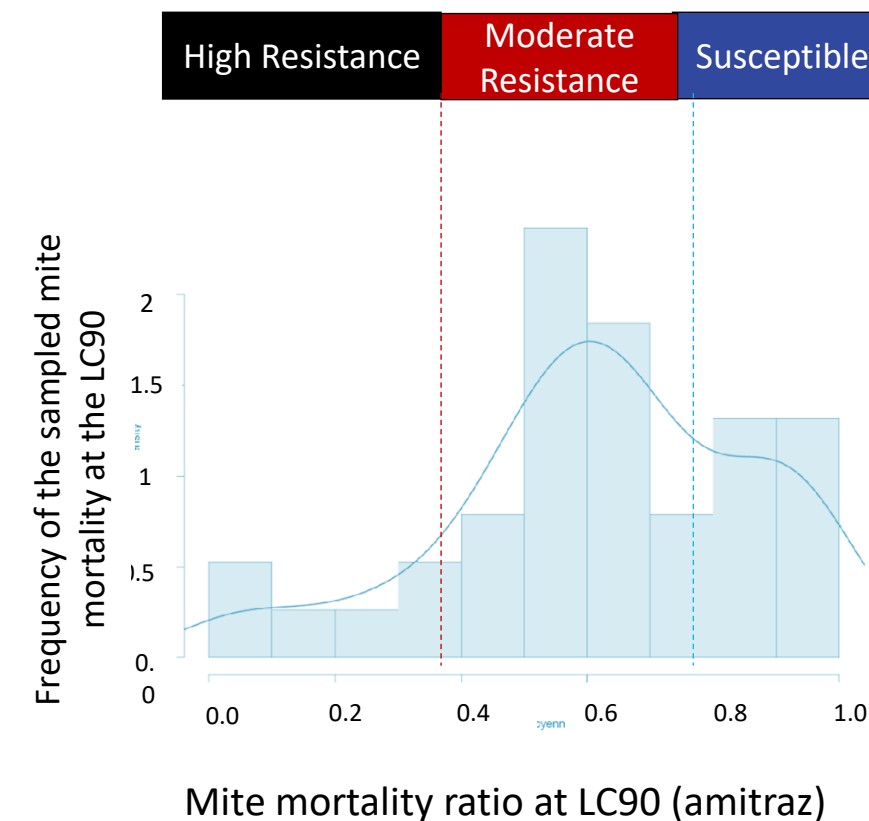
**Comparable aux
observations sur le terrain**

Résistance moyenne 60%
Efficacité moyenne 81%

Influence d'une résistance sur l'efficacité



- Traitement de rattrapage ?
- Traitement hivernal OBLIGATOIRE





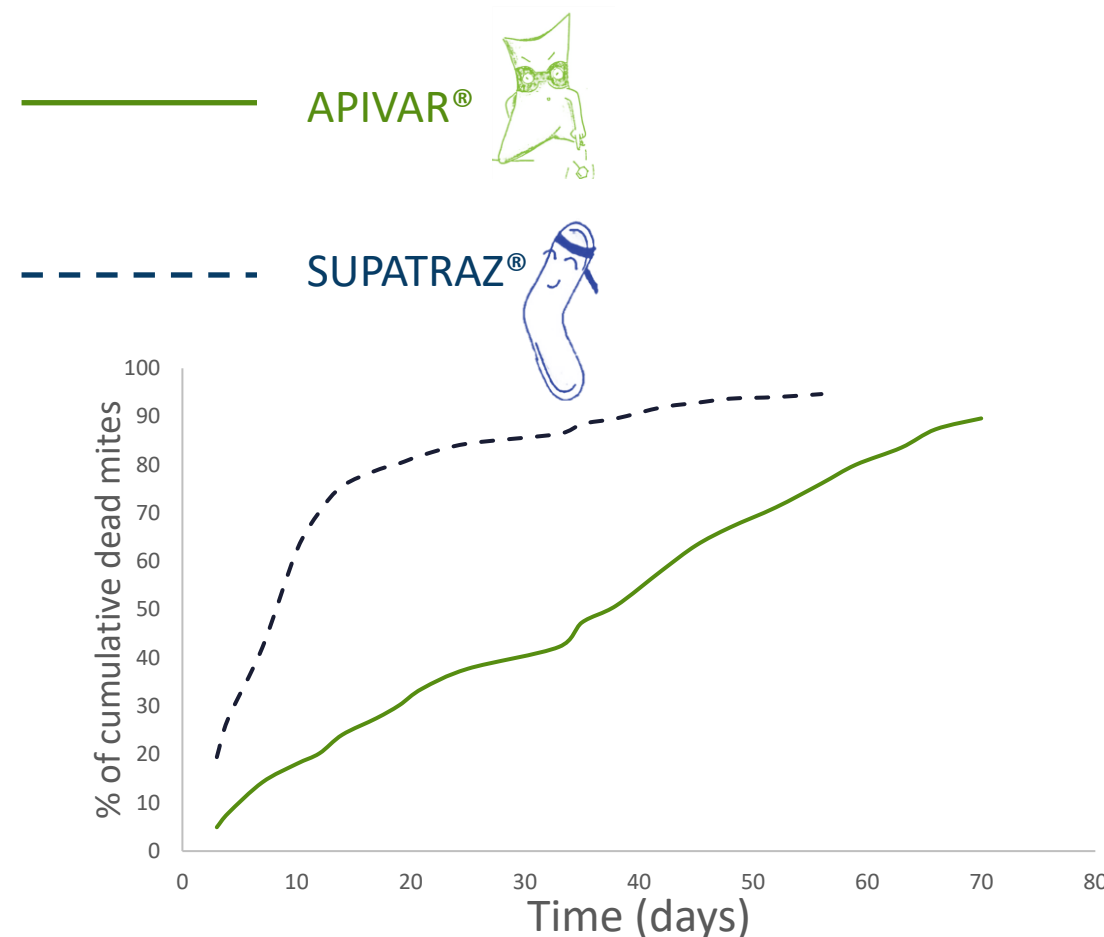
Influence de la galénique

► Comparaison de 2 traitements à base d'amitraz

- APIVAR®
- SUPATRAZ®

► Comparaison de l'efficacité sur le terrain

► Modélisation des actions des 2 traitements



Pour une efficacité de 95%



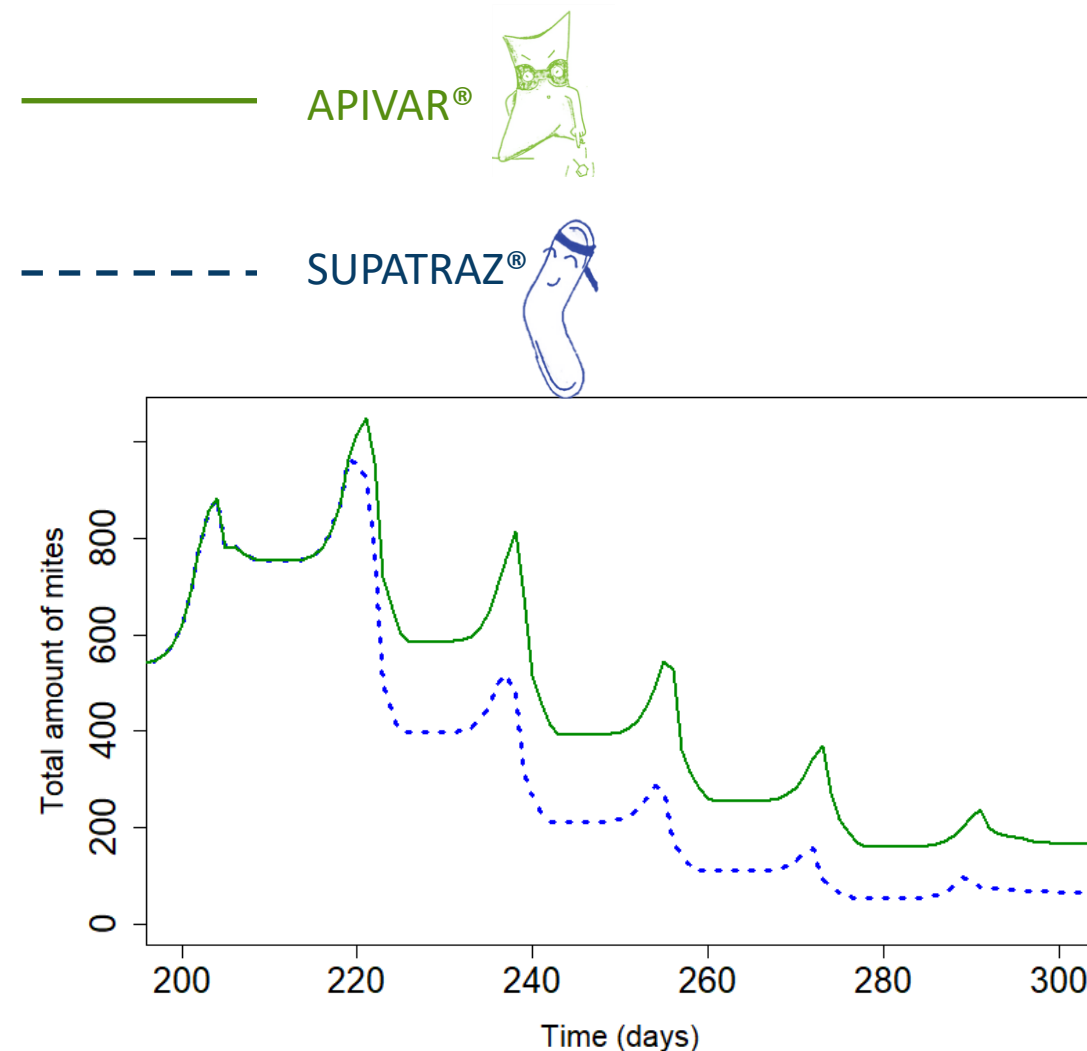
Influence de la galénique

► Comparaison de 2 traitements à base d'amitraz

- APIVAR®
- SUPATRAZ®

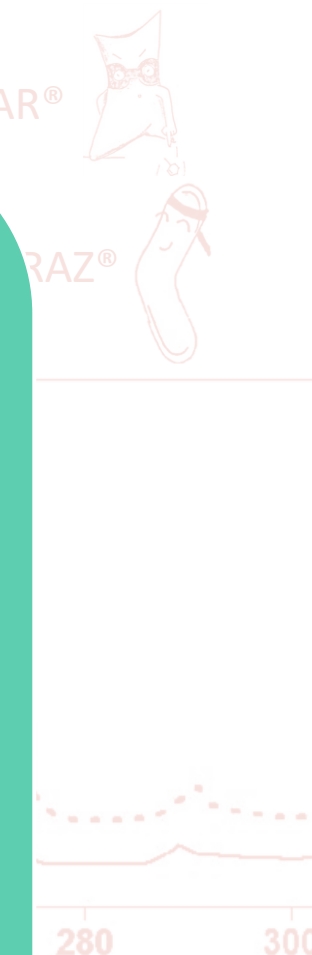
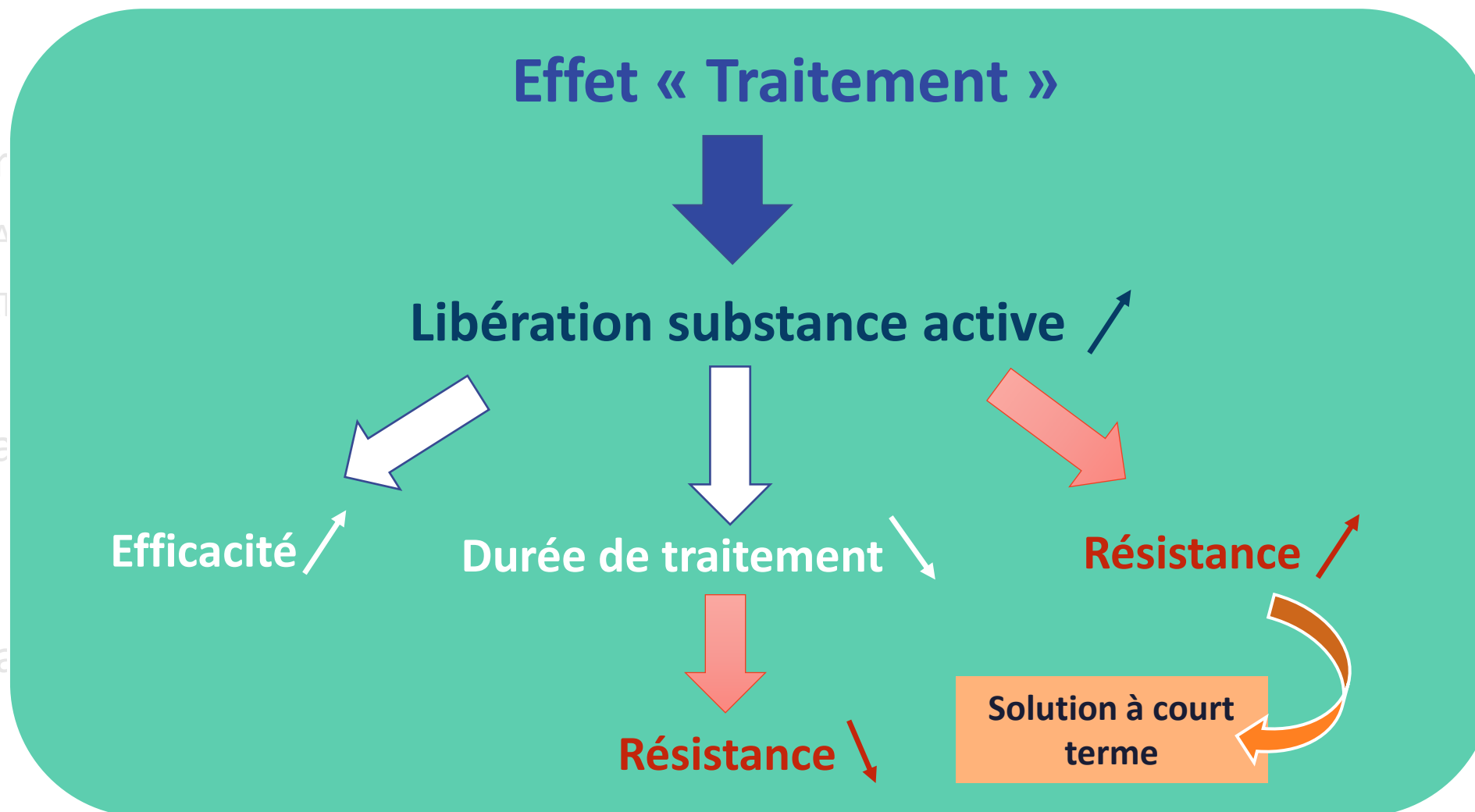
► Comparaison de l'efficacité sur le terrain

► Modélisation des actions des 2 traitements



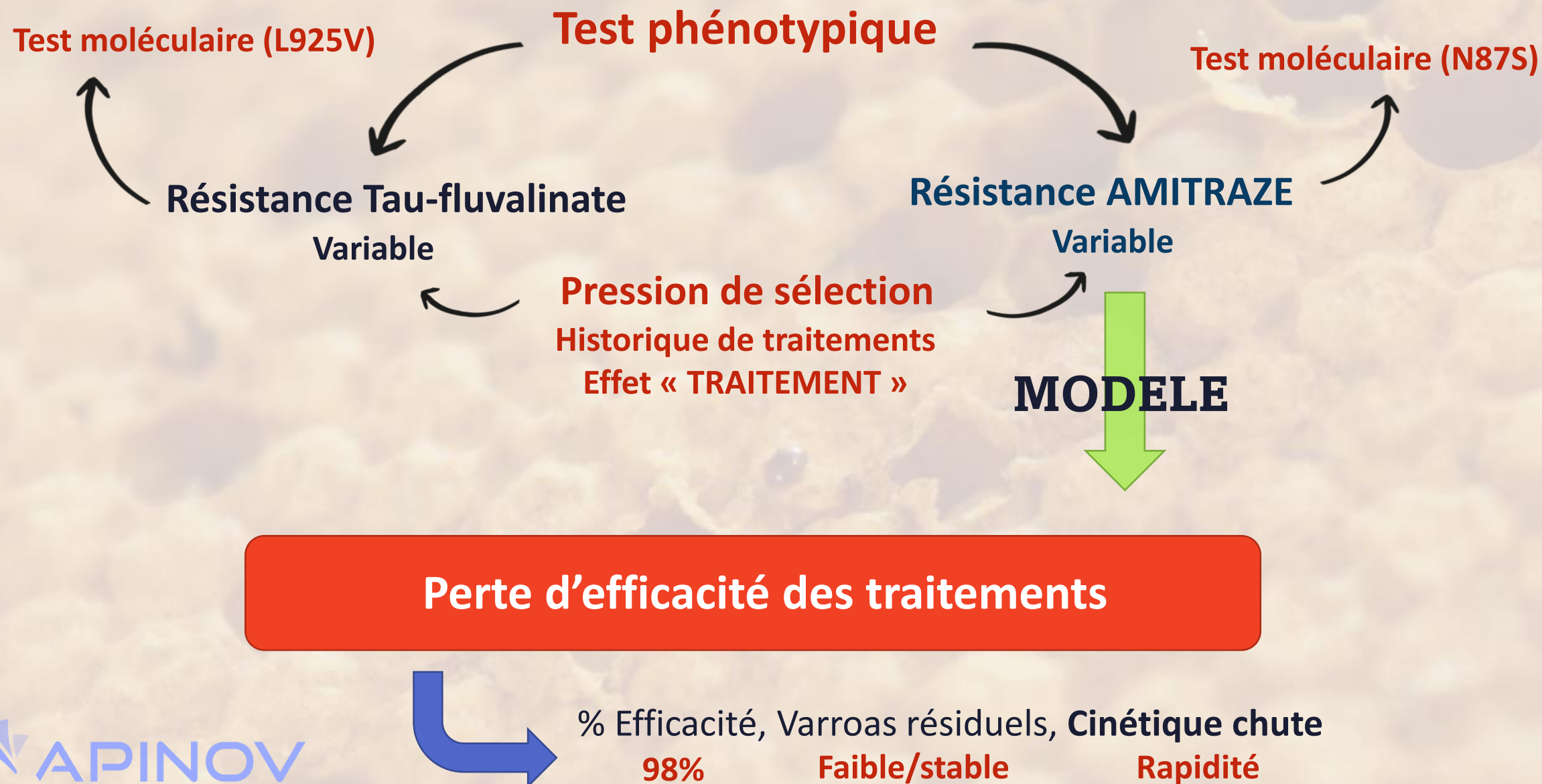
Pour une efficacité de 95%

Influence de la galénique





Synthèse





Amitraze, une résistance discrète

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

Type de résistance

Espèce cible

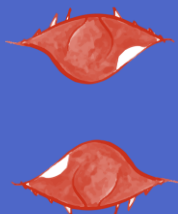
Molécule acaricide

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

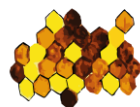
- Rotation des substances acaricides
- Connaissance sur la **période de réversion**

(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

Environnement



Benito-Murcia, 2021



Frey et al. 2014

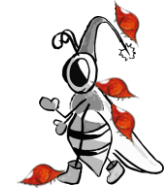
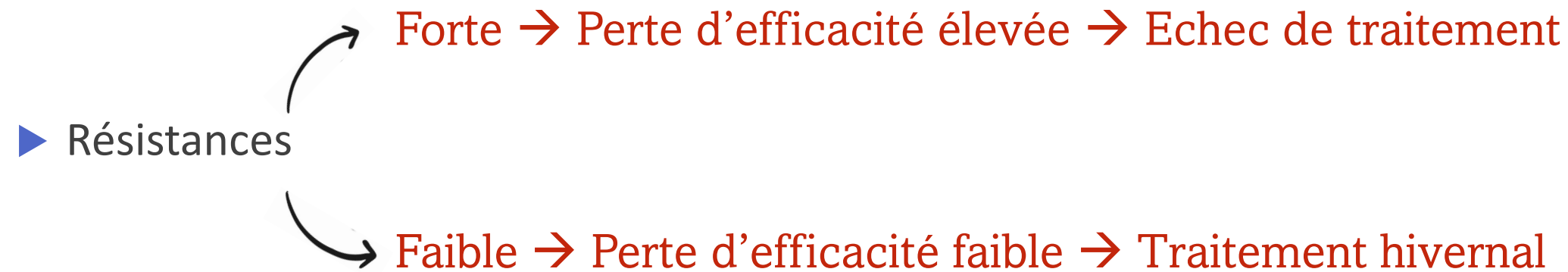
Application du **MODELE**

Actuellement en essai sur le terrain



Conclusion

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



- ▶ 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, Intitut BIOTECMED (Valence), ANSES (Sophia-Antipolis)

Gabrielle ALMECIJA