

Les intoxications sub-létales chez l'abeille domestique

Tunis, 25 novembre 2015

Plan

- **Introduction : l'abeille est une société d'insectes pérenne**
- Les insecticides
 - Cibles principales et familles chimiques
 - Exposition et pénétration chez l'insecte
- Les intoxications
 - Variations de la réceptivité (selon Ramade)
 - Signes cliniques
- Conclusion

Plan

- Introduction
- **Les insecticides**
 - **Cibles principales et familles chimiques**
 - Exposition et pénétration chez l'insecte
- Les intoxications
 - Variations de la réceptivité (selon Ramade)
 - Signes cliniques
- Conclusion

les cibles nerveuses

axoniques : blocage du signal électrique, l'influx nerveux de TOUS les neurones

synaptiques : perturbation d'un type de message chimique entre deux neurones

Messagers chimiques des synapses chez les Invertébrés

- Acétylcholine
- Dérivés d' un acide aminé
 - ac. glutamique : **acide gamma amino butyrique nég** (GABA)
 - tyrosine : **dopamine, octopamine, tyramine**
 - tryptophane* : **sérotonine**
 - L-histidine* : **histamine**
- Acides aminés eux-mêmes
 - acides glutamique et asparagique, glycine (nég)**
- Neuropeptides à dégradation lente, colocalisés

Les substances actives des cibles nerveuses

- Organo-chlorés
- Organo-phosphorés
- Carbamates
- Pyrèthrinoïdes
- Phénylpyrazoles
- Avermectines
- Néonicotinoïdes ou Chloronicotiniles
- Spinosoïdes
- Formamidines

Organo-chlorés

Diphényles aliphatiques

DDT, DDD, dicofol, ethylan, chlorobenzilate, méthoxychlore
bloquent l'activité des canaux sodium le long des axones
corrélation négative avec la température

Cyclodiènes

chlordan, aldrin, dieldrin
perturbent les synapses GABA
corrélation positive avec la température

HexachloroCycloHexane,

isomère gamma dénommé lindane
action plus rapide et plus intense que précédemment

Polychloroterpènes

toxaphène, endosulfan
cf cyclodiènes

Organo-phosphorés

inhibent l'acétylcholine-estérase (Ache), enzyme dégradant l'acétylcholine
donc allongent le passage de l'« influx nerveux »
aux niveaux neurone-neurone et neurone-muscle (strié).
corrélation positive avec la température
famille chimique comportant plus de 200 molécules actives

Plusieurs types de classification

selon la nature chimique de l'acide phosphorique: ortho-, thiono-, thiono-thio-, pyro-
selon la structure chimique: aliphatiques, à noyau phényl, hétérocycliques

Cette grande diversité chimique explique

- des rémanences qui peuvent se compter en jours aussi bien qu'en années,
- des modes de contamination variés,
- une toxicité variable selon les espèces animales,
- une pénétration dans le végétal par voie externe ou systémique
(distribution dans le végétal par la sève)

NB : tous les op systémiques sont interdits dans l'UE

Carbamates

une vingtaine de molécules ayant la même cible que les op
dont certaines possèdent des actions plus spécifiques,
par exemple sur les pucerons ou les mollusques
NB : les systémiques sont interdits dans l'UE

Pyrèthrinoïdes

action principale par blocage de l'influx nerveux le long de l'axone
type I même action et même coefficient de température que le DDT (négatif)
type II même action mais coeff. temp. positif
usage généralisé en agriculture à partir de la 3ème génération
(fenvalérate, perméthrine)

Phénylpyrazoles

fipronil, action sur les synapses GABA cf cyclodiènes
systémique utilisé en enrobage de semences

Avermectines

antibiotique isolé de Streptomyces avermitilis
insecticide, acaricide, anthelmintique
bloque les synapses GABA et le récepteur glutamate

Néonicotinoïdes ou Chloronicotiniles

agonistes de l'acétylcholine
imidaclopride, thiametoxame, thiaclopride, clothianidine, (acétamipride)
dinétofurane, sulfoxaflor, flupyradifurone
systémiques utilisés en enrobage de semences

Spinosoïdes

agoniste de l'acétylcholine, spinosad

Formamidines

amitrazé, synapse octopaminergiques

la respiration cellulaire

Roténone

Des acaricides « spécifiques »

- comme les pyrazoles (fenpyroximate, tébufenpyrad)
- comme les dérivés stanniques (azocyclotin, cyhéxatin)
- comme les sulfones sulfonates (chlorfénizon, tétradifon)

Des fongicides possèdent aussi cette activité

« mitochondriaux »

(phénylamides, nicotamides, strobilurines, cyanoimidazoles,)

déméthylases (imidazoles, triazoles, ...)

la croissance de l'insecte

Benzoylurées et Acylurées

inhibition de la chitinase, diflubenzuron

Benzhydrazides

simulent l'action de l'ecdysone, tébufénozide

Buprofézine

à l'inverse, inhibent l'activation de l'ecdysone

Fénoxycarbe, Pyriproxyfène, Méthoprène

simulent l'action de l'hormone juvénile

la contraction musculaire

Anthranilamides,
rynaxypyr ou chloranthraniliprole

Agoniste de la ryanodine, qui déclenche l'ouverture des canaux Ca^{++}
Inhibition de la contraction musculaire d'où atonie mortelle

Le métabolisme lipidique

**Dérives de l'acide tétramique (tetronic acid),
spirodiclofen,
spirotetramat**

Inhibe la biosynthèse des lipides

Perturbe la reproduction chez les adultes et le développement larvaire

Translaminaire, systémique par xylème et phloème

La formulation de la préparation commerciale

- Solvants
- Dispersants, émulseurs, tensio-actifs :
molécules fortement chargées électriquement
- Stabilisants
- Anti-mousses
- Charges inertes
- Additifs surtout huiles minérales
- Synergistes

Les présentations de la préparation commerciale

- Liquides
 - pulvérisation classique et « ultra bas volume »
 - aqueux
 - huileux
- Poudres
- Granulés
- Micro-capsules
- Pelliculage
- Nano-particules

Dans les préparations nouvelles la synergie est toujours recherchée

Elle est recherchée à plusieurs niveaux :

- La substance active (s. a.) génère des molécules à sites d'action différents : cas de l'imidaclopride
- Mélange de 2 s.a. insecticides
- Mélange insecticide et fongicide inhibant la respiration cellulaire
- Adjonction d'1 synergiste (non considéré comme s.a.)
- Mélange adulticide et larvicide

Plan

- Introduction
- Les insecticides
 - Cibles principales et familles chimiques
 - **Exposition et pénétration chez l'insecte**
- Les intoxications
 - Variations de la réceptivité (selon Ramade)
 - Signes cliniques
- Conclusion

Les sources de contamination pour l'abeille

- La surface des végétaux butinés
 - Par dispersion dans l'air de particules solides ou liquides
 - Par des remontées racinaires
 - pouvant atteindre l'épiderme des végétaux
 - Par des exsudations phloémiques : la guttation
- Le nectar et le pollen par les deux voies citées
- L'atmosphère
- L'eau de ruissellement, les mares et la rosée

Les voies de pénétration chez l'abeille

➤ Le contact

particulièrement sur les organes sensoriels

antennes

tarses

langue

➤ L'appareil respiratoire

par les particules de l'atmosphère

solides (nanoparticules) ou liquides (pulvéris.
aérienne)

par les gaz

➤ L'appareil digestif

Plan

- Introduction
- Les insecticides
 - Cibles principales et familles chimiques
 - Exposition et pénétration chez l'insecte
- **Les intoxications**
 - **Variations de la réceptivité** (selon Ramade)
 - Signes cliniques
- Conclusion

Facteurs intrinsèques

- Stade de développement et fonction sociale
- Etat physiologique (jeûne, gravidité)
- Association avec des agents pathogènes
- Densité de population
Particulièrement l'effet de groupe : *Aedes aegypti* (Sautet et al., 1968)

Facteurs extrinsèques

- Liés à l' épandage
 - Matière active, formulation, présentation
 - **Mélanges**
 - Concentration
 - Caractères de l' exposition
 - Rémanence
 - Taille des particules
- Liés au milieu environnant
 - **Activation**
 - Température, Hygrométrie, Éclairement
 - Concentrations naturelles

Plan

- Introduction
- Les insecticides
 - Cibles principales et familles chimiques
 - Exposition et pénétration chez l'insecte
- Les intoxications
 - Variations de la réceptivité (selon Ramade)
 - **Signes cliniques**
- Conclusion

L'intoxication aiguë

Selon Moreteau (1991)

Phase prodromique : déplacements rapides de l'insecte interrompus par des périodes d'immobilité de plus en plus fréquentes et prolongées.

Phase choréo-ataxique : hyperexcitation se traduisant par des tentatives incohérentes de saut ou de vol, une incoordination des mouvements et des tremblements intenses de tous les appendices

Phase clonique où l'insecte tombe (« knock-down ») sur le dos et est incapable de se relever. Ses appendices et ses segments abdominaux sont animés de mouvements convulsifs

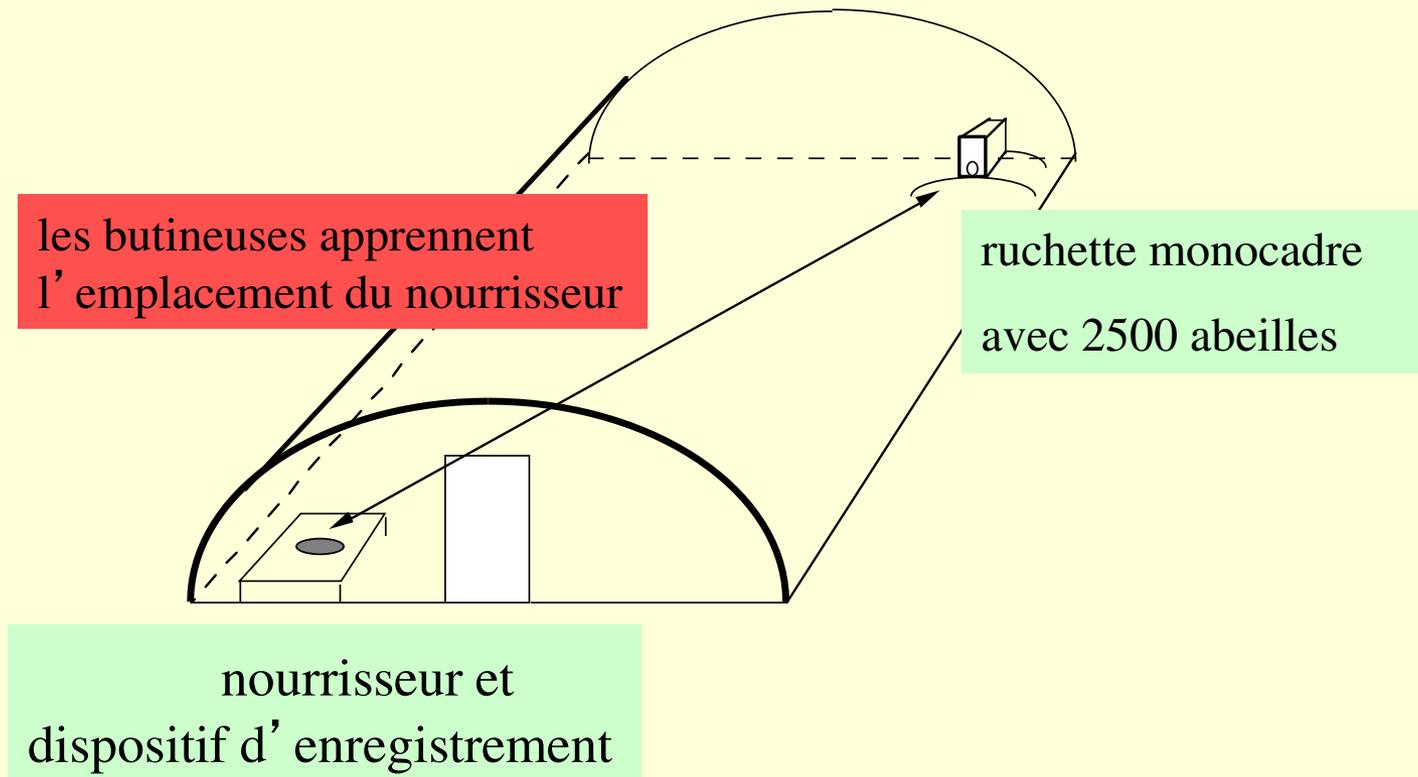
Ce KD est suivi par une phase de tétanisation et de paralysie progressive

Intoxication sub-aigue

- L' exposition au toxique est variable selon les colonies
- Stratégie de butinage
- Durée de la miellée, pollinée
- Les conditions de réceptivité sont variables entre colonies
- Dans une colonie, les individus ne sont pas identiques mais ils sont liés par des structures sociales

Perturbation du butinage sans mortalité

Protocole d'étude



Perturbation du butinage, sans mortalités

Cox et Wilson, 1984

Après contamination de la butineuse par
1 nanog de perméthrine par abeille

- Temps de nettoyage cuticulaire **multiplié par 2**
- Vitesse de marche **divisée par 4**
- Temps passé à la trophallaxie **divisé par 3**
- Tps de communicat. antennaire **divisé par 3**
- Sorties de butinage **divisé par 3**
- **Signes d'intoxication**

Tremblements, marche « en vrille », cambrure de l'abdomen, frottements des pattes

Perturbation du butinage, sans mortalités

Vandame, Colin et al., 1993

Après contamination de la butineuse par
2,5 nanog de deltaméthrine par abeille

- **Temps de retour à la ruche**

94 % des témoins (non contaminées) reviennent en moins de 20 s.

Moins de 10 % des contaminées reviennent en moins de 20 s et 50 % n'y reviennent jamais

- **Orientation du vol de retour**

Les abeilles ne revenant pas se sont dirigées vers le soleil

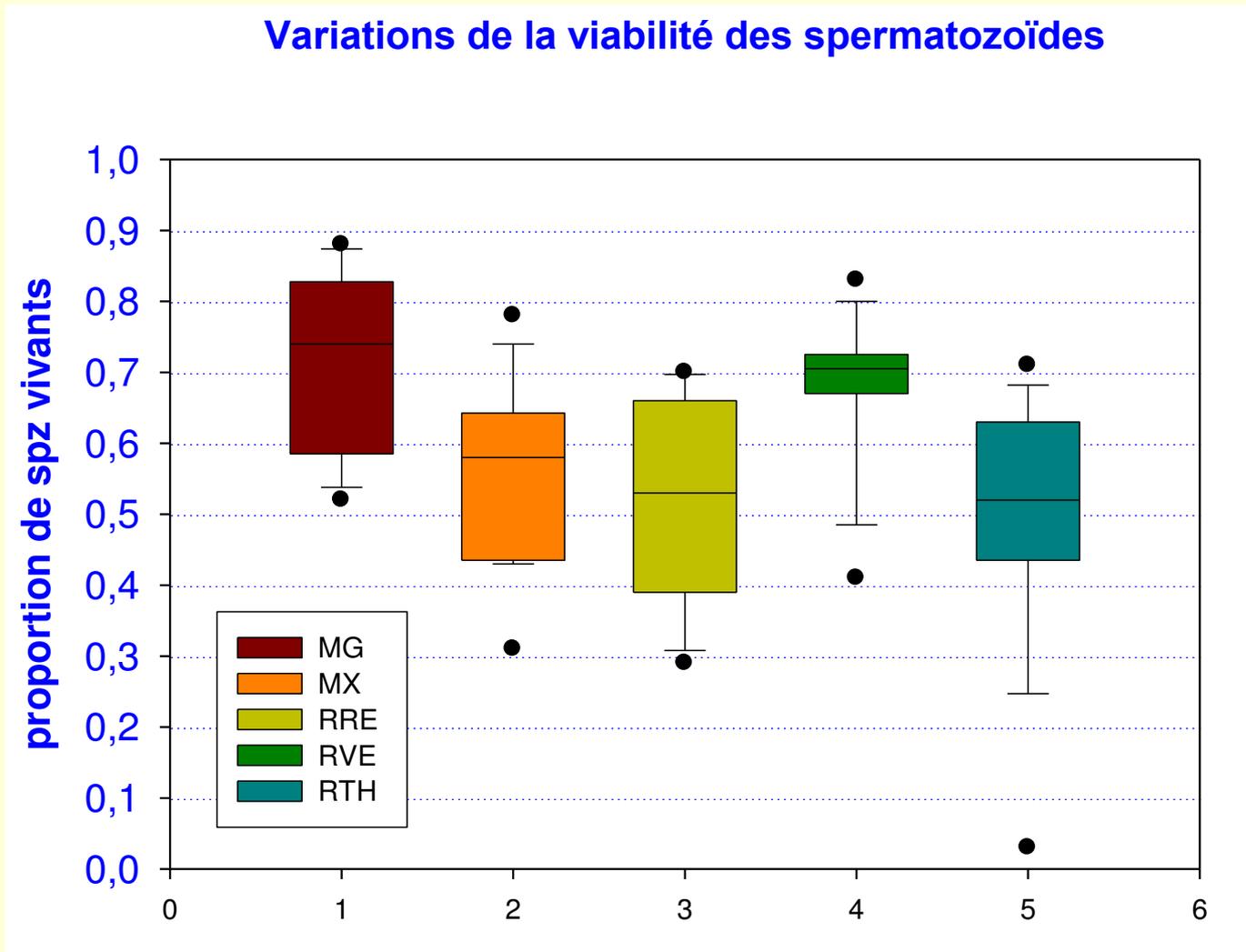
Perturbation de la reproduction

- Action larvicide : l'exemple du fénoxycarbe
- Viabilité du sperme chez la reine et le faux-bourdon





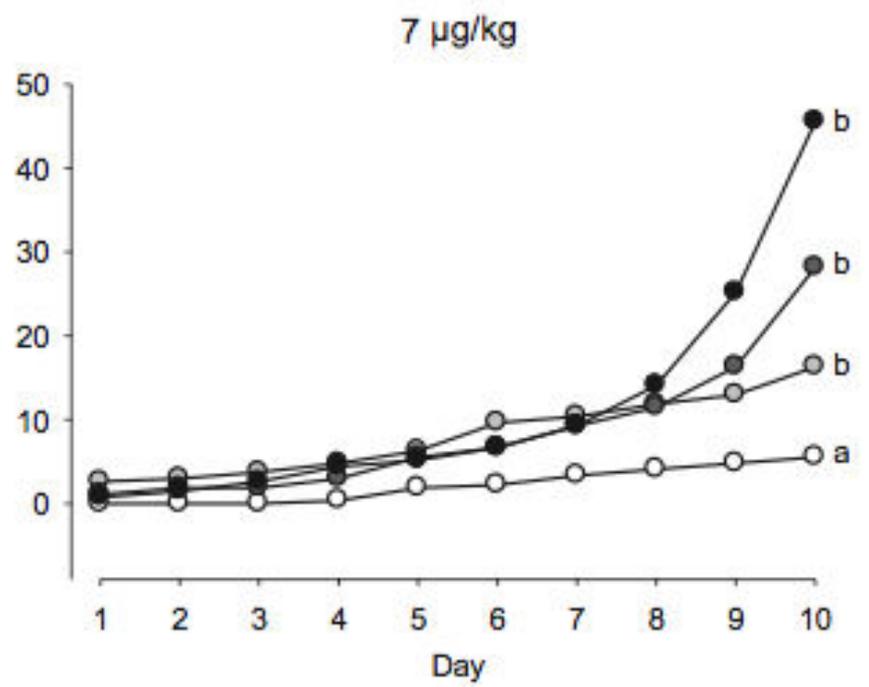
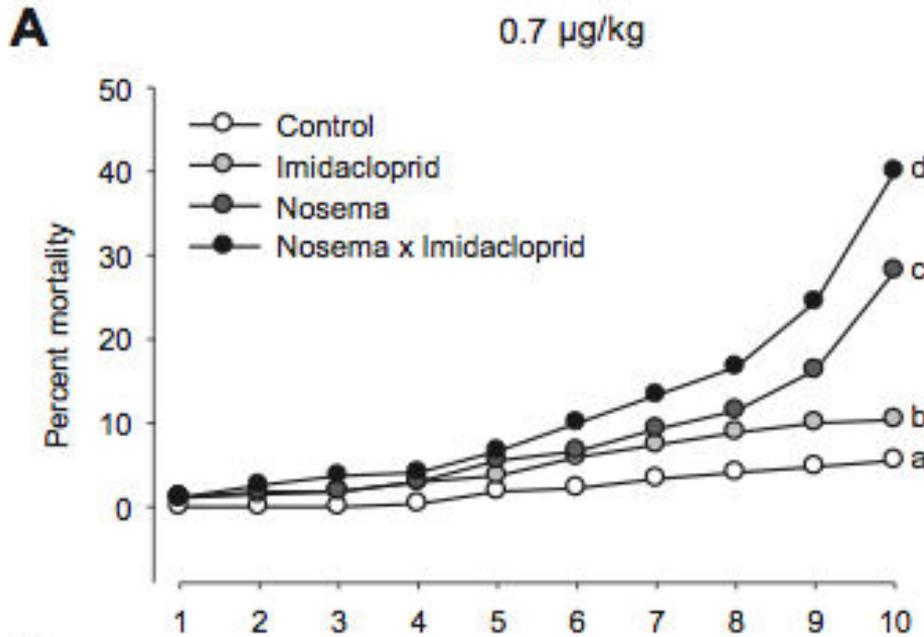
Viabilité des spermatozoïdes



Perturbation de l'immunité de la colonie

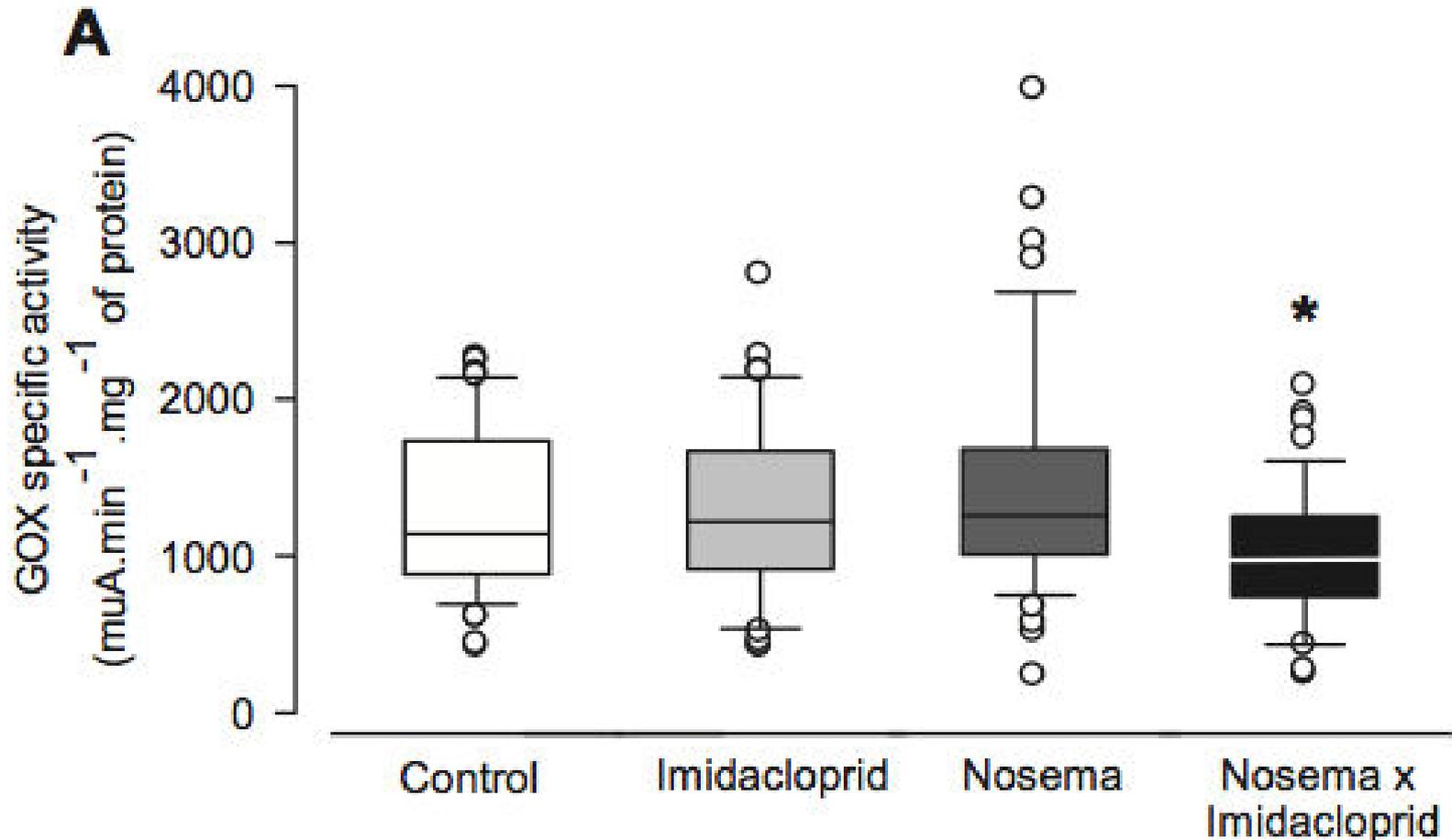
Mortalités induites par une infection à *Nosema ceranae*, par l'imidaclopride (exposition chronique) et par les deux agresseurs

Alaux et al. 2009



B

Effets de *Nosema ceranae*, de l'imidaclopride et des deux agresseurs sur l'activité de la glucose oxydase Alaux et al, 2009



Effets de 2 néonicotinoïdes sur la réplication virale et l'immunité de l'abeille

Di Prisco et al, 2013

Schémas A et B :
intoxic. topique
Schémas C, D, E :
intoxic. orale

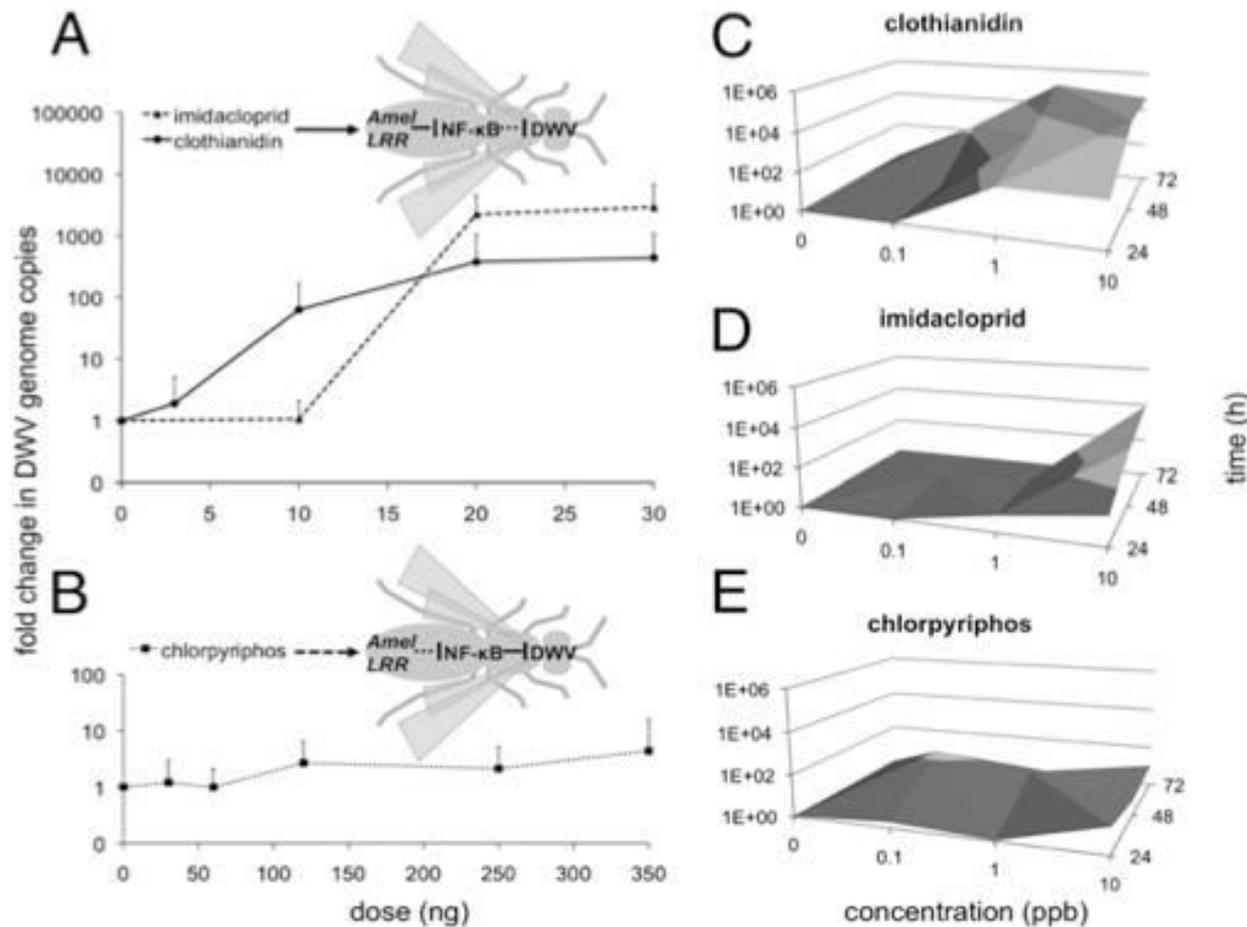


Fig. 4. Effect of insecticides on DWV replication in honey bees bearing covert infections. The number of DWV genome copies was assessed in honey bees treated with increasing amounts of different insecticides; topical application (A and B) and oral uptake by feeding (C-E) were adopted to deliver insecticides to the experimental honey bees. In bees treated topically, viral replication was assessed after 24 h; in bees treated orally, viral replication was assessed over time, at 24-h time intervals. Viral replication was promoted, in both cases, in a dose-dependent manner by treatments with the neonicotinoid insecticides clothianidin and imidacloprid (A, C, and D), whereas this was not the case for chlorpyrifos (B and E). The ratio: (DWV genome copies at dose x)/(DWV genome copies at dose 0) ± SD is represented. The graphical schemes summarize how neonicotinoids, unlike chlorpyrifos, up-regulate the transcription of *AmeLRR*, which results in the reduced activation of *NF-κB* and of the downstream antiviral barriers. Arrows indicate positive (e.g., stimulation or up-regulation) interactions; bar-headed lines mark negative interactions (e.g., inhibition or down-regulation); and dashed lines mark reduced effects.

Plan

- Introduction
- Les insecticides
 - Cibles principales et familles chimiques
 - Exposition et pénétration chez l'insecte
- Les intoxications
 - Variations de la réceptivité (selon Ramade)
 - Signes cliniques
- Conclusion

Conclusions

- On peut tuer une colonie sans tuer une butineuse
- Les concentrations de toxique responsables d'intoxications sublétales sont très largement inférieures à la Dose Létale 50%
- La recherche de résidus de toxiques dans les abeilles, le pollen et le miel est négative par des analyses chimiques type « fruits et légumes »
- Les signes cliniques d'intoxication sont souvent observés EN MEME TEMPS que des signes de maladies infectieuses
- La bonne santé des abeilles est un témoin très sensible de la qualité de l'agriculture et donc de la bonne santé des consommateurs !

Merci de votre attention !