

<http://taste.versailles.inra.fr/inapg/cours/M1/ModulePPP/index.htm>

Interactions plantes-insectes et protection des cultures

Frédéric Marion-Poll
UFR EAI / LEGS, CNRS Gif-sur-Yvette

Les insectes?

Les insectes figurent en bonne place dans les 10 plaies d'Égypte:

3- Les moustiques — Exode 8:16-19

« [...] toute la poussière du sol se changea en moustiques [...] »

4 -Les mouches (ou les taons) — Exode 8:20-32

« [...] des taons/ bêtes sauvages en grand nombre entrèrent [...] dans tout le pays d'Égypte [...] »

8- Les sauterelles — Exode 10:13-14,19

« [...] Elles couvrirent la surface de toute la terre et la terre fut dans l'obscurité ; elles dévorèrent toutes les plantes de la terre et tous les fruits des arbres, tout ce que la grêle avait laissé et il ne resta aucune verdure aux arbres ni aux plantes des champs dans tout le pays d'Égypte [...] »

2



**DÉFENDRE LES PLANTES CONTRE
LES INSECTES**

4

Les insectes consomment les plantes (cultivées)

- Invasions de criquets
- Doryphores
- Colonies de pucerons



Mauritanie, 1994. Invasion de criquets

5

Les insectes consomment les plantes et transmettent des maladies



- Pucerons et virus
- Bemisia tabaci
- Flavescence dorée
- Graphiose de l'orme
- Rhynchophore et nématode / palmiers, noix de coco
- Drosophile et fraiser
- ...

6

Les insectes qui consomment les plantes et transmettent des maladies...
ont un rapport particulier avec les micro-organismes

- *Ostrinia nubilalis* et fusariose
- Feu bactérien
- Pseudo-fleurs



Puccinia monoica 'Rust Fungus'
<http://www.flickr.com/photos/dougwaylett/3488852835/>

7

Les insectes consomment (aussi) les plantes cultivées pour notre bénéfice

- Ver à soie
- Cochenilles
- Autres?



8

Insectes et plantes?

- Produire des insectes pour la consommation?
- Source de protéines et lipides intéressante car bien plus efficaces que herbivores vertébrés:
 - Moins de gaz à effet de serre
 - Meilleur taux de transformation



9

Certains insectes sont utiles aux plantes



- Prédateurs
- Parasitoïdes
- Pollinisateurs



10

Prédateurs



Carabes



Staphylins



Syrphes



Coccinelles

11

Interactions plantes-insectes: des relations complexes

- Plante
- Milieu / écosystème
- Insectes herbivores (gilde)
- Micro-organismes pathogènes plante
- Auxiliaires naturels
 - Insectes prédateurs, parasitoïdes
 - Pollinisateurs

12

Et l'homme dans tout ça?

- Défense des plantes cultivées
 - Grandes cultures
 - Forêts
 - Fruits, vigne
 - Coton
 - Légumes et horticulture
- Remarque:
 - impact des insectes important surtout sous des climats chauds et humides

13

Insecticides

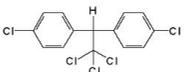
- Simple: supprimer le problème...
- Qui a inventé les premiers insecticides?
 - Les plantes
 - Exemples:
 - Nicotine
 - Pyréthrines
 - Roténone
 - Etc...



15

Insecticides de synthèse

- Développement de la production industrielle d'insecticide après la 2^{ème} guerre mondiale
- DDT


- « Qualités »:
 - Efficace
 - Rémanent
 - Peu coûteux à produire et à distribuer

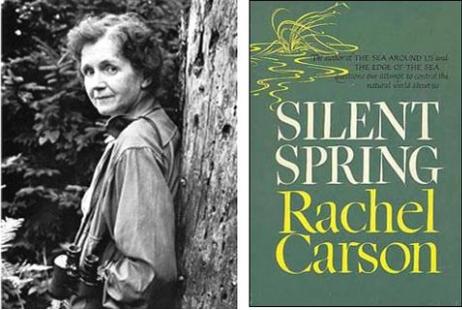


16

mmm...



17



Silent Spring is a book written by Rachel Carson and published by Houghton Mifflin on September 27, 1962. The book is widely credited with helping launch the contemporary American environmental movement.

The book documented detrimental effects of pesticides on the environment, particularly on birds. Carson accused the chemical industry of spreading disinformation, and public officials of accepting industry claims uncritically.

18

Les pesticides, facteurs de tumeurs chez les agriculteurs



Le Monde.fr

Deux tiers des tumeurs chez les agriculteurs sont associées à une exposition professionnelle aux pesticides, selon un rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Réalisé chaque année à partir des données recueillies par le Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles, qui compte 32 centres en France, le document précise que les tumeurs représentent 12 % des pathologies en relation avec le travail dans le secteur "Agriculture, pêche et sylviculture". Il constate aussi une multiplication par trois de la part de ces tumeurs dans les pathologies signalées entre 2001 et 2009. L'Anses pointe une "surmortalité" des tumeurs chez les agriculteurs.

L'association Générations futures, qui dénonce les dangers des pesticides, des produits chimiques et des organismes génétiquement modifiés, a estimé, vendredi 7 octobre, que le rapport de l'Anses corroborait ses accusations.

"Risques sanitaires accrus"

"Ces données ne font que confirmer les éléments que nous collectons depuis des années sur ces risques sanitaires accrus liés à l'exposition aux pesticides, estime François Veillerette, son porte-parole. Il est maintenant plus que temps de prendre des mesures de réduction de l'usage des pesticides et de banir tous ceux suspectés d'être cancérigènes."

Une autre enquête, baptisée AgriCan et présentée à la mi-septembre par la Mutualité sociale agricole (MSA), fait également état, mais moins catégoriquement, de risques liés aux pesticides. Lancée en 2005 et menée sur 180 000 personnes dans douze départements agricoles, elle relève une "légère surmortalité" observée pour les mélanomes de la peau, qui pourrait s'expliquer par le travail en plein air. "Les facteurs de risque (pesticides, exposition à l'ensoleillement) expliquent très certainement cette légère surmortalité", pointe la MSA, dont l'enquête conclut que, globalement, les hommes et les femmes du monde agricole risquent moins que les autres de mourir d'un cancer.

Tous secteurs professionnels confondus, les tumeurs représentent 7,5 % des pathologies en relation avec le travail. Plus présentes chez les hommes, elles sont aussi plus fréquentes dans les industries manufacturières (40 % des signalements) et la construction (20 %). L'exposition à l'amiante reste l'une des causes principales.

Selon l'Anses, les tumeurs arrivent en cinquième position dans le classement des pathologies professionnelles, derrière les pathologies respiratoires (24 %), les troubles mentaux et du comportement (22 %), les pathologies cutanées (17 %) et les maladies ostéo-articulaires (16 %).

Rémi Barroux
Article paru dans l'édition du 09.10.11

19

Comment mesurer efficacité insecticide?

- Toxicité aiguë: DL50
- Toxicité à long terme: dose journalière acceptable
- « Insecticide » =
 - Matière active
 - Adjuvants
- Mode d'action sur insectes:
 - Inhalation, contact
 - Cible: généralement système nerveux

20

Qualités insecticide?

- Durée de vie dans l'environnement
 - Rémanence
 - Bio-dégradation
- « Inocuité » pour organismes non-cibles:
 - Homme
 - Animaux
 - Organismes aquatiques
 - Insectes utiles

21

Autre qualité(s) insecticide?

- Coût de production
- Rentabilité
- Recherches actives
- Investissement énormes et à long terme

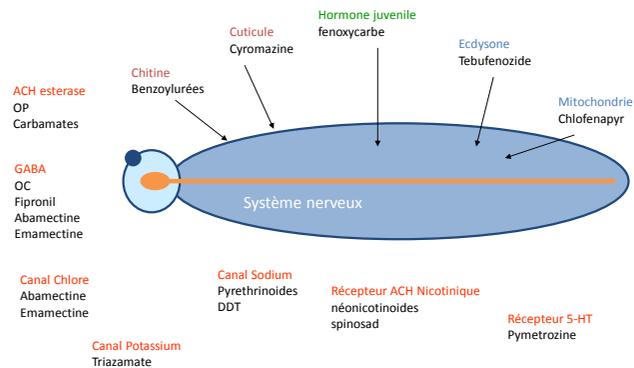
22

Familles insecticides

- 90 % des insecticides = Neurotoxiques
1. Organochlorés
DDT, Aldrine, Dieldrine, Lindane
 2. Organohalogénés
Endosulfan
 3. Organophosphorés
Methidathion, Quinalphos, Oxydemeton, Malathion, Chlorpyrifos, Parathion
 4. Carbamates
Benfuracarbe, Carbofuran, Carbosulfan, Methomyl, Pyrimicarbe
 5. Pyréthrinoides
L. cyhalothrine, Tau fluvalinate, Deltamethrine, Cypermethrine, esfenvalérate
 6. Néonicotinoïdes
Imidacloprid, Acetamiprid, Thiamethoxam, Clothianidine, Dinotofuran, Nitempyram
 7. autres
Fipronil, Triazamate, Abamectine..

23

Cibles des insecticides



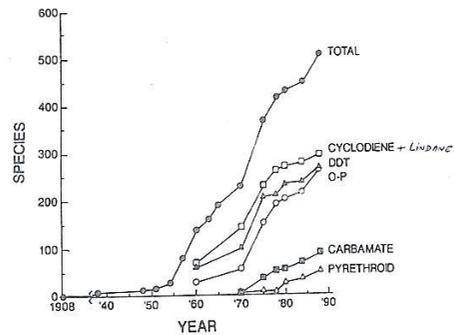
24

Problème n° 1 insecticides? résistance...

- **Résistance:**
 - Nécessaire utiliser doses croissantes insecticide pour obtenir le même effet
- **Mécanismes?**
 - Sélection insectes naturellement résistants
 - Enzymes de détoxification amplifiées
 - Mutation cible
 - Autres... (comportement par exemple)

25

Evolution du nombre d'espèces résistantes



26

Résistance = inéluctable

- La sélection d'insectes résistants aux molécules insecticides est un phénomène naturel à la base de l'évolution
- Avec un bémol: la vitesse d'apparition des insectes résistants semble très supérieure à ce que l'on semble observer dans la nature
 - Ex: le tabac et la nicotine

27

Comment gérer la résistance?

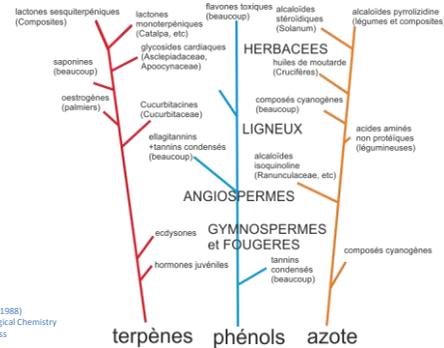
- Utiliser insecticides à bon escient:
 - Lutte raisonnée
 - Lutte intégrée
- Trouver de nouvelles molécules et varier leur utilisation
- Combiner approches, en particulier en utilisant des sémiocimiques

28

ECOLOGIE CHIMIQUE

29

Evolution des substances de défense des plantes



30

Plantes/insectes: biochimie mais aussi sensoriel

- Insectes se différencient des autres « pathogènes » par :
 - Système nerveux
 - Déplacement actif
- Décision de consommer (ou pondre) prise après une série de comportements d'évaluation de la plante sur la base de :
 - Couleur, texture, taille
 - Odeurs, goût

31

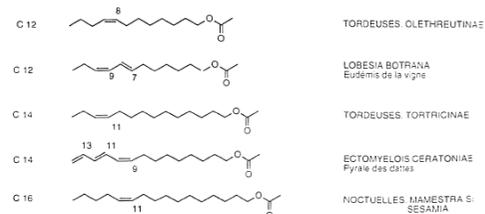
Sémiochimiques: définitions

- SUBSTANCE SECONDAIRE= substance qui ne joue aucun rôle dans le métabolisme primaire des plantes mais un rôle défensif, répulsif, toxique.
ex.: glycosides, alcaloïdes, stéroïdes, saponines, tannins, phénols ...
- SUBSTANCE ALLELOCHIMIQUE = substance non-nutritionnelle affectant une autre espèce.
- ALLOMONES = substance à effet négatif pour le récepteur, positif pour l'émetteur.
- KAIROMONE = substance à effet positif pour le récepteur, négatif pour l'émetteur.

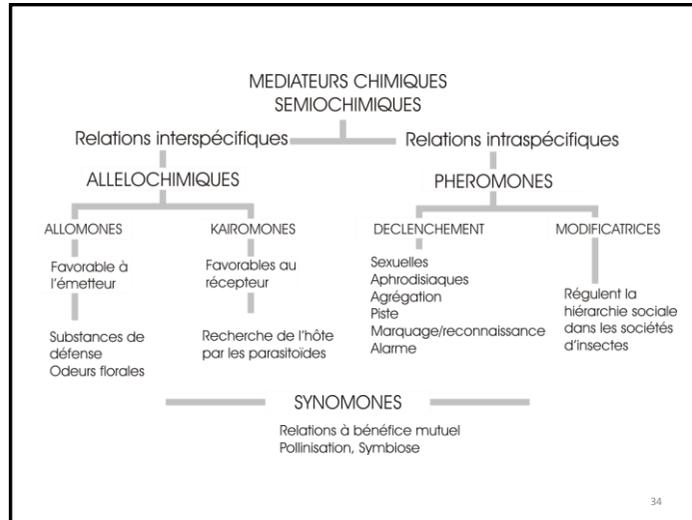
32

Phéromones sexuelles chez les lépidoptères

ACETATES



33



Utilisation des sémiochimiques?

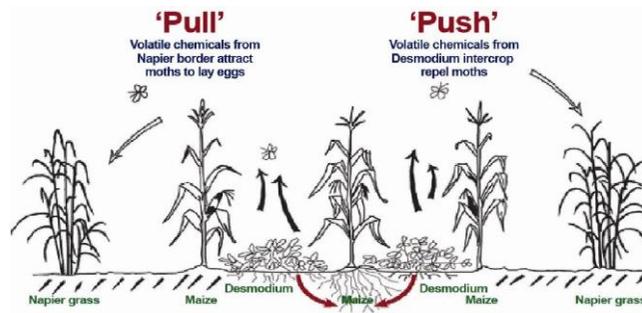
- Pièges (surveiller)
- Piégeage de masse
- Confusion sexuelle
- Push-pull



35

Utilisation des sémiochimiques?

- Push-pull



RELATIONS PLANTES-INSECTES: UNE RELATION SPÉCIALISÉE?

37

Spécificité d'hôtes

- **POLYPHAGES** - quand ils s'alimentent sur de nombreuses plantes taxonomiquement différentes.

Ex.: *Ostrinia nubilalis* (pyrale du maïs) observée sur 200 espèces appartenant à plus de 30 familles de plantes; les locustes, très polyphages; *Liriomyza trifolii* (mineuses de chrysanthèmes) observé sur plus de 100 esp.

- **OLIGOPHAGES** - quand ils s'alimentent sur des plantes appartenant à la même famille.

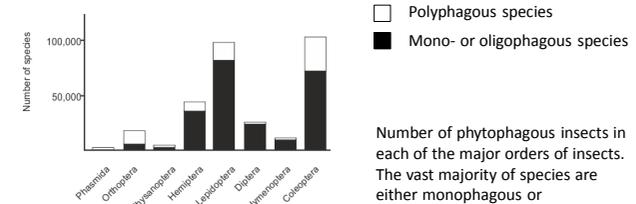
Ex.: la plupart des insectes; parmi les espèces les mieux connues: les papillons danaïdes / Apocynaceae, Asclepiadaceae; les pucerons.

- **MONOPHAGES** - quand ils s'alimentent sur des plantes appartenant à une espèce; la monophagie peut être géographique ou coévolutive.

Ex.: peu nombreux; le mieux connu est *Bombyx mori* / *Morus nigra* (mûrier); en Angleterre *Papilio machao* / *Peucedanum palustre* (Ombellifère) - Europe: autres Ombellifères.

38

Espèces insectes phytophages

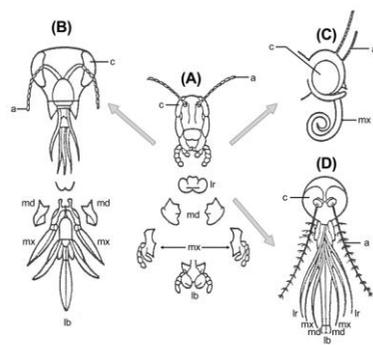


Number of phytophagous insects in each of the major orders of insects. The vast majority of species are either monophagous or oligophagous (British fauna)

From Chapman, 1982

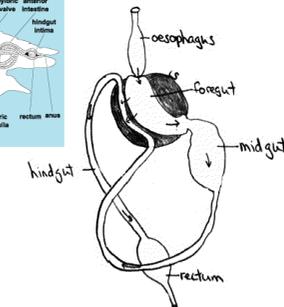
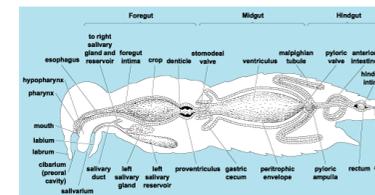
39

Adaptations pièces buccales



40

Adaptation système digestif



41

Deux groupes de ravageurs

Piqueurs-suceurs

- Pucerons
- Cicadelles
- Mouches blanches
- Thrips



Broyeurs

- Pyrales
- Tordeuses
- Noctuelles
- Taupins



42

Pollinisateurs

- Adaptations spécifiques : ex transport pollen



43

Auxiliaires naturels

- Importance plantes mellifères
- Autres ressources



44

Modes de vie spécialisés

- Galles
- Pucerons
- Digestion lignine

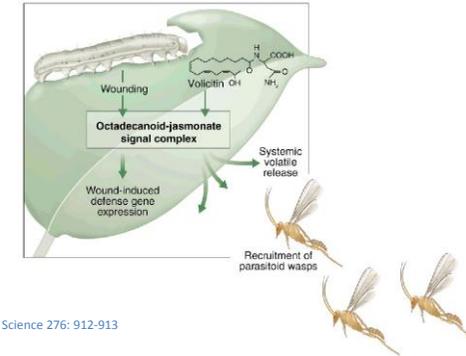


45

RELATIONS PLANTES-INSECTES: UNE INTERACTION DYNAMIQUE

46

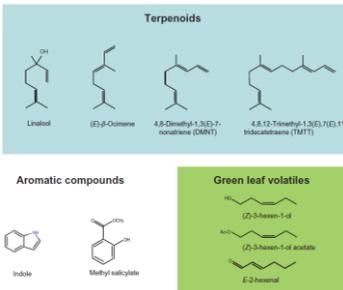
Parasitoïdes attirés par émission volatiles plantes



Farmer, E. 1997. Science 276: 912-913

47

Plantes attaquées = odeurs différentes



Representative compounds of the three major classes of compounds that can be found in the headspace of various plant species after insect herbivory.

Dicke, M. (2009). "Behavioural and community ecology of plants that cry for help." *Plant Cell and Environment* 32(6): 654-665

48

Glandes salivaires

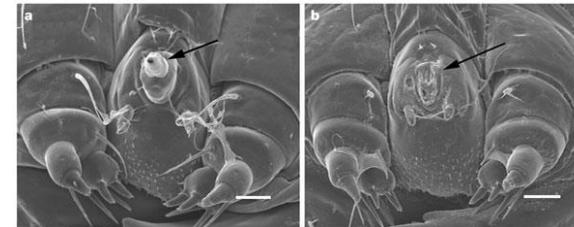
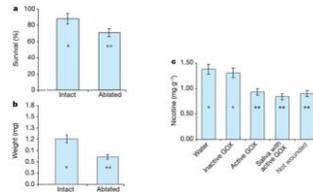


Photo en microscopie électronique à balayage du «spinneret» chez *Helicoverpa zea*
 A gauche: chenille normale, à droite chenille ayant subi une ablation.
 Musser et al, Nature, 2002

49

Sans salive, point de salut



Effet de la salive sur l'induction de résistance chez le tabac.
Musser *et al*, Nature, 2002

50

- Les chenilles survivent moins bien quand elles ne peuvent pas saliver
- Elles se développent surtout nettement moins bien
- Les feuilles de tabac accumulent plus de nicotine en absence de salive

Signalisation / plante

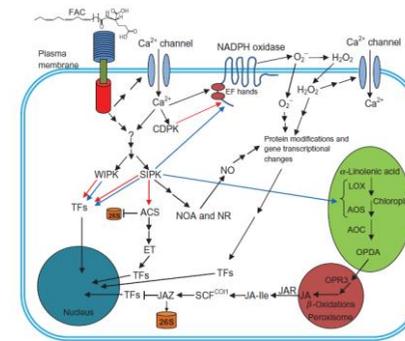


Figure 2. A model summarizing early signalling events in herbivore-attacked plants. After herbivore attack, herbivore elicitors (here FAC) bind to putative receptors on plasma membranes and activate further responses.

Wu, J. Q. and I. T. Baldwin (2009). "Herbivory-induced signalling in plants: perception and action." *Plant Cell and Environment* 32(9): 1161-1174.

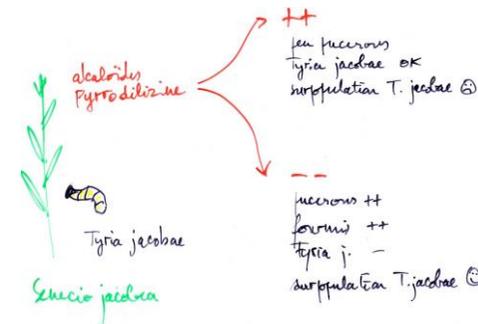
51

Chenille / plante: un équilibre dynamique

- Chenille -> défense plante
- Plante -> défense chenilles
- Supprimer la salive perturbe la relation

52

Défense « écologique »



53

EN GUISE DE CONCLUSION (PROVISOIRE)

54

Lutter contre les insectes

- Insecticides: ok, mais...
- Combiner approches
- Potentiel important des molécules sémiochimiques

55

Lutter contre les insectes: mondialisation

- Mondialisation = risques espèces invasives
 - Pyrale du maïs
 - Doryphore
 - Diabrotica
 - Longicorne d'Asie
 - Etc...



56

Insectes de quarantaine

- Interdiction d'entrée sur le territoire, obligation de traiter dès la détection
- Mesures utilisées pour protéger de la concurrence



57

Insectes et politique

- OGM
- Insecticides et abeilles
- Utilisation des insecticides dans notre société

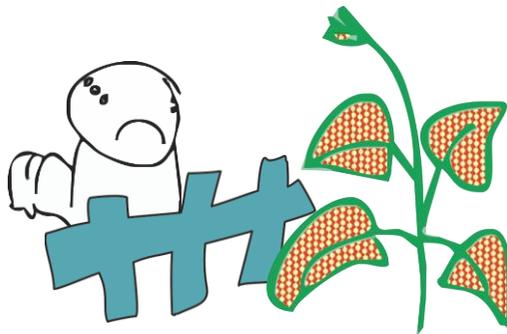


Recherche goût aversif

- Trouver des substances qui modulent les interactions plantes-insectes
- Modèle: *Drosophila melanogaster*
- Gènes impliqués dans la détection des substances « amères »

59

Utiliser goût amer pour protéger les plantes

Taste modalities in *Drosophila*

60

Conclusions

- Lutte chimique: nécessaire
- Ecologie chimique et protection des cultures: manipuler le comportement des insectes avec des substances chimiques
- Nouvelles stratégies de lutte envisageables

61