

# BemisiaRisk

2007-2009



Groupe de pilotage du projet

UMR Centre de Biologie et Gestion des Populations (CBGP), Montpellier



## Un projet multidisciplinaire : BemisiaRisk

Une problématique du développement durable :  
La gestion des crises phytosanitaires liées aux bioinvasions dans le  
contexte du changement climatique

Un modèle emblématique :  
"*Bemisia*-phytovirus en culture sous abri en zone méditerranéenne"

Un programme de recherche – action de portée générique  
en épidémiologie et en gestion des maladies émergentes chez le Végétal

# *Bemisia tabaci* & TYLCV

☛ Un insecte-vecteur, l'aleurode *Bemisia tabaci*.....

- complexe d'espèces d'origine tropicale, polyphages
- variabilité génotypique considérable : 24 biotypes
- Espagne & France, sur tomate, biotype Q domine B.
- "Major pest" à l'échelle mondiale



..... avec un potentiel de vection

exceptionnel : 111 phytovirus, dont certains comme le TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) sont d'une dangerosité exceptionnelle et dotés d'une grande variabilité, classé comme organisme de quarantaine.



# BemisiaRisk

Diagnostic, Origine, Spéciation, Front de progression  
Risques émergents

Outils moléculaires et sérologiques  
Phylogénie et phylogéographie  
Dissémination, Flux migratoires, Filières  
Enquêtes épidémiologiques, SIG  
Processus spatiaux

[Equipes: CBGP-Mpl; CNRS-Lyon I; CIRAD-Mpl;  
INRA-SPE-Avignon & LNPV; INRA-SAD-Alénya;  
INRA-EA-Grignon + Volcani Center-Israeli]  
[Partenaires: ENA-Meknès;



**WPO**  
**Animation-Coordination**

**WP1**  
**Approche organisationnelle et économique du risque et de sa gestion**

**WP2**  
**Approche épidémiologique**

- Intégration des composantes biotechniques, sociales et économiques, réglementaires et organisationnelles
- Analyse prévisionnelle des effets du CC sur l'évolution des systèmes de production de tomate sous abri
- Analyse critique des règles internationales et des réglementations européennes et nationales ⇨ DD
- Généricité, résilience et durabilité des systèmes de protection phytosanitaire ⇨ DD
- Analyse réflexive sur l'ensemble des démarches individuelles et collectives

[Equipes: CBGP-Mpl; INRA-Alénya; ENSMP-Sophia; IRTA-Cabrils]  
[Partenaires: CTIFL; SICA-Centrex; ENA-Meknès; IRA-Tunisie]  
[Réseau Epidémio-surveillance]

**WP4**  
**Approche systémique de la gestion des risques**

**WP5**  
**Valorisation-Formation**

- Bases conceptuelles et acquis d'un corps de connaissances pour la gestion des risques phytosanitaires liés aux bioinvasions
- Stratégies de contrôle des épidémies : surveillance des filières & optimisation PBI vs DD & CC
- Construction d'un "module de formation à la culture du risque" pour les acteurs (techniciens, fonctionnaires, etc.), site Internet
- Structuration d'un réseau d'épidémio-surveillance dans le Bassin Rhône-Méditerranée. Appui aux pays de l'arc sud - méditerranéen
- Réflexion sur le DD des cultures légumières sous abri de part et d'autre de la Méditerranée vs CC

Emergence et blocages de l'action collective vs réglementation

Sociologie de l'action organisée [ENSMP-Sophia Antipolis, IRTA-Cabrils]

Gestion des risques vs réglementation

Analyse économique du Droit [SAD-APT-Paris]

Dynamique d'intégration des savoirs et acceptabilité

Analyse sociologique du projet

➔ ADD / PRO-DD [SAD-APT-Paris]



Dynamique des populations et des systèmes complexes. Stratégies de PBI innovantes ⇨ CC & DD

Modèles prévisionnels  
Aide à la décision

[Equipes: CBGP-Mpl; INRA-SAD-Alénya; INRA-MIA-Avignon; IRTA-Cabrils; Equipes d'ADD / EcoSerre  
Partenaires: INA-Gabès; CTIFL; SICA-Centrex ]





# **Modalités d'études et exemples de résultats**

# Epidémiologie

The background is a dark blue gradient. A thin, light blue curved line starts from the top left and curves towards the bottom right. A larger, semi-transparent light blue shape, resembling a sector of a circle or a wedge, is positioned in the lower right quadrant, partially overlapping the curved line.

# Virus recherchés

## Transmis par *Bemisia tabaci*

*Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV),  
*Cucurbit yellow stunting disorder virus* (CYSDV),

## Transmis par *Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*

*Tomato chlorosis virus* (ToCV),

## Transmis par *Trialeurodes vaporariorum*

*Tomato infectious chlorosis virus* (TICV),  
*Beet pseudo-yellows virus* (BPYV),

Hôtes / Virus	TYLCV	ToCV	CYSDV
<i>Datura stramonium</i>	128/528	3/22	0/22
<i>Solanum nigrum</i>	48/438	10/25	0/25
<i>Lantana camara</i>	29/124	1/11	0/11
<i>Lycopersicum esculentum</i>	185/592	1/4	0/4
<i>Cucurbita</i> sp	5/52	0/2	1/2
<i>Sonchus</i> sp	45/177	-	-

# Piégeages

Mise en évidence de la présence du TYLCV à l'aide de plantes témoins (Tomate, Morelle, Datura, Lysianthus, ...) entourées de plantes attractives pour *Bemisia* (Lantana, Gerbera, Aubergine, Althea, ...)



## Plantes refuges- réservoirs

Une large gamme de plantes, adventices ou cultivées, en adéquation avec la bibliographie

Fichiers : [www.montpellier.inra.fr/CBGP/](http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/)

- Plantes annuelles « stricts » (estivales)
- Plantes annuelles à cycle long (estivales + hivers)
- Plantes vivaces

# La recombinaison est-elle possible pour le TYLCV ?

TYLCV = *Tomato yellow leaf curl virus* (Geminiviridae, Begomovirus)

- \* Beaucoup de recombinaisons chez les bégomovirus
- \* Recombinants associés à des épidémies récentes



*Cotton leaf curl virus*



*African cassava mosaic virus*



*Tomato yellow leaf curl Sardinia virus*  
(TYLCSV)

+

*Tomato yellow leaf curl virus*  
(TYLCV)

=

*Tomato yellow leaf curl Malaga virus*  
(TYLCMaIV)

- Gamme d'hôtes élargie
- Augmente en fréquence
- Transmission plus efficace sur variétés tolérantes

## Objectifs ⇒ *B. tabaci*

- \* **Etat des lieux** : bassin méditerranéen caractérisation des populations
- \* **Epidémiologie vecteur-phytovirus** : relation(s) diversité génétique/structure des populations de *B. tabaci* et incidence/nature des TYLCV sp.
- \* **Filières d'introduction** : inférence des origines et voies de diffusion en relation avec ce qu'ils vectent.

Etat des lieux (Sud France et Catalogne) => Caractérisation moléculaire, développement de nouveaux marqueurs microsatellites sur pop. méditerranéennes

- => 3 loci de biotypes (B/Q) dont 1 utilisable en routine pour biotypage
- => 9 loci utilisables en routine pour études populationnelles

=> *quantitatif* : peu d'échantillons (faibles effectifs) pb ponctuel, canicule ?

=> *qualitatif* : importance de la bonne identification des espèces (morphologique et/ou moléculaire)

### Epidémiologie vecteur-phytovirus

- Q : Relation entre diversité génétique du vecteur / nature des variants de TYLCV ?
- => Sud France et Catalogne : biotype Q, populations peu différenciées / TYLCV-Is
  - => Tunisie : plusieurs biotypes / plusieurs TYLCV sp.

# Endosymbiontes et *B. tabaci* du Bassin méditerranéen

## \* Pourquoi les bactéries endosymbiontes ?

Endosymbiontes (1<sup>ère</sup> obligatoires et 2<sup>ème</sup> facultatifs) connus pour incidence sur : capacité de résistance aux insecticides, spécialisation sur plantes-hôtes, sexe ratio, ...

\* **Chez *B. tabaci***, 5 endosymbiontes 2<sup>ème</sup> clés et 1 1<sup>ère</sup> (*Hamiltonella defensa*, *Cardinium hertigii*, *Wolbachia pipientis*, *Rickettsia sp.* *Arsenophonus sp.* ; *Rickettsia sp.* ) ... ⇒ influence sur caractéristiques biologiques, performance de vexion et de colonisation, ...?

## Résultats

\* **Diversité** des biotypes et des endosymbiontes chez *B. tabaci* dans le Bassin méditerranéen

⇒ présence des biotypes Q (avec 2 sous-groupes Q'/ groupe Moyen orient et Q/ ouest Méditerranée) et B, fortement différenciés au niveau de leur compartiment symbiotique dont un **endosymbionte 1<sup>ère</sup> (*Rickettsia sp.*) ⇒ implication dans sensibilité aux insecticides**

⇒ sous-groupe Q' : *Hamiltonella* + (**H**) ⇒ **rôle possible de H sur vexion du TYLCV ⇒ possible populations Q' à risque pour épidémies de TYLCV**



# **Développement durable**

# DURABILITE DU SYSTEME

Stabilité et pérennité des systèmes de production



ENVIRONNEMENTALE

SOCIALE

GESTION  
DURABLE

ÉCONOMIQUE



**Economique**

# Gestion économique du risque sanitaire

- Risque sanitaire type *Bemisia* considéré comme une défaillance du marché
- Occurrences du risque sanitaire
  - Changement climatique (*Bemisia* aime la chaleur)
  - Commerce international (*Bemisia* aime les voyages low cost)
  - Pratiques agricoles (*Bemisia* aime les VVF serres chauffées)
- Questions étudiées par l'analyse économique des bio-invasions ?
  - Evaluation des dommages
  - Optimisation des politiques publiques de lutttes
  - Répartition optimale de la responsabilité civile

## Optimisation des politiques publiques de lutttes

- Limiter l'occurrence : mesures non tarifaires (contrôle des marchandises, passeport phytosanitaire, mesures de quarantaine) + mesures tarifaires (droits de douane) + mesures de contrôle & d'éradication
- Limiter l'impact : surveillance & lutte sur le territoire, partage des dommages & assurances
- Interventions réglementaires pour limiter la propagation : surveillance du territoire, obligation de la lutte, obligation de déclaration, faire jouer la responsabilité civile



# **Environnemental**

**Dynamique des pops.**  
**PIB**

## PLANS D'ÉCHANTILLONNAGES

- Description de la phénologie
- construction modèles d'abondances
- validation des modèles de simulations
- définition des modalités d'interventions

=>

- ESTIMER LES DENSITÉS
- DIAGNOSTIQUER LES INFESTATIONS PRIMAIRES
- CARACTÉRISER LES RÉPARTITIONS ET PROGRESSIONS SPATIO-TEMPORELLES

## DÉMOGRAPHIE ET ANALYSE DES POPULATIONS

\* Etude la structure d'âge et élaboration de Tables pour :

- analyse détaillée de la phénologie des pops.
- évaluation des facteurs de régulation

=>

- => AUGMENTATION DES CONNAISSANCES SUR LE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME
- => INTÉGRATION DE LA PHÉNOLOGIE DES POPULATIONS A LEUR STRUCTURE ET EVALUATION DES CAUSES DE VARIATION

# MODÈLES DE SIMULATIONS

\* Description du fonctionnement de l'agrosystème

## OUTILS DE RECHERCHE

- Etudier, hiérarchiser, quantifier l'influence des facteurs
- Formuler des hypothèses

## OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

- Décrire et prédire le fonctionnement et comportement du système
- Prendre des options de gestion

# PBI : contexte

## Mesures concernant l'utilisation et l'impact des pesticides

- \* Expertise scientifique collective sur la réduction de l'utilisation des pesticides
- \* Plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides (PIRP)
- \* « Grenelle de l'environnement »
- \* Projet de directive européenne sur l'utilisation durable des pesticides (2014)
- \* Directive cadre sur la qualité des eaux (2015)

## Particularités des productions légumières au regard des nouvelles mesures agri-environnementales

- \* Exigence 'zéro défaut', justifiant le recours aux pesticides
- \* Des bassins de production en zones souvent 'sensibles'
- \* Des produits consommés en frais et souvent crus
- \* Des arguments de vente sur une image 'santé' et 'naturalité'
- \* Un marché économiquement peu intéressant pour les firmes phytosanitaires
- \* Grande diversité d'espèces et de systèmes de productions

# Protection biologique et intégrée

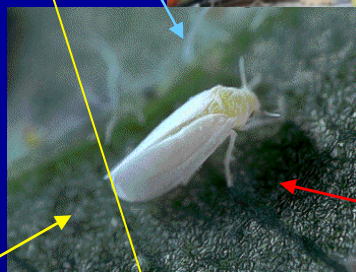
Stratégies d'utilisation  
des bio-protecteurs

Climat de la serre

Prédateurs et  
parasitoïdes



Autres ravageurs



Maladies &  
antagonistes

Pratiques culturales

Effeuilage

Variété

Fertirrigation

Densité

Myco-insecticides

Filets anti-insectes

Matériaux de couverture



**Social (cyndinique)**

## Perception du risque Bemisia / TYLCV par les professionnels

Recueil des perceptions des acteurs : producteurs et techniciens

- Le risque phyto n'est pas une préoccupation principale car les difficultés économiques occultent tous les autres problèmes
- La question phyto ne devient problématique que :
  - quand le problème n'a pas de solution
  - quand ses incidences économiques sont trop fortes.
- Inquiétude face à la disparition de nombreuses matières actives (lutte intégrée pas toujours possible)
- Au niveau phyto, Botrytis, Clavibacter, Pepino sont les maladies qui occasionnent le plus de dégâts

## Gestion du risque TYLCV par les producteurs

- Arrachage des plantes suspectes sur la base des symptômes => limite les contaminations, évite d'atteindre le seuil de 1/1000
- Moyens prophylactiques : nettoyage abords des serres, pédiluves (début de cultures)
- Si culture de tomate vrac : préférence pour une variété tolérante TYLCV
- Si contamination importante : changement de culture pour le concombre

**Maintenant, les producteurs ont appris à vivre avec le TYLCV**

# Les apports de la cyndinique au programme

- **Cartographie** des jeux d'acteurs en Roussillon
- **Sur quels leviers** agir pour améliorer la communication en vue d'une meilleure pertinence du réseau d'épidémio-surveillance (cf. **ClimBioRisk**)
- **Réalisation d'un guide** synthétisant :
  - Les missions des différents organismes impliqués dans la filière
  - Quelle est la marche à suivre en cas de risque phytosanitaire
- Alimentation du modèle **SMA** (cf. **ClimBioRisk**)
- Mise au point d'un **questionnaire d'auto-évaluation de la vulnérabilité** aux risques phytosanitaires (à destination des producteurs)

# ClimBioRisk / PSDR3-LR

## 2008-2010



Groupe de pilotage du projet

UMR CBGP, Montpellier & Chambre Régionale Agriculture Languedoc-Roussillon

<http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/ClimBioRisk/>

# Problématique : Comment faire face aux risques ?

## ✓ Prise en compte de la complexité de la problématique

=> Approche systémique de l'évaluation et de la gestion du risque

## ✓ Décloisonnement des champs disciplinaires et interactivité

=> disciplines bio-techniques vs sciences sociales et économiques

=> recherche vs acteurs techniques, professionnels et institutionnels

# Une approche pluridisciplinaire

## Objectif

- **Articuler et simuler** les différentes dynamiques intervenant dans le système pour unifier les efforts et les connaissances et identifier les blocages et les leviers d'actions

## Solutions adoptées

- **Décomposer** le système en **N organisations**
- **Une organisation** = un ensemble de concepts + une dynamique
- **Articuler** les organisations dans un même modèle

## Nécessité d'une approche intégrative

### Gestion du risque inadaptée

- Cellule d'**épidémiosurveillance** inactive
- **Pas de communication** Producteurs – Services sanitaires

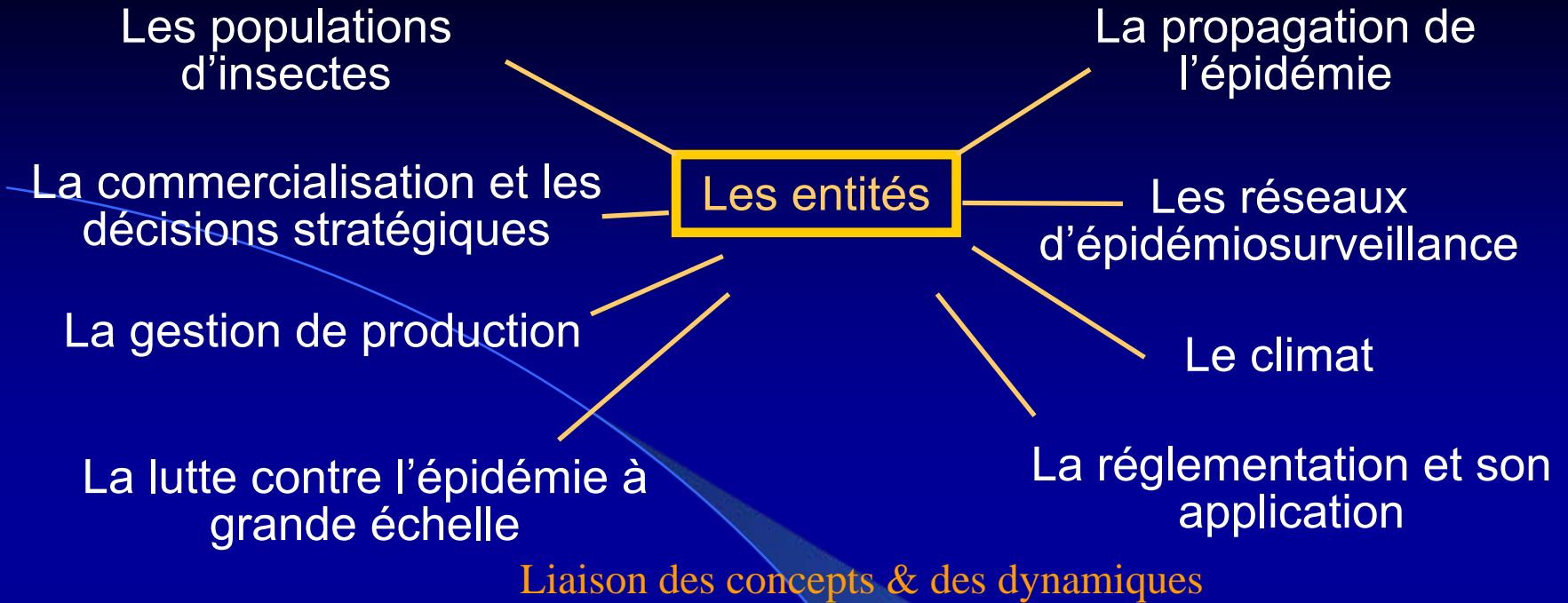
### Recherche

- De **nombreuses connaissances** accumulées (Bio-techniques, socio-économiques, réglementaires)

### => Naissance du projet ClimBioRisk

- Un **projet en partenariat** Recherche – acteurs de la région Languedoc Roussillon

# Réunion des organisations



## Bilan

### Apports

Formalisme commun et vision globale

Études comparatives et subsidiarité

Outil didactique

Représentation simulable d'une crise phytosanitaire à utiliser comme outil de connaissance ou de gouvernance

### Limites

Ne peut être utilisé de manière prédictive

The background is a dark blue gradient. A thin, light blue curved line starts from the top left and curves towards the bottom right. A larger, semi-transparent light blue shape is positioned in the lower right quadrant, partially overlapping the dark blue background.

**CONCLUSION**

# **BemisiaRisk Conclusion**

Une forte demande régionale pour un problème phytosanitaire majeur

Un projet évolutif qui a nécessité la mobilisation d'un groupe de recherche interdisciplinaire capable de développer une approche systémique avec les acteurs régionaux concernés

Un projet qui interpelle sur la pertinence et la cohérence à tous les niveaux, de la recherche au développement

- ☞ Bases conceptuelles de l'élaboration de méthodes de gestion durable des risques phytosanitaires liés aux bio-invasions
- ☞ Réflexion systémique sur les politiques réglementaires et organisationnelles à mettre en œuvre face aux risques phytosanitaires émergents

USDA-ARS

Univ. of Florida

South China Agri Univ.

Agri Univ. of Athens

Cornell Univ.

# Projet BemisiaRisk

CIRAD-G3P  
La Réunion

Univ. of Maine

Patho-Veg.  
Avignon

BBE Lyon

SADAPT Paris

BGPI-CIRAD  
Montpellier

Méthodologie

Sociologie du risque et de sa gestion

Méthodologie

CBGP Montpellier

Approche systémique et intégrative de la gestion des risques de bio-invasion

Caractérisation & Génétique des Populations

Dynamique des Pop & Systèmes multitrophiques

CIRAD-Horti  
Montpellier

Biométrie  
Avignon

Epidémiologie Bemisia-phytovirus

Protection Biologique & Intégrée

SAD Alénya

EGC-Epidémio  
Grignon

Animation-Coordination

IRTA-UdI Cabriils

ENA Meknes  
Maroc

IRA  
Tunisie

SICA Centrex

ADVs Cataluña

CTIFL Balandran

SERFEL

CHAMBRES Agri

FREDON

SRPV-LNPV

APREL

GRAB