



[MAISON](#)

[À PROPOS](#)

[LES PARTENAIRES](#)

[PLAN DE RECHERCHE](#)

[IMPACT](#)

[PUBLICATIONS ET MÉDIAS](#)

[NOUVELLES](#)

[RÉSEAU D'IRRIGATION](#)

[CONTACT](#)




# Virtigation

Maladies virales émergentes de la tomate et des cucurbitacées : mise en place de stratégies d'atténuation pour une gestion durable des maladies

Juin 2021 - novembre 2025

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101000570



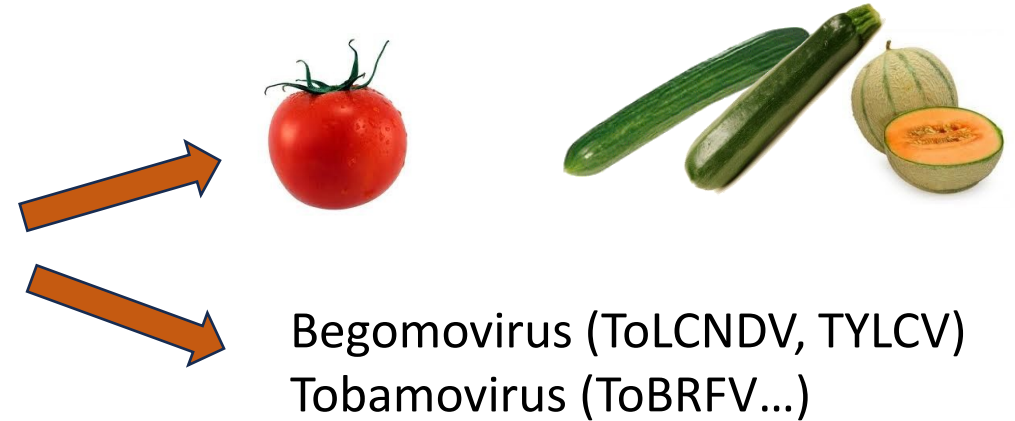
[www.virtigation.eu](http://www.virtigation.eu) 

# ➤ Les partenaires



## ➤ Les objectifs de VIRTIGATION

Développer des solutions rapides et durables pour lutter contre les maladies virales émergentes



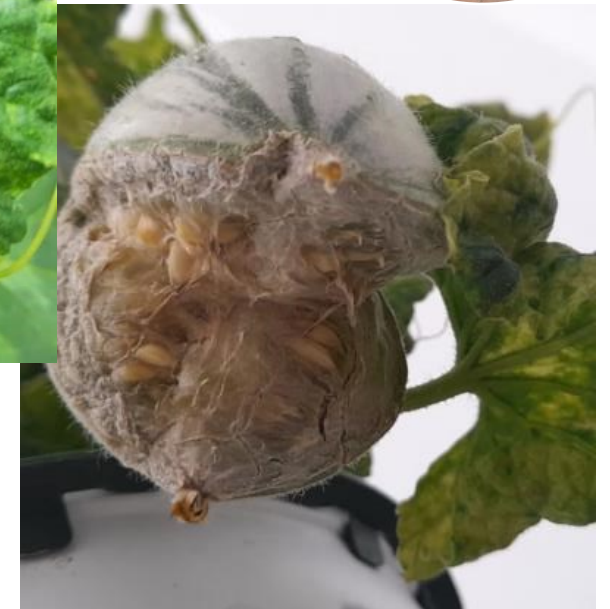
- Partage de connaissance entre partenaires de la recherche et les professionnels
- Comprendre les interactions plante-virus-vecteur
- Identifier les facteurs écologiques à l'origine des épidémies
- Développer des tests de diagnostic robustes
- Développer des solutions de protection intégrée
- Identifier et pyramider les résistances naturelles aux maladies virales et aux vecteurs
- Former les acteurs des filières tomate et cucurbitacées

## ➤ Les pathosystèmes présentés

ToBRFV, tomato brown rugose fruit virus  
(*Tobamovirus fructirugosum*, *Tobamovirus*)  
vs. **tomate**



ToLCNDV, tomato leaf curl New Dehli virus  
(*Begomovirus solanumdelhiense*, *Begomovirus*)  
vs. **cucurbitacées**



# ToBRFV

## ➤ Réglementation (1<sup>er</sup> janvier 2025)

- ✓ organisme réglementé non de quarantaine (ORNQ)
- ✓ exigences maintenues pour les semences et les végétaux destinés à la plantation



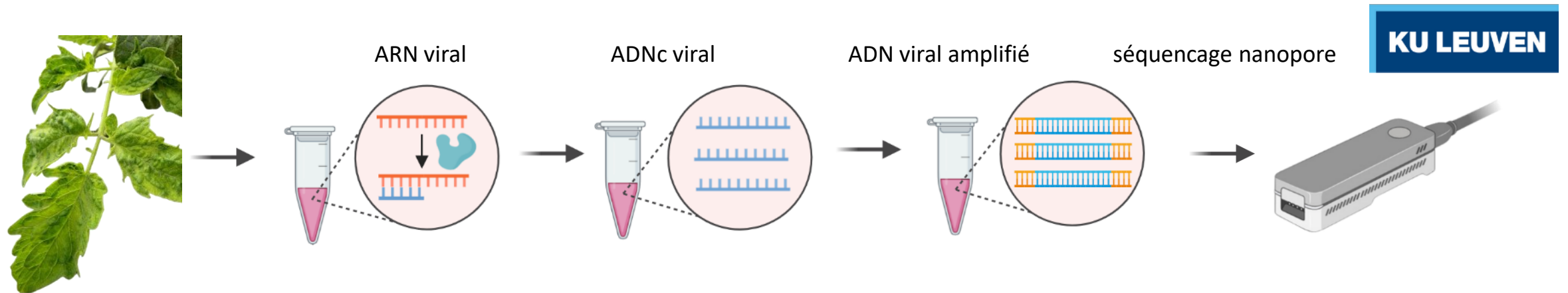
## ➤ Situation en France

- ✓ 2020 : 1<sup>er</sup> cas en Bretagne
- ✓ 2023 : 10 foyers (Grand ouest)
- ✓ 2024 : 13 foyers en Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle Aquitaine, PACA (1<sup>er</sup> cas)

# ➤ Diagnostic ToBRFV

## Développement d'outils

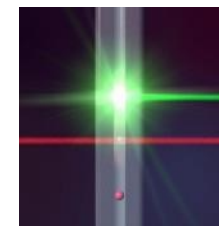
- Séquençage de génome complet pour une identification exhaustive des populations virales



- ➔ validation d'une interface web pour identifier et évaluer la diversité des virus à partir de plantes infectées, d'eaux usées
- ➔ applications : surveillance, compréhension des voies d'introduction

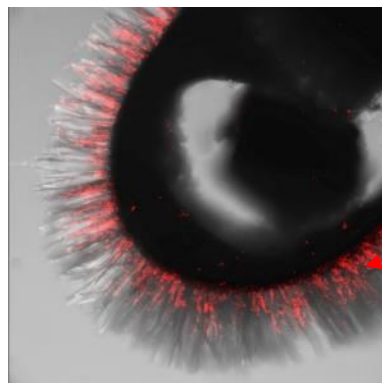


- Technologie Luminex xTAG pour discriminer les tobamovirus infectieux des non infectieux



## ➤ Transmission par la semence

### Rôle et importance des semences dans la dissémination du virus sur de longues distances



*Particules virales sur les trichomes*

graine de tomate infectée

➔ confirmation du **faible % transmission** par les semences vers les plantules (< 1%)

➔ évaluation de **protocoles de désinfection des semences**

- ✓ séchage
- ✓ polissage de l'enveloppe (élimination des trichomes)
- ✓ traitements par trempage (tri-sodium phosphate, chlore)
- ✓ ultrason



graines de tomate  
après polissage

➔ conception d'un dispositif pour une utilisation commerciale

## ➤ Hôtes alternatifs

### Rôle de réservoir démontré pour les morelles

- Morelle noire (*Solanum nigrum*)  
Présence en France : **largement répandue**  
Symptômes : mosaïques  
**Forte concentration virale**
- Morelle rostrée (*S. rostratum*)  
Présence en France : faible  
Symptômes : fortes mosaïques  
Forte concentration virale  
Transmission ToBRFV par semences de *S. rostratum*
- Morelle jaune ou à feuille de chalef (*S. elaeagnifolium*)  
Présence en France : faible (sud), envahissante  
Symptômes : aucun  
Faible concentration virale



ToBRFV



ToBRFV



ToBRFV + PepMV



non infecté



ToBRFV



ToBRFV + PepMV

# ➤ Prémunition ToBRFV

**Sélection d'isolats non agressifs** par 2 approches :

1. Terrain : caractérisation d'isolats naturellement atténués
2. Labo : production de mutants ToBRFV non virulents (traitements)



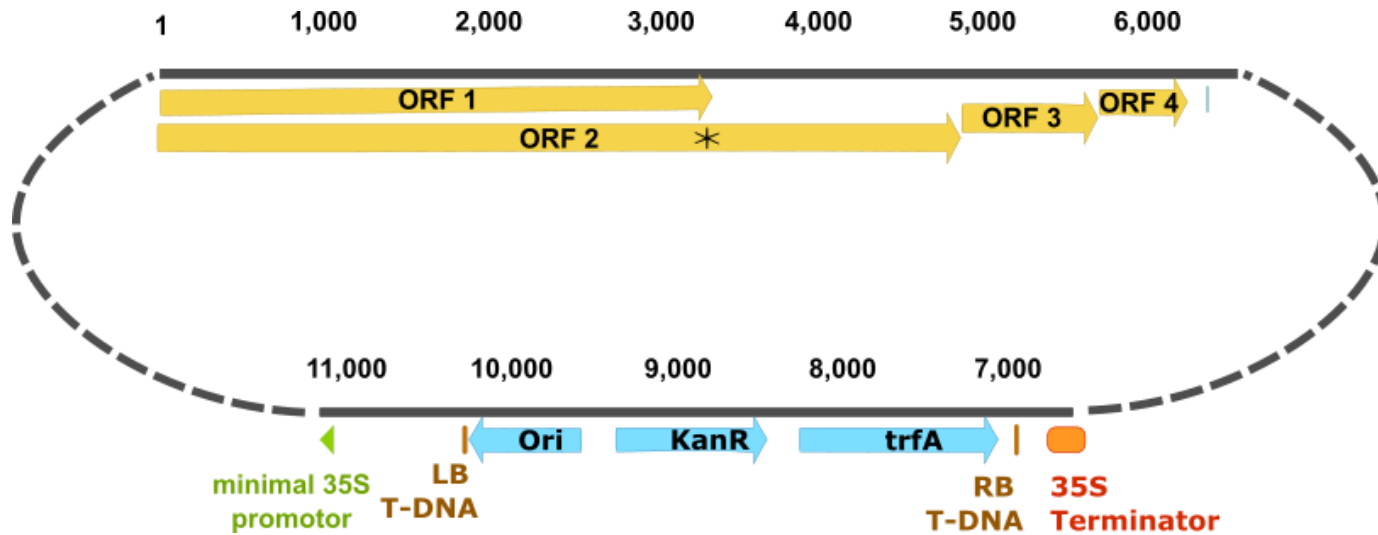
*sévère*

*atténué*

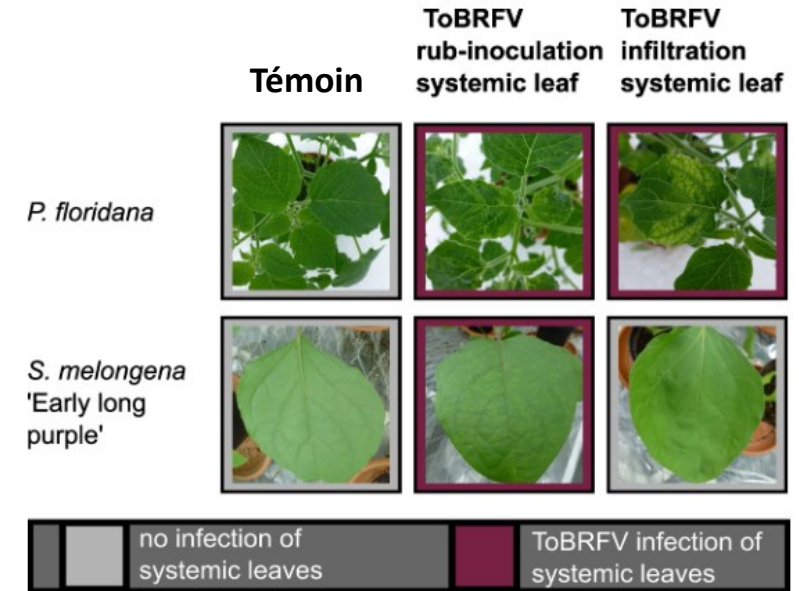
*très atténué*

- ➔ essais de « vaccination » et évaluation de la **stabilité** des souches atténuées
- ➔ combinaison de mutations pour obtenir une souche durablement atténuée
- ➔ validation en infection simple ou en co-infection (ie. PepMV)
- ➔ validation en conditions de stress abiotiques (température, humidité...)

# ➤ Obtention d'un Clone infectieux ToBRFV



Rohde et al 2025, Plant Disease



Supplementary Figure 1. Mock-inoculated and ToBRFV-inoculated plants with changes in symptom severity after 21 days.

- ➔ étude de l'interaction plante-virus (mutagénèse...)
- ➔ essais d'infections standardisées (tests officiels, nouveaux hôtes...)
- ➔ Optimisation des tests de résistance et standardisation
- ➔ protection croisée : construction de mutants modifiés avec phénotype « atténué »

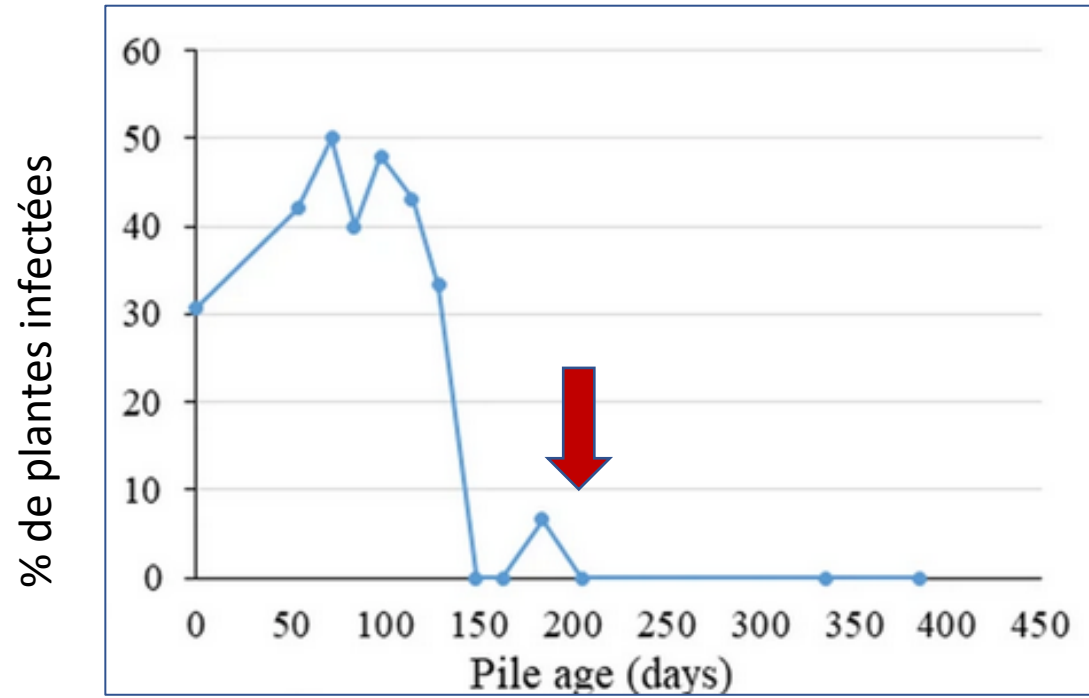
## ➤ **Resistance génétiques au ToBRFV**

- Sélection d'accessions sauvages résistantes (*Solanum pennelli*, *S. ochranthum*) pour l'introggression de tomates cultivées
- Etude du comportement en situation de co-infection (ie. PepMV)
- Etude du comportement des accessions comme porte-greffes résistants
  - ➔ inoculation racinaire : le porte-greffe R protège le greffon sensible
  - ➔ inoculation foliaire : le porte-greffe R ne protège pas le greffon sensible

Une protection complète nécessite un déploiement de la résistance à la fois chez le greffon et chez le porte-greffe



## ➤ Longévité du ToBRFV dans le sol



Molad et al. (2024) - <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06690-y>

Mesures de l'infectivité du ToBRFV d'un sol naturellement contaminé

- ➔ forte réduction de l'infectivité après 184 jours
- ➔ absence d'infectivité après 205 jours (durée essai : 385 jours)

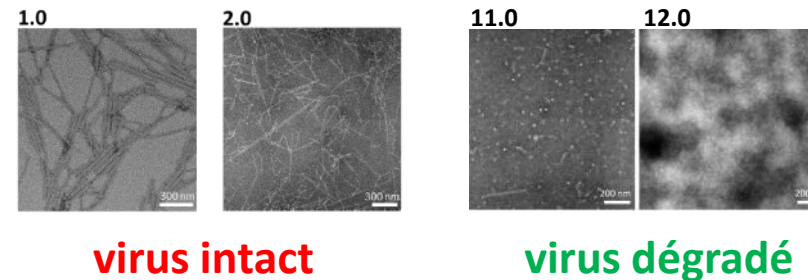
# ➤ Méthodes d'élimination du ToBRFV

- **Evaluation de solutions à pH extrêmes**

➔ forte stabilité du virus à pH très acide

➔ sensibilité du virus à pH alcalin : pH 10-11

Molad et al. (2024) - <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06690-y>

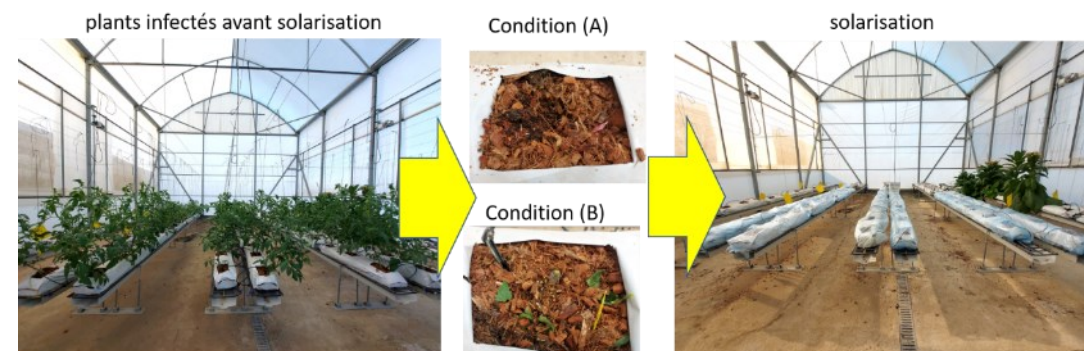


- **Désinfection des substrats**

*Vapeur* ➔ > 90°C, 20 min

*Chaleur sèche* ➔ application 5 heures

*Solarisation* ➔ 35-60°C en surface



# ➤ Protocole sanitaire ToBRFV

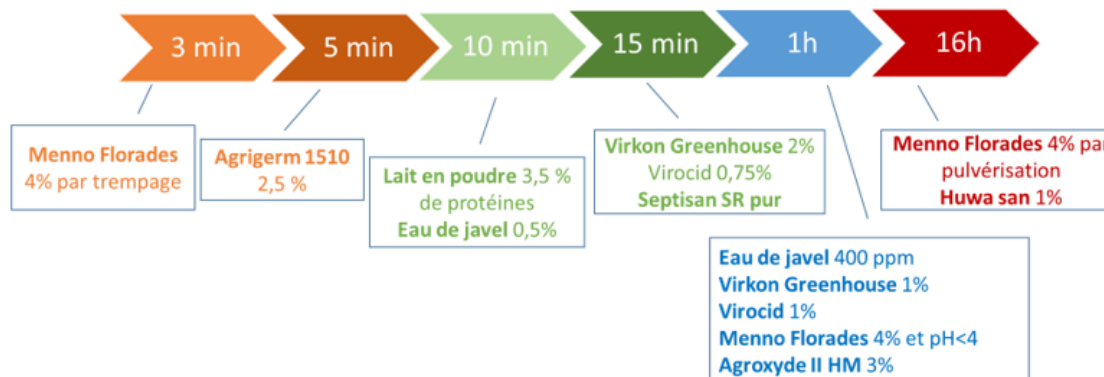


Document réalisé pour accompagner la profession dans la prévention contre le ToBRFV

Matière active	Exemple de produits commerciaux	Mains	Pédiluve et portiques avec brosses	Petit matériel, outils métalliques	Locaux, structures	Système de recyclage	Homologation (PPP ou biocide)	Utilisable en AB	Remarques
Savon, solution nettoyante	<i>Septysan SR (désinfectant)</i>	x		x			Biocide		
Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)	<i>Huwa San</i>					x	Biocide		
Acide peracétique	<i>Agroxyde II HM</i>				x	x	Biocide	Oui	Biodégradable
Hypochlorite de sodium (eau de javel)				X (corrosif)	x		Biocide	Oui	
Acide benzoïque	<i>Menno Florades</i>		x	x	x		PPP	Non	Risque de toxicité sur auxiliaires
Peroxymonosulfate de potassium	<i>Virkon Greenhouse</i>		x	X (corrosif)	x		Biocide	Non	Majoritairement utilisé
Lait écrémé en poudre (min 3.5% de protéines)				x				Oui	Non corrosif. Ne se conserve pas bien
Ammoniums quaternaire	<i>Virocid Agrigerm 1510</i>				x		Biocide	Non	Activité virucide moyenne, impact fort sur l'environnement

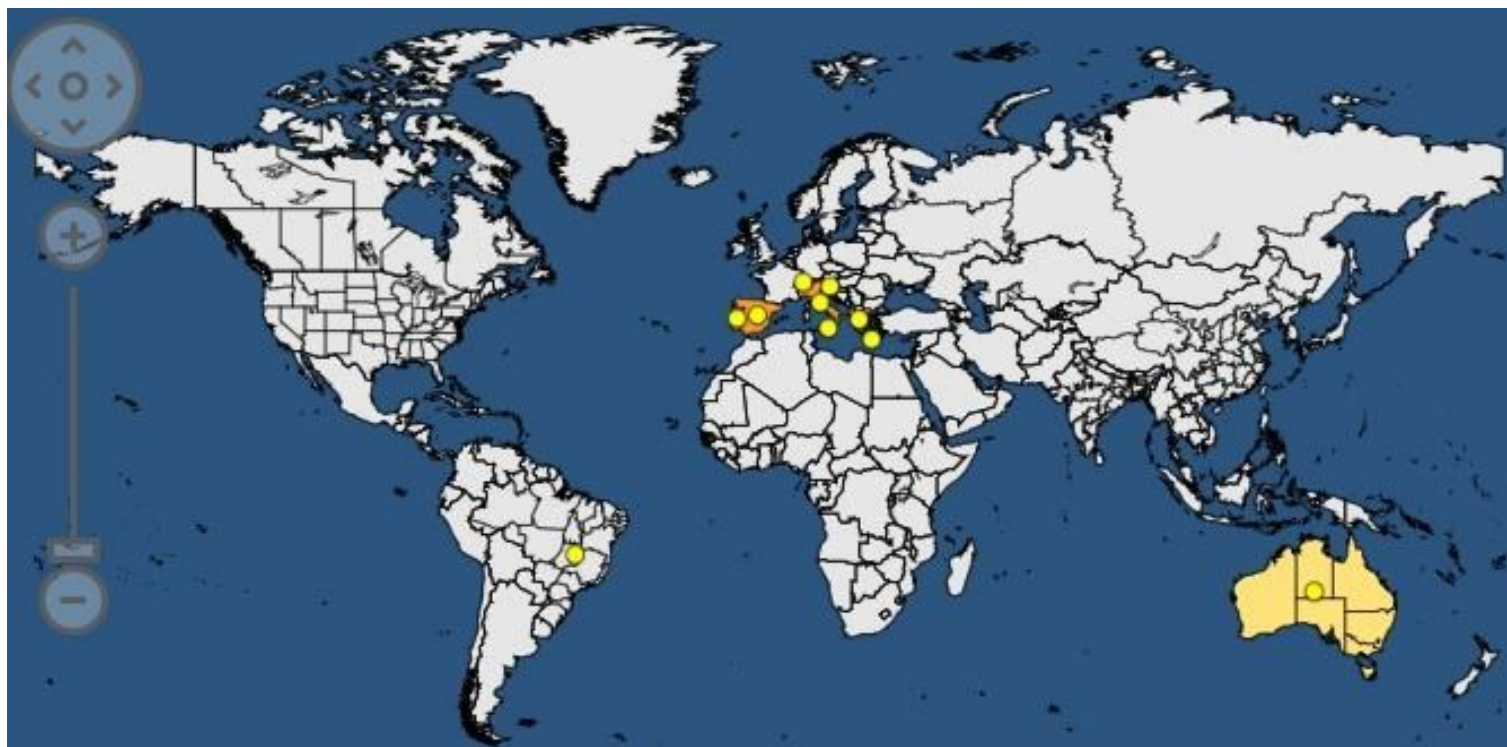
Cellule de veille PACA + AOPn  
Août 2023

Disponible sur [www.aprel.fr](http://www.aprel.fr)



# Tomato fruit blotch virus (ToFBV)

saisine «SANTVEG2024-AUTO-0092



- 2018 : Italie (1<sup>ère</sup> description)
- 2019 : Australie
- 2021 : Espagne, Portugal
- 2022 : Tunisie, Slovénie, Brésil, Belgique
- 2023 : Grèce, Suisse

- France :
  - 2023 ➔ 1 foyer (Nouvelle Aquitaine - autotest Ets.)
  - 2024 ➔ 12 foyers identifiés dans 6 dépts. (Nouvelle Aquitaine, Occitanie, PACA – tests INRAE)
- Preuves de présence plus ancienne (échantillons conservés) : 2012 Italie, 2015 Portugal, France 2017

## ➤ Plantes hôtes

- Hôte naturel confirmé : **tomate**
- Hôtes naturels probables : **morelle** (Luigi 2024), **pomme de terre** (séquence NCBI, Tunisie)
- Hôte incertain : patate douce (données séquençage HTS)

## ➤ Symptômes

- Feuille : aucun symptôme
- Fruit : décoloration, déformation, tâches chlorotiques irrégulières  
➔ expression tardive (période de production)
- Confusion avec autres virus : ToBRFV, PepMV, PhCMoV
- En co-infection avec d'autres virus : ToBRFV, PepMV, TSWV, STV, ToCV...



## ➤ Dégâts

- Grèce : 7% de fruits symptomatiques (*Beris et al. 2024*)
- France : ± 2-10% cult. conventionnelle serre hors-sol  
± 10-20% cult. AB tunnel



# Transmission ToFBV

- **Vecteur suspecté** : l'acarien *Aculops lycopersici* (Eriophyidae)
  - Concomitance entre forte pullulation d'*A. lycopersici* et ToFBV (Italie, Espagne, Brésil, Belgique...)
  - Essais de transmission en cours *Eryophyidae* (Italie et Pologne) et *Tenuipalpidae* (Italie)
  - Responsable de dégâts directs sur la tomate : acariose bronzée



Tiberini 2024

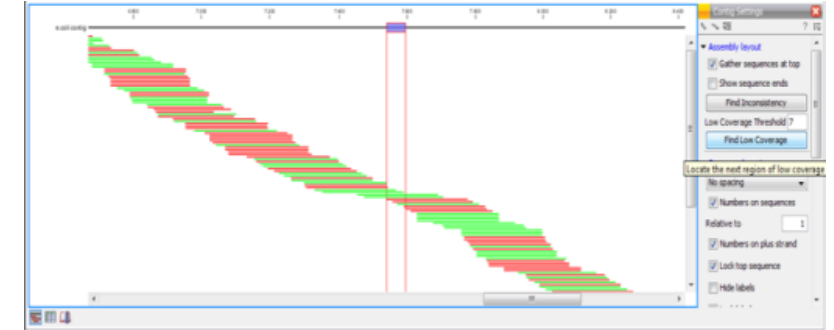
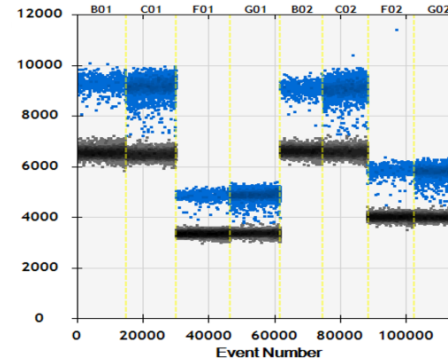
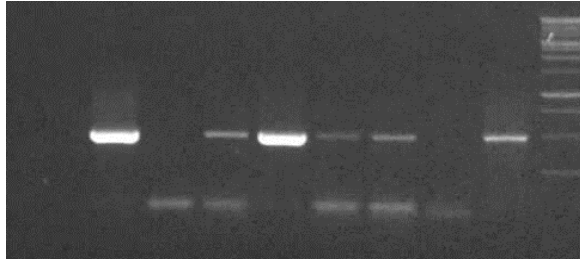


acariose bronzée

- transmission par greffage ? non (*Tiberini 2024*)  
peut-être (*essais INRAE*)
- non transmis par la semence (*Tiberini 2024* – 500 graines testées)
- non transmis par inoculation mécanique (*Ciuffo 2020; Nakasu 2022; Tiberini 2024*)
- non transmis par contact

## ➤ Détection

- Aucun réactif sérologique disponible (ELISA, LFD)
- RT-PCR (Nakasu et al. 2022)
- RT-PCR, RT-qPCR, RT-dd-PCR sur plante et acarien (Luigi et al. 2024)
- Métagénomique



## ➤ Moyens de lutte :

- Arrachage des plants infectés
- Aucune variété de tomate résistante/tolérante connue
- Gestion des acariens :
  - ✓ Compatible lutte intégrée : spiromésifène (Oberon®), plus disponible
  - ✓ Peu compatible lutte intégrée : ie. milbemectine (Milbeknock®)
  - ✓ Soufre
  - ✓ Gestion climat (forte humidité)

