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

www.virtigation.eu

Réponses aux questions du webinar n°1

ToBRFV

- **Transmission ToBRFV par la semence**

  Q : précision sur les modalités ?

  R : Test 8000 graines (20 essais) ➔ taux de transmission de 0,025% (2 plantules infectées / 8000)

- **Dispositif de désinfection des semences** (séchage /polissage / trempage TSP et chlore / ultrason)

  Q : disponibilité ?

  R : développement en cours

- **Infections mixtes ToBRFV-PepMV**

  Q : articles/rapports publiés ?

  R : se référer au site web VIRTIGATION

  https://virtigation.eu/plant-research-glimpse-mixed-infections-tobrfv-pepmv-status-update/

ToBRFV

- **Porte-greffes résistants ToBRFV**

ie. le porte-greffe R protège le greffon sensible d'une inoculation racinaire (mais pas d'une inoculation foliaire)

Q : précisions sur les modalités ? type de résistance (complète/partielle) ?

R : travail en cours

- **Longévité des tobamovirus dans le sol**

ToBRFV : perte d'infectivité après 6-7 mois (Molad et al. 2024 https://doi.org/10.1007/s11104-024-06690-y)

Q : Longévité variable pour les tobamovirus : ex. 17 mois pour le CGMMV (Lovelock *et al.* 2022) ?
Comment les tobamovirus sont éliminés du sol ?

R : dégradation des particules virales dépend de facteurs environnementaux
(température, pH, hygrométrie, composition du sol, vitesse de décomposition des débris végétaux…)

ToBRFV

➢ Diagnostic Luminex

ie. discriminer tobamovirus infectieux *vs*. tobamovirus non infectieux

Q : complément d'information ? utilisation pour eaux de drainage ?

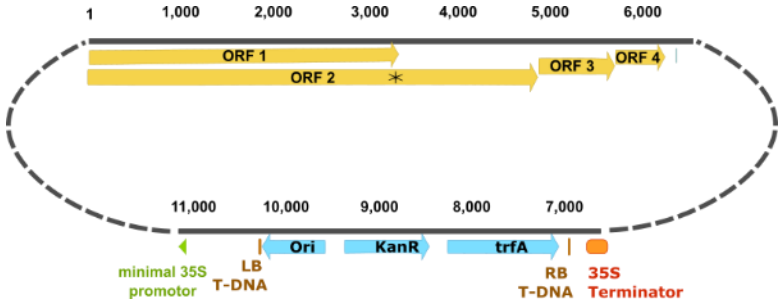
R : discriminer virus intact (longs fragments d'ARN) *vs*. virus dégradé (absence de longs fragments)

cf. site web VIRTIGATION

➢ Clones infectieux

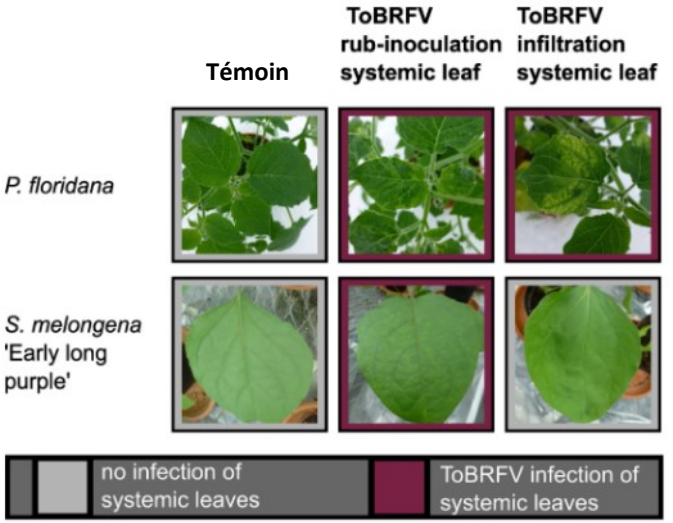
Q : clone infectieux ? « rub-inoculation » vs. « infiltration » ?

R : cf. Rohde et al. 2025 Plant Disease



clone viral infectieux

= ADN (plasmide) contenant la totalité du génome du virus



Photos ToBRFV

Symptômes observés sur variété Marnouar

Symptômes observés sur autres variétés

Source : SRAL Avignon 2024

Protocole de prévention contre le ToBRFV en culture de tomate sous abri

Rédaction août 2023 – Cellule de veille PACA + partenaires nationaux

Nouveau statut du ToBRFV depuis 2025 => réactualisation nécessaire

A/ Prévention contre l'introduction du virus

Par les semences

Recommandations sur l'utilisation de semences saines = obligation pour la vente sur le territoire français. Les semenciers sont tenus de vérifier leurs lots par des analyses en laboratoire agrées, passeport phytosanitaire, production GSPP

Par les plants

Eviter l'achat de plants dans des zones à forte contamination.
Contrôle visuel et analyses avant livraison (mais limites de détection en début d'infection)

Par le matériel et les personnes

Précautions sur la circulation des personnes sur les exploitations
Précautions sur le matériel végétal, les outils…

B/ Surveillance pour une détection précoce des foyers

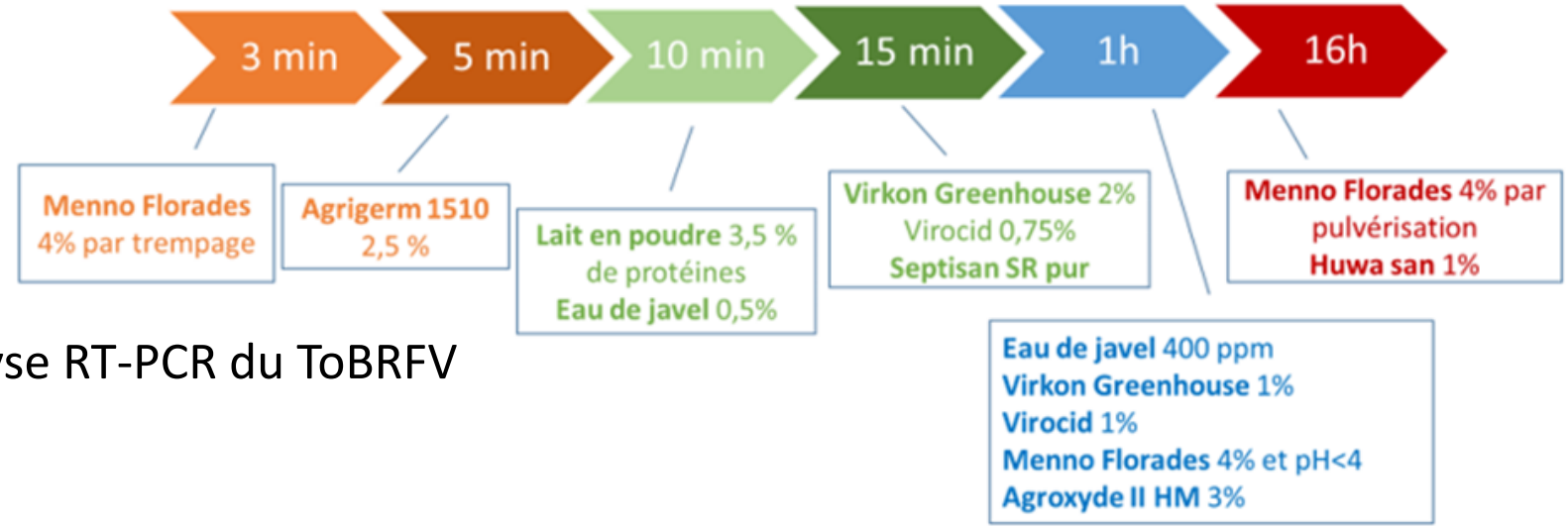
Méthodologie et organisation de la surveillance.
Formation des salariés
Démarches en cas de suspicion

C/ Gestion d'un foyer de ToBRFV confirmé

Au niveau de la parcelle contaminée : isolement, nettoyage, désinfection
Au niveau de l'exploitation : limiter la circulation, désherbage, rotations (en sol)
Dans l'environnement proche : information, circulation du matériel en commun

ANNEXES

Liste des plantes hôtes
Liste des produits de désinfection
Liste des laboratoires agréés pour l'analyse RT-PCR du ToBRFV



ToLCNDV

- **Stabilité de la résistance au ToLCNDV**

Q : Italie et en Espagne infectés depuis quelques années, quelle tenue de la résistance ?

R : A ma connaissance, les variétés résistantes sont arrivées sur le marché depuis peu, y compris en Espagne et en Italie (jusqu'ici: lutte contre les vecteurs). Pas de contournement mis en évidence?

- **Infection mixte ToLCNDV + autres virus**

Q : Les symptômes étant plus forts en cas d'infection mixte, est-il préférable d'avoir des variétés IR WMV ZYMV, CMV, ou sensibles ?

R : Tests non effectués au laboratoire. Les déterminants des résistances au ToLCNDV et aux autres virus semblent non liés, il vaut mieux avoir des variétés IR aux différents virus (et si possible des IR cumulées ToLCNDV + autres)

- **Transmission par contact**

Q : Est-ce que la transmission par les outils de récolte ont été testés sur courgette ?

R : pas pour le ToLCNDV. Avec le WMV, essai APREL en 2020 sur courgette PC : comparaison de l'évolution du virus dans une parcelle récoltée au couteau ou à la main => pas de différence significative. Par contre, +16% de main d'œuvre et risque d'altération des fruits.

Tomato fruit blotch virus (ToFBV)

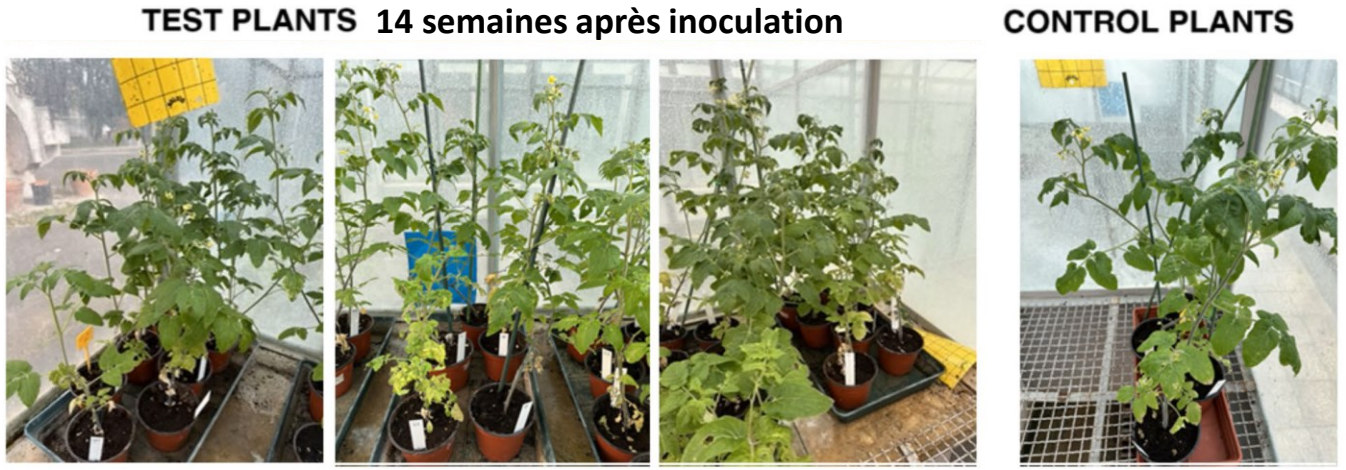
Bertin *et al.* Scientific Reports (2025)

➢ Transmission *Aculops lycopersici*

➔ vecteur confirmé de tomate à tomates : **34,2% efficacité** (13/38 plantes)

➢ Symptômes ToFBV après transmission par aculops

- 7, 10, 14 sem. après inoculation : mosaïques foliaires, décolorations, nanisme, tâches chlorotiques



- 18 sem. ➔ 4 plantes infectées + 4 plantes non infectées
  2 plantes **:** taches chlorotiques évoluant en nécroses puis mort
- Aucun symptôme sur fruit
- Détection du ToFBV (tendances) : optimum à 10 et 14 sem., puis diminution de l'infection

➔ infection systémique
➔ infection lente et erratique

Tomato fruit blotch virus (ToFBV)

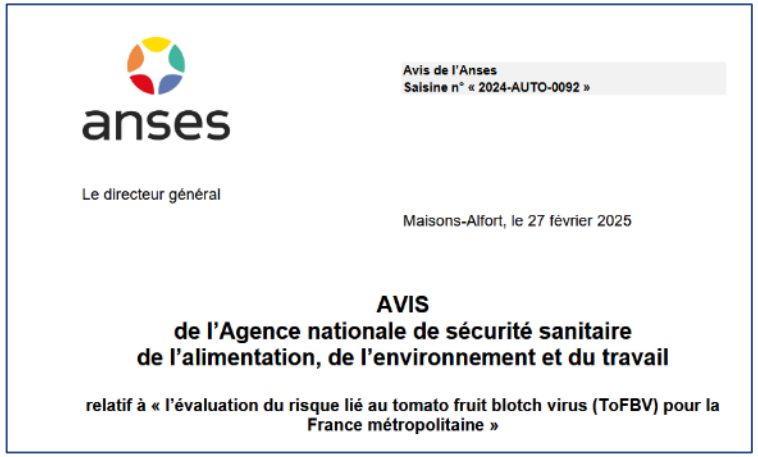
- **Co-infection**

  Q : co-infection ToBRFV-ToFBV ?

  R : décrit en Grèce (Beris *et al.*, 2023- DOI: 10.1002/ndr2.12219)

FIGURE 1
Blotch symptoms observed in ToFBV-infected tomato fruits collected from a greenhouse in Ierapetra (Crete, Greece).

- **Complément d'info.**



anses

Avis de l'Anses
Saisine n° « 2024-AUTO-0092 »

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 27 février 2025

AVIS
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à « l'évaluation du risque lié au tomato fruit blotch virus (ToFBV) pour la France métropolitaine »

https://www.anses.fr/fr/system/files/SANTVEG2024-AUTO-0092.pdf

Focus « transmission des phytovirus »

➢ La transmission des phytovirus

- Les virus de plantes ont besoin de vecteurs pour se disséminer dans les cultures.
- Les vecteurs les plus importants : les pucerons.
- ± 200 espèces de pucerons vectrices

Myzus persicae
(> 100 virus différents)

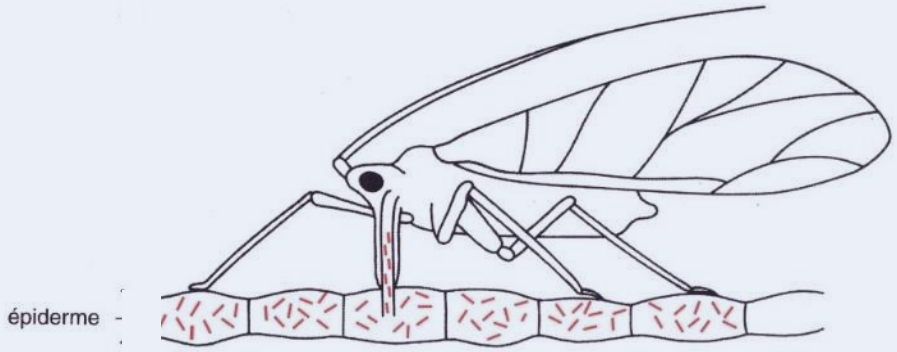
Aphis gossypii
(± 40 virus différents)

Acyrthosiphon pisum
(± 20 virus différents)

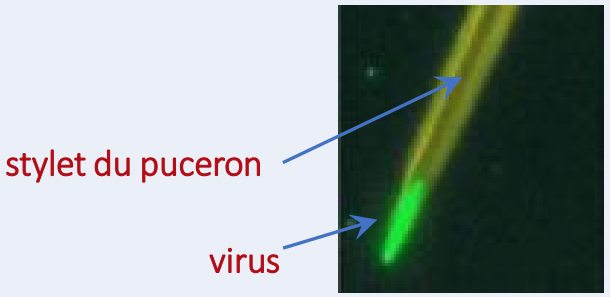
➢ Modes de transmission des virus par les pucerons

Mode non persistant

Ex. : CMV, potyvirus (PVY, WMV, ZYMV)



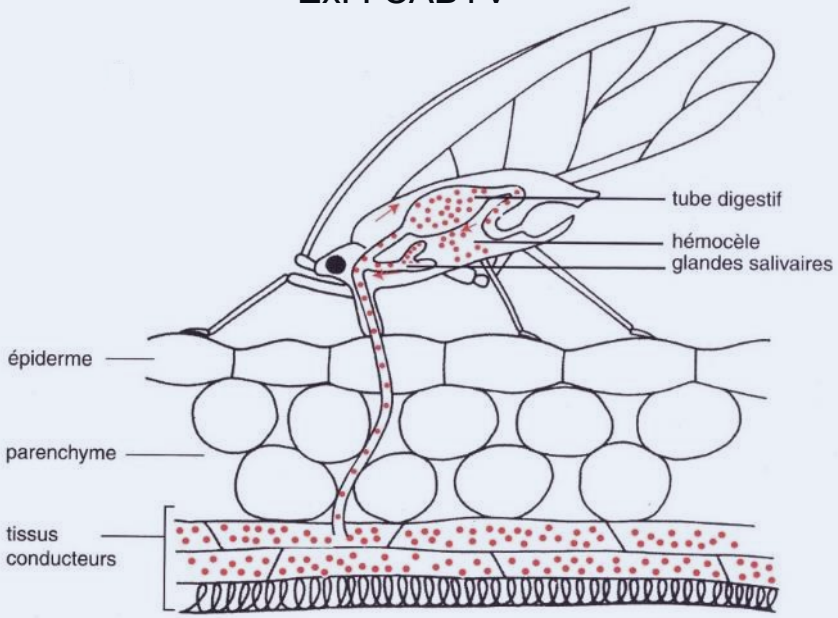
- peu spécifique (nombreuses espèces de pucerons par virus)
- acquisition immédiate du virus (minute)
- puceron n'est plus infectieux après quelques heures



Uzest et al., 2007

Mode persistant

Ex. : CABYV



- très spécifique (1 à 2 espèces de pucerons par virus)
- acquisition lente du virus (heures)
- puceron reste infectieux toute sa vie

➢ Autres vecteurs et modes de dissémination des virus

aleurode

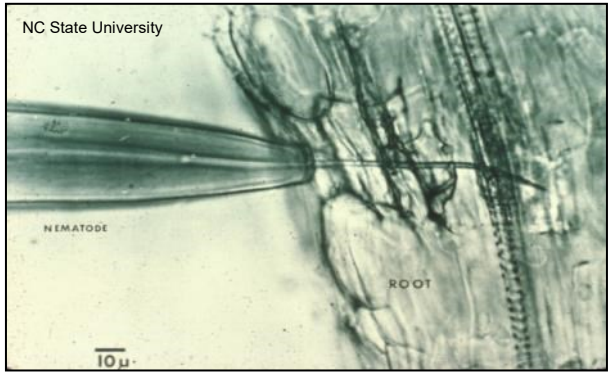
thrips

cicadelle

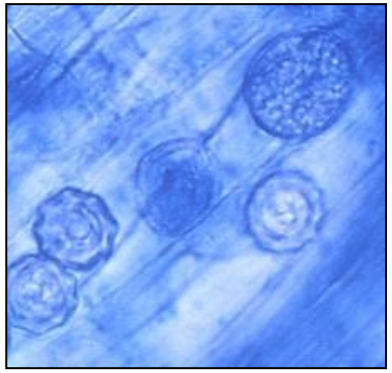
coléoptère

cochenille

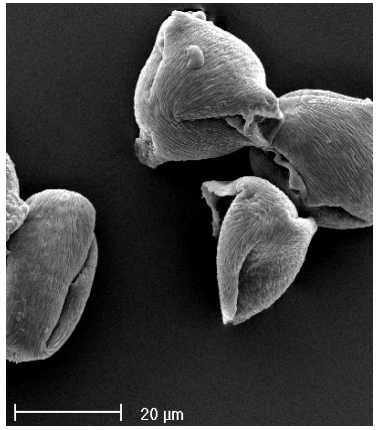
acarien



nématode



champignon



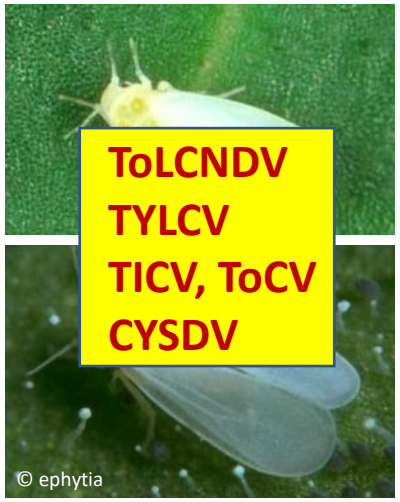
pollen

semence

contact

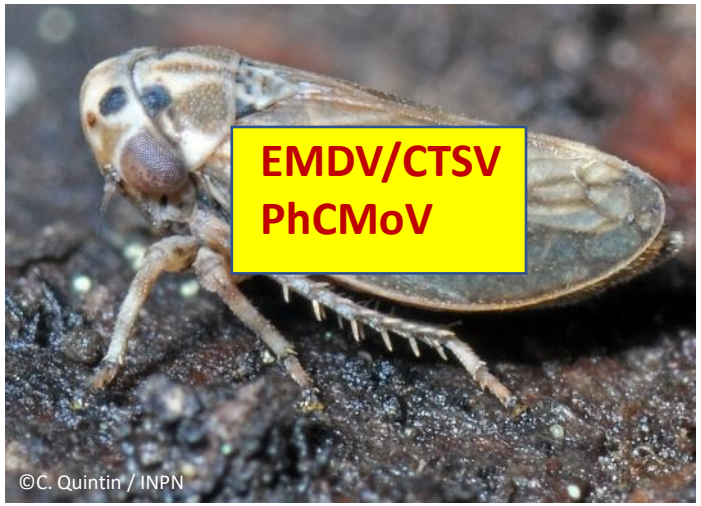
➢ Autres vecteurs et modes de dissémination des virus

principaux virus de tomate et cucurbitacées et leur(s) vecteur(s) en France



aleurode

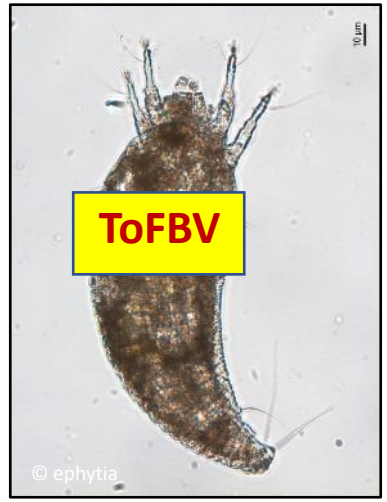
thrips



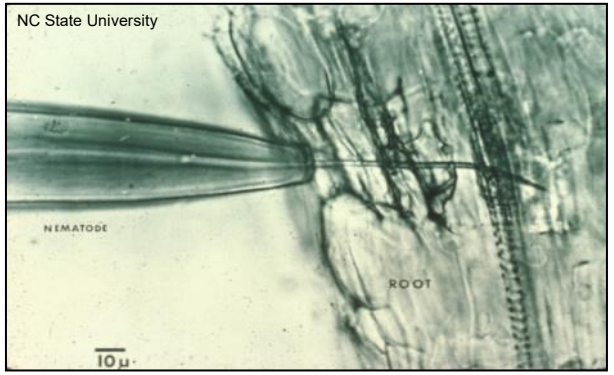
cicadelle

coléoptère

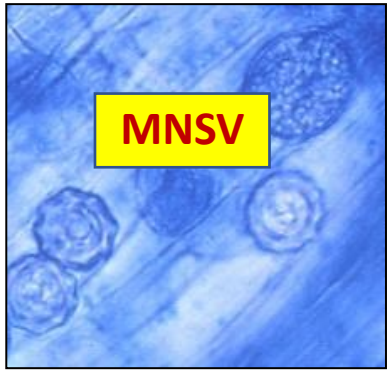
cochenille



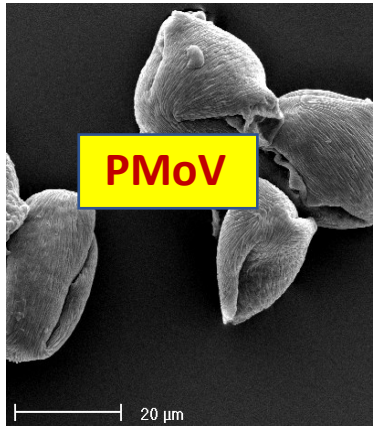
acarien



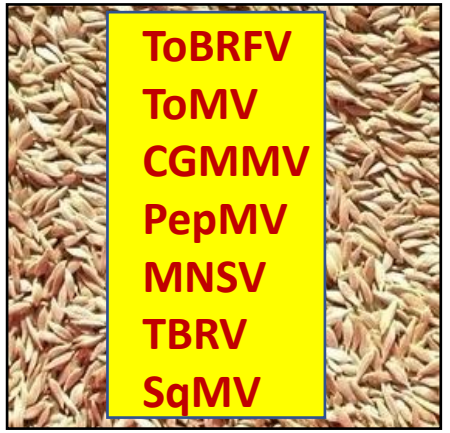
nématode



champignon



pollen



semence

contact

➢ Transmission par des vecteurs biologiques

➔ 80% des phytovirus

INSECTES	pucerons	**55%**
	cicadelles	11%
	coléoptères	11%
	aleurodes	8%
	cochenilles	1%
	thrips	1%
ACARIENS		1%
NEMATODES		7%
CHAMPIGNONS		5%

sur 589 espèces virales caractérisées

Dissémination naturelle

- champignons et nématodes ➔ faible potentiel, mais persistance dans le sol
- insectes, acariens ➔ fort potentiel

Dissémination assistée (vent, matériel…) :

- insectes ➔ très fort potentiel (jusqu'à >100-1000km)

➢ Transmission par la semence

➔ 10-20% des phytovirus (Subramanya, 2013)

➔ dissémination sur de très longues distances (échanges commerciaux)

➢ Transmission par le pollen

➔ <5% des phytovirus

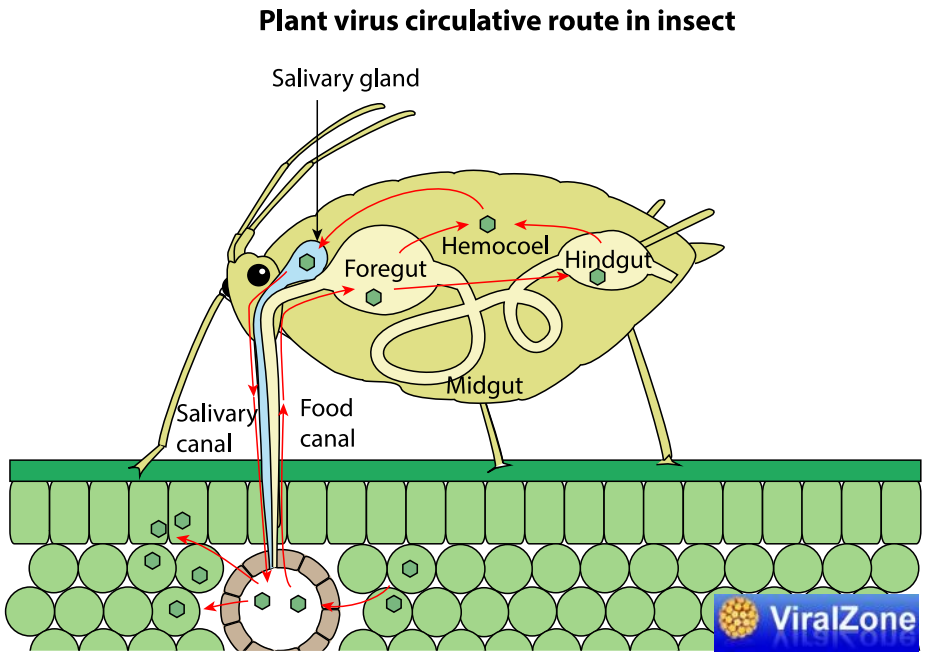
➢ Cycle biologique du virus dans le vecteur

- Virus non multipliants

  potyvirus (WMV, ZYMV, PVY), CMV *vs.* puceron
  polerovirus (CABYV) *vs.* puceron
  bégomovirus (ToLCNDV) *vs.* aleurode
  crinivirus (TICV, ToCV, CYSDV) *vs.* aleurode

- Virus multipliants

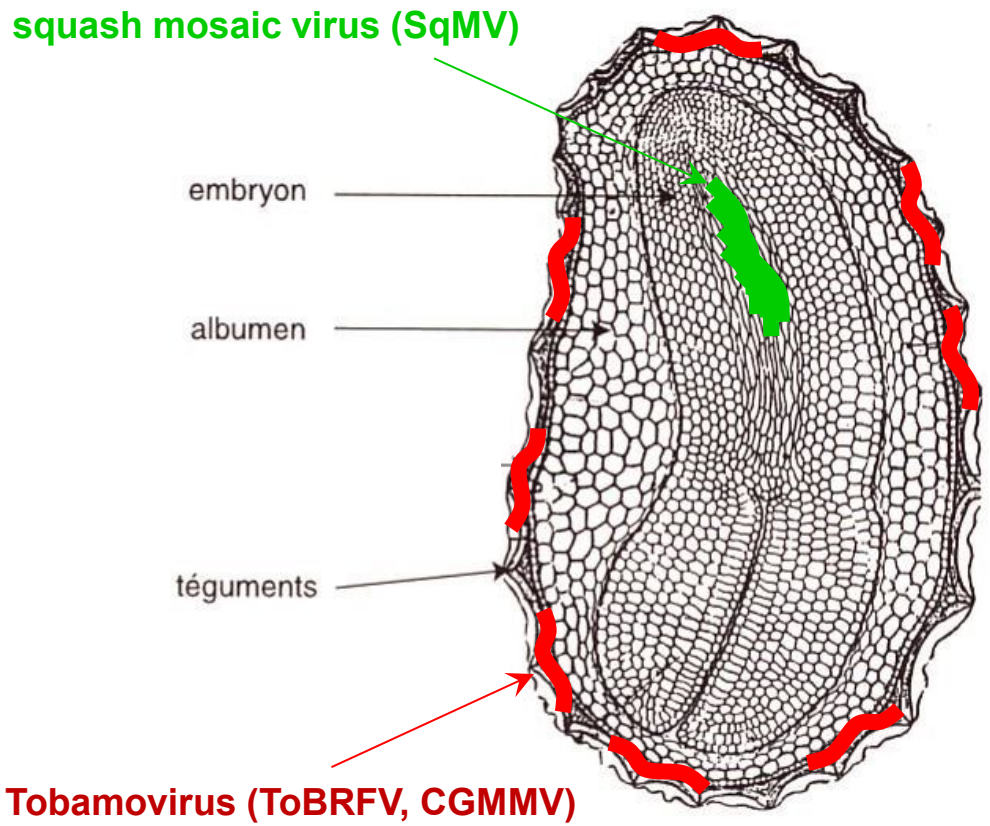
  TSWV *vs.* thrips
  EMDV/CTSV *vs.* cicadelle



- Transmission à la descendance

  ➔ pas de transmission verticale connue pour les virus de cucurbitacées et de tomate (quelques cas connus : fijivirus et tenuivirus de céréales transmis par cicadelle)

➢ Transmission par la semence



- **Tobamovirus (ToBRFV, CGMMV)**
- **Potexvirus (PepMV)**
- **Carmovirus (MNSV)**

Des taux de transmission variables selon

✓ l'espèce virale, la souche virale ou la plante hôte

Squash mosaic virus (SqMV, comovirus) : 1-10% courgette et melon
Lettuce mosaic virus (LMV, potyvirus) : 0-15% laitue
Tobacco ring spot virus (TRSV, nepovirus) : 100% soja

✓ la date d'infection du porte-graine

✓ la durée de conservation des graines

Des conséquences parfois graves

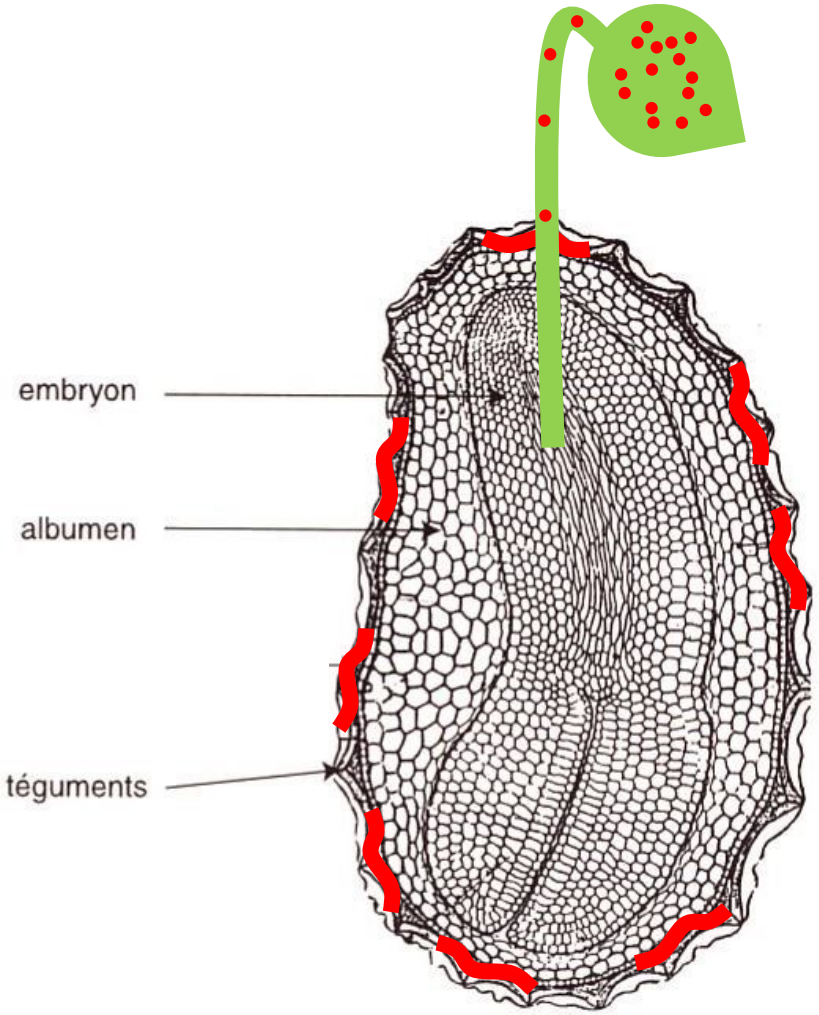
✓ introduction de virus vers de nouveaux continents

✓ introduction d'inoculum dans une parcelle

ex. soja : un taux de transmission de 1% correspond à 10.000 plantes infectées par hectare

➢ Transmission de la semence vers la plantule (ToBRFV)

Salem et al. 2022 (Plant Disease) - Dombrovsky 2024 (VIRTIGATION Deliverable Nr. 4.2)



- **Taux de contamination** des semences produites par des plantes infectées : **100 %**

- **Taux de transmission** des semences aux plantules :
  0,08 % (ie. 1 plantule positive / 1187)
  0,025% (ie. 2 plantules positives / 8000)

- **Transmission par contact** de plantule à plantule très efficace
  ➔ **fortes épidémies**

➢ Transmission par la semence (tobamovirus)

		Seed				
Species/ acronym	Hosts	Contamination %		Transmission %		Reference
Cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV)	*Cucurbitaceae*	+	84%	+	2%	[141]
		+	NT	+	NT	[148]
		+	NT	+	8%	[144]
		+	95%	+	<1%	[34]
		+	100%	+	0.9%	[147]
Tobacco mosaic virus (TMV)	*Solanaceae*	+	NT	−	0%	[4]
		+	NT	+	21.8%	[134]
		+	100%	−	0%	[133]
		+	NT	−	0%	[142]
		+	50%	NT	NT	[149]
Tomato mosaic virus (ToMV)	*Solanaceae*	+	NT	+	NT	[35]
		+	NT	−	0%	[4]
		+	NT	−	0%	[143]
		+	NT	+	NT	[148]
		+	38%	NT	NT	[149]

NT : Not Tested

Dombrovsky & Smith, 2017 (10.5772/intechopen.70244)

➢ Stabilité des tobamovirus

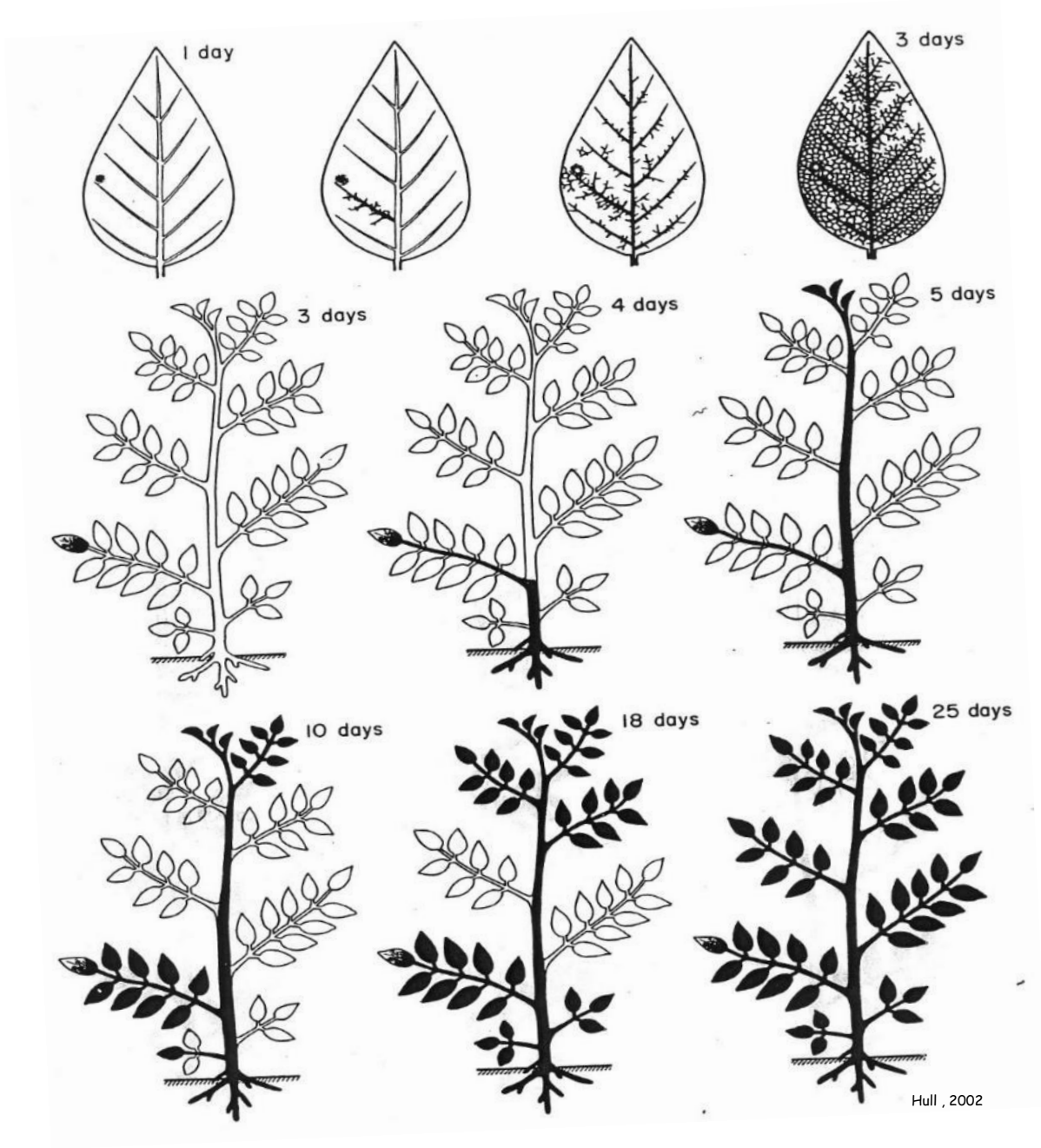
Persistance du pouvoir infectieux des tobamovirus provenant d'herbiers (Fraile et al. J. Virol. 1997)

Isolate[a]	Location[b]	Date[c]	Virus(es) recovered
H23		1899	TMV
H21	Dubbo	1907	TMV + TMGMV
H17	Junee	1909	TMV
H1	Denman	1909	TMV + TMGMV
H4	Mudgee	1920	TMV + TMGMV
H20	Grenfall	1923	TMV + TMGMV
H15	Gilgandra	1938	TMGMV
H12	Naoromine	1946	TMV
H13		1955	TMGMV
H9	Koonenberry Mountains	1963	TMGMV
H6	Bourke	1971	TMGMV
H7	Coolabah	1971	TMGMV
H10	Euston	1971	TMGMV
Poon	Pooncary	1985	TMGMV
GAE2.1	Peak Hill	1993	TMGMV
GAE5.1	Warrumbungles	1993	TMGMV

[a] "H" indicates isolates obtained from herbarium specimens of *N. glauca*. Isolates H21a, H1a, H4a, and H20a are TMV; isolates H21b, H1b, H4b, and H20b are TMGMV.
[b] All locations are in NSW, Australia.
[c] Year in which the *N. glauca* plant was collected.

- **Mouvement systémique des tobamovirus dans la plante**

ex. TMV chez la tomate



Merci pour votre attention !

INRAE APREL