

# Des méthodes nouvelles en génétique au service de la santé des plantes

Alain Toppan



Santé des plantes : ressources naturelles et biologie contemporaine, colloque scientifique 2020

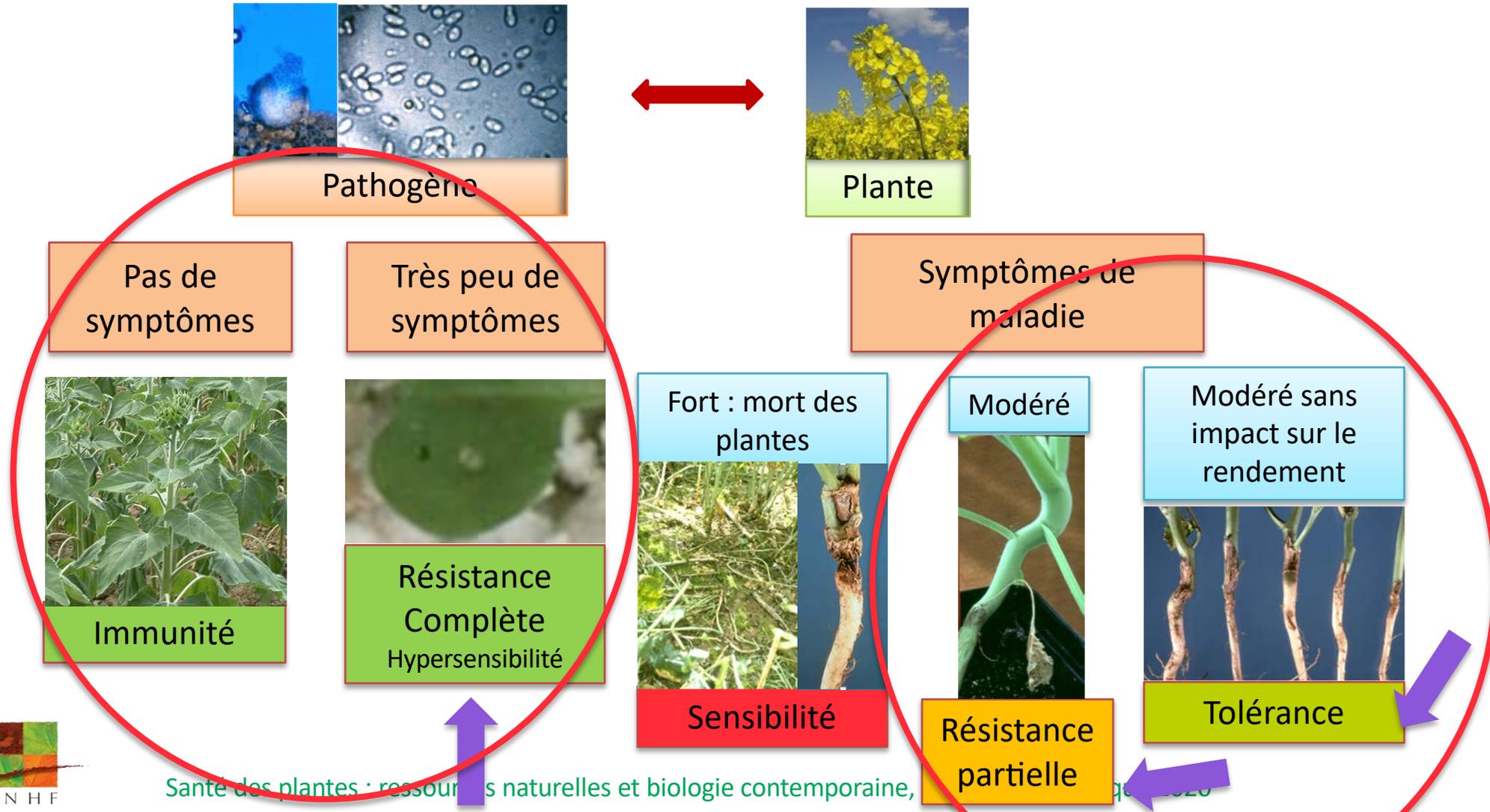
# ***La génétique très tôt !***

Les travaux de R.H. Biffen (1905-1912)

- Une approche mendélienne
  - Une étude de la F2 issue d'un croisement entre blé anglais et américain
  - La résistance à la rouille jaune chez le blé s'avère être un caractère récessif, héritable
  - Une création variétale abondante a suivi



# Les interactions plante-pathogène



# Quels supports génétiques ?

## Résistances complètes et partielles

- Les résistances qualitatives complètes, monogéniques, sont généralement instables face à l'évolution des races de pathogènes



- 36 races connues pour *Bremia lactuca* !
  - Le gène *are* du haricot, plus de 50 ans de stabilité face à *Colletotrichum lindemuthianum* !
- Les résistances quantitatives, polygéniques, sont partielles mais stables vis-à-vis des souches d'un pathogène
  - Leur combinaison procure de la durabilité

# ***Les orientations de la sélection***

Combiner des gènes majeurs de résistance et la résistance quantitative

***Sélection basée sur des gènes R majeurs***

***Sélection basée sur la résistance partielle quantitative***

**Défi : améliorer la stabilité de la résistance**

**Défi : améliorer l'efficacité de la résistance**

**Etudes préalables de caractérisation des genes impliqués**

**Nouvelles variétés à résistance forte et durable**

# ***Du nouveau, efficace et peu exploité !***

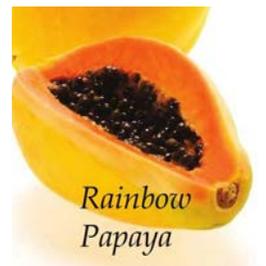
Les approches de transgénése développées dès les années 90

- Le papayer résistant au PRSV (virus des taches en anneau)

- Expression de la protéine de capsid du virus
- Rainbow<sup>®</sup>, SunUp<sup>®</sup> Universités de Cornell et Hawaii
- Commercialisé depuis 1998 !

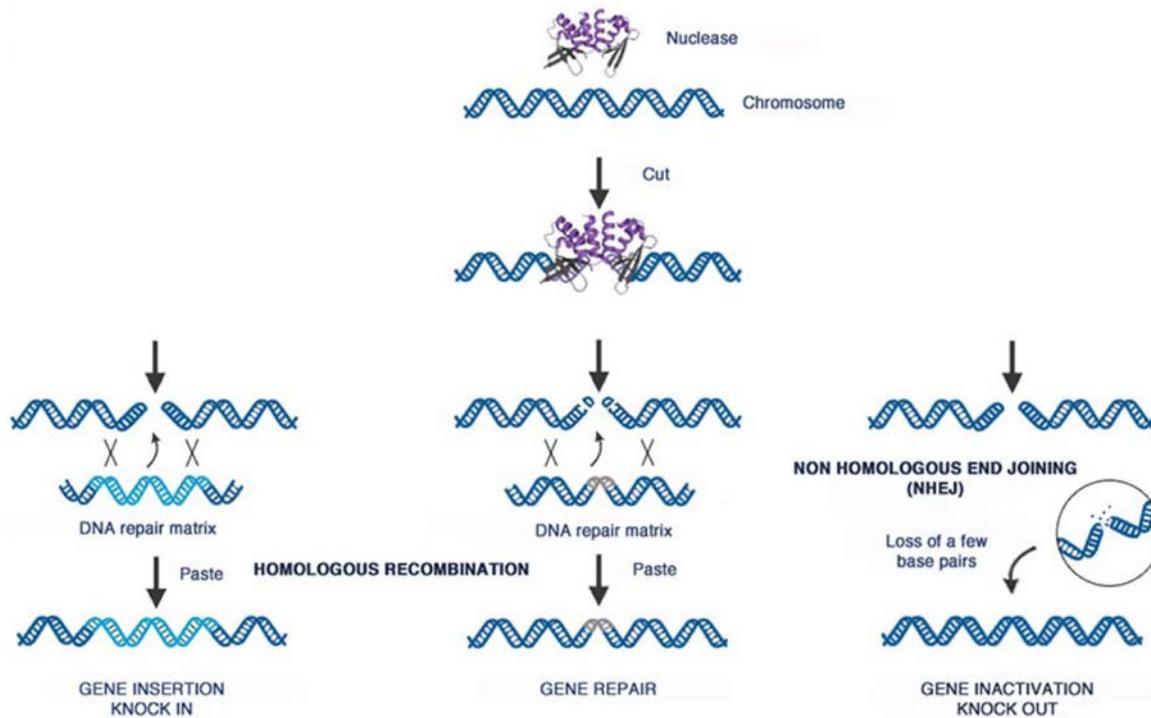
- D'autres exemples

- Haricot - *Bean Golden Mosaic virus* (Embrapa, Brésil)
- Prunier - *Plum pox virus* (USDA-USA)
- Pomme de terre – *Potato leaf roll virus New Leaf<sup>®</sup>* (USA)
- Courgette - Virus CMV, ZYMV, WMV2 (USA)
- Poivron et tomate - *CMV Cucumber Mosaic Cucumovirus* (Chine)



# L'édition des génomes

Outil de connaissance et de création variétale



- Extinction de gènes et modification ou addition de gènes créent des allèles nouveaux

GENE INSERTION  
KNOCK IN  
Addition d'ADN  
Insertion de gène  
"Landing pads"

**"difficile"**

**Mutation**  
**Modification de gène**  
Knock in  
**"difficile"**

**Réparation au hasard**  
**Extinction de gène**  
Knock out  
**"facile"**



# Des réalisations (1)

## Infections virales

- Des modifications ont été réalisées avec succès sur de nombreuses espèces monocotylédones et dicotylédones
- L'inactivation par utilisation de CRISPR/cas des deux gènes *eIF4E* nécessaires au cycle des *Potyviridae* confère aux plantes (non-transgéniques) une immunité contre *Cucumber vein yellowing virus* (Ipomovirus) et une résistance contre les potyvirus *Zucchini yellow mosaic virus* et *Papaya ring spot mosaic virus-W*

Target	CRISPR system	Host plants	Virus	Genus	Family	Viral genome type
Viral genome	SpCas9	Tobacco	Tomato yellow leaf curl virus Cotton leaf curl Kokhran virus Merremia mosaic virus	Begomovirus	Geminiviridae	ssDNA
		Tobacco and <i>Arabidopsis</i>	Beet severe curly top virus Beet curly top virus	Curtovirus		
		Tobacco Barley <i>Arabidopsis</i>	Bean yellow dwarf virus Wheat dwarf virus Cauliflower mosaic virus	Mastrevirus Caulimovirus	Caulimoviridae	dsDNA
	FnCas9	Tobacco	Tobacco mosaic virus	Tobamovirus	Virgaviridae	+ssRNA
		Tobacco and <i>Arabidopsis</i>	Cucumber mosaic virus	Cucumovirus	Bromoviridae	
	LshCas13a	Tobacco	Turnip mosaic virus	Potyvirus	Potyviridae	+ssRNA
			Tobacco mosaic virus	Tobamovirus	Virgaviridae	+ssRNA
		Rice	Southern rice black-streaked dwarf virus Rice stripe mosaic virus	Fijivirus Cytorhabdovirus	Reoviridae Rhabdoviridae	dsRNA -ssRNA
		Potato	Potato virus Y	Potyvirus	Potyviridae	+ssRNA
		Host factor	SpCas9	Cucumber	Cucumber vein yellowing virus	Ipomovirus
Cassava	Cassava brown streak virus					
Cucumber and <i>Arabidopsis</i>	Zucchini yellow mosaic virus Papaya ringspot virus Turnip mosaic virus			Potyvirus		



# Des réalisations (2)

## Infections bactériennes

- Peu d'études ont porté sur les interactions plantes-bactéries
- Une mutation du gène *SWEET13* induisant la sensibilité à *Xanthomonas*, via la production d'un transporteur de saccharose, conduit à la résistance chez le riz
- Chez *Citrus sinensis*, une délétion dans le promoteur du gène *CsLOB1* conduit à la résistance contre *Xanthomonas citri citri* (non réglementé aux USA)



CRISPR/Cas9 resistance against Bacteria.

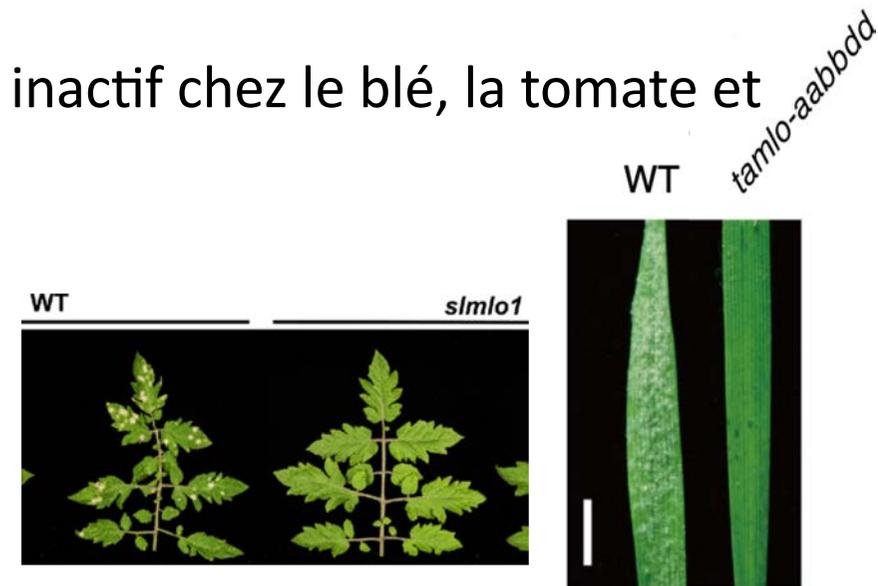
Plant	Bateria	Target
<i>Oryza sativa</i>	Bacterial blight ( <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> )	SWEET13
<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> , <i>Xanthomonas gardneri</i> , <i>X. perforans</i> , <i>Phytophthora capsici</i>	Exon-3, SIDMR6-1,
<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> DC3000	SIJAZ2
<i>Malus domestica</i>	Fire blight ( <i>Erwinia amylovora</i> )	DIPM-1, 2, 4



# Des réalisations (3)

## Infections fongiques

- Mutations dans le gène *Mlo* pour le rendre inactif chez le blé, la tomate et le riz
- Les trois homéoallèles de sensibilité *Mlo* chez le blé ont été mutés simultanément, conduisant à la résistance du blé
- Des tomates mutées pour *Mlo1* sont résistantes à l'oïdium
- Des mutations dans *OsERF922* (ethylene-responsive factor) chez le riz induisent une résistance à *Magnaporthe oryzae*



CRISPR/Cas9 resistance against fungus.

Plant	Fungus	Target
<i>Triticum aestivum</i>	Powdery mildew ( <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> )	TaMLO-A1
<i>Solanum lycopersicum</i>	Powdery mildew ( <i>Oidium neolycopersici</i> )	SIMlo1
<i>Oryza sativa</i> L. japonica (var. Kuiku131)	Rice blast disease ( <i>Magnaporthe oryzae</i> )	OsERF922

# ***Edition des génomes et breeding (1)***

Phénotypage, fardeau génétique

- L'identification de nouveaux gènes est un préalable
  - Allèles favorables présents dans les plantes cultivées (marqueurs)
  - Allèles favorables dans des espèces apparentées : la production d'hybrides interspécifiques et leur phénotypage (caractérisation de gènes de résistance) peut s'avérer très laborieux
  - L'introduction des gènes de résistance par hybridation est complexe, parfois source de « fardeau génétique » avec de longs fragments d'ADN introduits dans l'espèce cultivée



# ***Edition des génomes et breeding (2)***

Des modifications alléliques directement dans les variétés?

- La connaissance d'allèles natifs ou issus d'espèces apparentées permet d'envisager de les copier/coller dans les variétés
- Une meilleure exploitation des « accessions sauvages »
- Un pyramidage de gènes majeurs et de gènes à effets quantitatifs (résistances plus durables)
- Une réponse à la perte de solutions de traitement chimiques et à la demande sociétale et politique
- Un défi majeur d'acceptabilité !



Vendredi 15 mai 2020  
Colloque scientifique

**Santé**

**des plantes :**

**ressources naturelles et  
biologie contemporaine**

[www.snhf.org](http://www.snhf.org)



Santé des plantes



Organisé par

Société Nationale d'Horticulture de France  
au 84, rue de Grenelle, 75007 Paris • Tél. : 01 44 39 78 78  
Journée sur inscription : [www.snhf.org](http://www.snhf.org) > boutique

Avec le soutien de



Colloque scientifique 2020