

Les mécanismes de défense des plantes

ALIA DELLAGI

PROFESSEURE À AGROPARISTECH









Alia DELLAGI

Institut Jean-Pierre Bourgin, INRAE Versailles, FRANCE







Claude Bernard Paris 5ème



Plateau de Saclay 2022





Qu'est-ce que l'immunité?

▶ Définition 1:

Ensemble des **mécanismes de défense** d'un organisme contre les éléments étrangers à l'organisme, en particulier les **agents infectieux** (virus, bactéries ou parasites).

▶ Définition 2:

Droit de bénéficier d'une dérogation à la loi commune ; privilège.



Le privilège n'est pas donné à tous

Tolérance de différentes variétés de pois-chiche à la fusariose



Sharma et al. Front. Sustain. Food Syst., 2019

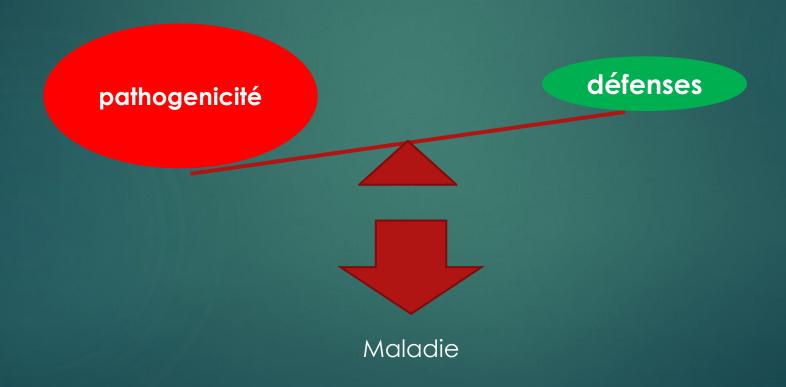
Tolérance de différentes variétés de pommes de terre au mildiou



http://sarvari-trust.org/late-blight.html

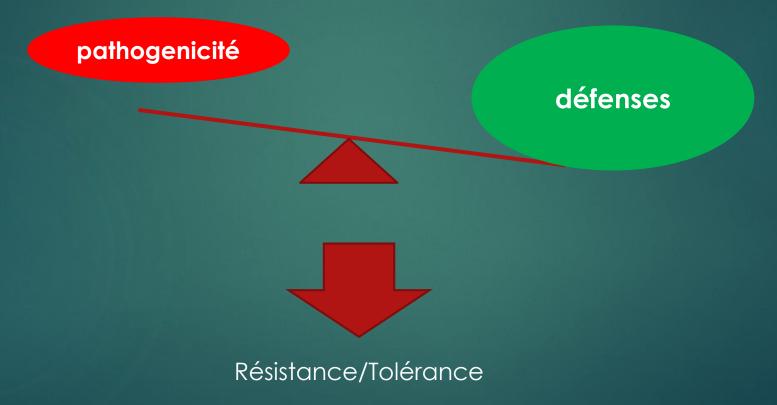


Une balance qui ne penche pas toujours du bon côté



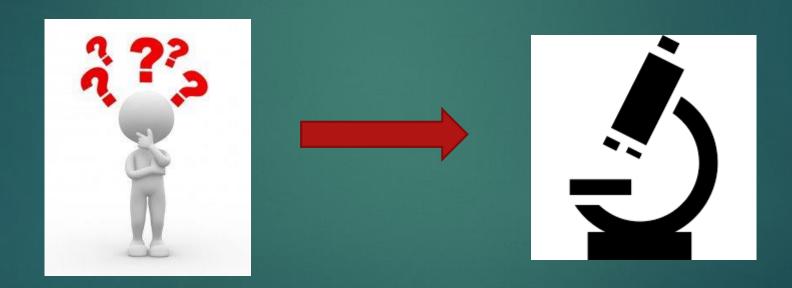


Une balance qui ne penche pas toujours du bon côté





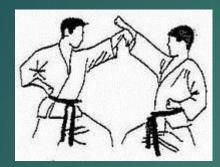
Comment ça marche?





Trois techniques de défenses

▶ La parade



http://ecoledekarateshotokanchagny.e-monsite.com/

▶ La contre-attaque



L'esquive

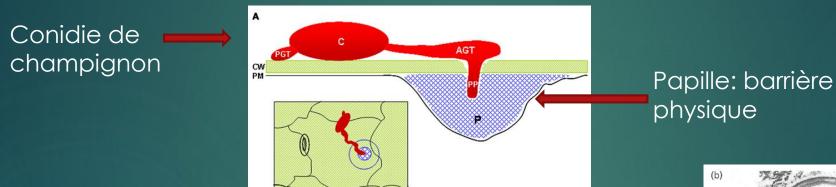


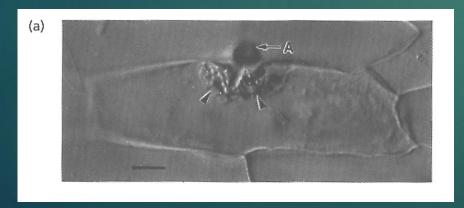
http://mawashido.free.fr/jdj/esquive.htm

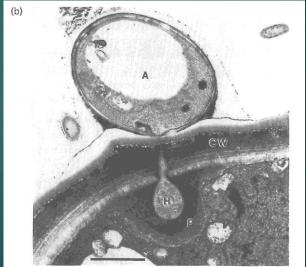


Les barrières physiques

Apposition de callose, protéines, lignine: renforcement de la paroi





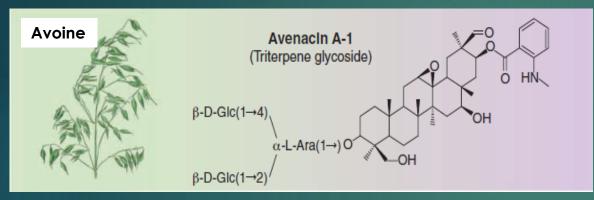


Lucas, 1998 Lucas, 1998

Underwood et al. 2012

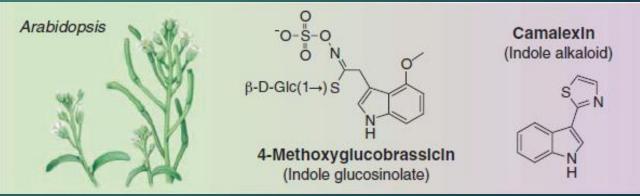
Phytoalexines et phytoanticipines barrières chimiques





Les composés antimicrobiens peuvent être préformés

(Phytoanticipines) ou induits (Phytoalexines)



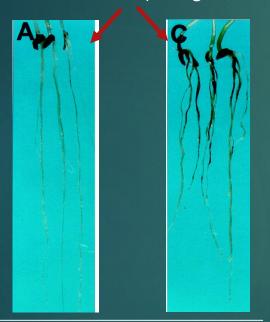
Reprinted from Bednarek, P. and Osbourn, A. (2009). Plant-Microbe Interactions: Chemical Diversity in Plant Defense. Science. 324: 746-748 with permssion from AAAS.



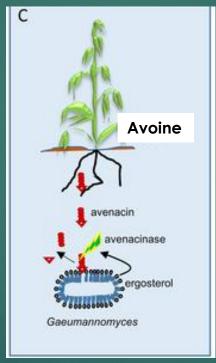
Les barrières chimiques

 Les avenacines qui confèrent une résistance au piétin échaudage chez l'avoine

Gaeumannomyces graminis

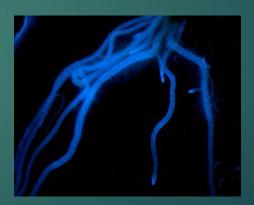


Production d'avenacine



Kazan et Gardiner 2017

Racines d'avoine produisant des avenacines



https://www.eurekalert.org/pub_releases/2008-03/nbi-pgc031808.php



https://www.jic.ac.uk/people/anne-osbourn/

Anne
Osbourn découvre
les avenacines



Trois catégories de défenses

Plusieurs phytoanticipines ont été trouvées

Catechol

Catechol

CoOH

Catechol

COOH

(a stilbene)

COOH

Chlorogenic acid

Me

CHO

NHMe

Avenacin A-1

$$A$$
-D-Glu(1—2)

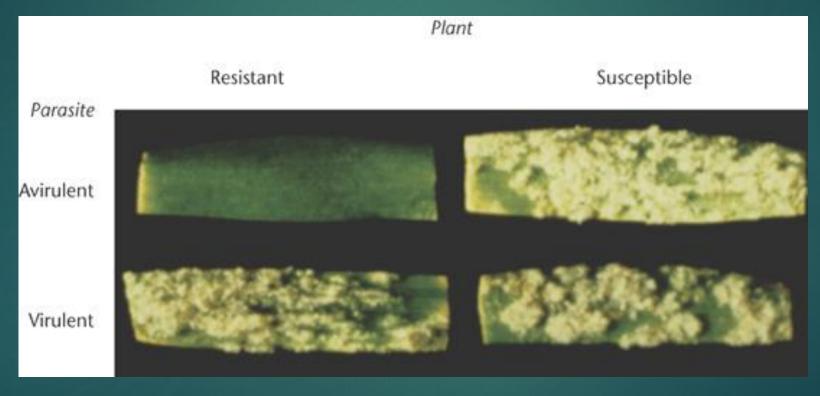
 β -D-Glu(1—4)

 α -Tomatine

Les champignons peuvent les dégrader



Cas de la résistance race spécifique

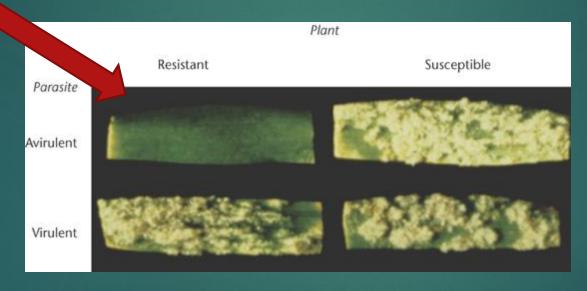


http://www.els.net/WileyCDA/ElsArticle/refld-a0020094.html

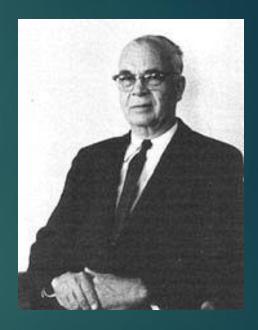


Comment ça marche?





http://www.els.net/WileyCDA/ElsArticle/refld-a0020094.html



https://en.wikipedia.org/wiki/Harold_Henry_Flor

Harold Henry Flor (1900–1991) propose une hypothèse expliquant la résistance race spécifique



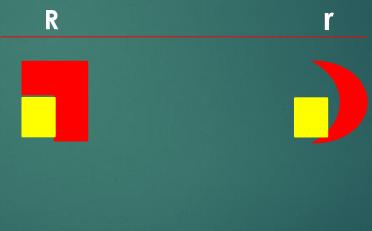
Hypothèse simple: clé serrure

Génotype de l'agent pathogène

Avr

avr

Génotype de plante



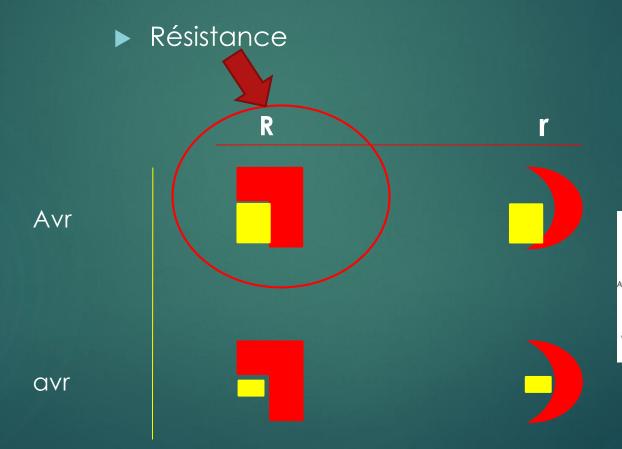


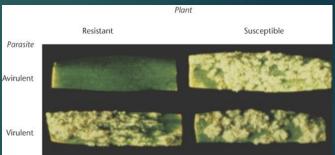




C'est la résistance gène pour gène

Génotype de l'agent pathogène

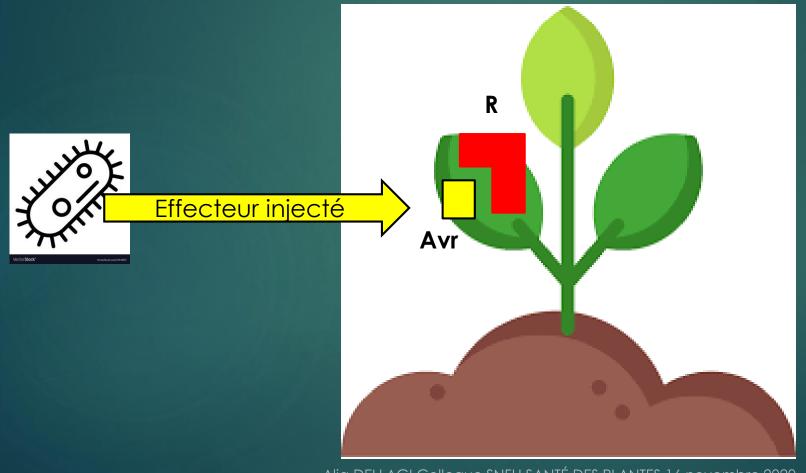




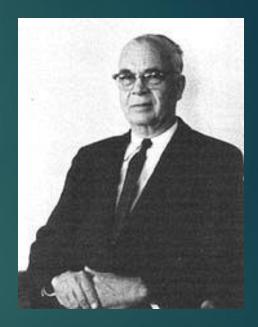


Le modèle gène pour gène

Interaction directe effecteur /protéine R







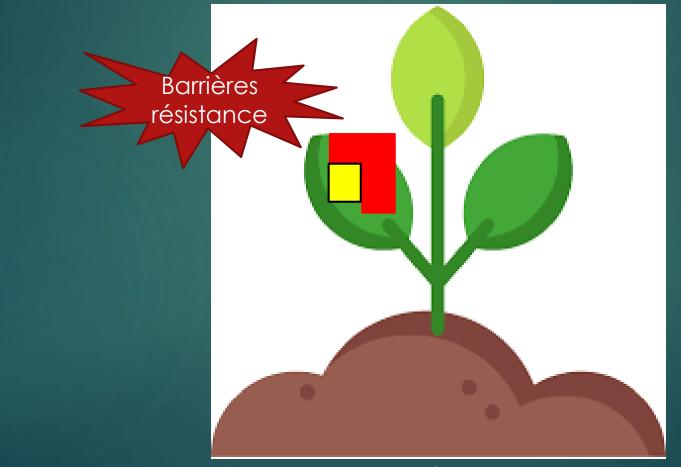
https://en.wikipedia.org/wiki/Harold_Henry_Flor

Harold Henry Flor (1900–1991) propose une hypothèse expliquant la résistance race spécifique



Le modèle gène pour gène

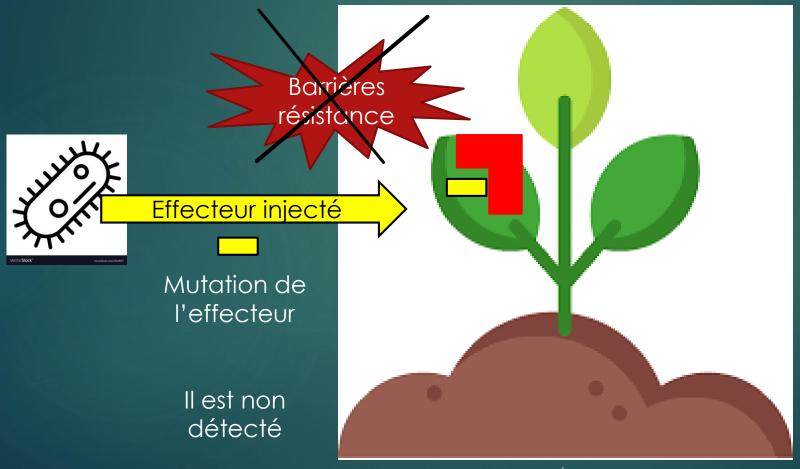
Interaction directe effecteur / protéine R





Contournement de la résistance

pas de reconnaissance de l'effecteur muté



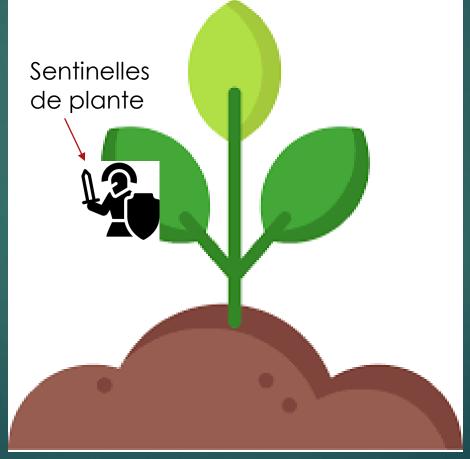


Sensibilité



Cela s'est avéré plus compliqué

▶ Le modèle de « garde »



Alia DELLAGI Colloque SNFH SANTÉ DES PLANTES 16 novembre 2020



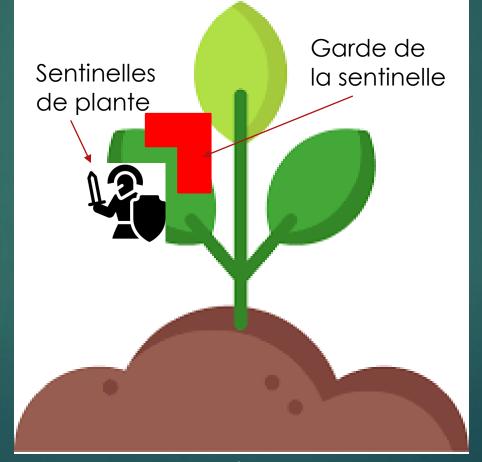
Beth Azar PNAS 2010;107:30:13203-13205

Jeff Dangl propose l'hypothèse de garde expliquant la résistance race spécifique



Un système de défense basale sous surveillance

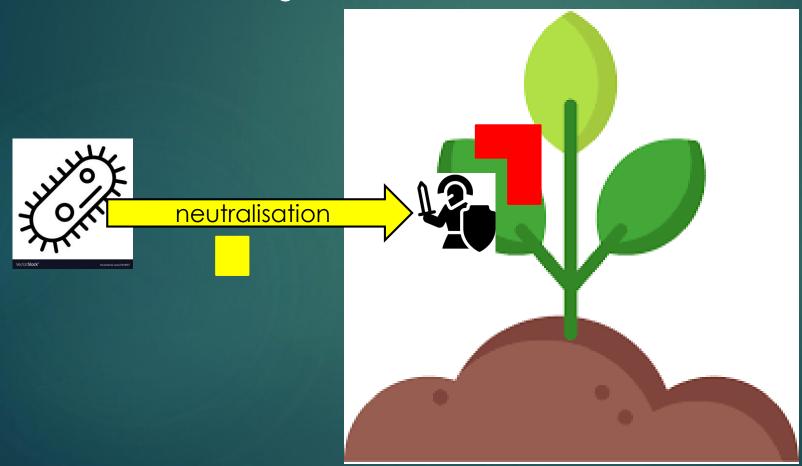
▶ Le modèle de « garde »





Cela s'est avéré plus compliqué

▶ Le modèle de « garde »





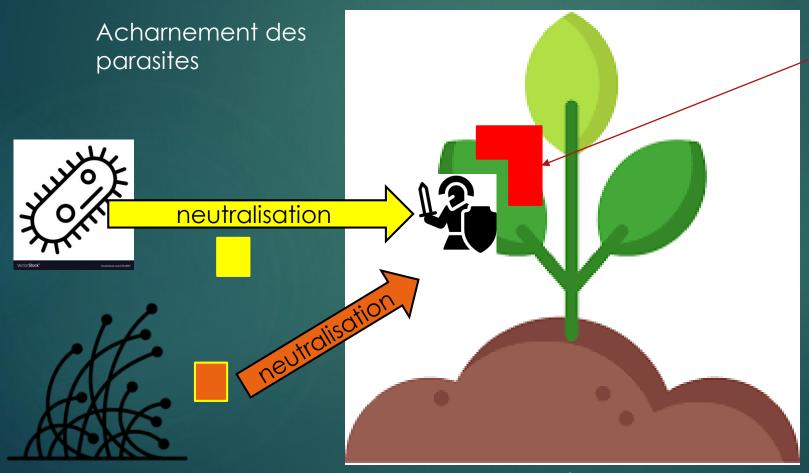
Cela s'est avéré plus compliqué

▶ Le modèle de « garde »





Le modèle de garde : plus d'adaptation

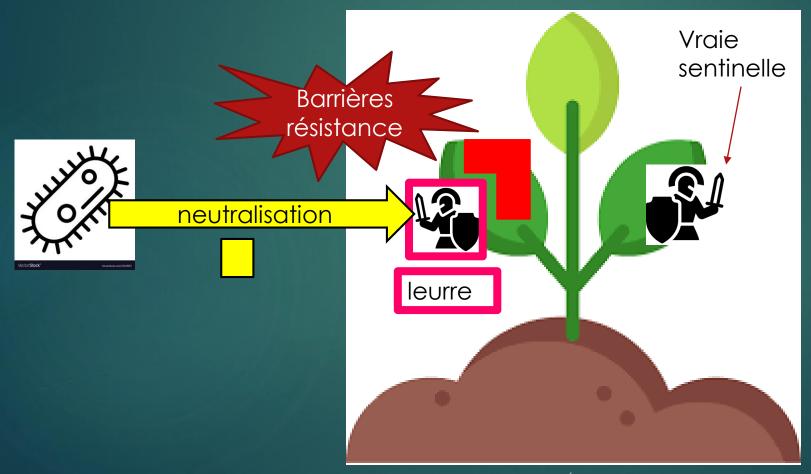


Garde de la sentinelle : plus large spectre de résistance



Un niveau de complication supplémentaire

▶ Le modèle de « leurre »





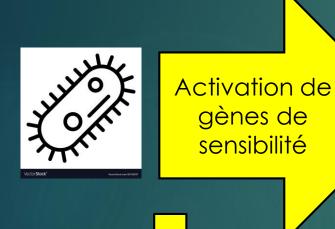
https://en.wikipedia.org/wiki/Sophien_Kamoun#/media/File:Sophien_Kamoun_Royal_Society.jpg

Sophien Kamoun propose l'hypothèse de leurre

Alia DELLAGI Colloque SNFH SANTÉ DES PLANTES 16 novembre 2020



Comment esquiver les TALEs?



TALE:
Transcription
Activator
Like
Effector





https://www.biologie.uni-halle.de/institutsbereich_genetik/plant_genetics/prof._dr._ulla_bonas

Ulla Bonas découvre les TALE



Un système Xanthomonas /riz





Un système d'esquive chez le riz



Activation de gènes de transport de sucre



Pas d'infection: résistance



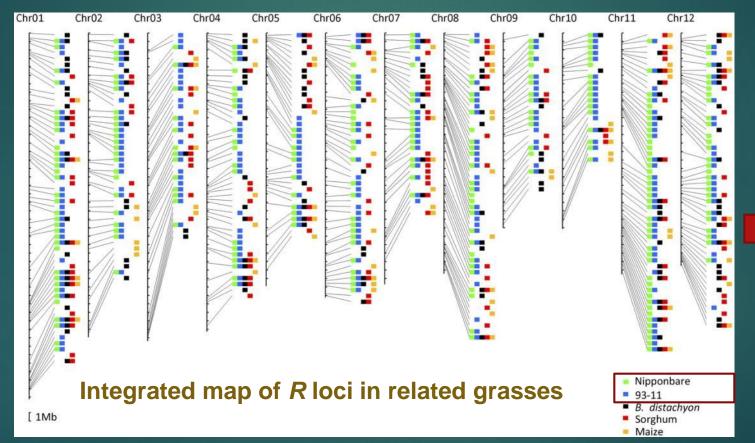
Comment exploiter cela pour des avancées agronomiques?

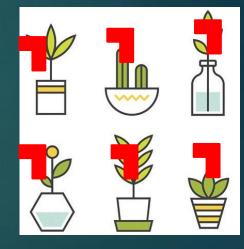


Accélération de sélection de variétés résistantes

Arabidopsis~ 149 NBS-LRR genes

 Riz, peuplier pomme de terre ~ 400 NBS-LRR genes

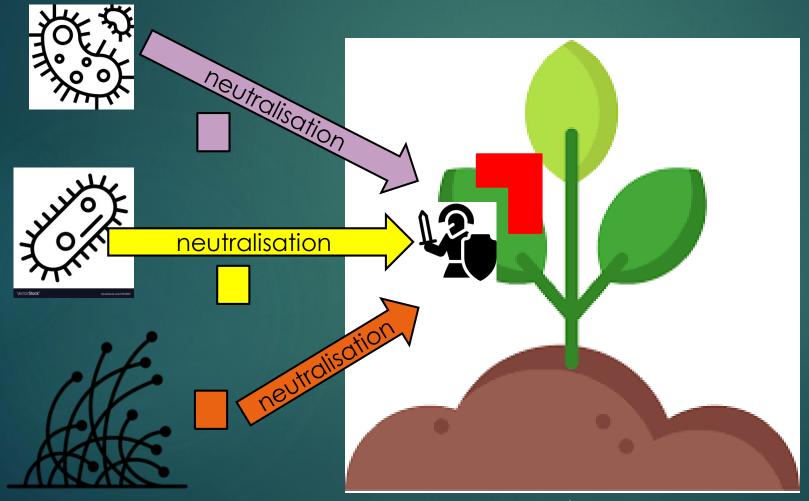




Luo, S., Zhang, Y., Hu, Q., Chen, J., Li, K., Lu, C., Liu, H., Wang, W. and Kuang, H. (2012). Dynamic nucleotide-binding site and leucine-rich repeat-encoding genes in the grass family. Plant Physiol. 159: 197-210.



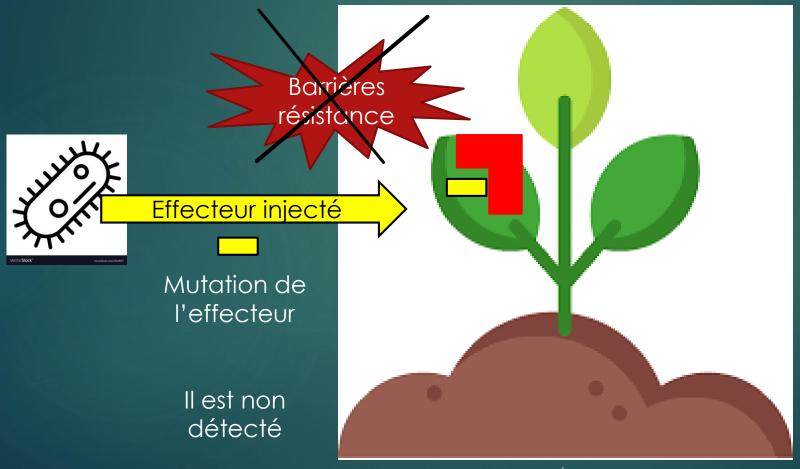
Des gènes R à plus large spectre?





Contournement de la résistance

pas de reconnaissance de l'effecteur muté

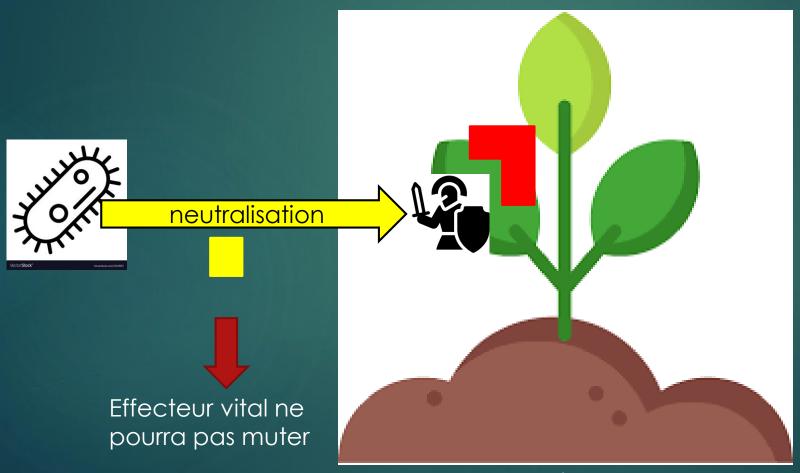




Sensibilité

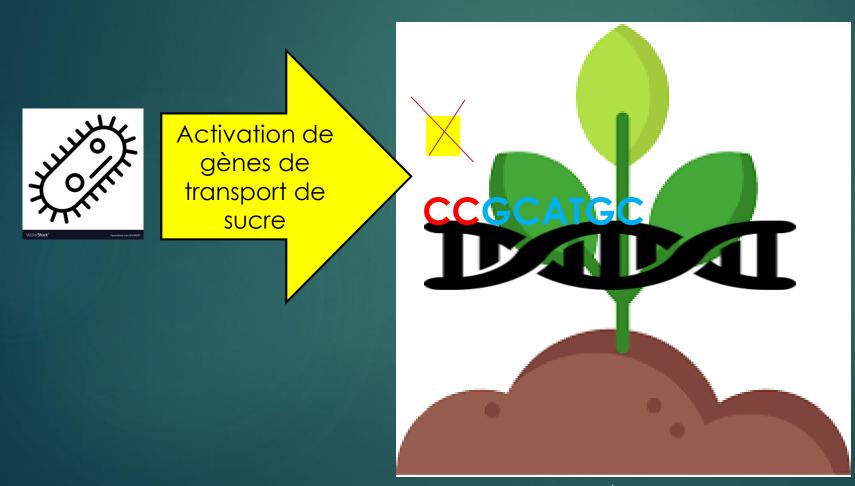


Des gènes R qui détectent des effecteurs essentiels?





Sélection de riz esquivant les TALEs



Pas d'infection: résistance



Mélanges variétaux avec gènes R différents









Conclusion

- Les mécanismes de défense de plantes sont très diversifiés et ont encore bien des secrets à nous révéler
- Des guerres permanentes sont menées entre les plantes et leurs parasites
- Mieux comprendre ces interactions et leur évolution aidera à mieux contrôler les maladies et à les anticiper grâce aux « NGS » et « big data »
- Merci!!

Nouvelle version à paraître en 2021



