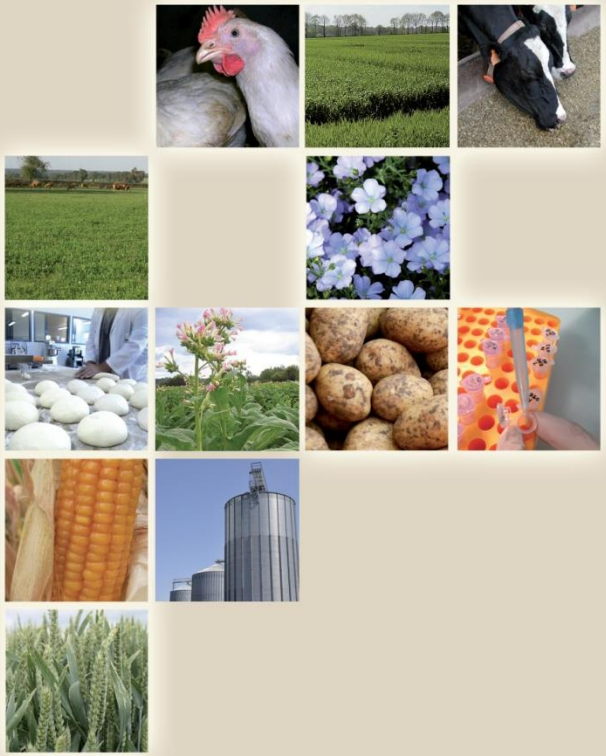


ARVALIS

Institut du végétal

Gestion intégrée des maladies fongiques des grandes cultures:
les travaux d'un institut technique pour accélérer et accompagner la transition agro-écologique

ARVALIS
Institut du végétal

Romain VALADE

Webinaire ADEBIOTECH

07 décembre 2021

Les maladies des grandes cultures
Un enjeu majeur

- Céréales: 2791 Mt en 2021
- 9 Milliards d'Homme en 2050 → **1 milliard de tonnes de céréales en plus à cette échéance**
- Stress abiotiques et **biotiques**

Source :http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en

ARVALIS
Institut du végétal

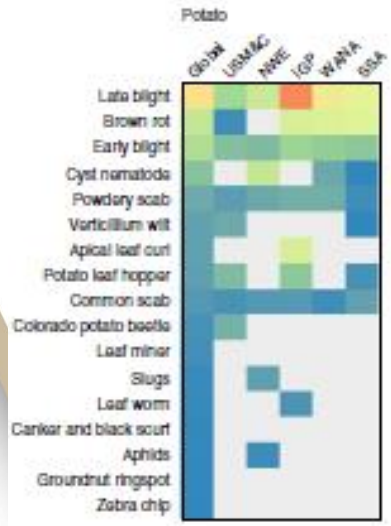
Les maladies des grandes cultures
Un enjeu majeur

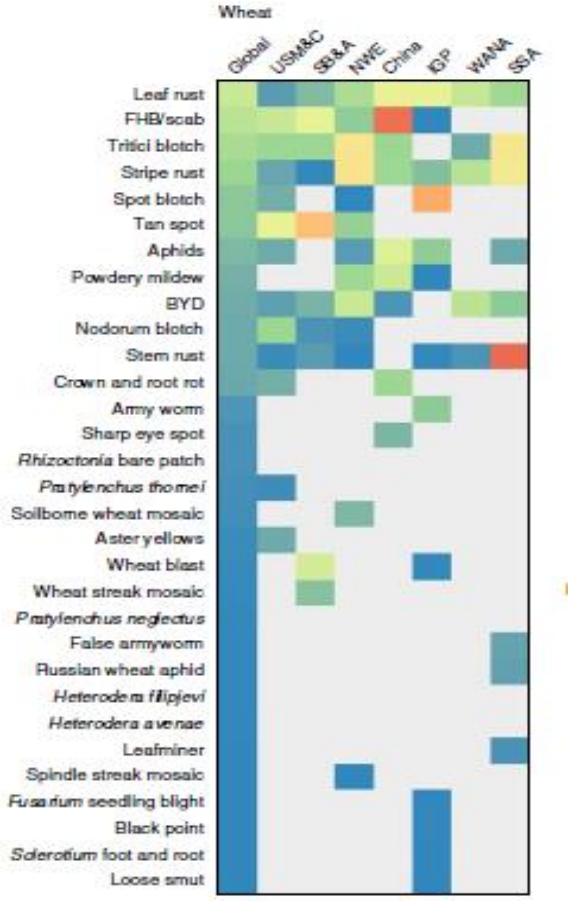
- Céréales: 2791 Mt en 2021
- 9 Milliards d'Homme en 2050 → **1 milliard de tonnes de céréales en plus à cette échéance**
- Stress abiotiques et **biotiques**

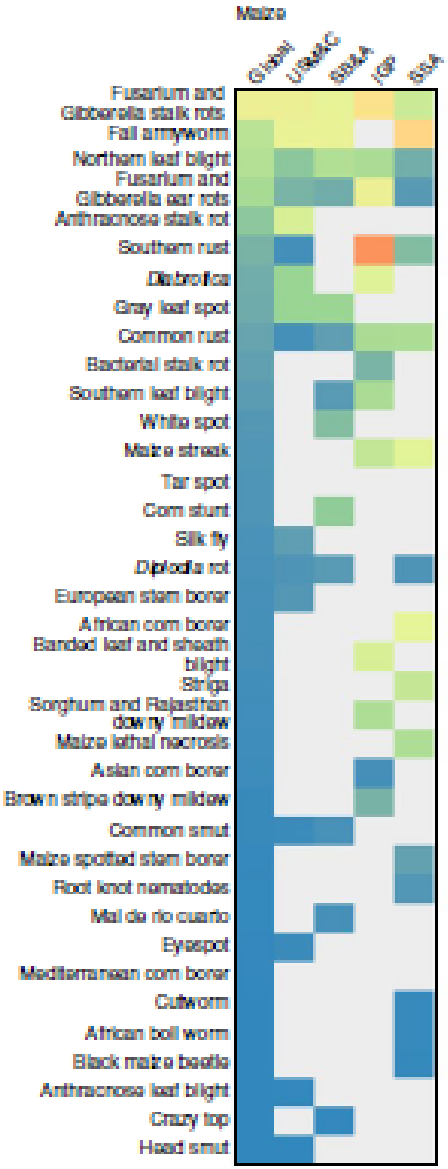
ARTICLES
https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y
nature ecology & evolution

The global burden of pathogens and pests on major food crops

Serge Savary[1], Laetitia Willocquet[1], Sarah Jane Pethybridge[2], Paul Esker[3], Neil McRoberts[4] and Andy Nelson[5*]







ARVALIS
Institut du végétal

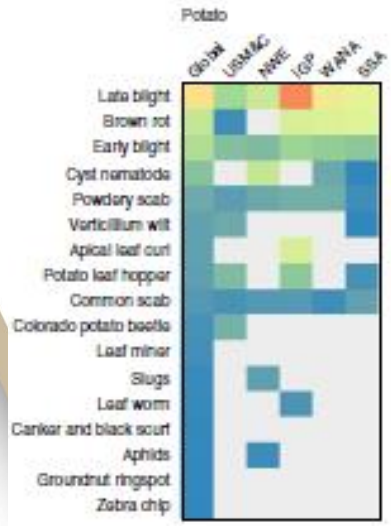
Les maladies des grandes cultures
Un enjeu majeur

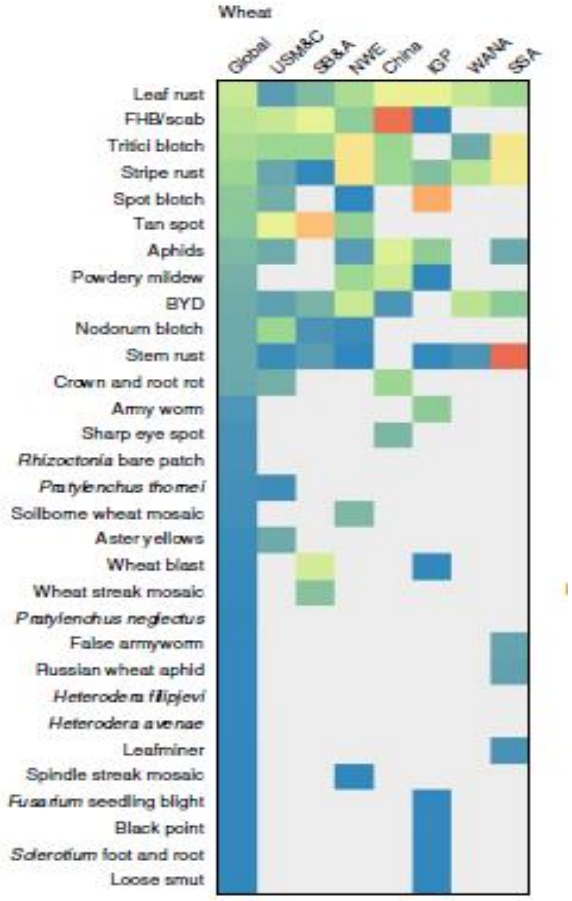
- Céréales: 2791 Mt en 2021
- 9 Milliards d'Homme en 2050 → **1 milliard de tonnes de céréales en plus à cette échéance**
- Stress abiotiques et **biotiques**

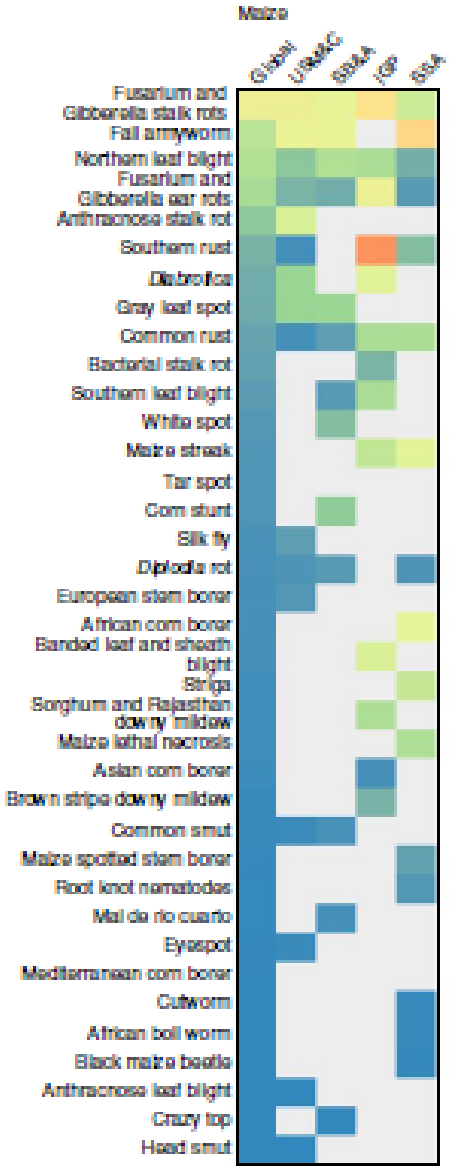
ARTICLES
https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y
nature ecology & evolution

The global burden of pathogens and pests on major food crops

Serge Savary[1], Laetitia Willocquet[1], Sarah Jane Pethybridge[2], Paul Esker[3], Neil McRoberts[4] and Andy Nelson[5*]







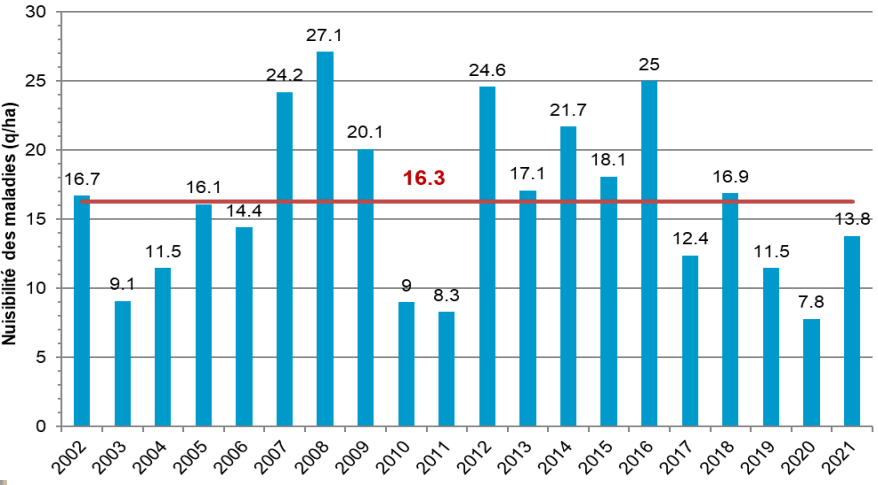
→ **Tout en répondant à la triple performance: économique, environnementale et sociale**

ARVALIS Institut du végétal

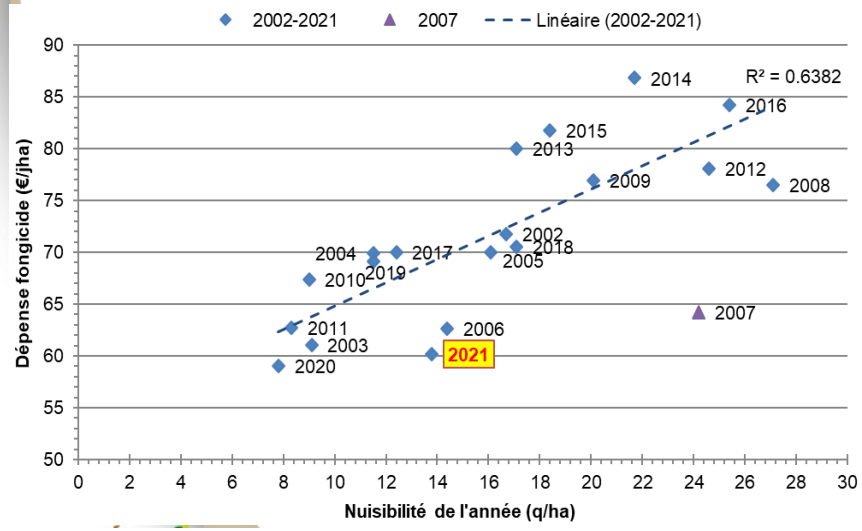
Un important cortège de maladies : Exemple du blé tendre en France

Localisation	Nom commun	Forme asexuée	Forme sexuée	Nom en Anglais
Maladies du pied et des racines	Fusariose du pied, de la couronne racinaire	*Fusarium graminearum, F. culmorum…*	*Gibberella sp*	Fusarium Crown Rot, Fusarium Root Rot
	Piétin-échaudage	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	/	Take-all
	Piétin-verse	*Tapesia yallundae* (W-type)	*Oculimacula yallundae*	Eyespot
		Tapesia acuformis (R-type)	*Oculimacula acuformis*	
	Rhizoctone	*Rhizoctonia cerealis*	*Ceratobasidium* ? (jamais observée)	Sharp Eyespot
Maladies du feuillage	Ascochytose	*Ascochyta tritici*	*Didymella exitialis*	Ascochyta Leaf Spot
	Helminthosporiose	*Drechslera tritici-repentis*	*Pyrenophora tritici-repentis*	Yellow Leaf Blotch, Tan Spot
	Oïdium	*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*	/	Powdery Mildew
	Rouille Brune	*Puccinia triticina*	/	Leaf Rust of Wheat
	Rouille Jaune	*Puccinia striiformis*	/	Stripe Rust
	Septorioses	*Zymoseptoria tritici*	*Mycosphaerella graminicola*	Septoria Leaf Blotch, Septoria tritici blotch
		Parastagonospora nodorum	*Phaeosphaeria nodorum*	Glume Blotch, Stagonospora nodorum blotch
Maladies des épis / semences	Carie commune	*Tilletia caries (= Tilletia tritici), Tilletia foetida (= Tilletia laevis)*	/	Common Bunt, Stinking Smut
	Ergot	*Claviceps purpurea*	/	Ergot
	Fusarioses de l'épi	*Fusarium graminearum, F. culmorum, F. avenaceum, F. poae, F. tricinctum…*	*Gibberella sp.*	Fusarium Ear / Head Blight (FHB, FEB)
	Microdochiose de l'épi	*Microdochium nivale, Microdochium majus*	*Monographella nivalis*	Scab, Fusarium Ear / Head Blight (FHB, FEB)

Une nuisibilité des maladies significative avec une gestion « pilotée » et régionale

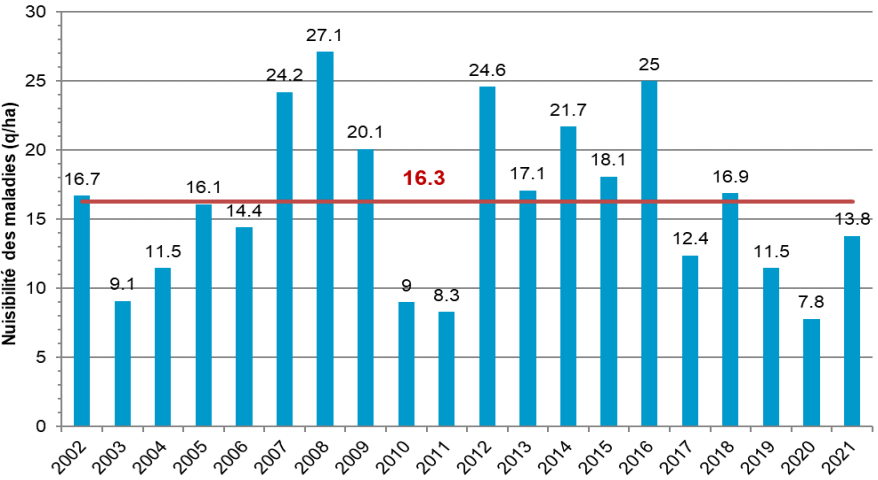


Variations de la nuisibilité des maladies (q/ha) au cours des 20 dernières années pour le blé tendre. ARVALIS. Choisir 2021.

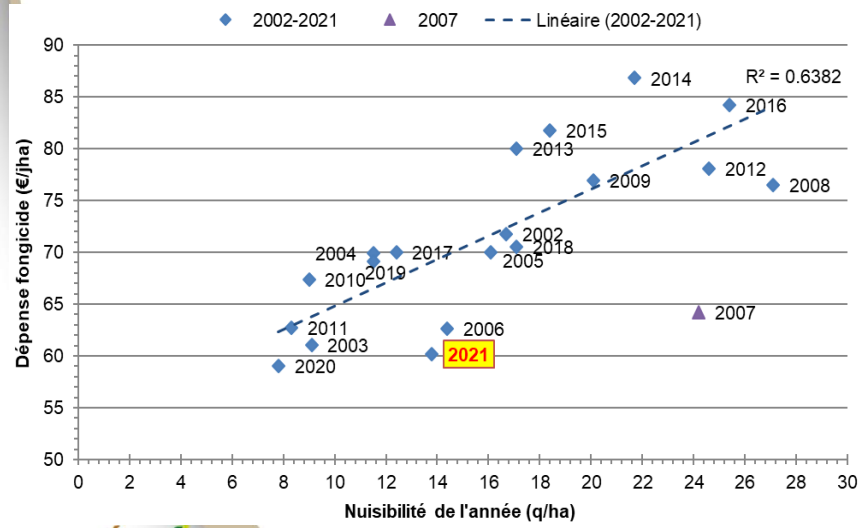


Variation de la dépense fongicide moyenne annuelle sur blé tendre d'hiver (€/ha) en fonction de la nuisibilité des maladies (q/ha) estimée à posteriori à partir des rendements des essais de l'année. ARVALIS. Choisir 2021. (source firmes phytosanitaires)

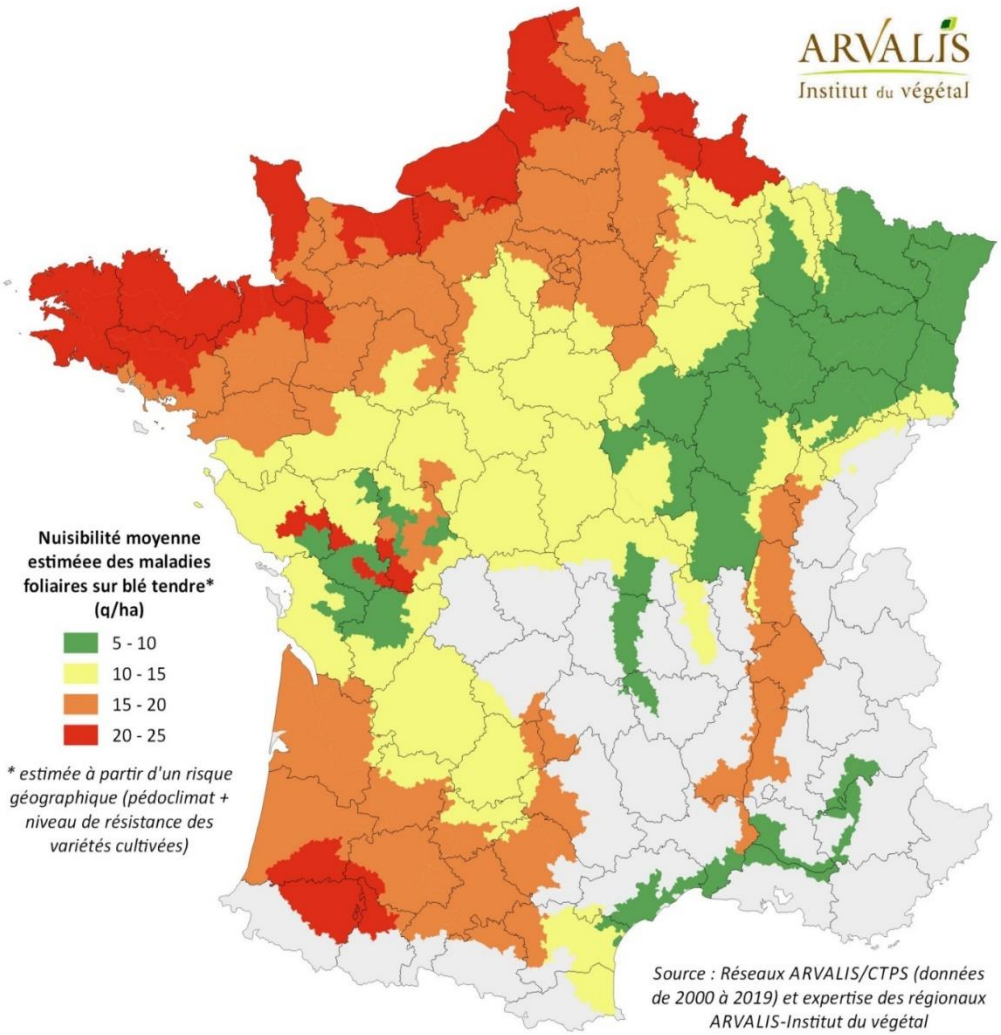
Une nuisibilité des maladies significative avec une gestion « pilotée » et régionale



Variations de la nuisibilité des maladies (q/ha) au cours des 20 dernières années pour le blé tendre. ARVALIS. Choisir 2021.



Variation de la dépense fongicide moyenne annuelle sur blé tendre d'hiver (€/ha) en fonction de la nuisibilité des maladies (q/ha) estimée à posteriori à partir des rendements des essais de l'année. ARVALIS. Choisir 2021. (source firmes phytosanitaires)



Comment gérer ce cortège de maladies dans un contexte de protection intégrée?

Lutte directe (préventive, curative)

Lutte physique

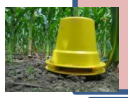
Lutte chimique raisonnée

Biocontrôle, Plantes de service

SOINS

Caractérisation des risques

Méthodes de diagnostics
Analyse de risques



DIAGNOSTIC

Prophylaxie
- Lutte indirecte

Génétique

Pratiques agronomiques

Auxiliaires Régulation biologique

PREVENTION

⇒ SANTÉ DES PLANTES

ARVALIS Institut du végétal

Prophylaxie – Lutte indirecte

PIC

- Agronomie :
  - ✓ Rotations (ex: piétin échaudage)
  - ✓ Plantes de service (ex: JNO)
  - ✓ Techniques culturales (travail du sol, dates de semis, fertilisation ….)
  - ✓ Gestion des résidus (ex: Fusariose des céréales, septoriose, …)
- Régulation naturelle par les auxiliaires (peu d'impact sur les maladies, hors maladies virales)

Principales maladies du blé tendre	Incidence des techniques culturales mises en œuvre							
	Destruction des repousses (1)	Rotation	Travail du sol/ enfouissement et/ou broyage des résidus	Date de semis (2)	Densité de semis	Fertilisation azotée	Choix variétal	Mélanges variétaux
Piétin-verse	+	+++	+	++	+	+	+++	
Oïdium	+		=	-	+	++	+++	+
Septorioses		+/=	+	++	=/+	=/+	++	
Rouille jaune	+		=	-/+	+	++	+++	+
Rouille brune	+		=	++	=/+	++	+++	+
Fusarioses épis		+++	+++	+	+	+	++	

(1) la gestion des repousses par des opérations de déchaumage influence la survie estivale de la rouille brune.
(2) des semis tardifs peuvent favoriser l'oïdium et la rouille jaune et à l'inverse réduire le développement de la septoriose ou de la rouille brune.
Légende : +++ forte ++ moyenne + faible = sans effet - effet négatif

Source : Choisir et décider, synthèse nationale 2021, interventions de printemps

ARVALIS Institut du végétal

Prophylaxie – Lutte indirecte

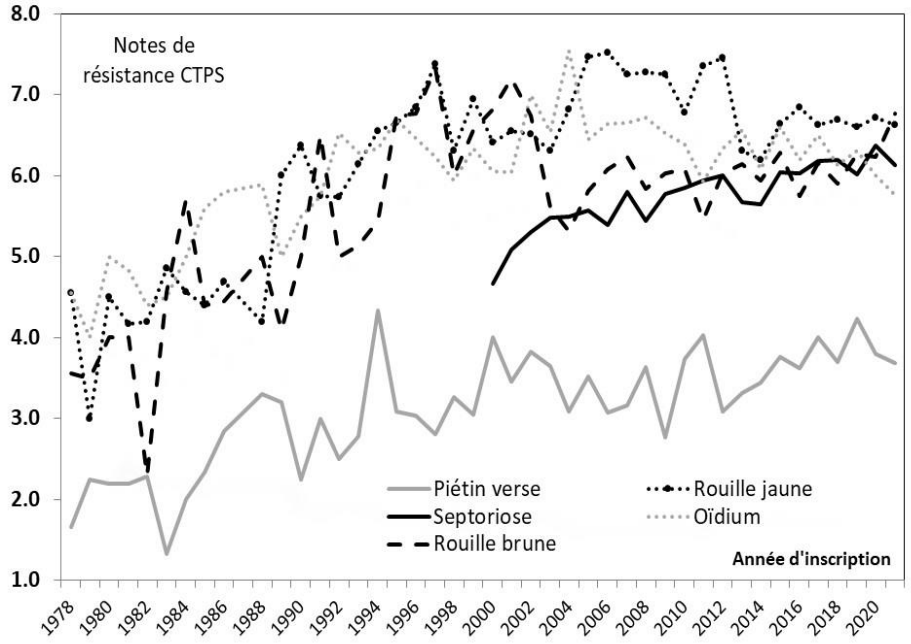
- Agronomie :
  - ✓ Rotations (ex: piétin échaudage)
  - ✓ Plantes de service (ex: JNO)
  - ✓ Techniques culturales (travail du sol, dates de semis, fertilisation ….)
  - ✓ Gestion des résidus (ex: Fusariose des céréales, septoriose, …)
- Régulation naturelle par les auxiliaires (peu d'impact sur les maladies, hors maladies virales)
- **Génétique:** levier important contre les maladies mais nécessité de bien **caractériser les maladies** pour anticiper et adapter

Principales maladies du blé tendre	Incidence des techniques culturales mises en œuvre							
	Destruction des repousses (1)	Rotation	Travail du sol/ enfouissement et/ou broyage des résidus	Date de semis (2)	Densité de semis	Fertilisation azotée	Choix variétal	Mélanges variétaux
Piétin-verse	+	+++	+	++	+	+	+++	
Oïdium	+		=	-	+	++	+++	+
Septorioses		+/=	+	++	=/+	=/+	++	
Rouille jaune	+		=	-/+	+	++	+++	+
Rouille brune	+		=	++	=/+	++	+++	+
Fusarioses épis		+++	+++	+	+	+	++	

(1) la gestion des repousses par des opérations de déchaumage influence la survie estivale de la rouille brune.
(2) des semis tardifs peuvent favoriser l'oïdium et la rouille jaune et à l'inverse réduire le développement de la septoriose ou de la rouille brune.
Légende : +++ forte ++ moyenne + faible = sans effet - effet négatif

Source : Choisir et décider, synthèse nationale 2021, interventions de printemps

La lutte génétique

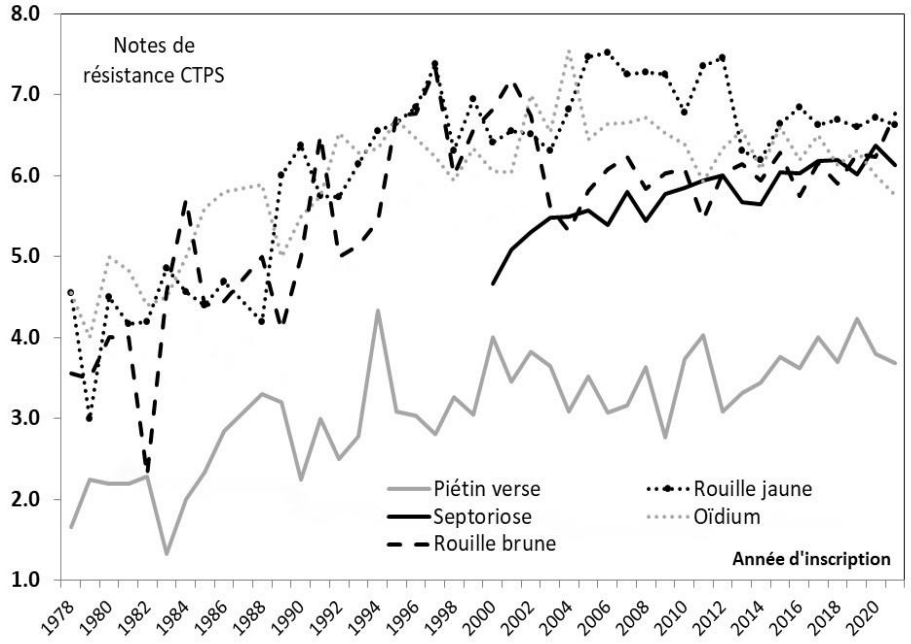


Source : CTPS -GEVES

→ Un levier majeur de plus en plus efficace

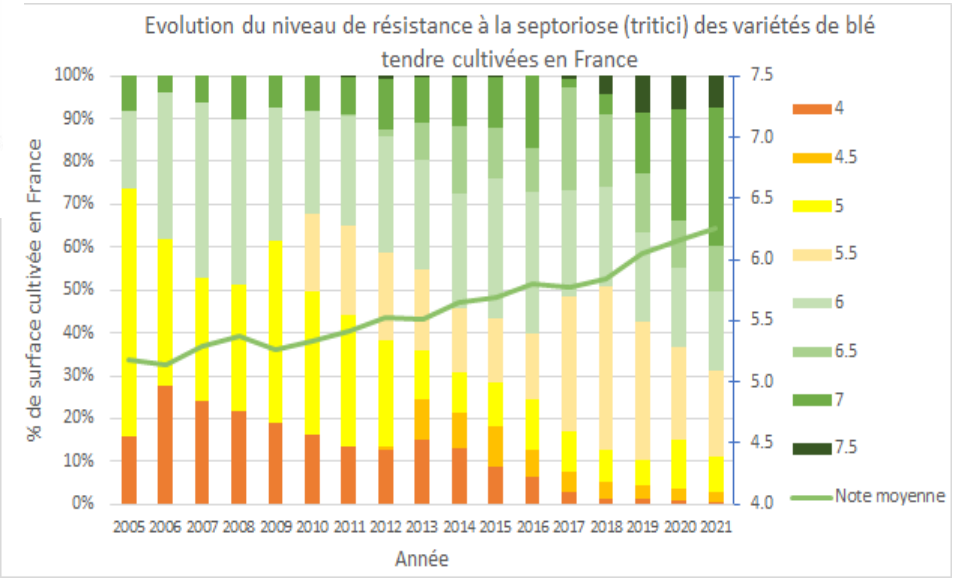
ARVALIS
Institut du végétal

La lutte génétique



Source : CTPS -GEVES

→ Un levier majeur de plus en plus efficace



→ Et de plus en plus utilisé

Note moyenne
2005 : ≈ 5,2 2019 : ≈ 6,2

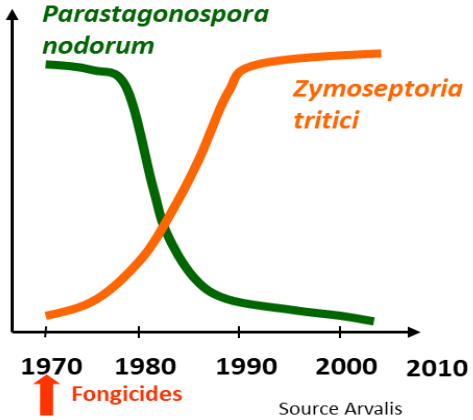
Source : ARVALIS
Cotations des variétés, ARVALIS, CTPS/GEVES
Surfaces de culture par variété, Enquête FAM

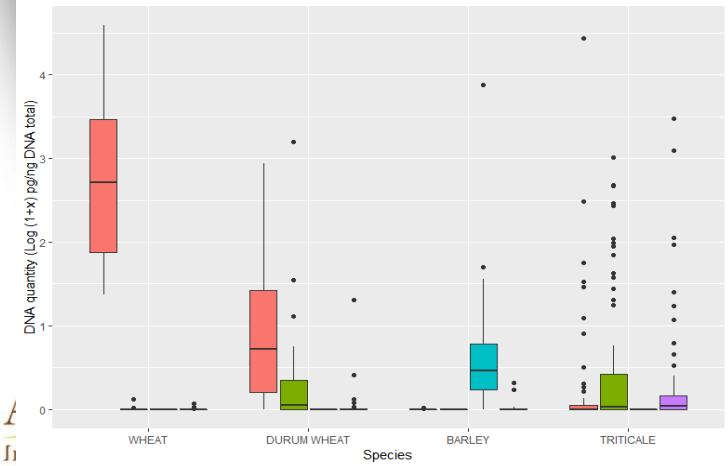
ARVALIS Institut du végétal

La lutte génétique: un levier à surveiller

1. Des complexes d'espèces qui évoluent

- *Parastagonospora nodorum* : principal responsable de la septoriose du blé tendre jusque dans les années 70-80 en France
- Remplacée par *Zymoseptoria tritici en* France qui était probablement présent avant!



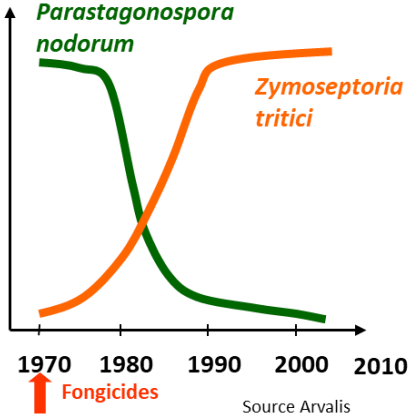


Valade et al, 2019

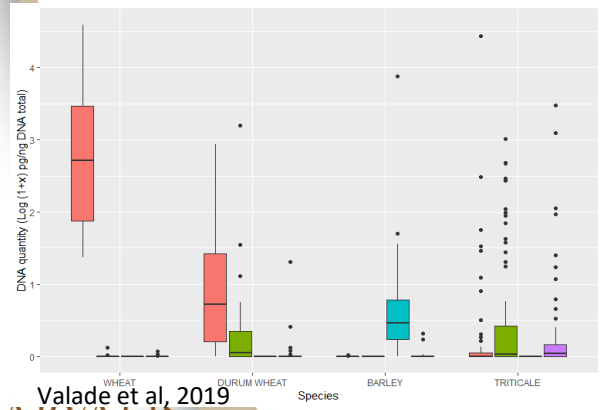
La lutte génétique: un levier à surveiller

1. Des complexes d'espèces qui évoluent

- *Parastagonospora nodorum* : principal responsable de la septoriose du blé tendre jusque dans les années 70-80 en France
- Remplacée par *Zymoseptoria tritici en* France qui était probablement présent avant!

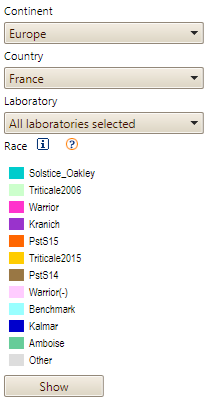


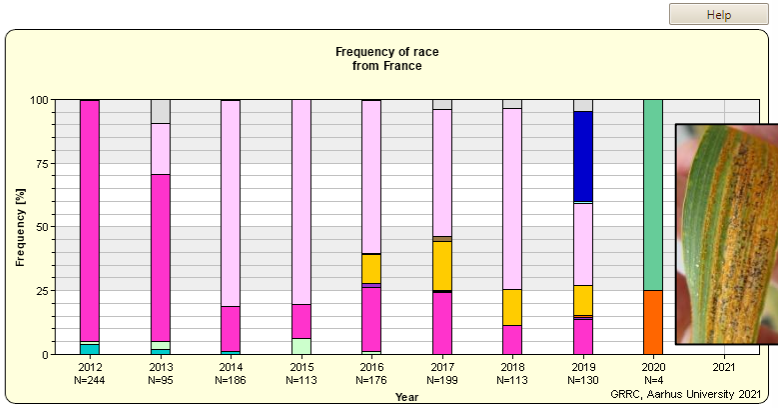
Source Arvalis



Valade et al, 2019

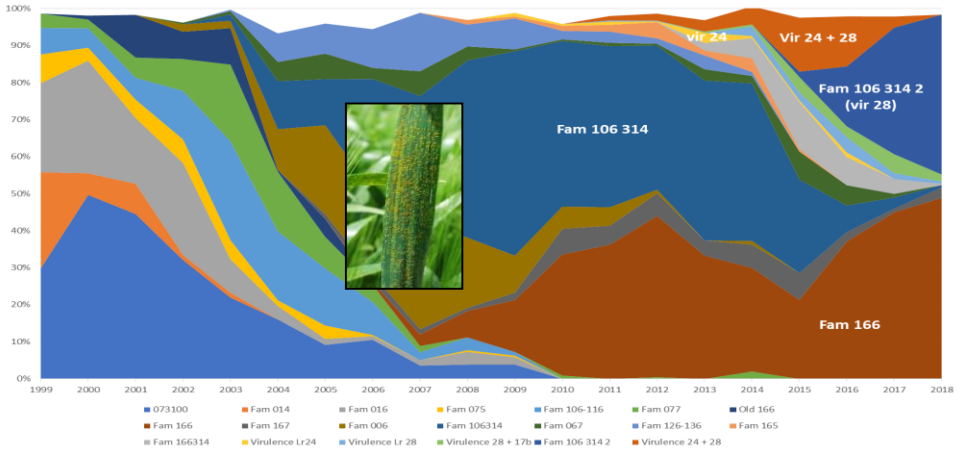
2. comme les populations pathogènes





Data provider : *GRRC, Denmark. INRAE, France.*

INRAE Claude Pope, Marc Lecomte, Henriette Goyeau, Frédéric Suffert, Anne-Lise Boixel, Thiphaine Vidal

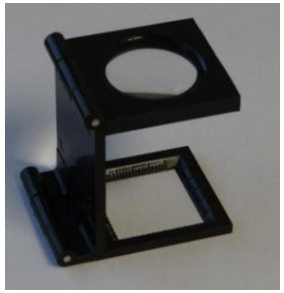


→ **Nécessaire de bien suivre, caractériser les agents pathogènes pour adapter les moyens de lutte intégrée efficace pour chaque maladie**

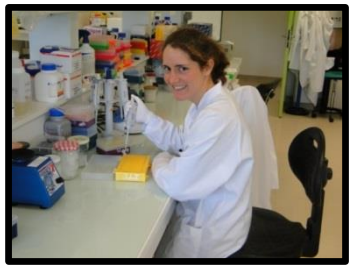
ARVALIS Institut du végétal

Caractérisation du risque

- Observations (réseaux de suivi,…), BSV
- Diagnostics, caractérisation des complexes d'espèces et des populations (biologie, épidémiologie, résistance aux fongicides, virulences, etc…)
- Développement de méthodes innovantes (moléculaires, capteurs)
- Modèles et Outils d'aide à la décision (OAD)



Baromètre Maladies
Blé tendre

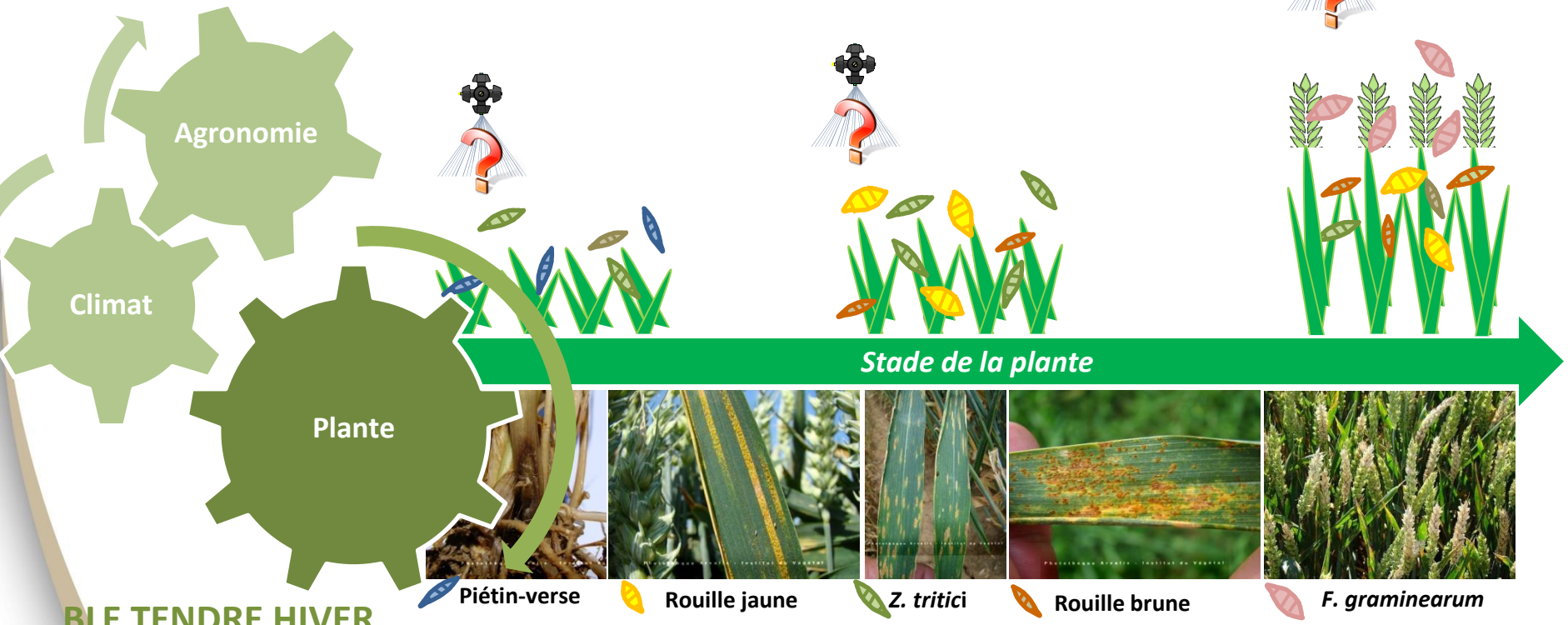


Vigicultures®

Prévi-LIS®

Modèles maladies sur céréales à paille

OBJECTIF : Utiliser la lutte directe en dernier recours



BLE TENDRE HIVER

Piétin-verse

Rouille jaune

Z. tritici

Rouille brune

F. graminearum

ORGE D'HIVER

Rhynchosporiose

Helminthosporiose

et **Blé dur** (septoriose),
et des travaux sur
Microdochium spp.

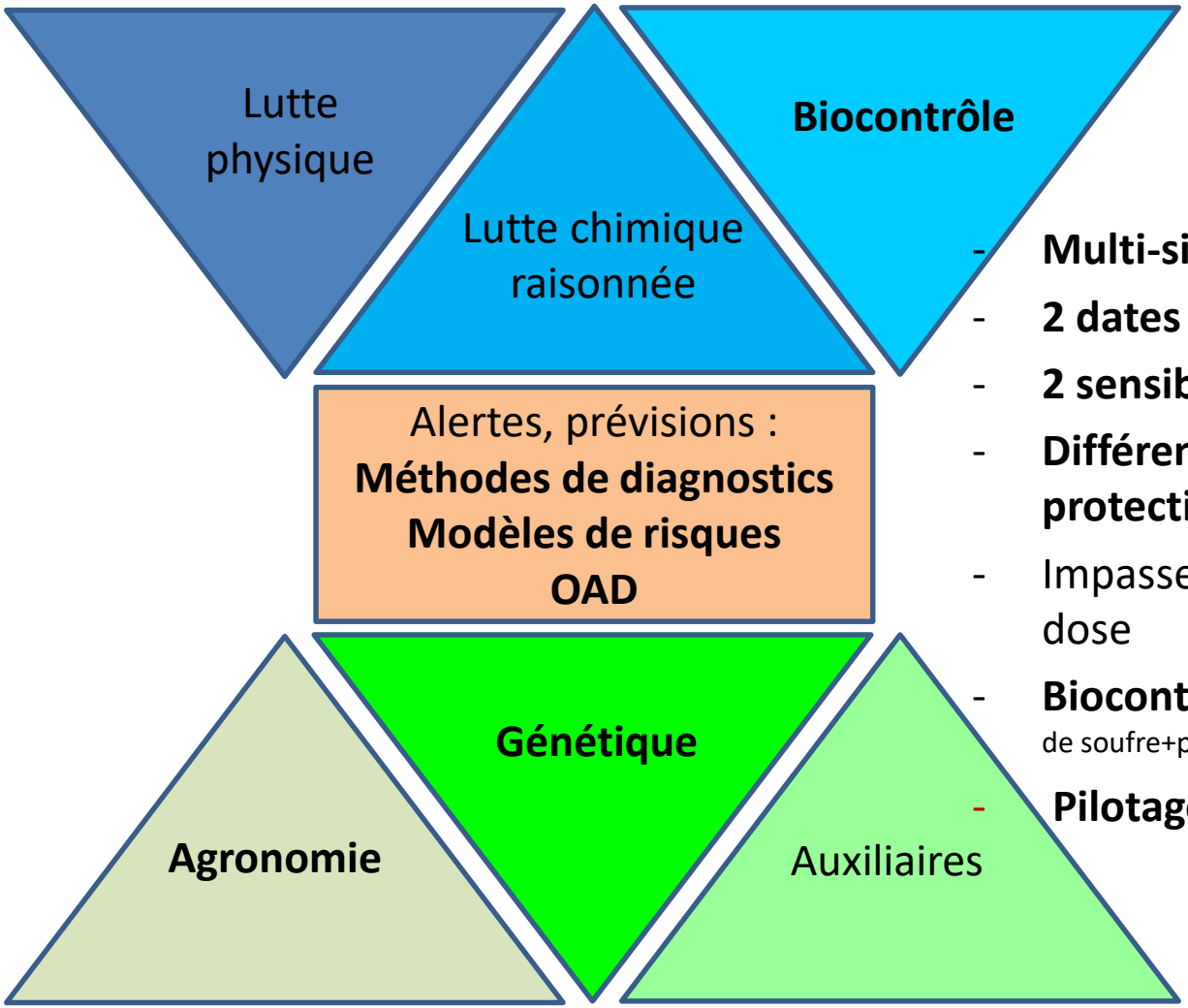
ARVALIS
Institut du végétal

La lutte directe avec les produits de biocontrôle

Catégorie	Type de produits
Substances naturelles d'origine minérale	**soufre,** **phosphonate(s)** , sel de zinc de la polyoxine D, polysulfure de calcium,…
Substances naturelles d'origine végétale	laminarine, algues (extrait), agrumes (extraits), champignons supérieurs (extrait), *Melaleuca alternifolia* (extrait), huiles essentielles, polysaccharides, huile végétale (ester méthylique d'acide gras), acide caféïque, acide férulique,…
Substances naturelles d'origine animale ou issues de microorganismes	Chitosan (extrait crustacés), rhamnolipides, lipopeptides, *Trichoderma spp. (extrait), Alternaria tenuissima (extrait), Saccharomyces cerevisiae (extrait),…*
Microorganismes	*Pythium oligandrum, Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus pumilis, Gliocladium catunelatum, autres microorganismes vivants…*

→ Nombreux produits testés sur toutes cultures
→ Encore assez peu de solutions disponibles en grandes cultures
→ Besoin de les travailler dans **un concept différent et en combinaisons**

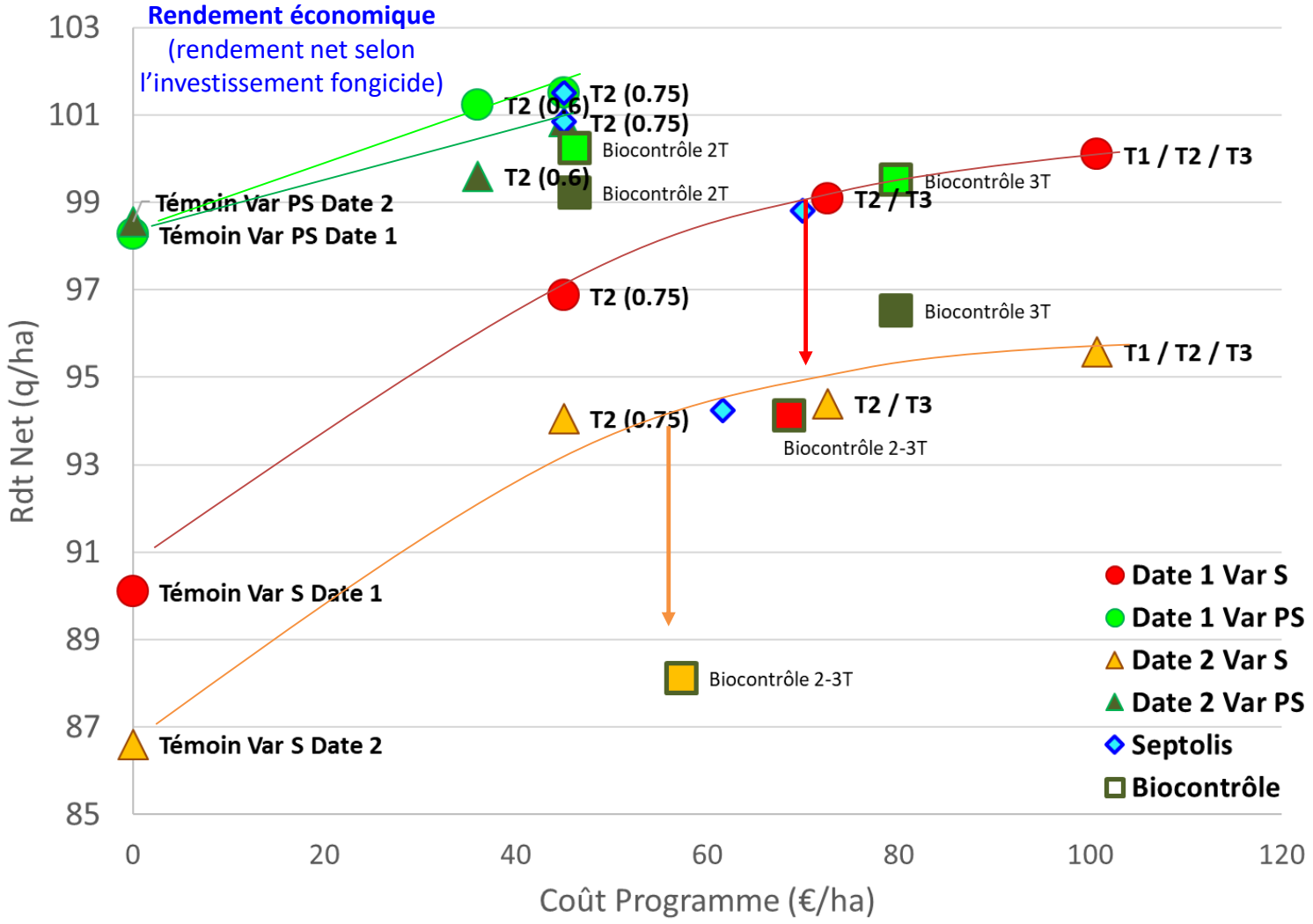
Combiner les leviers de la protection intégrée ex : septoriose du blé



- **Multi-sites** (02, 03, 21, 27, 51, 91)
- **2 dates de semis** (17/10, 3/11)
- **2 sensibilités variétales**
- **Différents programmes de protection**
- Impasse T1, impasse T3, effet dose
- **Biocontrôle** (test 2 à 3 passages à base de soufre+phosphonate / soufre)
- **Pilotage OAD** Septo Lis®

ARVALIS Institut du végétal

Combiner les leviers de la protection intégrée ex : septoriose du blé



Prix du blé
19 €/q

T1 / T2 / T3 = Juventus 0.5 + Thiopron Rainfree 3/ Elatus Era 0.6-0.75 / Ampéra 1.2

Biocontrôle 2T : *Soufre+Phosphonate 3+2 (Z39) / Soufre 3 (Z61) (Var S, essai 02 (D1 et D2) et essai 27 (D2))*
Biocontrôle 3T : *Soufre+Phosphonate 3+2 (Z37) / Soufre+Phosphonate 3+2 (Z39) / Soufre 3 (Z61) (Var S, essai 51 (D1 et D2) et essai 27 (D1))*

ARVALIS Institut du végétal

Vers les révisions des stratégies de protection ex du T1 en céréales

Avant :

T1* est la règle

100% fongicide conventionnel

Aujourd'hui :

- T2 est le traitement pivot
- T1 devient plus rare en optant pour des **variétés résistantes** et un suivi par **OAD**
- Si T1 : 50% **biocontrôle** voire 100%

*T1 : entre 2 nœuds et dernière feuille pointante ; T2 entre dernière feuille étalée et épiaison

**Sur 7 ans, la probabilité de valoriser le T1 est de 27%, soit environ une chance sur 4 (gain moyen : 1.7 q/ha), elle est de 3% avec une variété PS

	Septoriose Tardive		Septoriose Précoce	
	Note S > ou = 6.5	Note S < 6.5	Note S > ou = 6.5	Note S < 6.5
Pas de Rouille jaune ou Note RJ > = 7	Pas de T1		Pas de T1	(T1)
Rouille jaune présente avant DFE et Note RJ < 7	T1 (avec IDM ou Qol)			

L'impasse au T1 devient la règle pour les variétés peu sensibles à la Septoriose (note >=6.5), hors risque rouille jaune.

→ Vers une révision de toutes les stratégies grâce à la combinaison des moyens de lutte les plus pertinents et en montrant l'intérêt économique et en formalisant la prise de risque pour l'agriculteur

Conclusion et perspectives

La protection intégrée contre les maladies des céréales à paille est bien engagée mais …

….nécessite encore des recherches :

- Durabilité de la génétique
- Modèles épidémiologiques et capteurs
- Caractérisation des agents pathogènes et de leurs adaptations aux pratiques et au changement climatique
- OAD stratégiques ou de combinaisons de leviers
- Biocontrôle et biostimulation
- Plantes de service
- Ecologie microbienne, interactions plantes-plantes et de nouveaux leviers à imaginer/inventer
- **Une lutte intégrative prenant en compte l'ensemble du cortège des bio-agresseurs à l'échelle des systèmes et des territoires pour une transition agro-écologique performante**

Merci de votre attention

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION
*Liberté
Égalité
Fraternité*