

CARIE ABBLE (2015-2018)

Carie commune :

Test de résistance variétale pour l'inscription des variétés de Blé Tendre déposées en AB

V. CADOT , G. ORGEUR , L. LE DARE ; J. BRACHET , C. GALON; T. BALDWIN , J. GOMBERT, L. FONTAINE
P. DU CHEYRON , J. BRUYERE, OSTE S., J. CHAMPION, J.P. MAIGNIEL, A. MAILLIARD, V. GRIMAUT



Contexte et Objectifs

- **Carie commune** (*Tilletia caries* & *laevis*) réémergente depuis 2007
- **Dissémination rapide** par les semences et le sol
- Importantes **pertes de rendement**, jusqu'à 80%
- **Détérioration de la qualité sanitaire**, odeur fétide des semences cariées



non utilisables en meunerie

- **Résistance variétale peu travaillée** → 10% de variétés résistantes
- Sensibilité variétale pose un **problème** d'importance en AB



Pas en accord avec le plan EcoPhyto

Traitement des semences conventionnelles

Objectifs :

Disposer **d'un test de résistance à la carie commune fiable, rapide, vis-à-vis des virulences prédominantes en France**, pour les variétés de blé tendre AB pour l'inscription CTPS au Catalogue français

Collecte des souches & Identification des espèces de carie

- 26 souches collectées & caractérisées dans 15 dpts en 2015 principalement sur blé tendre

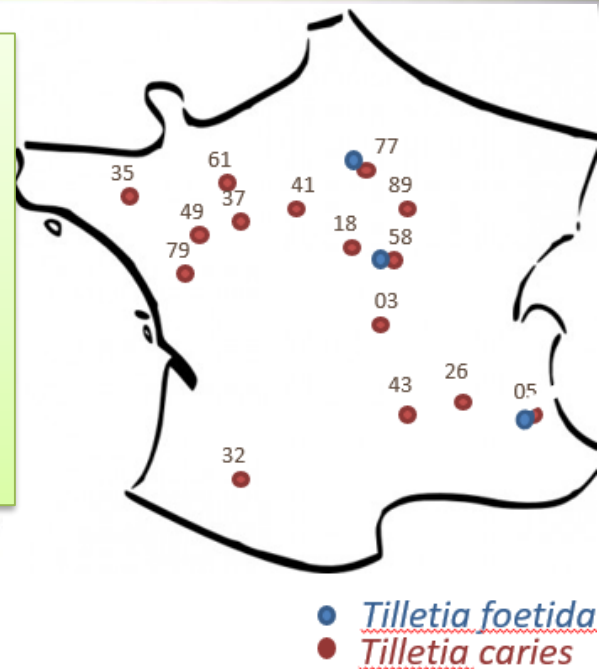
- 20 souches sélectionnées & multipliées :

- Identification des espèces de carie
- Taux de viabilité (Coloration)
- Département d'origine
- Variétés

- *Tilletia caries*
prédominante (100%)

- *T. laevis (foetida)* :
en mélange (15,4%)
avec *T. caries*

- Pas de carie naine
(*T. controversa*)



Carie commune

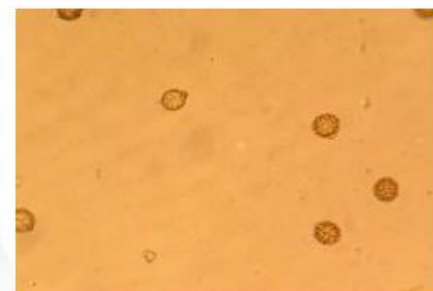


T. caries
Spores réticulées,
brun rougeâtre



T. laevis
Spores lisses,
brun olivâtre

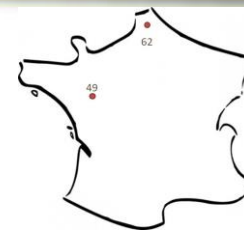
Carie naine



T. controversa
Spores réticulées avec gaine,
jaune à brun rougeâtre

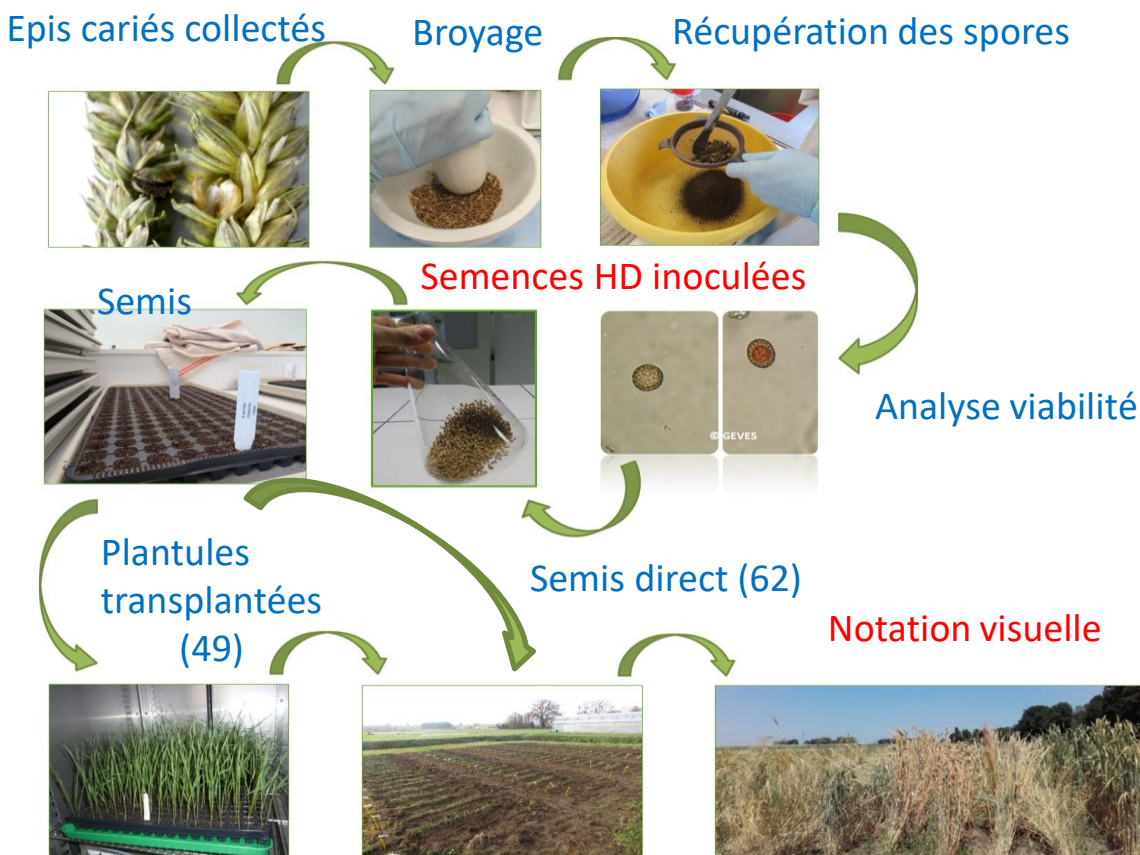
Méthode d'identification des virulences avec les Hôtes Différentiels

- **Inoculation de 15 hôtes différentiels (HD) avec les 20 souches sur 2 sites**
 - FNAMS 49 : 25 plantules contaminées/HD x 3rep x 11 souches
 - FREDON 62 : semis direct de 150 pltes/HD x 3 rep x 10 souches
- **Notation au champ, au stade laiteux : % épis cariés**



HD (Goates, 2012)

n°	Ref/Déno	Gènes de résistance
1	Heines VII	Bt-0
2	Sel. 2092	Bt-1
3	Sel. 1102	Bt-2
4	Ridit	Bt-3
5	CI 1558	Bt-4
6	Hohenheimer	Bt-5
7	Rio	Bt-6
8	Sel. 50077	Bt-7
9	PI 173438/Eg	Bt-8
10		Bt-8, 9, 10+
11	Eg/PI 178383	Bt-9
12	Eg/PI 178383	Bt-10
13	Eg/PI 166910	Bt-11
14	PI 119333	Bt-12
15	Thule III	Bt-13
16	Doubbi	Bt-14 (tetrapl.)
17	Carlton	Bt-15 (tetrapl.)



Caractérisation des virulences de *T. caries* en France

HD	Hôtes différentiels	Gènes de résistance	Souches pathogènes de <i>Tilletia caries</i>																				Fréquence des virulences : V+(V) >=5% épis cariés	
			FNAMS 49										FREDON 62											
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20		S1
Département			49	18	61	49	05	41	89	43	35	26	26	79	32	77	89	89	58	26	26	61	49	
1	Heines VII	Bt-0	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	100%
2	Sel. 2092	Bt-1	A	A	A	V	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	A	A	A	V	10%
3	Sel. 1102	Bt-2	V	A	A	(V)	V	A	A	(V)	A	A	A	A	(A)	A	(A)	(A)	(A)	A	A	V	24%	
4	Ridit	Bt-3	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	A	(A)	(A)	A	A	A	A	A		
5	CL 1558	Bt-4	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	A	A		
6	Hohenheimer	Bt-5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	A	A	(A)	(A)	A	(A)	A		
7	Rio	Bt-6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	V	(A)	A	(A)	(A)	A	A	5%	
8	Sel. 50077	Bt-7	V	(A)	V	V	V	A	V	(V)	V	A	V	A	(A)	A	V	(A)	(A)	(A)	(A)	V	48%	
9	PL 173438/Eg	Bt-8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	(A)	A	(A)	(A)	A	(A)		
11	Eg/PL 178383	Bt-9	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	(A)	A		
12	Eg/PL 178383	Bt-10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	A	A		
13	Eg/PL 166910	Bt-11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	(A)	A	A	A	A	A	A	(A)	(A)	A	(A)		
14	PL 119333	Bt-12	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
15	Thule III	Bt-13	A	A	A	A	A	(A)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
17	Carlton	Bt-15	V	(A)	A	(A)	A	A	V	(A)	(V)	(V)	(A)	A	(A)	(A)	A	A	(A)	(A)	A	(A)	19%	

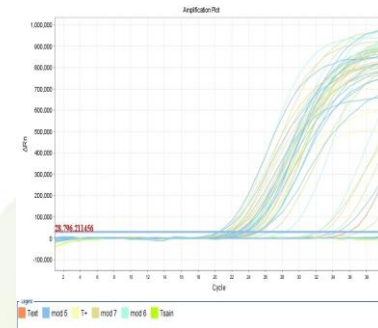
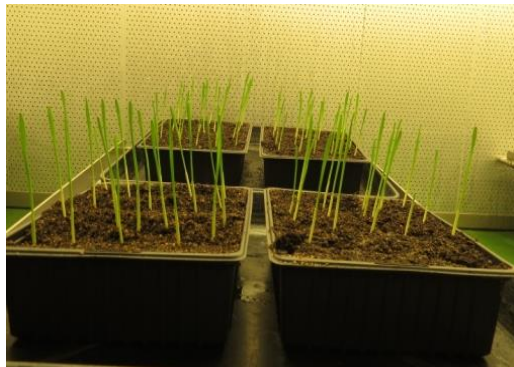
A : 0% épis cariés ; (A) : <=5% épis cariés ; 5<(V)<=10% épis cariés ; V : >10% épis cariés

- Virulences prédominantes → **Bt-7 (48%)**, puis **Bt-2 (24%)** & **Bt-15 (19%)** :
Souche **S1 FNAMS** sélectionnée pour les tests de résistance
- Virulences évolution à surveiller: **Bt-1** & **Bt-6**
- Aucune virulence trouvée sur **Bt-12**, mais faible effectif pour le 62

Mise au point d'un test de résistance à la carie commune

Objectifs :

1. Valider une méthode de PCR en temps réel pour la détection de *Tilletia spp.*
2. Evaluation de la résistance variétale au champ au stade adulte des variétés AB
3. Comparer le test labo au stade précoce et le test au champ au stade adulte



Inoculation et semis en conditions contrôlées

(Virulences prédominantes en Fce)

qPCR

Repiquage des plantules contaminées

Notation épis cariés

Mise au point d'un test de résistance à un stade précoce par qPCR (*Tilletia* spp.)

● Grow out et détection de la carie par PCR *in planta* :



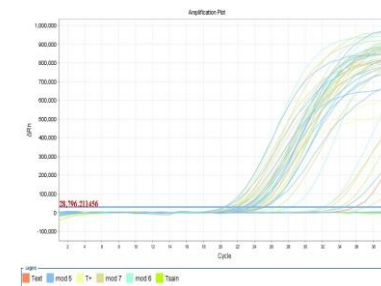
Plantules contaminées



Stade 2-3 feuilles



Extraction ADN

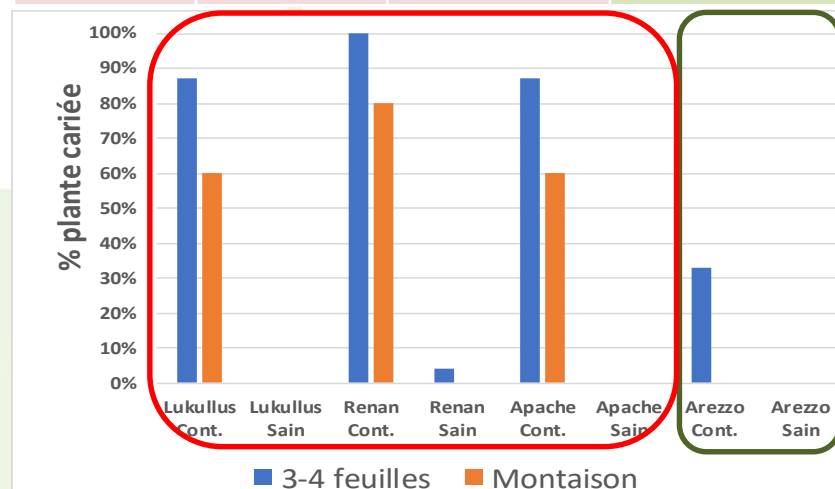


qPCR-SYBR green

- Organe cible : tige
- Stades : **2-3 feuilles & montaison**
- Souche S1, c=10⁴ spores/Semence
- Effectif : 15 plantules /variété x 2 rep

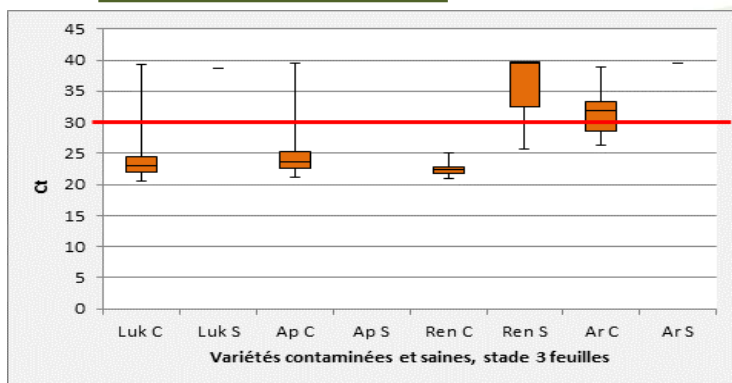
4 témoins sains et contaminés

Sensible			Résistant
Lukullus	Renan	Apache	Arezzo



● Résultats

Au stade 2-3 feuilles



Sain ou Résistant
Sensible

C : Contaminée / S : Saine



Pour les 2 stades, la qPCR permet de distinguer :

- Plantes **saines** vs **contaminées**
- Variétés **sensibles** vs **résistantes**

Evaluation des résistances des variétés AB les plus cultivées, en France, vis-à-vis des virulences prédominantes

- **10 variétés sélectionnées** : témoins, variétés les +cultivées en AB, en étude CTPS

Nom de la variété	Niveau de Résistance	Statut	Classement variétés cultivées AB en France 2017 (>100 ha)
Renan	Sensible	Témoins sensible carie et CTPS AB	1
Arezzo	Résistant	Témoin résistant français	
Togano	Inconnu	Témoins CTPS AB	2
Rubisko	Inconnu	Témoins CTPS	3
Tilliko	Résistant	Témoin Résistant autrichien	
Energo	Sensible	Variété AB	4
Lennox	Inconnu	Variété AB cultivée en France	5
Adesso	Inconnu	Variété AB cultivée en France	6
Ghayta	Inconnu	Variété AB cultivée en France	7
Var AB CTPS	Inconnu	Variété en étude année 1 CTPS	

- **Souche S1** cumulant les virulences **prédominantes Bt-2, Bt-7 et Bt-15**
- **Inoculation des semences** : $c=10^4$ SpS
- **Plantules contaminées** élevées à la SNES, transférées :
 - **au champ** dans 2 sites : Arvalis-91 et CA 26 : 3 rep X1 m
Notation : **taux d'épis cariés**
 - **en labo** : test qPCR : 15 plantules*2 semis au stade 2-3 feuilles



GEVES

Groupe d'Étude et de contrôle
des Variétés Et des Semences

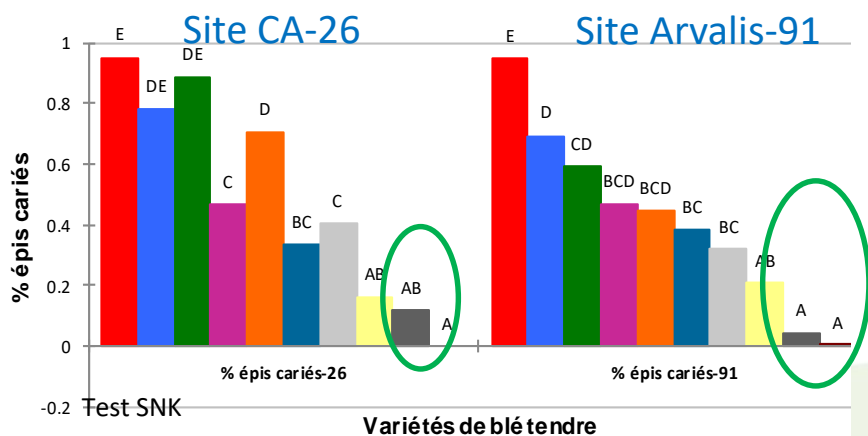
Comparaison du test de résistance : au champ stade adulte et en labo stade 2-3 feuilles (qPCR)

Tests au champ : 2 essais

Analyse Type III Sum of Squares (% épis cariés) :

Source	DDL	F	Pr > F
Variété	9	50.104	< 0,0001
rep	2	0.820	0.448
Site	1	6.435	0.015
Variété*Site	9	1.893	0.083

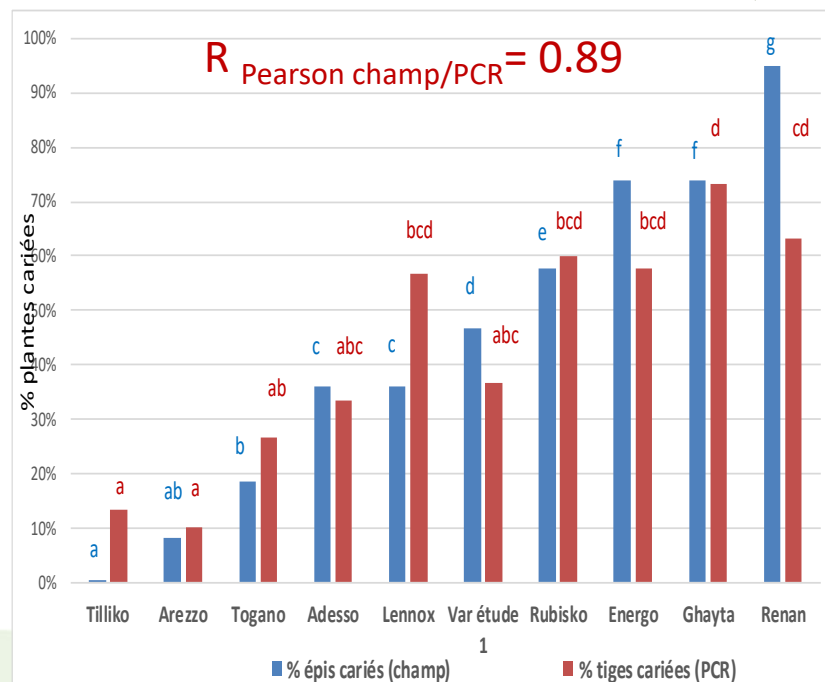
$R_{\text{Pearson } 26/91} = 0.93$



Forte corrélation du classement de la résistance variétale entre les 2 sites

Tests au champ / qPCR

R → S



- Forte corrélation entre le test qPCR et le test au champ
- Cohérence du classement de la sensibilité variétale
- Avec qPCR : prédiction des futurs symptômes en 7 semaines vs 7 mois au champ

Conclusions et perspectives

- **Prédominance de *Tilletia caries* en France et des virulences surmontant les gènes de résistance Bt-7, Bt-2 et Bt-15 ; Bt-1 et Bt-6 à surveiller**
 - **Développement d'un protocole fiable** pour évaluer la résistance à la carie commune **pour les variétés déposées au CTPS en AB, afin de défavoriser les variétés très sensibles**
 - **Valorisation de l'outil PCR pour la résistance variétale et l'évaluation d'efficacité de traitement**
 - **Possibilité d'exploiter ce test résistance variétal pour la filière et en expérimentation spéciale pour les variétés conventionnelles en demande d'inscription au CTPS**
- ➡ **Effet booster sur la sélection de variétés résistantes, cumul et diversification des gènes de résistance efficaces pour une résistance durable**
- ➡ **Diminution des traitements de semences des variétés (plan Ecophyto)**



GEVES

Groupe d'Étude et de contrôle
des Variétés Et des Semences

Remerciements



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE

DE L'AGRICULTURE,
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

avec la contribution financière du
compte d'affectation spéciale
« Développement agricole et rural »



GEVES

Expertise & Performance

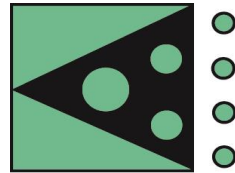
- **SNES** : Geoffrey Orgeur,
Lorine Le Dare, Valérie Grimault
- **BioGEVES** : Thomas Baldwin,
Julie Brachet, Clémence Galon,
- **SEV** : Valérie Cadot,
Jean-Philippe Maigniel

ARVALIS
Institut du végétal

- Philippe Du Cheyron



© GEVES



FNAMS

- Julie Gombert (49)
- Julianne Raveau (49)
- Elodie Gauvin (18)



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
DRÔME

- Jean Champion



- Julien Bruyère
- Sandrine Ostes

ITAB
Institut Technique de
l'Agriculture Biologique

- Laurence Fontaine
- Stéphanie Klaedtke

MERCI POUR VOTRE ATTENTION



GEVES

Groupe d'Étude et de contrôle
des Variétés Et des Semences