

FsoV



TRITI RB

# Caractérisation de sources de résistance durables à la rouille brune chez le Triticale

INRAE

Anne-Lise BOIXEL / Christophe JEUDI / Valérie LAURENT  
coordination GIE Triticales

ARVALIS  
Institut du végétal



# CONTEXTE ET OBJECTIFS

## **Epidémies de rouille brune sur triticales :**

- jusqu'à **30 à 60 Quintaux de rendement en moins** sur variété sensible en 2016
- en particulier dans l'Ouest de la France

Il est donc indispensable :

- **d'introduire des sources de résistance** dans le fonds génétique triticales,
- **d'assurer leur durabilité**, par des résistances de préférence :
  - . quantitatives
  - . diversifiées

## **Premier axe :**

caractérisation des populations d'agents pathogènes à l'origine des épidémies de rouille brune sur triticales.

## **Deuxième axe :**

caractérisation de la résistance de matériel génétique proposé par le GIE Triticales.

## **Troisième axe :**

caractérisation du déterminisme génétique de la résistance à la rouille en réalisant le phénotypage de lignées descendantes de croisements variétés sensible x résistante



# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes

**Ce que nous savions au début du projet :**

**Agent causal :**

- *Puccinia triticina* = même espèce que sur le blé
- mais pathotypes spécialisés sur triticales ?

**Suivi des populations de rouille brune de 1999 à 2016 en France :**

- ~40 échantillons sur triticales
- identification d'un unique phénotype de virulence :
  - . virulent uniquement sur *Lr2c*, *Lr10*, *Lr17b*
  - . génotype SSR spécifique du triticales,
  - . jamais trouvé sur blé,
- et réciproquement, phénotypes collectés sur blé jamais trouvés sur triticales.

**Mais :**

- échantillonnage restreint
- développement d'outils d'identification pour le suivi des populations sur blé tendre (e.g. gamme d'hôtes différentiels)

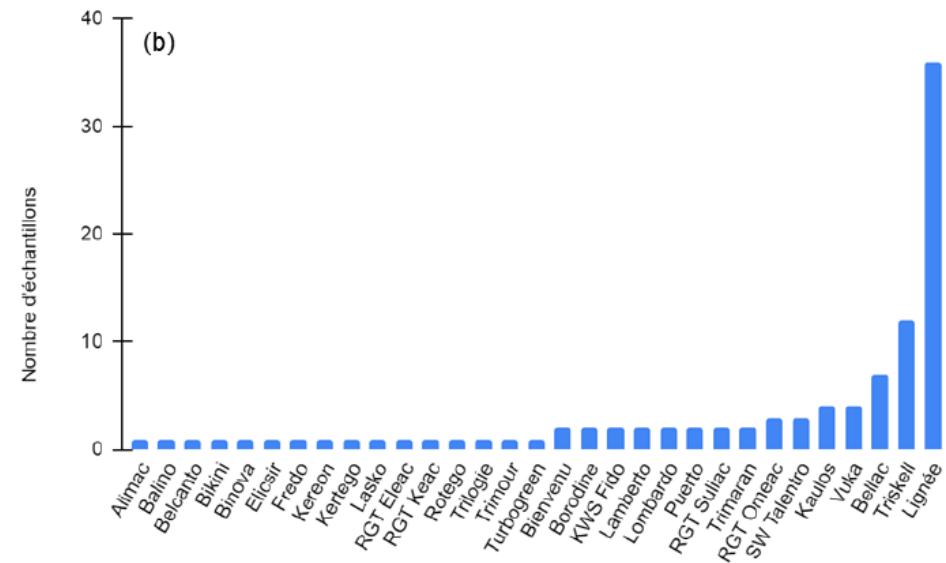
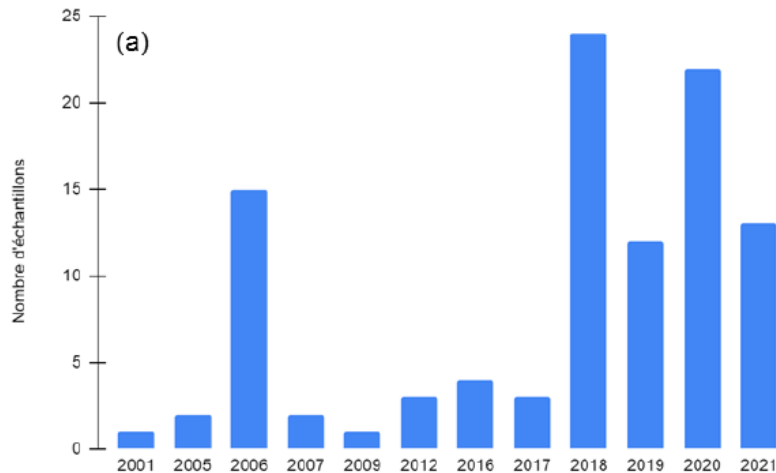
**Sommes-nous réellement en présence d'une sous-population  
spécifiquement adaptée au triticales ?**



# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



**Campagne d'échantillonnage** : 70 isolats collectés entre 2018 et 2021 dans le cadre spécifique de ce projet et 31 d'isolats d'enquêtes précédentes (conduites entre 2001 et 2017)



Caractéristiques de prélèvement des 101 échantillons de *P. triticina* étudiés dans le projet FSOV TritiRB : (a) en fonction de l'année d'échantillonnage (b) en fonction des variétés



# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



## Campagne d'échantillonnage



### **Multiplication et mise en collection du matériel biologique**

- 10 lignées testées pour la multiplication et la mise en collection des souches collectées sur Triticale
- les plus intéressantes pour récupérer le maximum d'échantillons représentatifs de la population sur Triticale. :  
variétés **Marko** et **Harrier**, sensibles à plus de 95% des souches

### **Livrables :**

- Guide des symptômes (types d'infection) de rouille brune sur triticale permettant d'affiner le phénotypage.
- Mise à disposition d'un protocole de production, conservation et application des inoculas de *Puccinia triticina*.



# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



Campagne d'échantillonnage

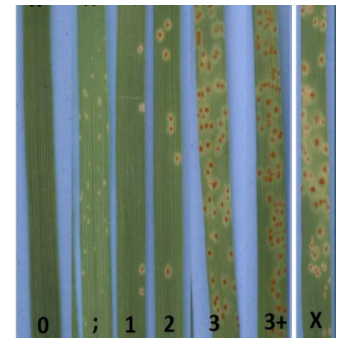


Multiplication et mise en collection du matériel biologique

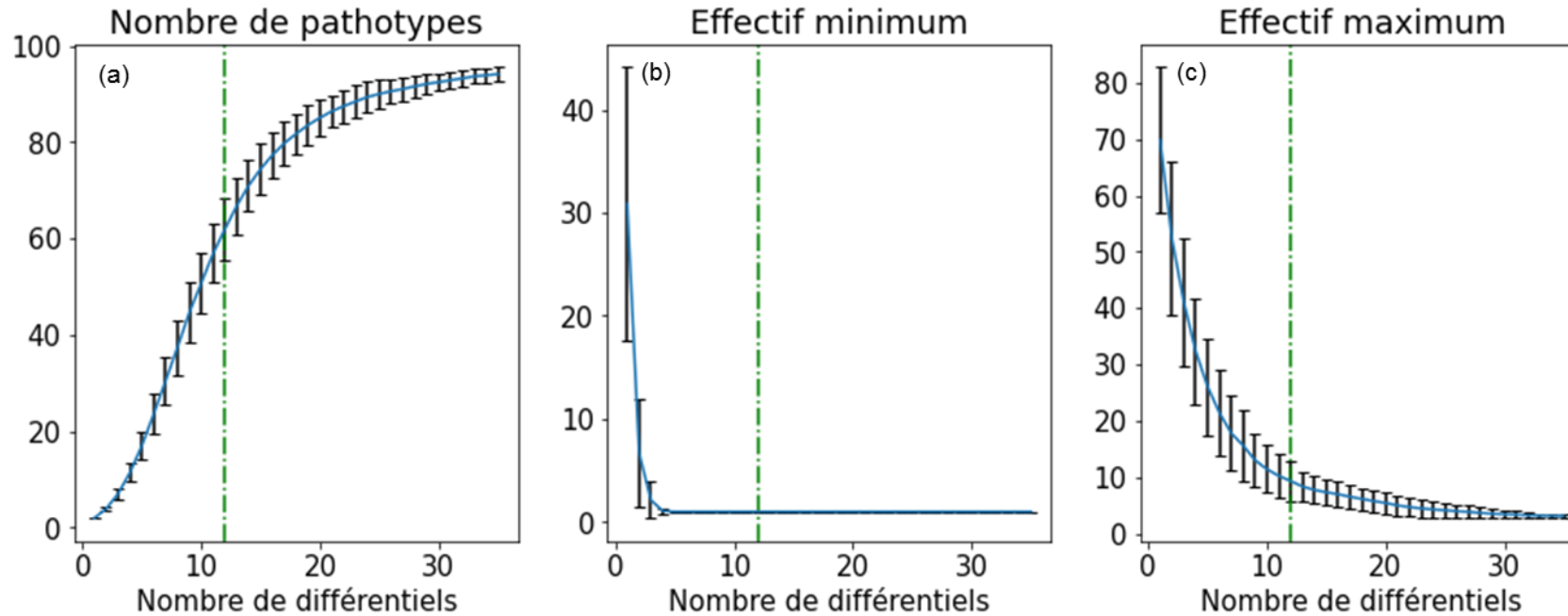
**Mise au point d'une gamme d'hôtes différentiels spécifique Triticale**  
pour établir les profils de virulence et disposer d'un outil de phénotypage  
représentant au mieux les gènes de résistance présents dans les variétés

## Panel de 109 lignées

**26** correspondent à la gamme d'hôtes différentiels blé tendre  
**+ 10** isolignées porteuses de gènes Lr supplémentaires identifiés comme  
**pertinents dans la littérature** (e.g. Pretorius and Bender, 2010 ; Czajowski et al., 2021b)  
**+ 34** variétés de triticales (origine France, Allemagne, Pologne)  
**+ 39** issues du programme ADT « Augmentation de la Diversité génétique du Triticale »  
(adaptation du matériel par INRAE et le GIE TRITICALE)



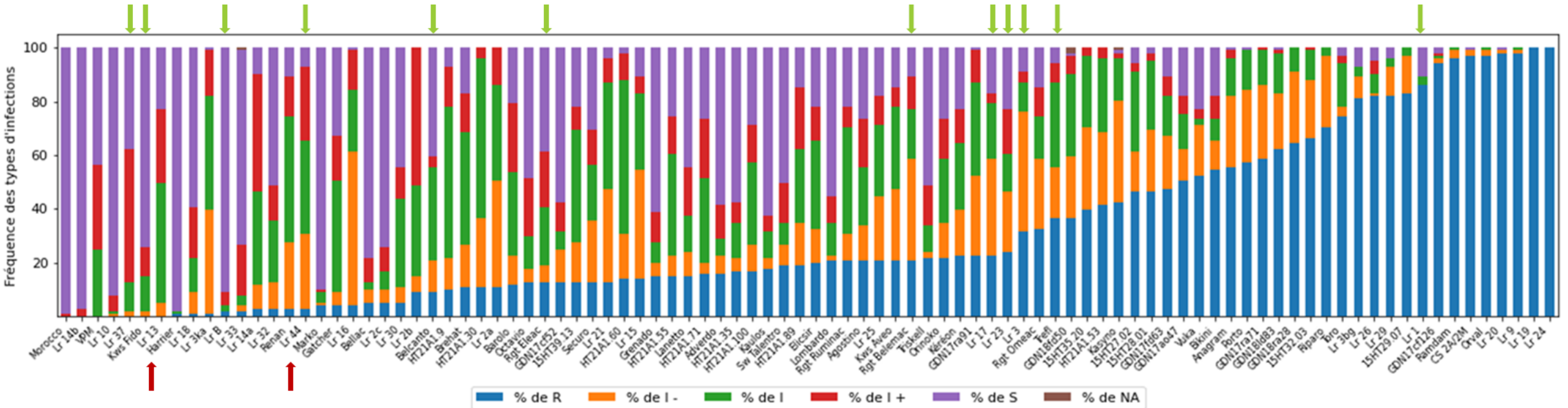
# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



**Courbes de raréfaction (n = 100 répétitions) :  
nombre optimal de lignées à retenir dans la gamme  
d'hôtes différentiels spécifique Triticale : 12**



# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



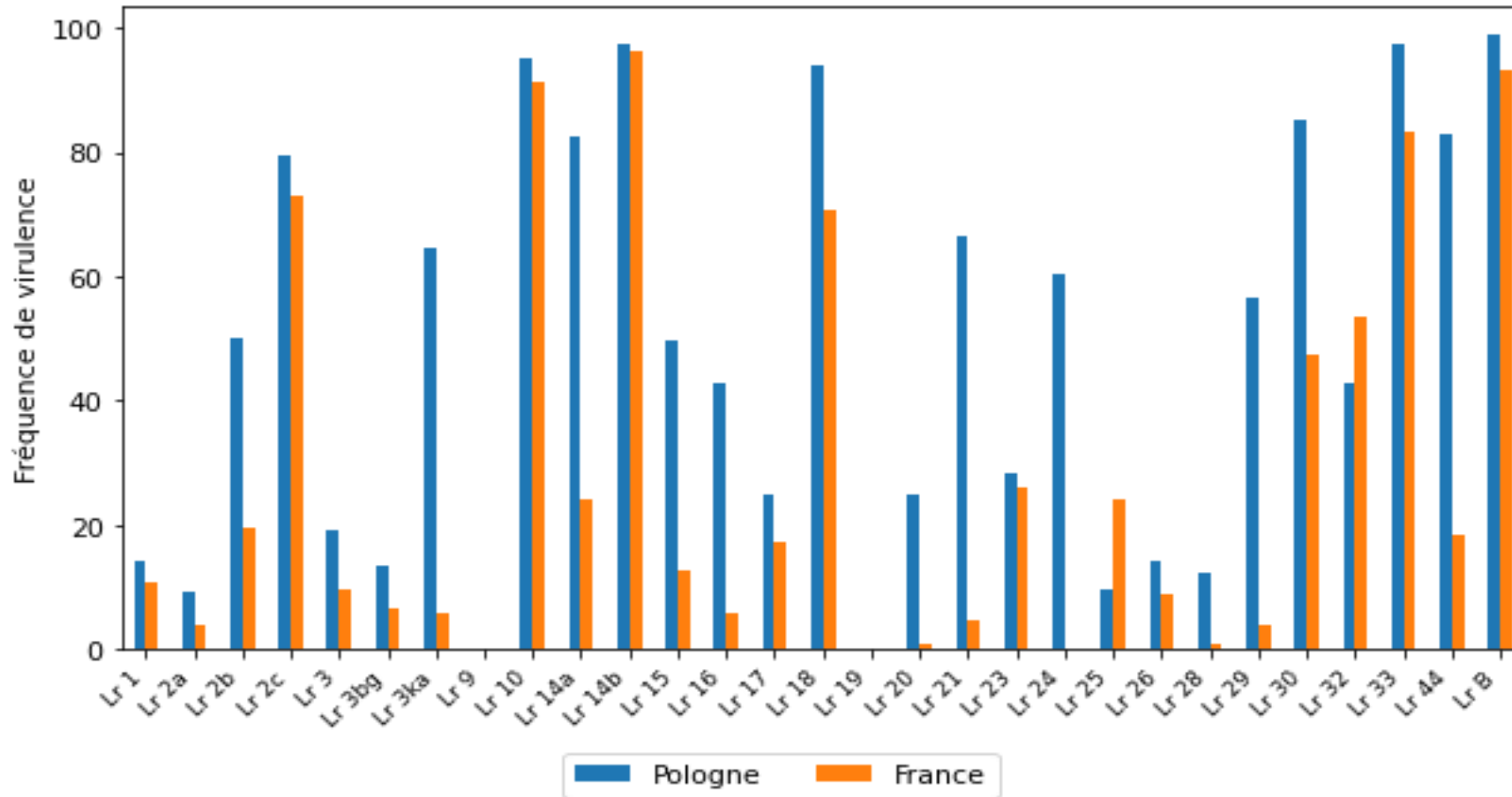
↓  
**12 Hôtes différentiels :**  
**7 lignées isogéniques Thatcher**  
 (*Lr1*, *Lr3*, *Lr23*, *Lr17*, *Lr37*, *Lr44* et *LrB*)  
**et 5 variétés de triticale** (Belcanto, RGT  
 Belemac, RGT Eleac, Trefl, KWS Fido)

**8 pathotypes majoritaires**  
**et 3 groupes phénotypiques**





# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



**Contournement  
des gènes  
*Lr10*, *Lr14b* et *LrB***

**Toujours efficaces  
contre ses populations:  
*Lr9* et *Lr19***

**74% de similitude entre populations françaises et polonaises  
de *P. triticina* sur triticales  
pour leurs fréquences de virulence  
vis-à-vis de 29 isolignées Thatcher de gènes *Lr***



# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



Campagne d'échantillonnage

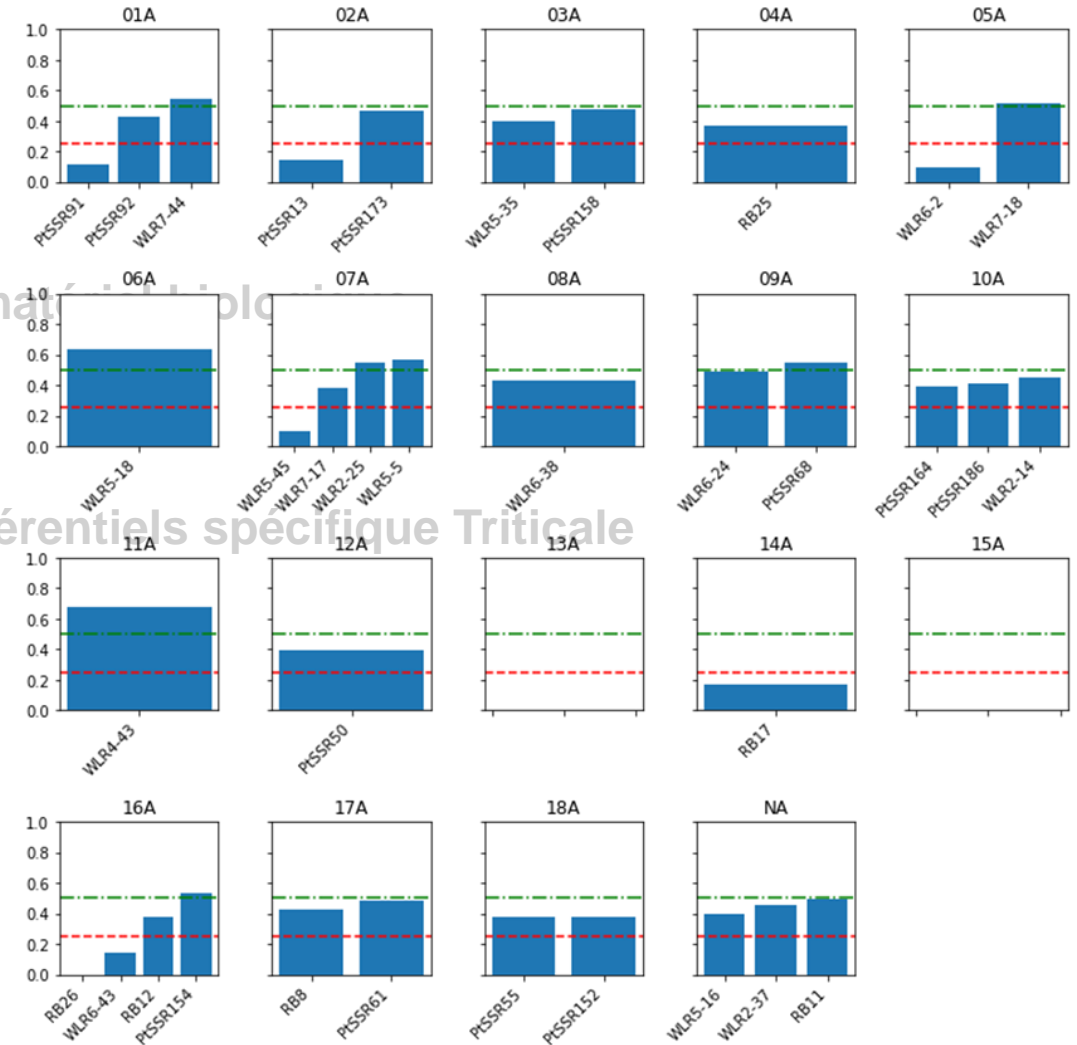
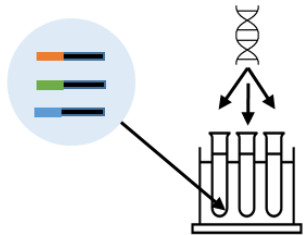


Multiplication et mise en collection du matériel



Mise au point d'une gamme d'hôtes différentiels spécifique à la Triticale

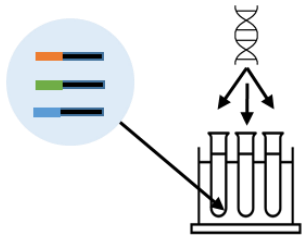
Mise au point d'un set spécifique de 17 marqueurs SSR pour les isolats prélevés sur triticale



Polymorphism Information Content (PIC) pour l'ensemble des marqueurs en fonction de leur localisation sur les différents chromosomes



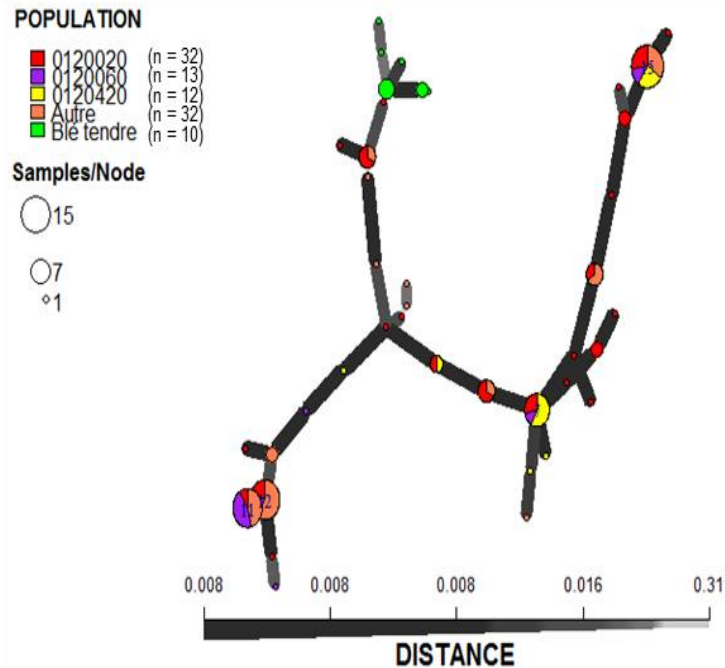
# Axe 1. Caractérisation des populations pathogènes



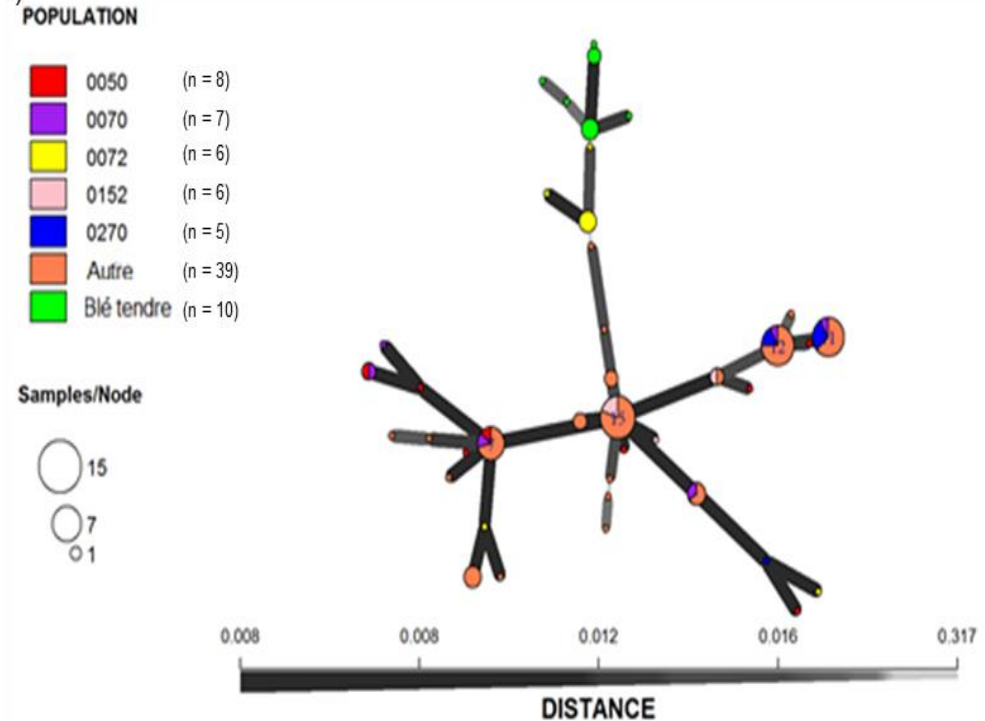
## 4 groupes phénotypiques et génotypiques :

- 1 de type blé tendre (11% des isolats)
- 3 autres spécifiques triticales (dont un majoritaire regroupant 80% des isolats)

(a)



(b)



Minimum spanning network sur les données de génotypage en tenant compte des populations phénotypées sur la gamme (a) blé tendre et (b) triticales

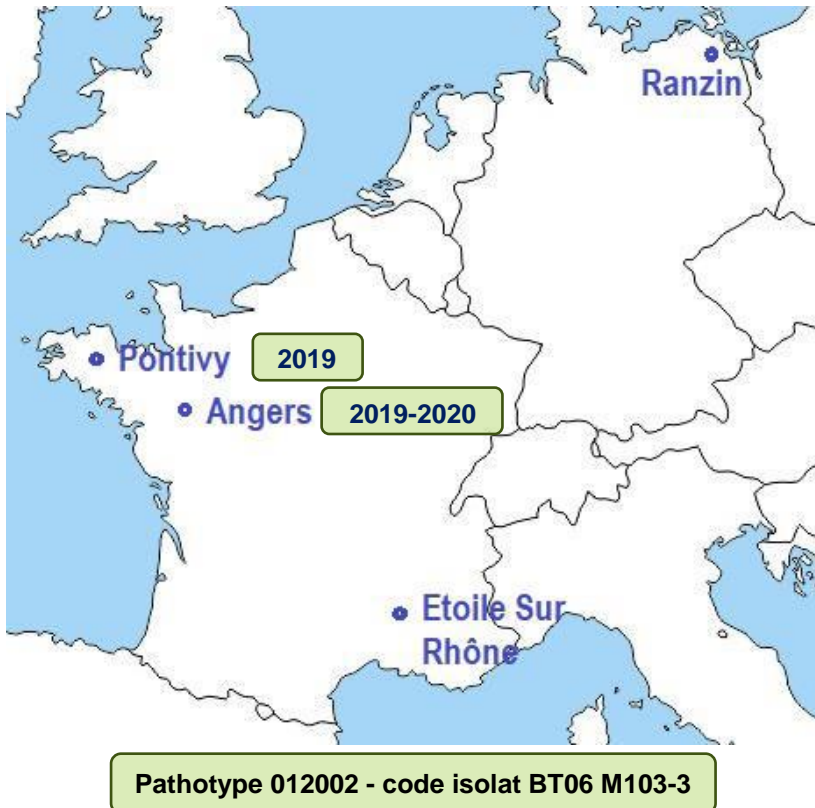


# Caractérisation des sources de résistance

Caractérisation au champ de la diversité des sources de résistance à la rouille brune dans les variétés cultivées en France, et de l'impact de la maladie

Phénotypage réalisé  
en A1=2019 et A2=2020 sur 4 sites

3 sites France  
1 site en Allemagne



Deux dispositifs ont été phénotypés

✓ 1 panel de :

19 variétés commerciales  
+  
15 triticales primaires

✓ 2 populations d'étude

Trefl x Vuka  
Kaulos x Vuka

Deno	Note Rouille brune (sources CTPS/ARVALIS)
Bellac	2
Vuka	4
Bikini	6
Grenado	6
Jokari	6
Rgt Omeac	6
Kws Fido	6
Kaulos	7
Kws Aveo	7
Rgt Eleac	7
Agostino	8
Adverdo	8
Anagram	8
Brehat	8
Elicsir	8
Kasyno	8
Randam	8
Rgt Ruminac	8
Trefl	9

Pop	Variété	Résistance feuille RB		Variété	Résistance feuille RB	Nombre Individus
TrVu	Trefl	9	x	Vuka	4	200
KaVu	Kaulos	7	x	Vuka	4	253

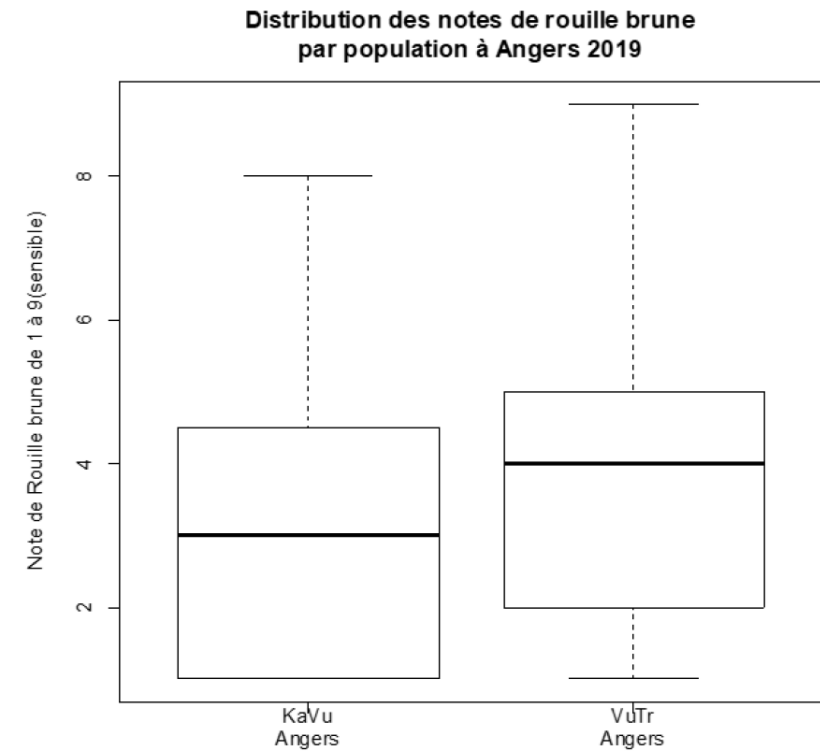
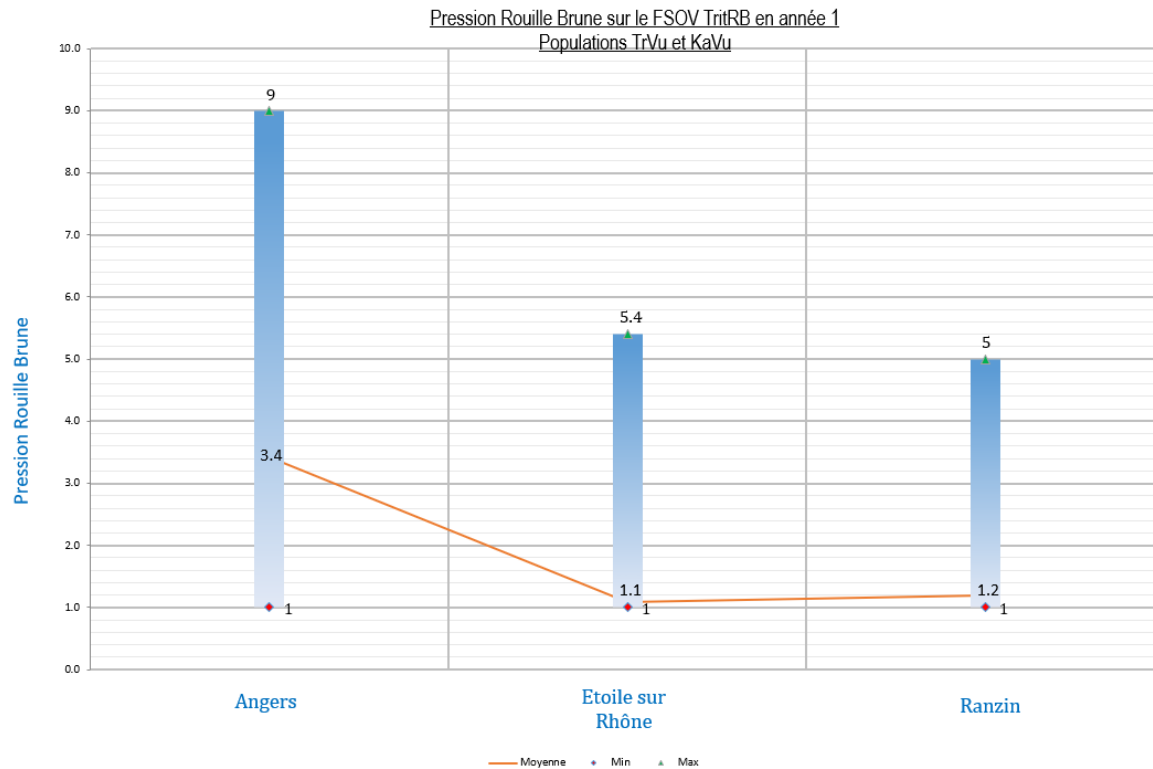


# Caractérisation des sources de résistance

Caractérisation au champ de la diversité des sources de résistance à la rouille brune dans les variétés cultivées en France, et de l'impact de la maladie

1 seul site exploitable  
ANGERS

Année 1 : 2019



Niveau de la pression de rouille brune observée sur les sites Angers, Etoile-sur-Rhône et Ranzin du FSOV TrtiRB en année 1 sur les populations d'étude.

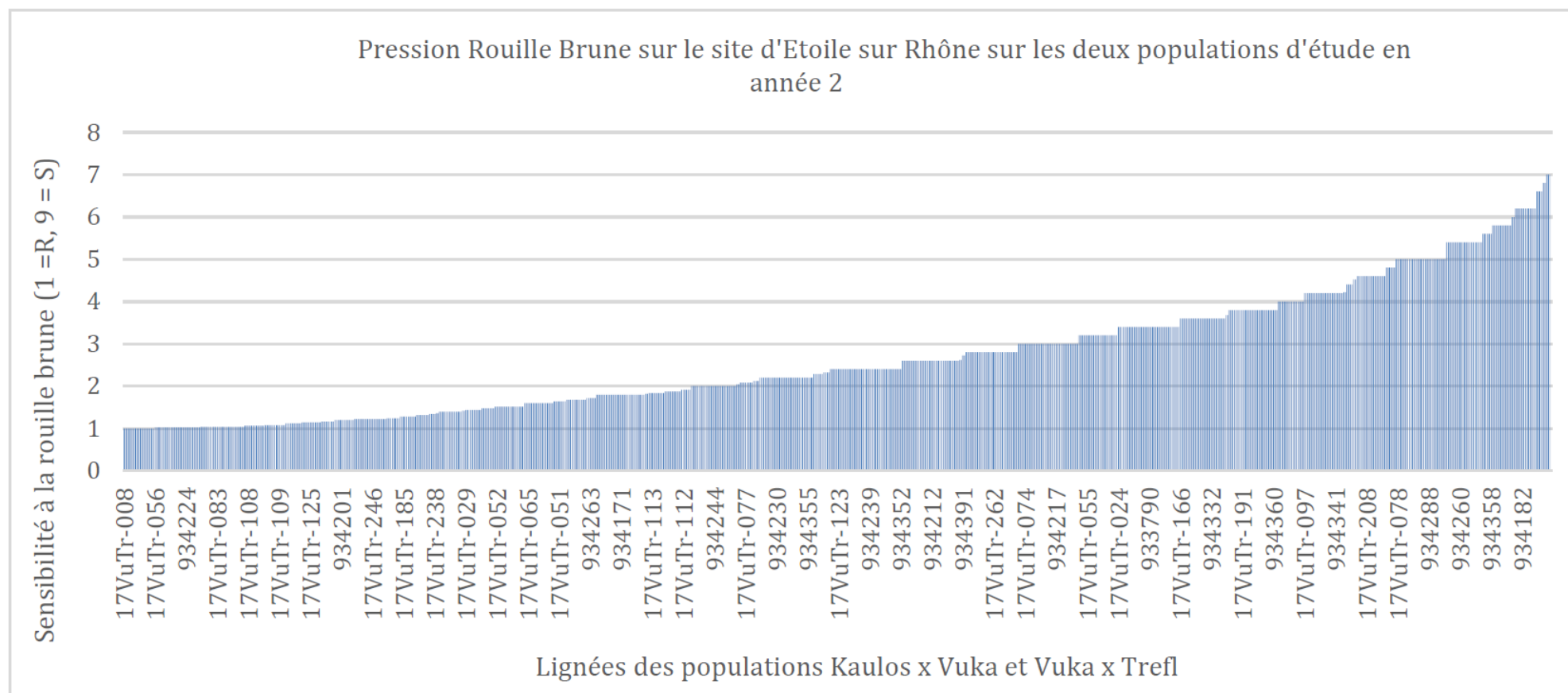


# Caractérisation des sources de résistance

Caractérisation au champ de la diversité des sources de résistance à la rouille brune dans les variétés cultivées en France, et de l'impact de la maladie

1 seul site exploitable  
ETOILE SUR RHONE

Année 2 : 2020

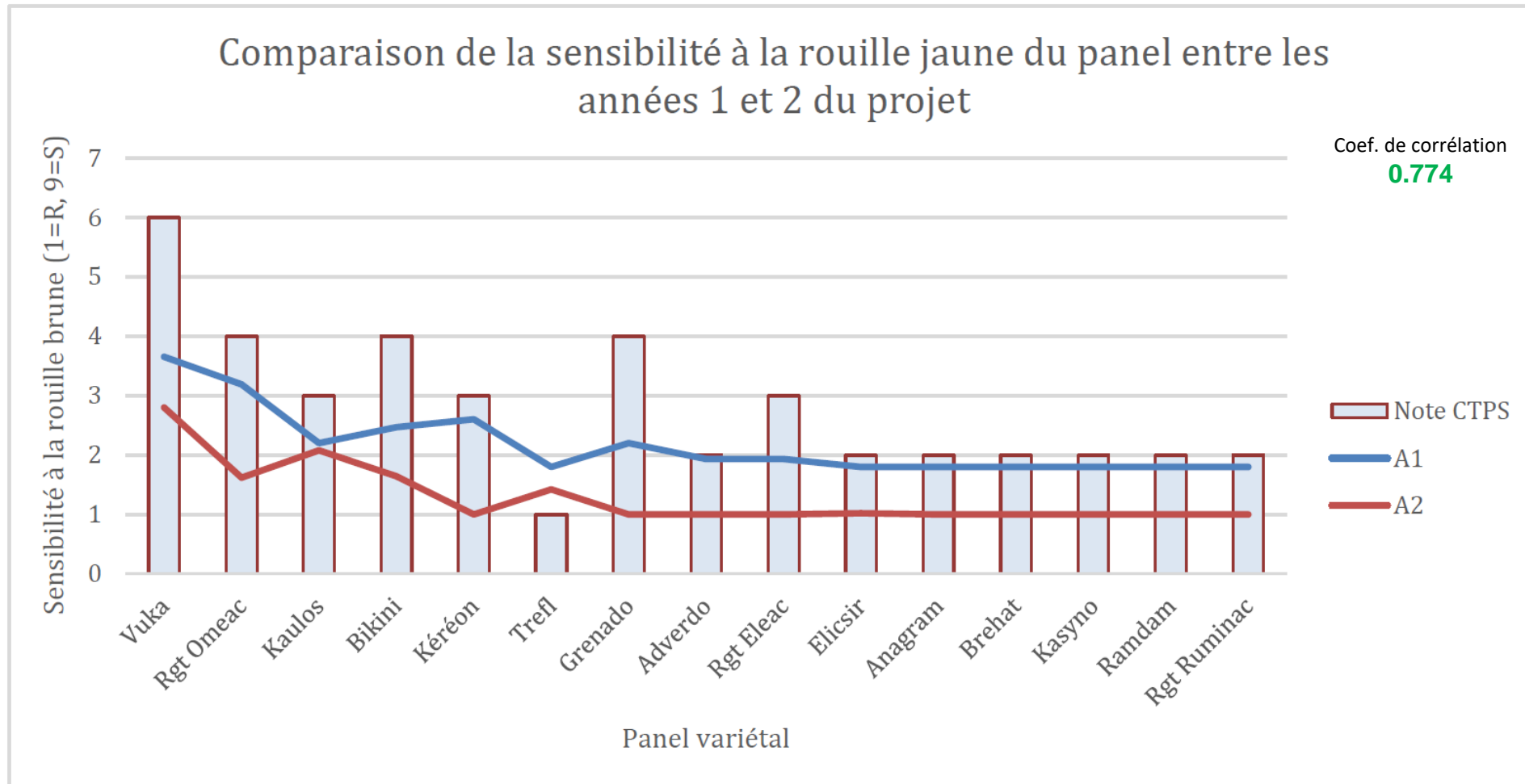


# Caractérisation des sources de résistance

Caractérisation au champ de la diversité des sources de résistance à la rouille brune dans les variétés cultivées en France, et de l'impact de la maladie

ANGERS  
ETOILE SUR RHONE

PANEL VARIETAL - Années A1 et A2 : 2020 et 2020

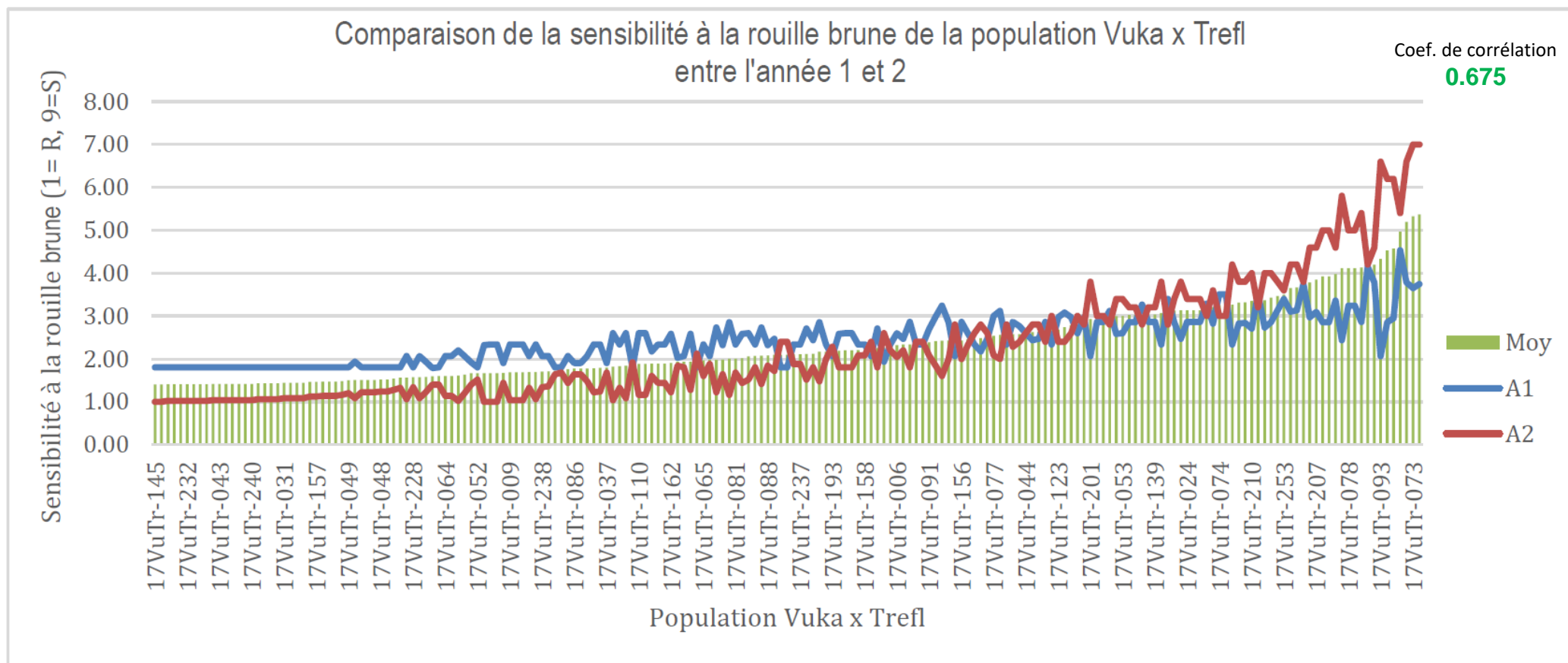


# Caractérisation des sources de résistance

Caractérisation au champ de la diversité des sources de résistance à la rouille brune dans les variétés cultivées en France, et de l'impact de la maladie

ANGERS  
ETOILE SUR RHONE

Vuka x Trefl - Années A1 et A2 : 2019 et 2020



**Graphique 6** : Comparaison du niveau de sensibilité à la rouille brune observée entre les années 1 et 2 du FSOV TritiRB sur la population Vuka x Trefl.



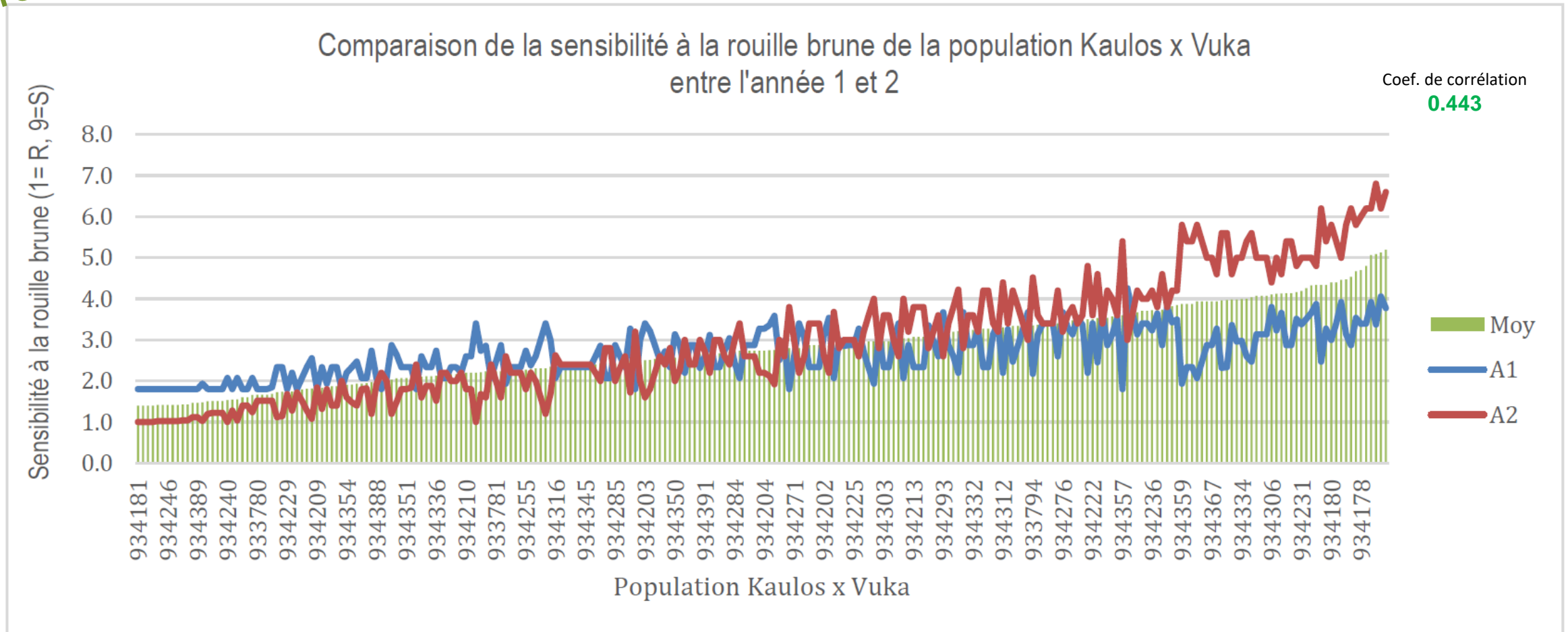


# Caractérisation des sources de résistance

Caractérisation au champ de la diversité des sources de résistance à la rouille brune dans les variétés cultivées en France, et de l'impact de la maladie

ANGERS  
ETOILE SUR RHONE

Kaulos x Vuka - Années A1 et A2 : 2019 et 2020



# Caractérisation des sources de résistance

**Caractérisation au champ de la diversité des sources de résistance à la rouille brune dans les variétés cultivées en France, et de l'impact de la maladie**

**Années 1 et 2 : 2019 et 2020**

- ✓ Difficultés de phénotypage de la rouille brune :
  - soit peu présente
  - soit fortement concurrencée par de la rouille jaune plus précoce, voire l'oïdium.
  
- ✓ La contamination artificielle n'a pas garanti un meilleur phénotypage de la rouille brune  
=> concurrence de la rouille jaune
  
- ✓ Triticales primaires testés : toujours résistants, quel que soit le milieu



# Génotypage et analyse QTL

Contamination en année  
1 à Ranzin et Etoile sur  
Rhône trop faible  
=> données écartées

Notations d'épiaison et  
de hauteur non  
disponibles

## Jeu de données

3 sites retenus

Angers, Etoile sur Rhône et Ranzin

2 années de phénotypage

2 populations

Vuka x Trefl

Kaulos x Vuka

Génotypage

960 marqueurs SNP de la plateforme Gentyane

Package RQTL



# Génotypage et analyse QTL

pop	année/lieu	pic	chrom	pos	Intervalle de confiance	LOD	%	effet RB
								<b>A= Vuka B=Kaulos</b>
KV	Année 2 Etoile sur Rhone	Sd17446	4R	125	123.5-128.6	3.69	6.52%	BB=-0.75
KV	Année 2 Etoile sur Rhone	Sd29675	5R	141.2	81.3-161.5	3.82	7.29%	bb=-0.82
KV	Année 2 Etoile sur Rhone	Sd5884	6Ab	9.4	0-15	3.98	7.16%	AA=-0.82
								<b>A= Vuka B=Trefl</b>
VuTr	Année 1 Angers	Sd25974	4Rb	9.4	6.6-10	17.87	43.30%	BB=-2.51
VuTr	Année 2 Etoile sur Rhone	Sd6876	4Rb	12.5	10.3-12.8	11.09	30%	BB=-0.56
VuTr	Année 2 Angers	Sd6876	4Rb	12.5	10.3-12.8	4.52	13.54%	BB=-1.27
VuTr	Année 2 Angers	Sd13355	4B	0	0-6.79	2.11	5.34%	AA=-1.07

➤ **Kaulos x Vuka**, en 2020 à Etoile sur Rhône :

3 QTL de résistance sur les chromosomes **4R**, **5R** et **6A** expliquant entre **6,52%** et **7,16%**

➤ **Vuka x Trefl**,

- **2 QTL majeurs** apportés par **Trefl** sur le chromosome **4R** expliquant **43.3%** à Angers en 2019, et **30%** à Etoile sur Rhône en 2020
- => **probablement le même QTL mais différent de celui de Kaulos x Vuka**
- 1 QTL plus faible sur le chromosome 4B

## GIE Triticale

Anthony ROULLIER (RAGT 2n)  
Éric DELALEAU (Lemaire Deffontaines)  
Frédéric FANTIN (AgriObtentions)  
Valérie LAURENT (Florimond Desprez)  
Ellen GOUDEMAM DUGUE (Florimond Desprez)  
Christophe JEUDI (Florimond Desprez)

## INRAE GDEC

Annaig BOUGUENNEC

## INRAE BIOGER

Anne-Lise BOIXEL  
Henriette GOYEAU  
Ghislain DELESTRE  
Corentin PICARD

## ARVALIS

Philippe DU CHEYRON

## SICASOV

Anne-Laure MIGNOT  
Marc LECRIVAIN



merci

