

La rouille noire, un vieil ennemi devenant un enjeu pour les sélectionneurs

Kevin Gauthier, Stephanie Bräunlich, Dario Fossati, Samuel Knapp, Fabio Mascher, Odile Moulet et Boulos Chalhoub



www.agroscope.ch | une bonne alimentation, un environnement sain

Agroscope

Présentation de la rouille noire

Champignon

Classification

- *Puccinia graminis f. sp. tritici* (Pgt)
- Basidiomycète
- Famille : *Pucciniaceae*, genre : *Puccinia*

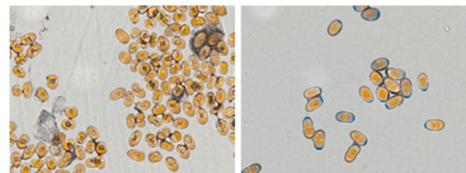


Photo : M. Pellegrin

Biologie

- **Biotrophe** (infecte et se multiplie sur un hôte vivant)
- Cycle de reproduction avec des étapes **sexuées** et **asexuées**
- Préfère les températures élevées (**18-30°C**)

Hôtes et symptômes

- **Blé et orge** + avoine, seigle...
- Infecte feuilles, tiges, glumes et barbes
- Perte de rendement allant jusqu'à 70% enregistrées.

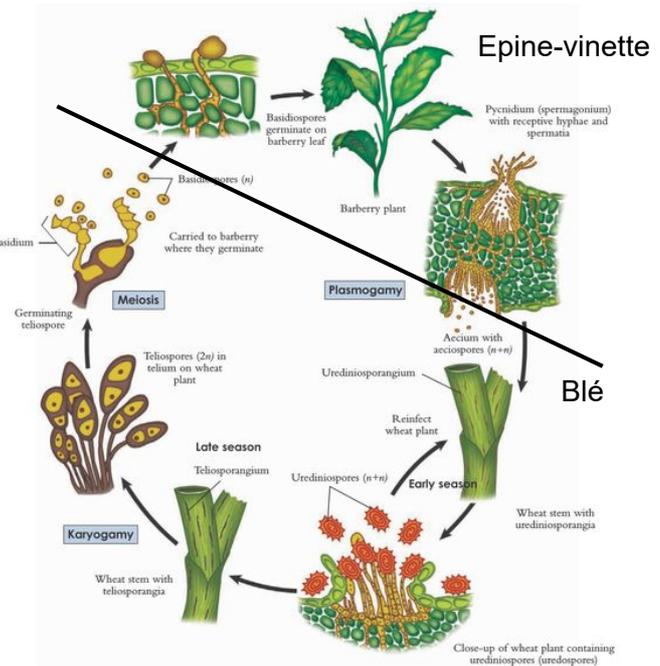


Photo : S. Bräunlich, TEAGASC

Agroscope

Cycle de vie de *Puccinia graminis*

- **Diécique** (présence de deux hôtes sans relation pour être réalisé)
- L'**épine-vinette** est **généralement nécessaire** pour le passage de l'hiver.
- La reproduction **sexuée** n'est réalisée que sur l'**épine-vinette** au **printemps**
- Les **pustules** observées sur **blé** correspondent à l'accumulation d'**uredospores dicaryotiques** issues de la reproduction **asexuée** pendant l'**été**
- A l'**automne**, il y a **caryogamie** des uredospores, permettant la recombinaison génétique (sur **résidus** de cultures ou **adventices**)



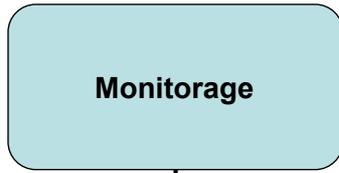
Historique de lutte contre la rouille noire

- Une des maladies les plus anciennes et **redoutées**, **sacrifices** animaliers au dieu de la rouille, **Robigus**
- Rôle de l'**épine-vinette** identifié en France des **1660**. Leur destruction a permis de contrôler les épidémies de rouille noire jusqu'aux années **1950s**
- Emergence et survie d'une race de rouille très agressive en Ouganda en 1998, **Ug99**. **80% des cultivars de blé mondiaux** sont **sensibles** à cette race.
- La **dispersion** longue distance des urédospores a été assurée par le **vent**. L'**absence d'hiver** permet la **survie** et la transmission longue distance en **Afrique**. Ce phénomène sera reproduit dans d'autres cas (USA, Irlande...)
- **En 2013**, de sévères épidémies de rouille noire sont signalées en **Allemagne**
- La **rouille noire** est aujourd'hui sporadiquement identifiée en Suisse mais la menace s'intensifie.





Stratégie de lutte Agroscope



- Echantillonnage de rouille noire en **Suisse** ou en **Europe**
- **Identification** des virulences communes (test différentiel)
- **Sélection** des races pour le **screening variétal**



- **Screening de variétés** en Europe (Italie, Allemagne, France, Suisse) et en Afrique (Kenya)
- Tests au stade **plantule** et **adulte**
- **Genome Wide Association Studies (GWAS)** pour identifier les QTLs de résistance



- Développement de **marqueurs moléculaires** pour suivre l'introgression
- Back-cross assistés par marqueurs (**BCAM**)
- **Pyramidage** de **gènes de résistance** intéressants

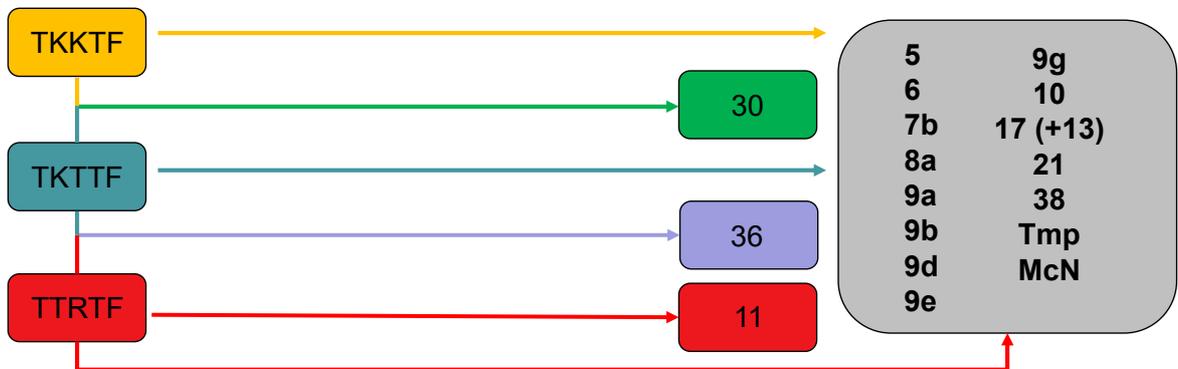


Efficacité des gènes de résistance



Race de rouille noire commune en Europe (2015-2021)

Gène de résistance (Sr) contournés (ASR)



Déploiement des résistances

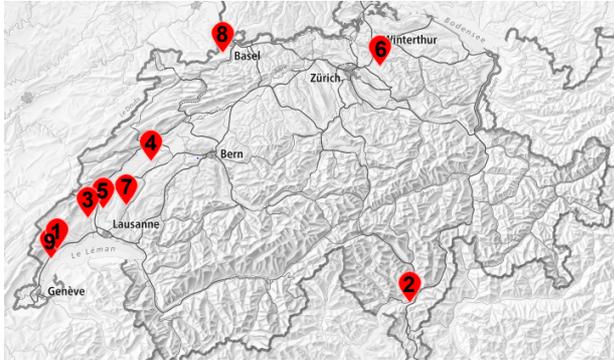


Gène de résistance stables (ASR)



Isolats de rouille noire en Suisse (2020 – 2022)

- 12 échantillons prélevés en Suisse
- Détermination réalisée par **test différentiel**



Nr.	Code	Location	Year	Races
1	2580	Begnins (VD)	2020	PSCKF
2	2618	Cadenazzo (TI)	2021	TTTTF
3	2644	Cossonay (VD)	2021	PKFTF
4	2577	Delley (FR)	2020	TKRRF
4	2654	Delley (FR)	2022	TTTTF
4	2655	Delley (FR)	2022	TRTTS
5	2574	Goumöens (VD)	2020	TTFTC
6	2672	Mesikon (ZH)	2022	KFLTF
7	2674	Moudon (VD)	2022	FFSPF
8	2570	Witterswil (SO)	2020	TKKTF
9	2631	Nyon (VD)	2021	PLFTF
9	2669	Nyon (VD)	2022	TTTTF

- **Races proches** de celles identifiées en Europe. Les gènes de résistance **stables** sont **identiques (Sr24 et Sr31)**

Journée Phytosanitaire Grandes Cultures, 12/01/2024

7

Virulences contre Sr24 et Sr31 en Europe



- Collection de **500 isolats** à travers **17 pays d'Europe** (et en **Sibérie**)
- **Génotypage par puce SNP** ou par marqueurs **SSR** et identification de la race par **test différentiel**
 - Des **virulences** contre **Sr31** ont été observées en **Espagne** et en **Sibérie**. La présence de ces virulences est **indépendante** de celle de **Ug99**.
 - **Aucune virulence** contre **Sr24** n'a été mise en évidence.
 - Le **risque** de **contournement** des gènes de **résistance augmente** avec la présence **d'épine-vinette** qui favorise la **recombinaison** génétique de **Pgt**.
 - Ni **Sr24**, ni **Sr31** ne sont **efficaces** contre les **races** les plus **récentes** de **Ug99**.
 - **Sr31** est associé avec une **réduction** de la **qualité boulangère**.

Nécessité d'identifier de nouveaux gènes de résistance

Pre-screening pour l'identification de source de résistance (2006)

- Pre-screening de 17 cultivars de blé de printemps au Kenya contre Ug99
- Semis des cultivars de blé plein champ et infection par Ug99, notation des symptômes



↳ Identification de deux cultivars issus du programme de sélection **Agroscope (Greina et Quantum)** possédant un niveau de résistance intéressant à la rouille noire.

Pre-screening préventif en raison de la forte mobilité de Ug99.

Screening pour l'identification d'ASR dans le matériel européen (2022)

- Screening de 45 cultivars de blé d'hiver, 15 de blé de printemps, de 17 épeautres et 8 triticales
- Inoculation avec 3 races suisses agressives de rouille noire (TKKTF, TTFTC, TTTTF)
- Identification de 8 cultivars de blé d'hiver résistants, 4 de blé de printemps et 2 épeautres. Les blés possèdent un gène de résistance connu (*Sr24/Sr31*) qui a été introgressé de manière non intentionnelle. Les 8 triticales sont résistants.



Screening pour l'identification de résistance plante adulte au Kenya (2022)

- Envoi de **97 cultivars** de blé de printemps et de triticale au Kenya avec des sensibilités variées (de résistant en Suisse à très sensible)
- **Sr24 et Sr31** seuls ne confèrent pas de résistance aux races de rouille noire au Kenya

Cultivars très résistants / immunes

Immunes (8)

- CH NARA
- CH CAMEDO
- DOLLY
- PERSEUS
- PIZNAIR
- BALINO
- LERMA
- TRIANGOLI

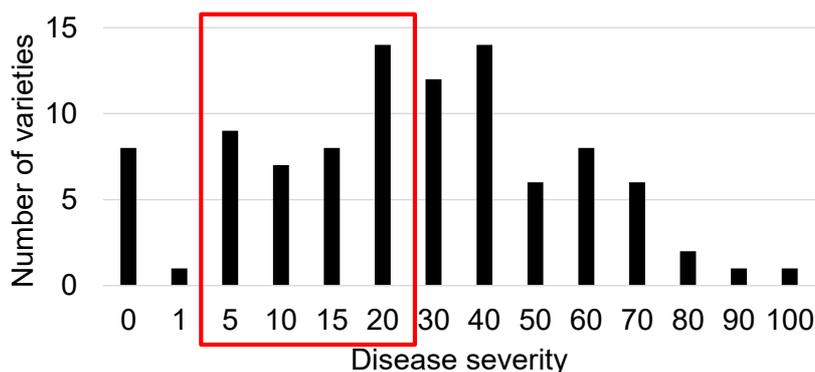
⊕ Sensible

⊕ Triticale résistant

Très résistant (1)

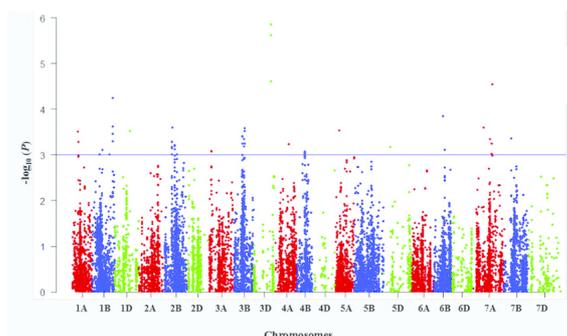
- PICODÁNETO

Niveau de sensibilité des cultivars



Screening grande échelle au champ en Europe (2023-)

- Sélection d'un panel de **480 cultivars de blé** présentant des niveaux de résistance différent à la rouille noire, **16 partenaires** impliqués.
- Testage au champ dans plusieurs pays (**France, Italie, Espagne, Allemagne, Kenya**) afin de favoriser la **diversité d'inoculum** au sein du matériel à étudier.
- Utilisation d'approche de type **Genome Wide Association Studies** pour identifier les SNPs causaux de la résistance de la rouille noire

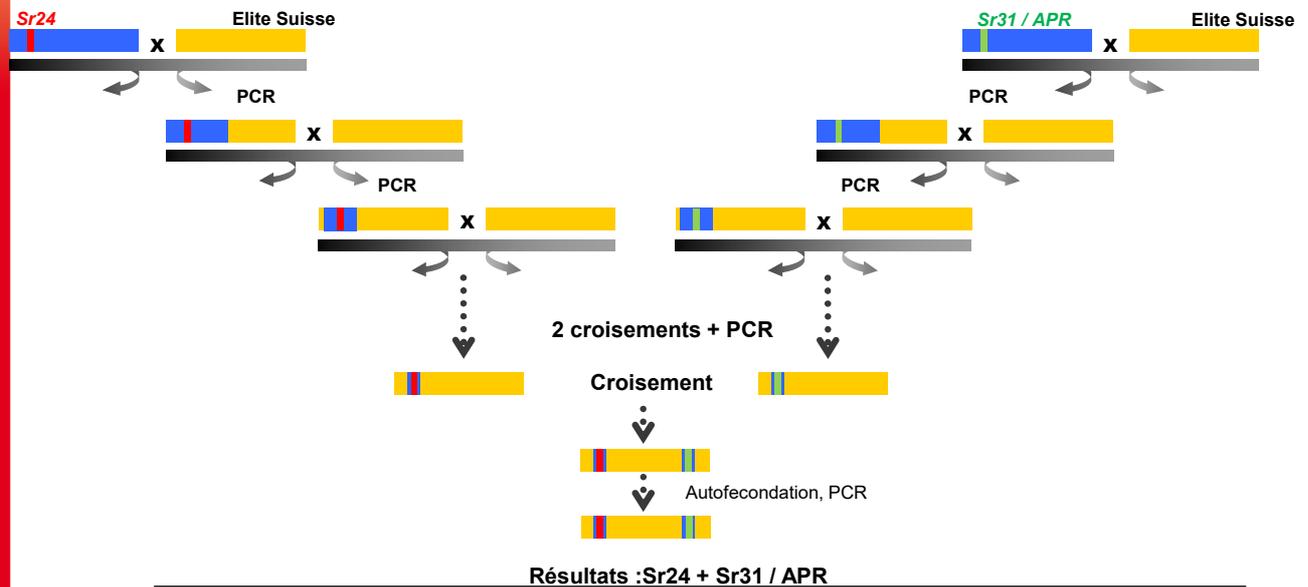


- Développement de **marqueurs moléculaires** permettant de suivre les **gènes de résistance**

- **Introgression des gènes identifiés** dans du matériel Suisse élite

Pyramidage de gènes de résistance à la rouille noire (*Sr24*+*Sr31*)

Pyramidage de gène majeurs présents en Europe



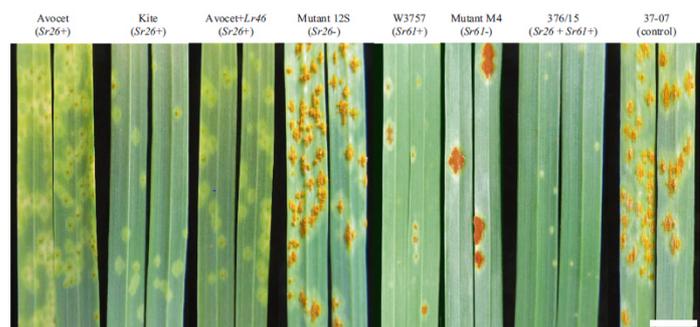
Pyramidage de gènes de résistance à la rouille noire peu utilisés (*Sr26*+*Sr61*)

Pyramidage de gène majeurs peu utilisés en Europe

- *Sr26* et *Sr61* ont été introgressés depuis *Thinopyrum ponticum*
- *Sr26* et *Sr61* sont des NLR indépendants
- **Aucun** isolat de *Pgt* n'est virulent sur *Sr26* et *Sr61*
- Nécessité d'adapter le matériel résistant au paysage Suisse et de le tester.

A recombined *Sr26* and *Sr61* disease resistance gene stack in wheat encodes unrelated NLR genes

Jianping Zhang^{1,2}, Timothy C. Hewitt^{1,2}, Willem H. P. Boshoff³, Ian Dundas⁴, Narayana Upadhyaya², Jianbo Li¹, Mehran Patpour⁵, Sutha Chandramohan², Zacharias A. Pretorius³, Mogens Hvemøller⁵, Wendelin Schnippenkoetter², Robert F. Park¹, Rohit Mago², Sambasivam Periyannan², Dhara Bhatt², Sami Hoxha¹, Soma Chakraborty², Ming Luo², Peter Dodds², Burkhard Steuernagel⁶, Brande B. H. Wulff⁶, Michael Ayliffe², Robert A. McIntosh¹, Peng Zhang^{1,2,8} & Evans S. Lagudah^{1,2,8}



Take home message

- **La rouille noire** est une maladie dévastatrice (-70% de rendement) et très ancienne.
- **Son impact** dans le blé suisse risque de drastiquement augmenter avec le changement climatique (**apparition plus précoce** et **survie** lors de l'hiver)
- **Actuellement**, la **résistance** en **Suisse** ne repose que sur **Sr24** qui ne **protège pas** des races **d'Ug99** les plus récentes.
- **Des efforts conséquents** sont réalisés par Agroscope pour identifier de nouvelles sources de résistance.
- **Des variétés** suisses sensibles peuvent résister aux races africaines et contribuer à **réduire** les **épidémies** de **rouille noire**.
- **Le pyramidage** de **gènes de rouille noire** communs ou plus récents permettra d'améliorer le contrôle de cette maladie

Remerciements

Agroscope

Cécile Brabant
Stéphanie Bräunlich
Boulos Chalhoub
Dario Fossati
Alain Handlet-Cornillet
Samuel Knapp
Stéphane Kollenberger
Jessica Joaquim
Rachid Majdi
Fabio Mascher
Odile Moulet



Merci pour votre attention