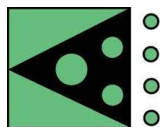


FsoV

ARVALIS
Institut du végétal



FNAMS



INRAE

Caractérisation phénotypique et génotypique de la résistance à la germination sur pied et aux bas temps de chute de Hagberg sur blé tendre et triticale

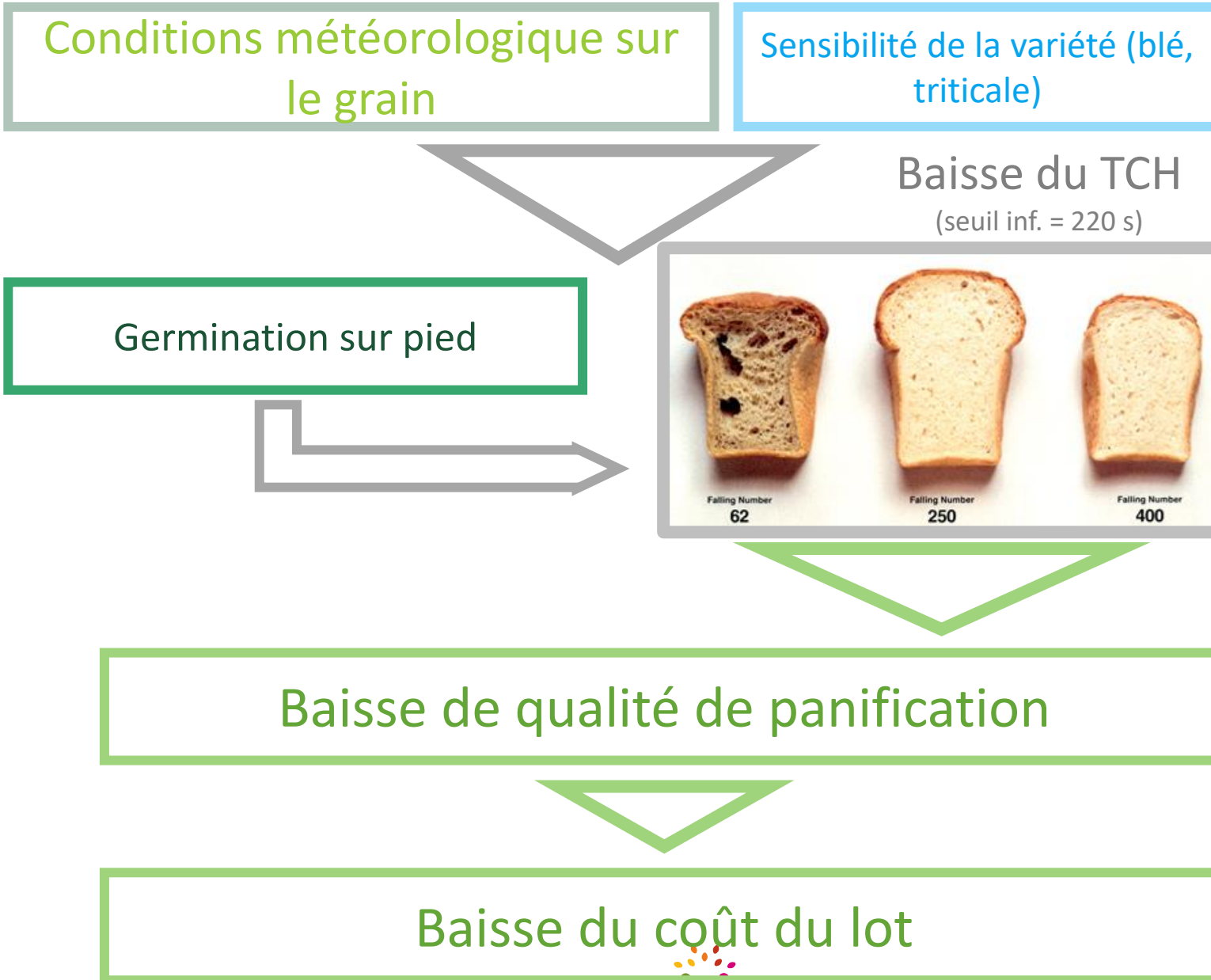
Jean-Pierre COHAN (ARVALIS-Institut du végétal)

Sur la base de la synthèse réalisée par Agathe Roucou, Delphine Hourcade, Pierre Lemeunier (ARVALIS) et l'ensemble des partenaires du projet

*Colloque de restitution des projets FSOV 2016
Paris, le 17 mai 2022*



La germination sur pieds et le TCH



Objectifs du projet et axes de travail

1. Indicateurs de sensibilité à la germination sur pied à l'inscription
2. Marqueurs moléculaires → sensibilité à la germination sur pied
3. Modèle de prédiction du TCH à la récolte



Le réseau expérimental dédié

Axe 1

APACHE, CELLULE, CHARGER,
DESCARTES, FRUCTIDOR, NEMO,
OREGRAIN, RECITAL, RUBISKO,
SOISSONS

10 blés
tendres

CEDRICO, GRANDVAL,
ORVAL, RGT ELEAC, TRIMOUR

5 triticales

3 lieux

3 années

2
modalités

Non
brumisé

Brumisé
avant récolte

7 j dès 30% hum

RECOLTE

P1 : maturité
physiologique

P2 : humidité à 30%
(→brumisation)

P3 : maturité récolte

Essais conduits par GEVES,
FNAMS et Agri-Obtentions



Les mesures effectuées

Axe 1

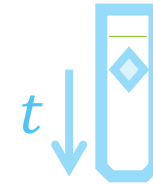
Sur modalité brumisée

P3

Taux de grains germés

$$\frac{n_{gtot}}{n_{tot}}$$

Temps de Chute de Hagberg



Référence

Test in vitro sur Epi
(=Lerebour 1 et 2)

Echelle de notation de
germination (1 à 9)

P1

P2

P3

Sur modalité non brumisée

Temps moyen de
germination

$$\frac{n_{gtot1} + 2n_{gtot2} + \dots + 7n_{gtot7}}{n_{gtot1} + n_{gtot2} + \dots + n_{gtot7}}$$

Matthews and Khajeh-Hosseini 2006

Biddulph et al, 2008

Index de germination

$$\frac{7n_{g1} + 6n_{g2} + \dots + n_{g7}}{nb_{jours} \times n_{tot}}$$

Indice de dormance

$$\frac{TG_{10} - TG_{20}}{TG_{10}}$$

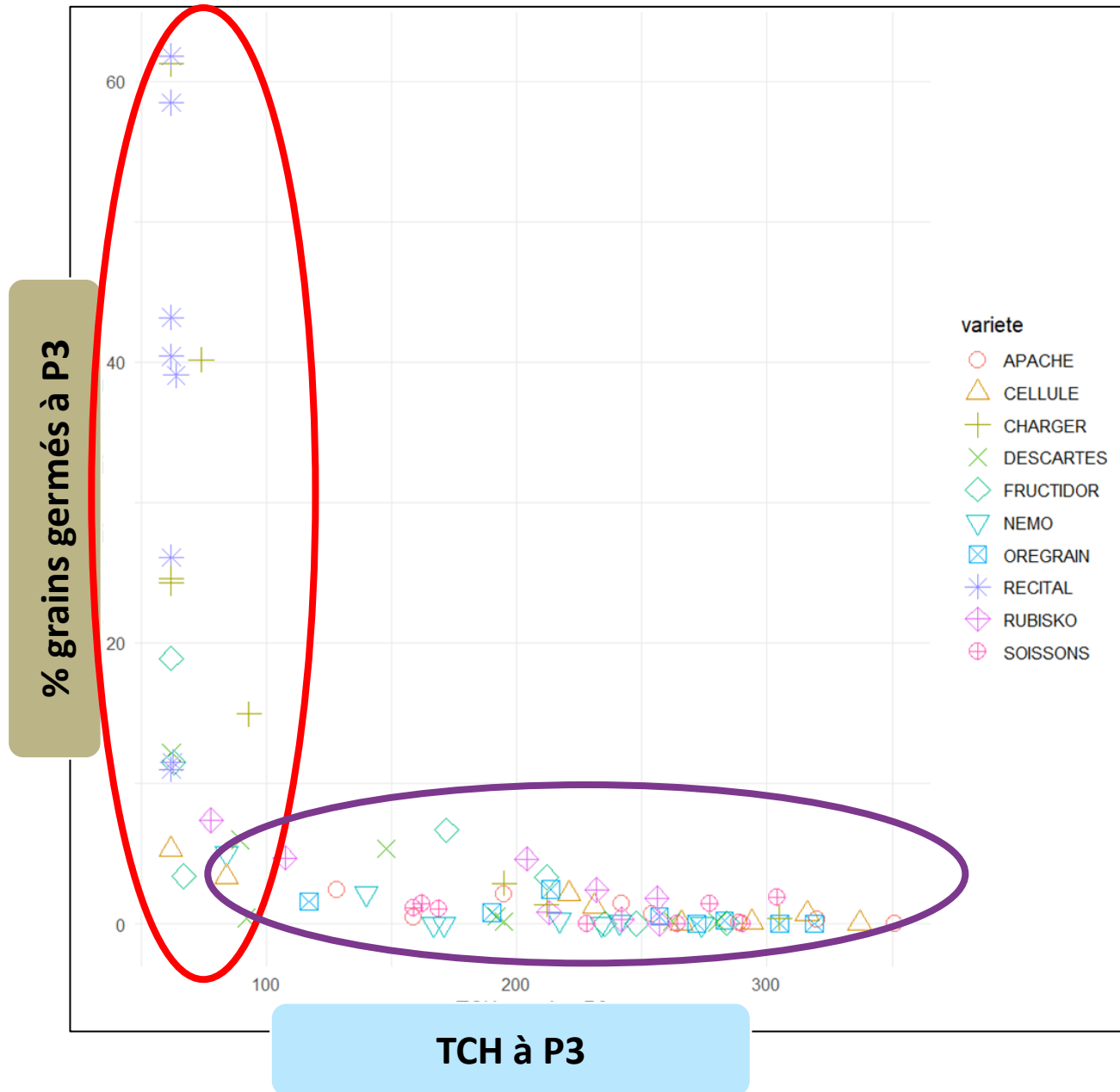
Gate et al. 2009

Indicateurs de
dormance



Germination sur pieds = f(TCH)

Axe 1

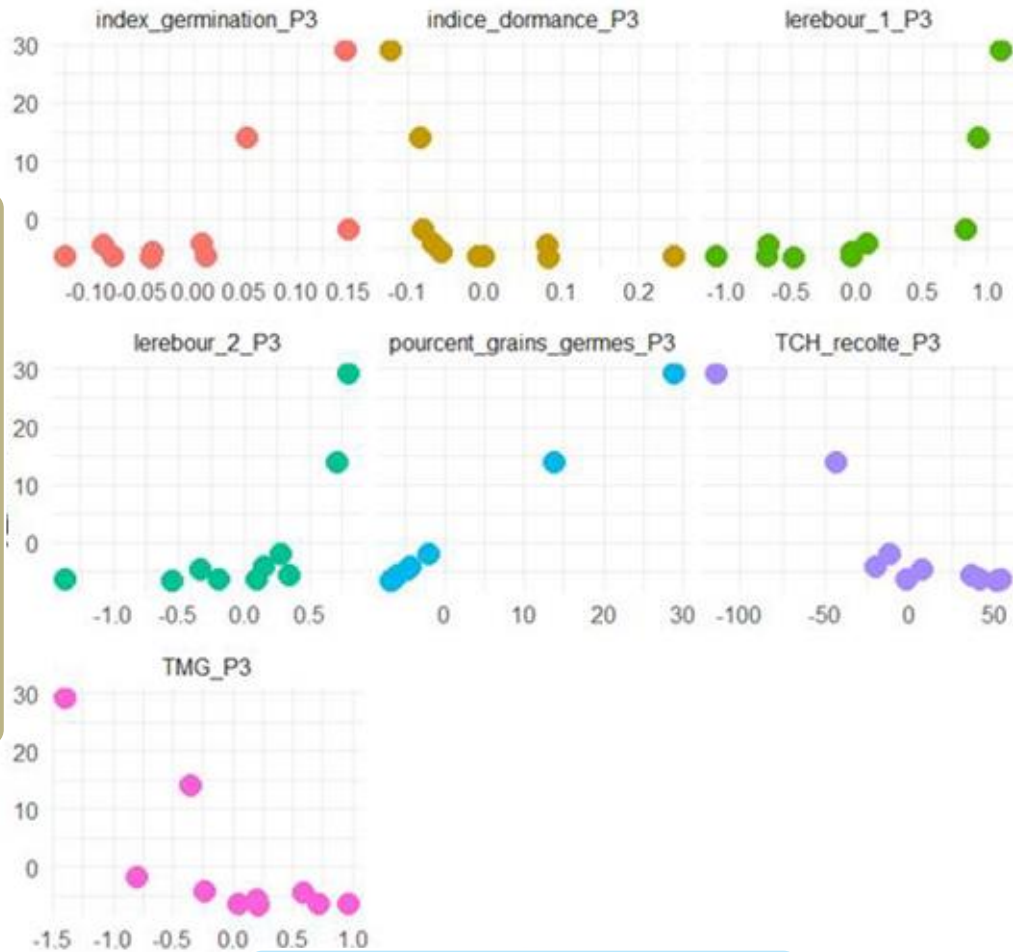


Blé tendre

Relations entre indicateurs

Axe 1

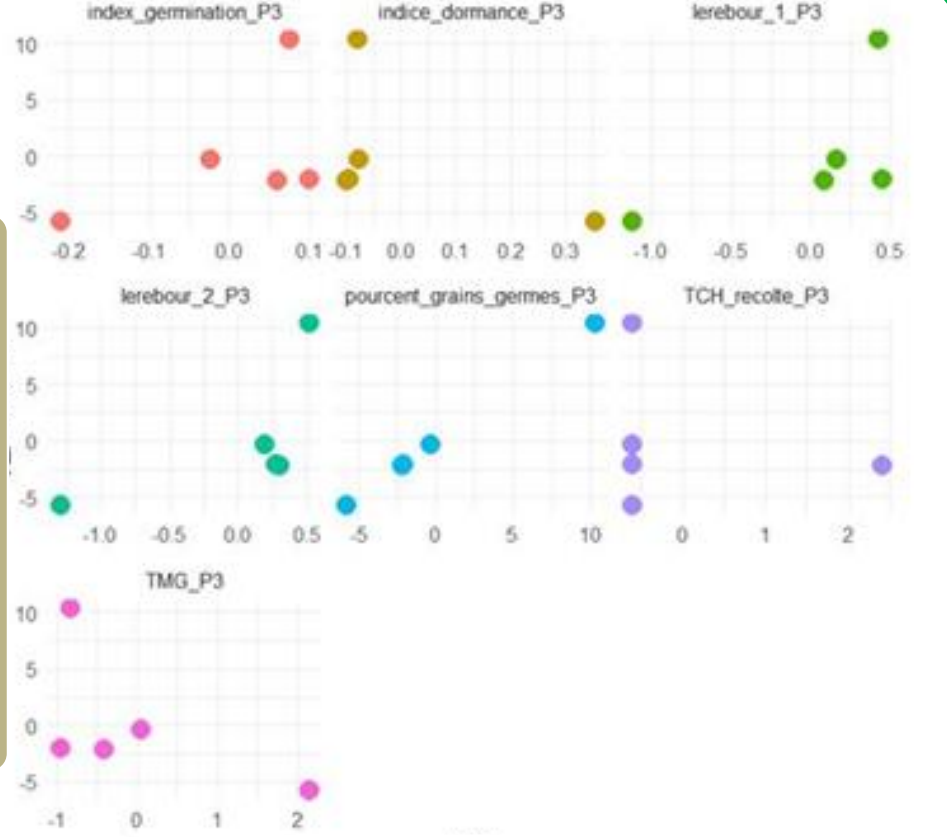
Exemple Blé tendre



% grains germés à P3

Effets variétaux

Exemple Triticale



% grains germés à P3

Effets variétaux

Modèle retenu pour la relation TCH/TG = f(dormance)



$$y = e^{ax+b} + c + \varepsilon$$



Corrélations entre indicateurs

Axe 1

Blé tendre		Triticale
Taux de grains germés	TCH	Taux de grains germés
<ul style="list-style-type: none">• Indice de dormance P2• Lerebour 1 P2• TMG P2• Lerebour 1 P3• Lerebour 2 P3	<ul style="list-style-type: none">• Indice de dormance P2• Lerebour 1 P3	<ul style="list-style-type: none">• Lerebour 2 P3



Données expérimentales pour les analyses génétiques

Axe 2

Essais conduits par ARVALIS
(2017) et SECOBRA (2018)

Données
générées



196
variétés
BREEDWHEAT

Lieu 2017

Lieu 2018

Non
brumisé

Notes de
germination

Indice de
dormance

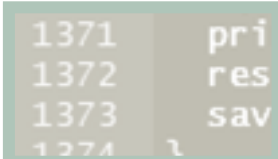
Brumisé avant
récolte

TCH

280k SNP

Essais conduits par GEVES et
ARVALIS

Données
historiques



189
environn
ements

597
variétés

78 lieux

19
années

TCH



Positionnement des QTL détectés

TCH

1D, 2B, 2D,
3A, 3B, 3D,
4B, 6B, 7D

Intensité de
germination

1A, 3B, 3D, 4A
4B, 5A, 6A, 7A

Fréquence de
germination

1A, 2A, +
...

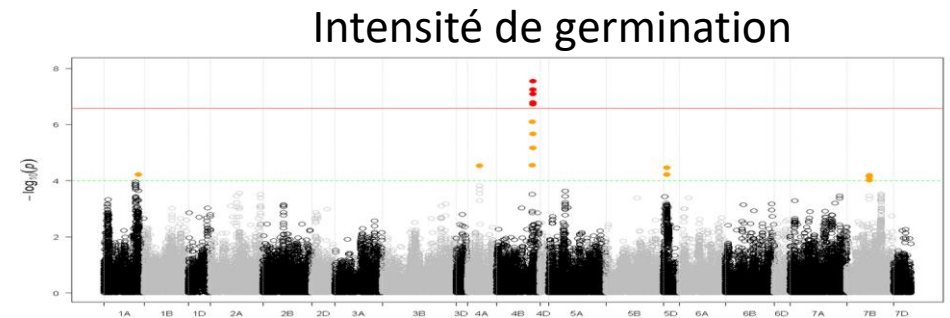
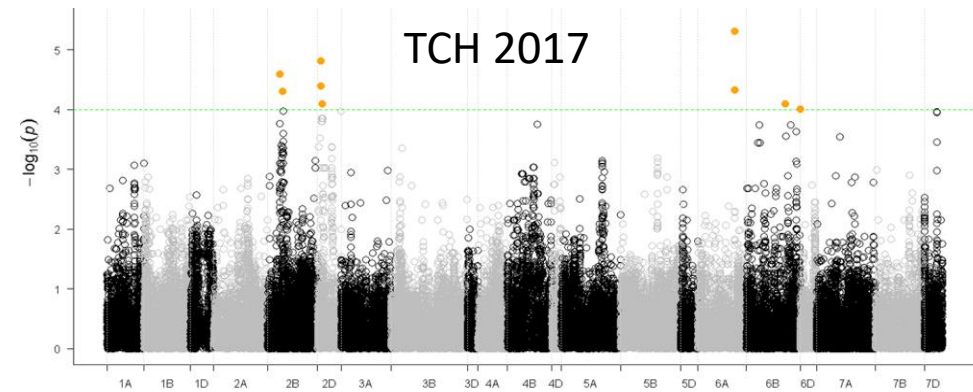
Germination sur
pied

2D, 3B, 4A,
4D

Génétique association :

- Marqueur par marqueur
- Haplotypage

Axe 2



Nombre de QTLs plus importants avec la méthode par haplotypage



Modèle de prédiction génomique

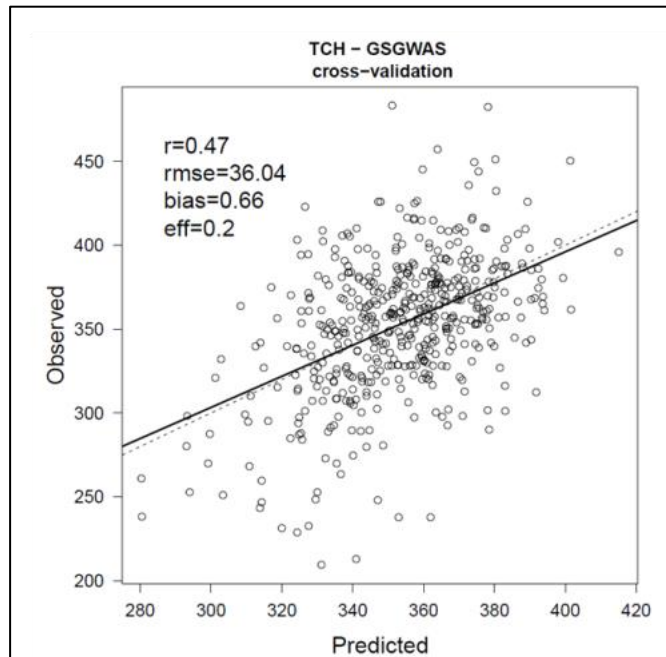
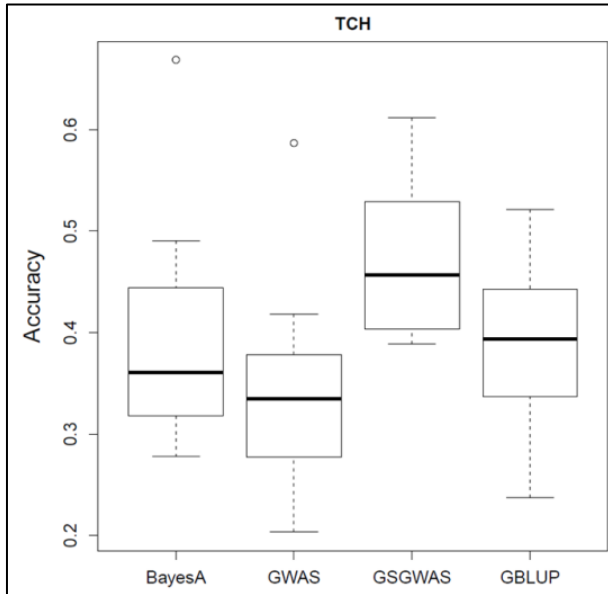
Axe 2

Plusieurs modèles testés :

- **Bayes A** : effet des marqueurs suit une loi normale
- **GBLUP** : effet des marqueurs faible et identique
- **GSGWAS** : GBLUP + marqueurs issus de gwas

Note: analyses « TCH » réalisées sur la base de données « historiques »

- Performance intéressante des modèles de prédiction génomique incluant les marqueurs identifiés par génétique d'association
- Même niveau de performance pour les autres traits



A retenir sur le volet génétique

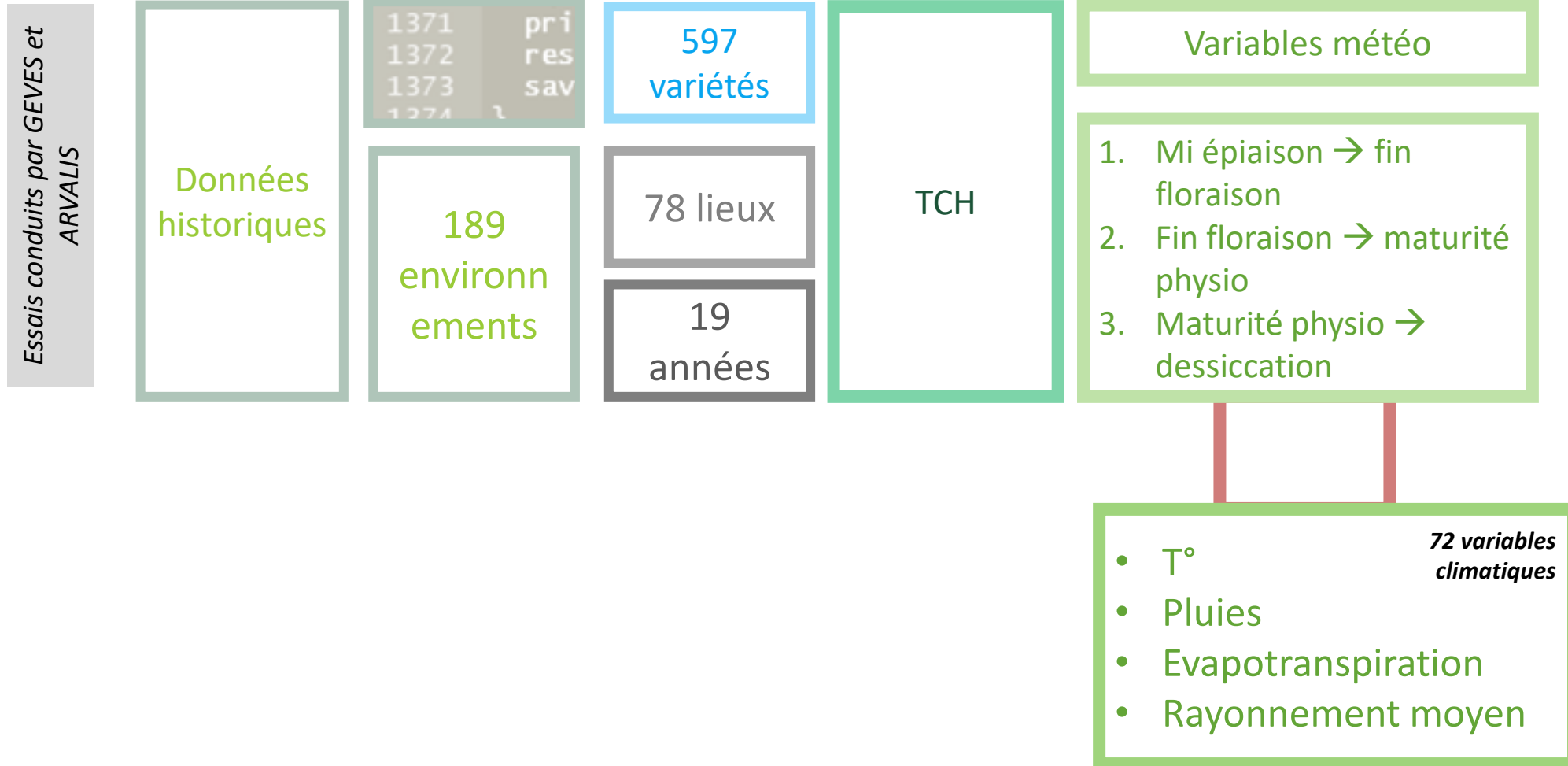
Axe 2

- Une majorité de QTLs identifiés sont listés dans la bibliographie
- Des études de colocalisation plus poussées sont nécessaires pour valider le rôle des gènes :
 - **Vp1 (3A,3B, 3D)** facteur principal contrôlant la germination et la dormance (Yang et al., 2007)
 - **QTL 2A, 2B, et gène ERA8 (4AL)** mis en évidence pour la dormance (en Australie)
- **QTL 1A** (-log.pval=12) identifié sur l'intensité de germination. Pas de biblio disponible, résultat à valider sur un jeu de donnée indépendant
- Les modèles de prédiction peuvent être utilisés pour la sélection. L'amélioration des performances peut être améliorée par l'ajout de marqueurs plus précis (**gène Phs-A1, chromosome 4A**, rôle majeur dans la germination sur pied)



Données expérimentales pour la modélisation du TCH récolte

Axe 3



La prépondérance de l'effet environnement

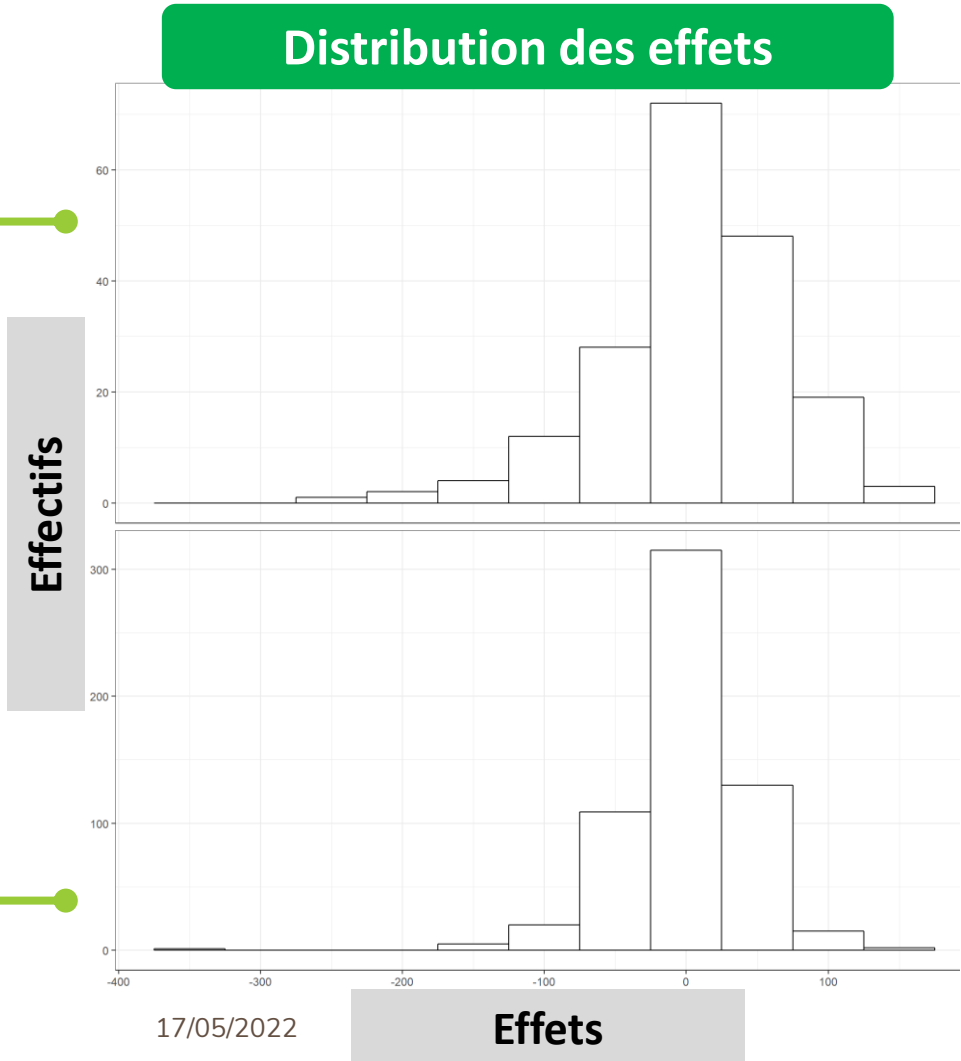
Axe 3

$$TCH = \text{Moyenne} + \text{Variété} + \text{Lieu} + \text{Année} + \text{Lieu} \times \text{Année} + \varepsilon$$



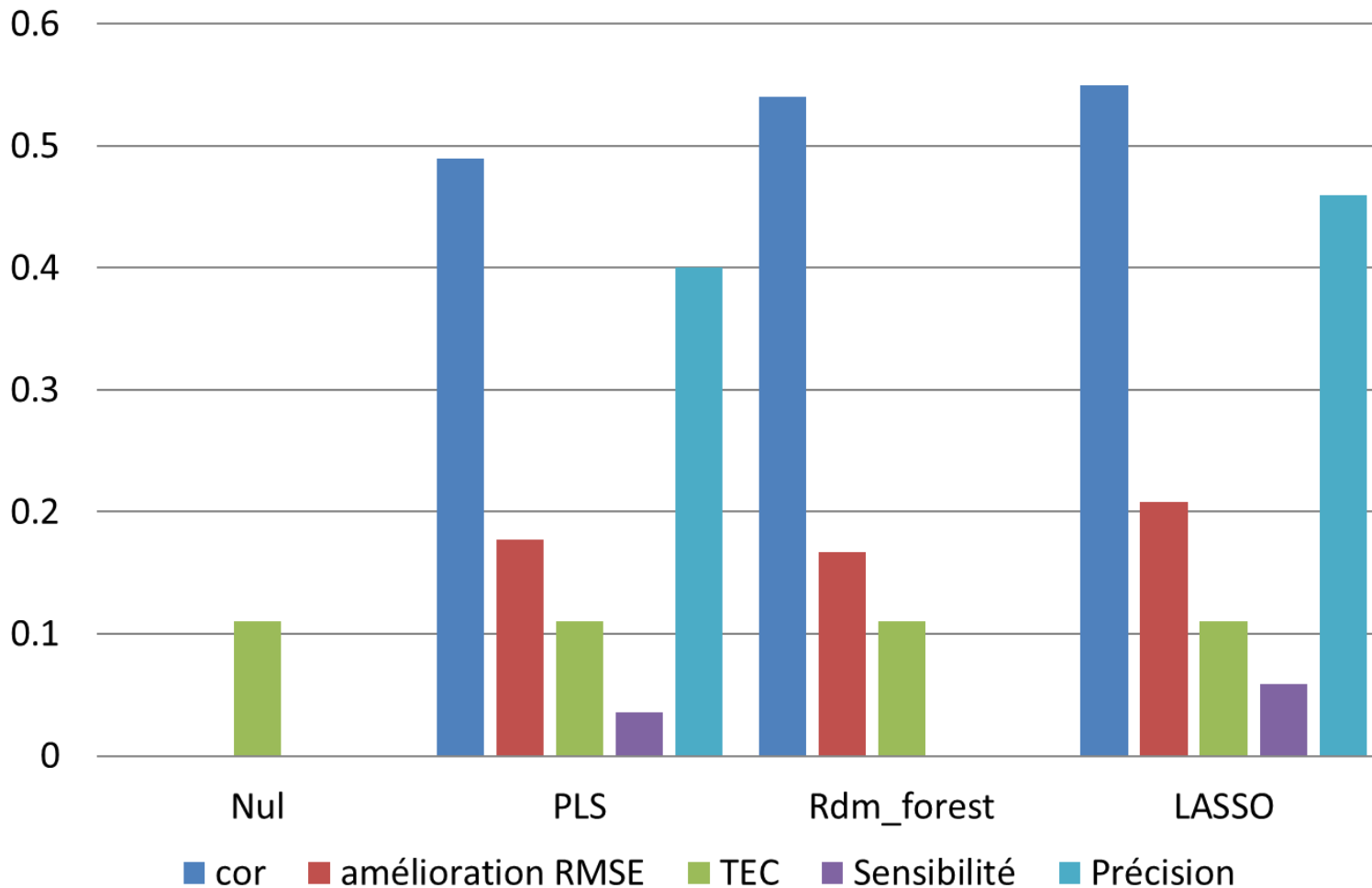
Analyse de variance
en modèle mixte

*Effets Variété, Lieu, Année et Lieu X
Année = aléatoire*



Les performances des différents modèles

Axe 3



TEC : taux d'erreur de classification (TCH < 220 s vs TCH > 220 s)
Sensibilité : capacité à détecter TCH < 220 s
Précision : précision du classement TCH < 220 s



Conclusion générale

Axe 1

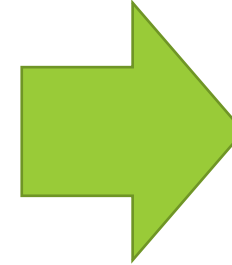
Indicateurs efficaces



**Résultats
valorisables**

Axe 2

QTLs de sensibilité à la germination sur
pied



**1ers résultats
prometteurs, à
approfondir**

Axe 3

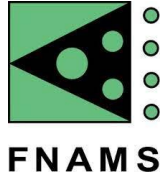
Prédiction précoce des risques de
baisse du TCH



**A
approfondir**



ARVALIS
Institut du végétal



INRAE



Merci de votre attention