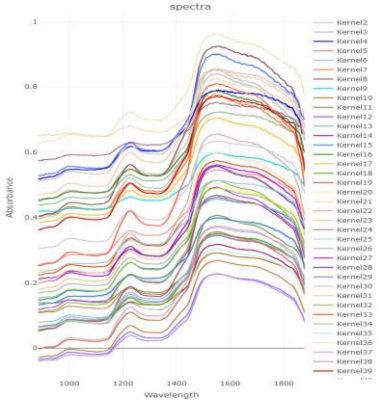
Wallonie recherche CRA-W

Centre wallon de Recherches agronomiques

Tri optique infrarouge grain à grain comme outil de phénotypage haut débit technologique et sanitaire



Pierre-Yves Werrie, Corentin Demoitie, Guillaume Jacquemin, Bruno Godin et les équipes de sélection et du laboratoire de technologie

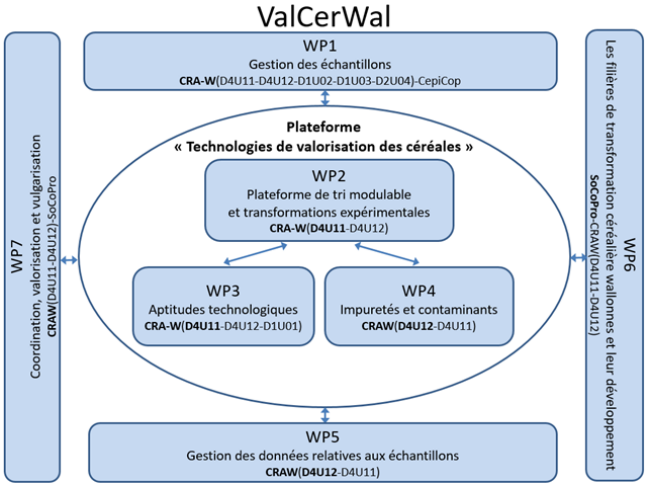
VALorisation des CERéales WALlonnes (VALCERWAL)

- Meilleure valorisation des céréales wallonnes (alimentation humaine)
  → Qualité technologique et sanitaire adaptée à la transformation
  → Culture moins intensive (demande sociétale)
- Augmenter la valeur ajoutée
  → Meilleur revenu filière
- Augmenter les usages possibles
  → Meilleure résilience

- 3 partenaires CRA-W
- U11- Labo chromato
- U11- Labo techno
- U12
- SOCOPRO
- CEPICOP

Wallonie Relance

Soutenir la **recherche appliquée** et l'**innovation technologique**

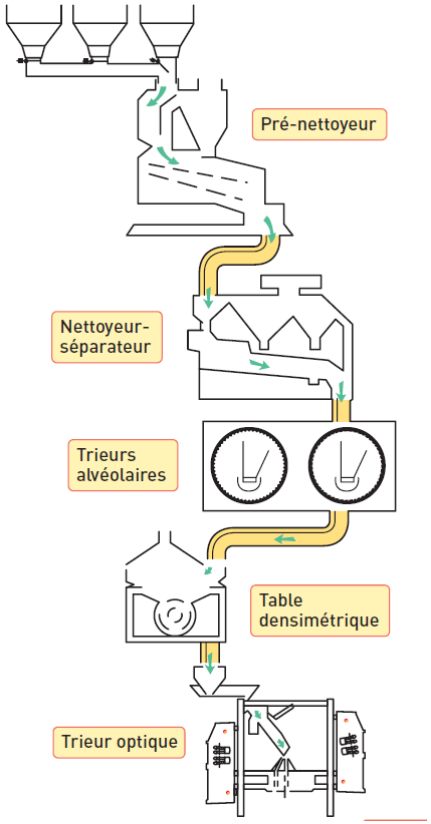


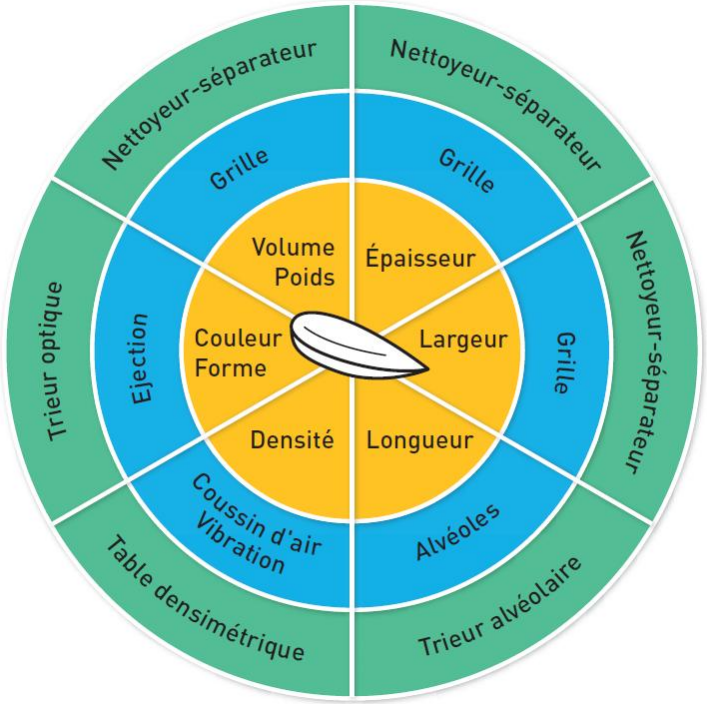
ValCerWal

Meilleure valorisation des céréales wallonnes

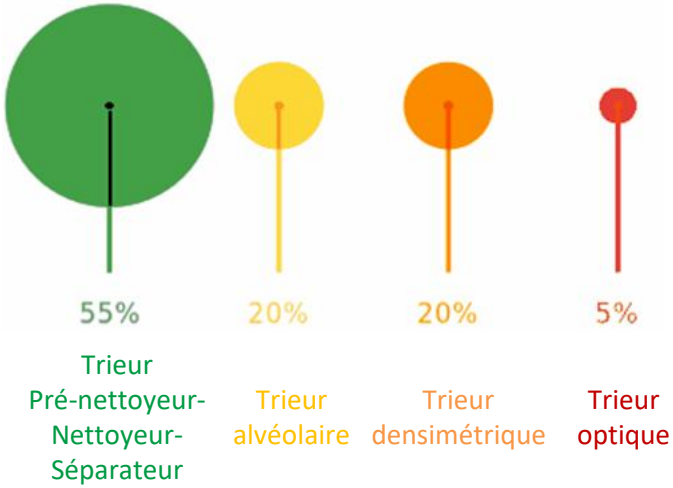
3) Optimiser les outils de tri à la valorisation recherchée

- Trieurs et réglage en fonction des problématiques et de la qualité envisagée
  → Plateforme de pilotes de tri de laboratoire

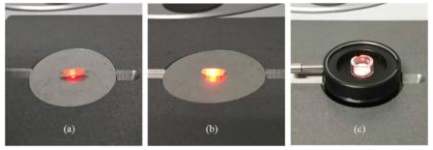




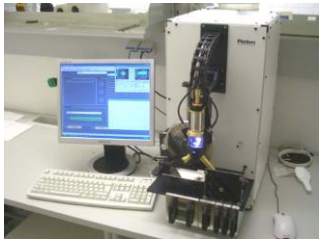
Répartition des déchets éliminés en production de semences



70’ – NIR dans le champs des céréales



80' - NIR pour un seul grain (dureté, protéines) Qualité et sélectionneurs

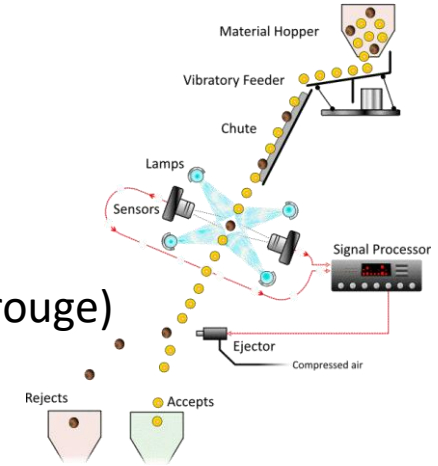


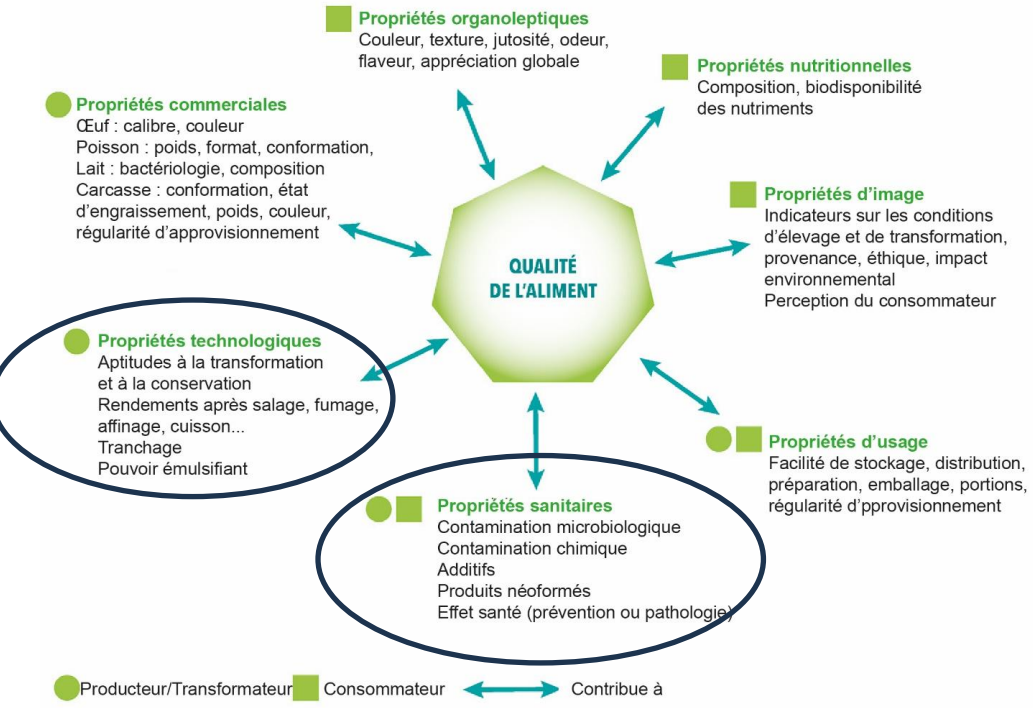
90’- NIR grain individuel et tri (automate)

Présent- application industrielle (T/h)

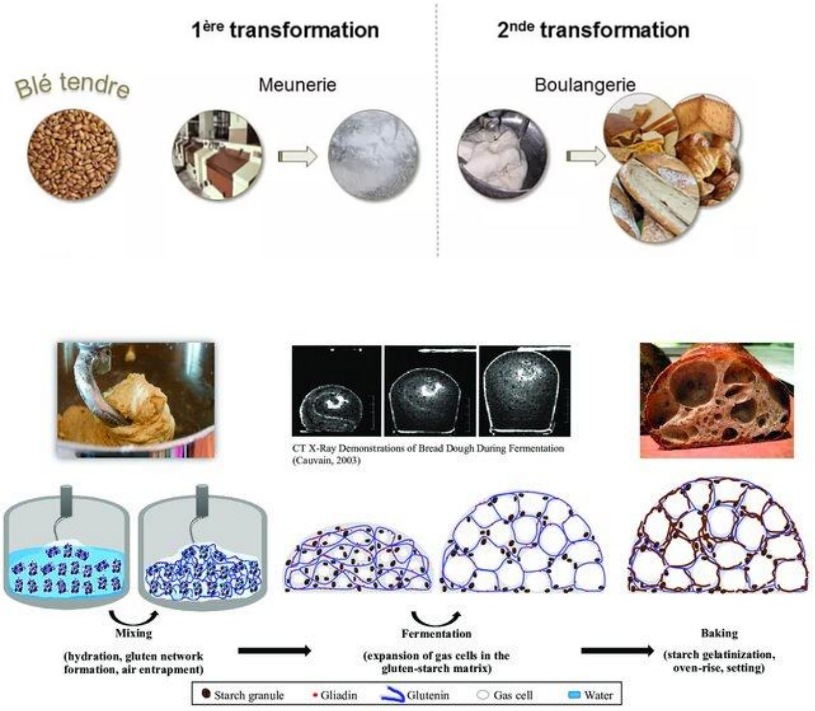
Principe de fonctionnement :

- Singularisation/Séparation des grains
- Détection (transmittance ou réflectance dans le proche infrarouge)
- Ejection (air comprimé)





Prache et al., 2022



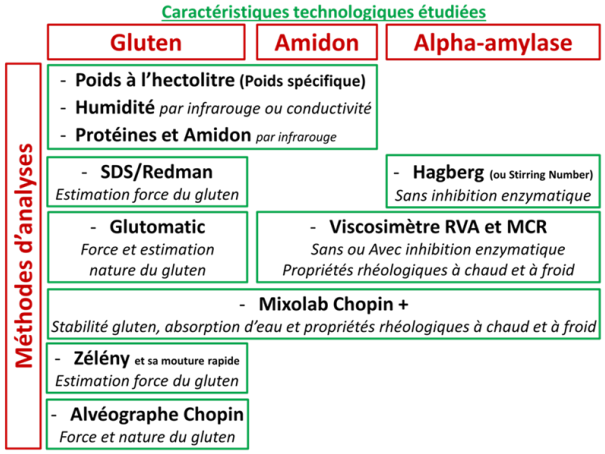
Qualité technologique = Aptitude à la transformation

Aptitude à la transformation en lien avec des caractéristiques :

- **Physiques**
  PMG, PS, Dureté, Humidité,..
- **Physico-chimiques**
  Protéine, Amidon, Enzyme
- **Rhéo-fermentaires**
  Rhéologique, Fermentaire

Classe de qualité (valeur commerciale)
Relative selon zone géographique et usage

Classes	Protéines en % de matière sèche	W en 10^{-4} joules/g	PS en kg/hl	Hagberg en seconde
Premium (A1)	> 11.5	> 170	> 77	> 240
Supérieur (A2)	> 11	Non spécifié	> 76	(> 220)
Medium (A3)	> 10.5	Non spécifié	Non spécifié	(> 170)
Access (A4)	Spécifique au contrat	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié



Qualité panifiable belge du froment	Améliorant	Premium	Supérieur
Variété	Q1A	Q1	Q2
Humidité (%)	‹14,5 (‹15,5)		
Hagberg(s)	›220 (›180)		
Alvéographe Chopin : W Force boulangère (10-4 J)	›275 (›250)	›225 (›200)	›175 (›150)
Alvéographe Chopin : P/L Rapport Ténacité/Extensibilité	‹1,5 (‹2,0)		
Stabilité du gluten au Mixolab + (min)	›10	›9	›8
Zélény (ml)	›40	›35	›30
Protéines (N*5,7 ; %MS)	›12,0 (›11,5) BIO : ›11,5 (›11,0)	›11,5 (›11,0) BIO : ›11,0 (›10,5)	›11,0 (›10,5) BIO : ›10,5 (›10,0)
Poids à l'hectolitre brut (kg/hl)	›76,0 (›73,0)		

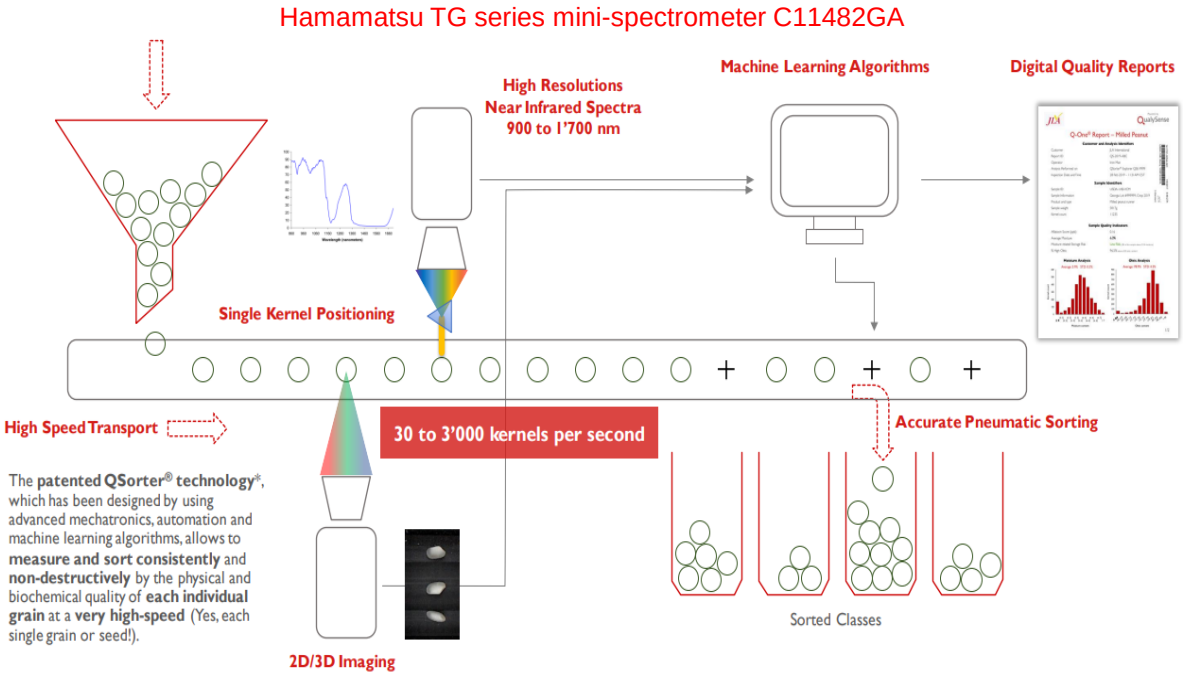
Les valeurs entre parenthèses correspondent au seuil limite souple.

Projet FARWAL Vade Mecum sur la création d'une filière céréalière complète

➡ **Classement des variétés et des itinéraires de production**

Trieur Optique

Qsorter Explorer
Qualysense ©



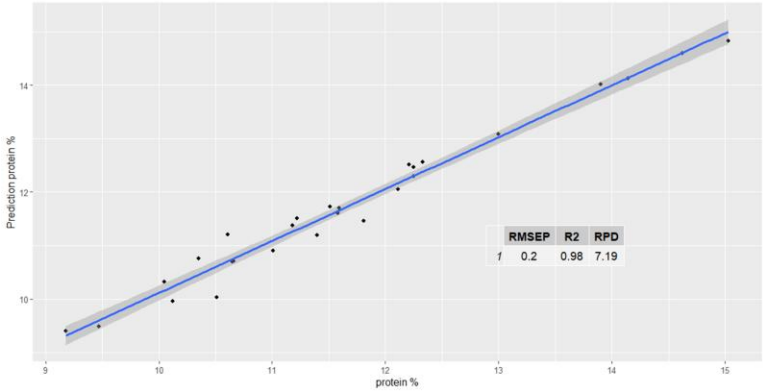
20-30 ms/graine

1. Acquisition : Spectre IR par réflexion 900-1700nm et image RGB
2. Prédictions (machine learning)
3. Tri (seuil de coupure fixe ou variable)

Machine learning :

Développement et implémentation de modèles **PLS-DA et PLS-R** :

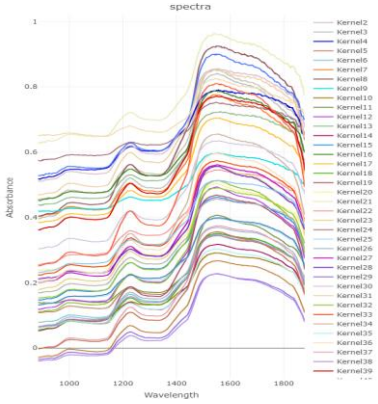
Valeur(s) de référence(s)



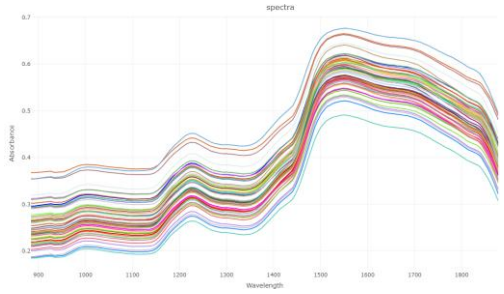
×

Spectre

Spectre grain



Spectres moyen (+/- 1500)



Pré-traitement :

- SNV
- Savitzky-Golay

Applications potentielles dans

1) Automatisation du Contrôle qualité

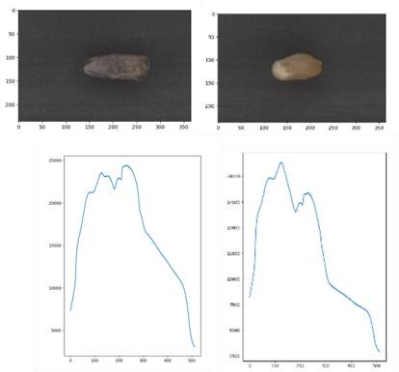
2) Amélioration de la qualité des lots

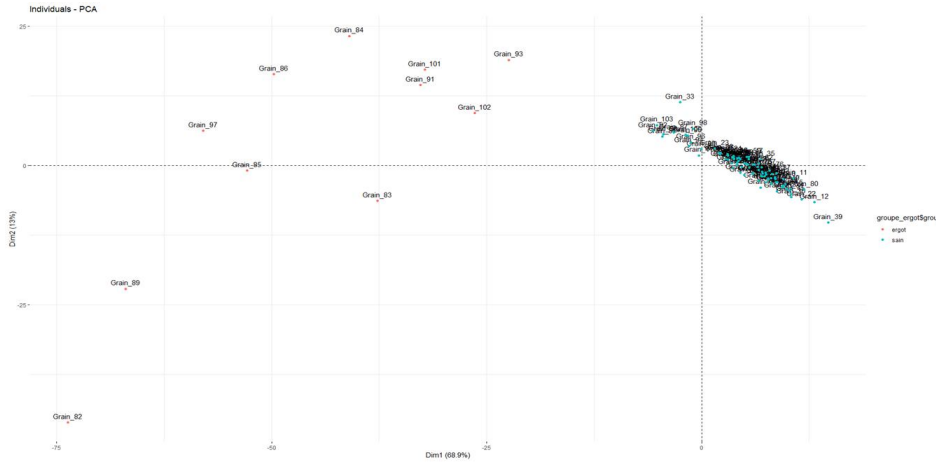
3) Appuis à la création variétal

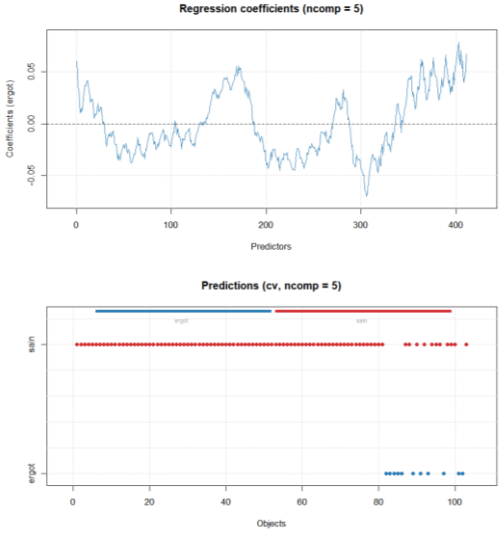
1) Automatisation du Contrôle qualité (Détection des contaminants)

Qualité sanitaire : ergot (*Claviceps purpurea*)

directive européenne 1399/2021, la présence de sclérotes dans les lots de céréales destinées aux denrées alimentaires ne doit pas dépasser 0.2 g/kg (3 à 5 sclérotes)





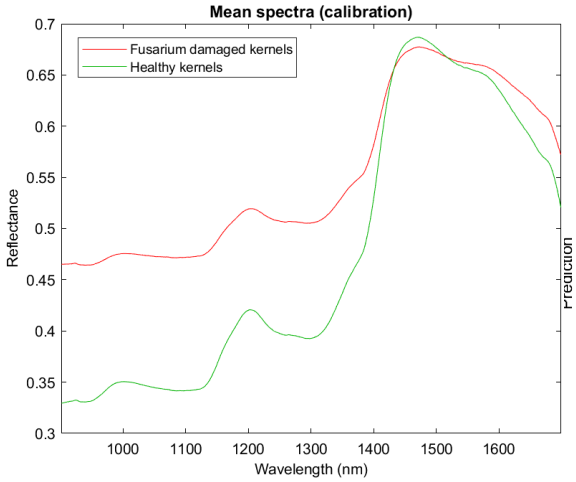


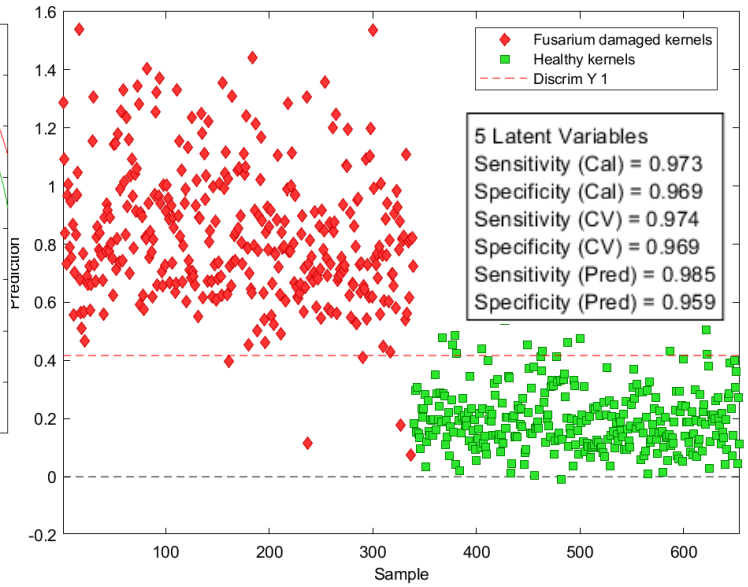
Méthodes « des contrôles officiels »
règlements EU 401/2006 et 691/2013

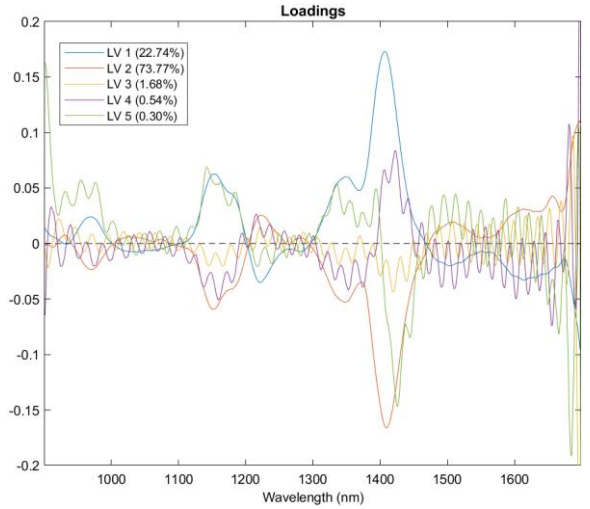
60 à 100 **échantillons élémentaires** (1kg) dans une benne de 30 tonnes

1) Automatisation du Contrôle qualité (Détection des contaminants)

Qualité sanitaire : Grains fusariés

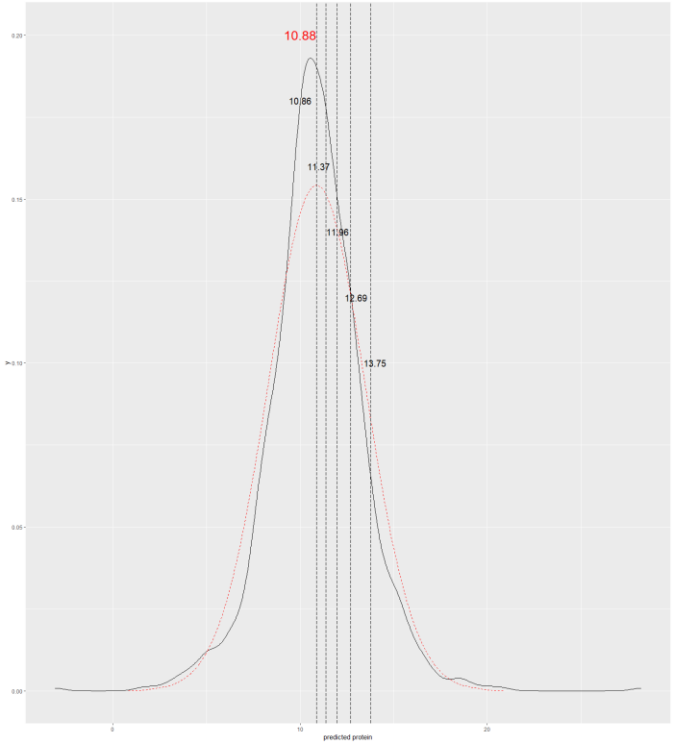


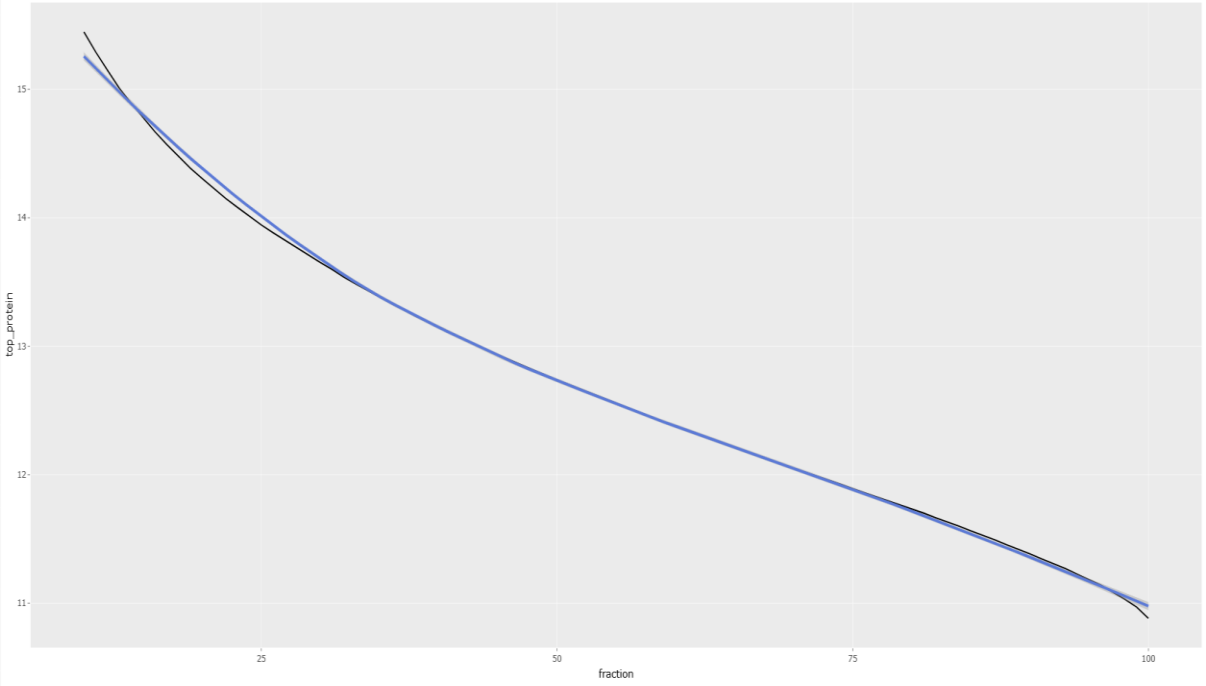




1) Automatisation du Contrôle qualité

Qualité technologique : Teneur en protéine Froment



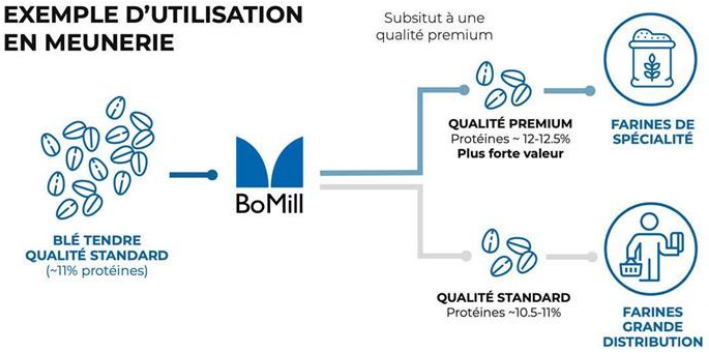


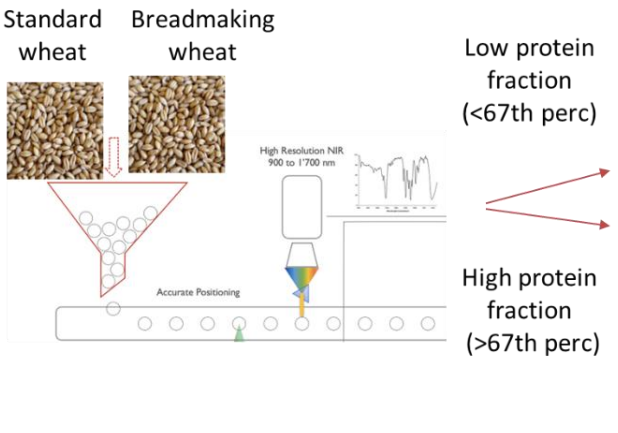
Distribution (homogénéité du lot)
potentiel de tri

2) Amélioration de la qualité des lots

Qualité technologique : Teneur en protéine Froment

Variety	Country	Year	High molecular weight glutenin (HMWG)			Grades
			Glu-A1	Glu-B1	Glu-C1	
Alessio	Autriche	2016	1	7+9	2+12	Standard
Arminius	Autriche	2016	2*	7+9	5+10	Breadmaking
Christoph	Autriche	2018	1	7+9	5+10	Breadmaking
Kerubino	Luxembourg	2010	0	7+9	2+12	Breadmaking
Cubitus	France	2019	0	6+8	5+10	Standard
Socade CS	Belgium/France	2020	2*	7+8	5+10	Standard
Broadway	Belgium	2020	0	6+8	5+10	Standard
LG Keramik	PL BE CZ	2019	0	17+18	5+10	Standard
LG Optimist	Belgium	2022	1	7+8	3+12	Standard
LID Calinda	Belgium	2024	2*	6+8	5+10	Breadmaking
Moschus	Germany	2016	2*	17+18	2+12	Breadmaking

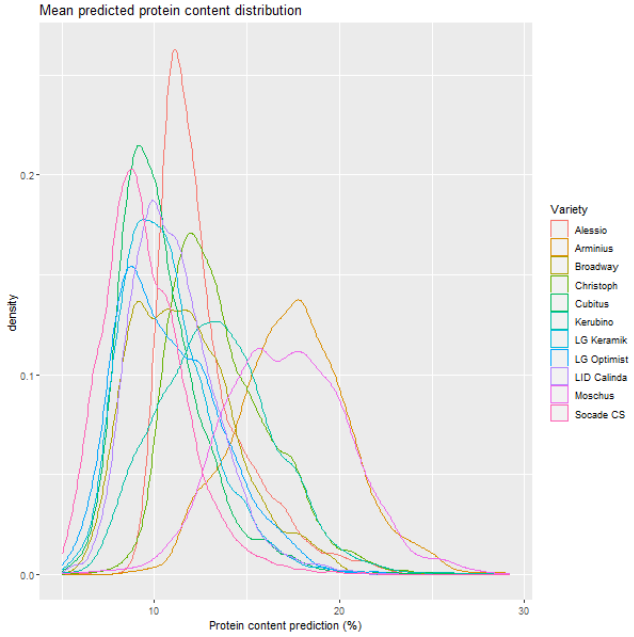


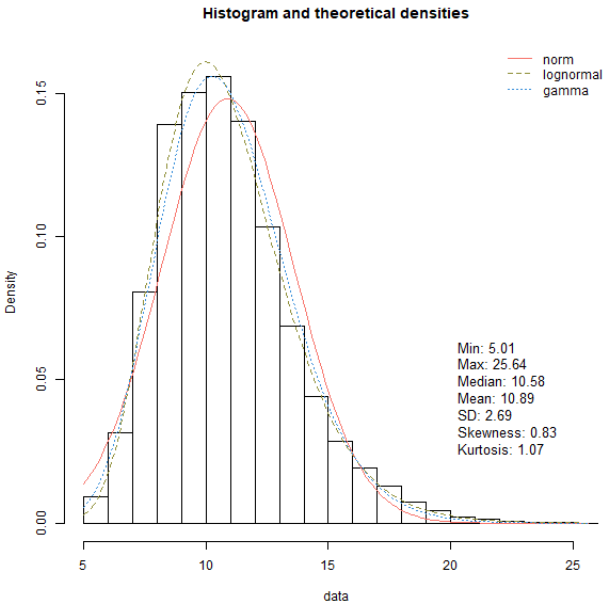


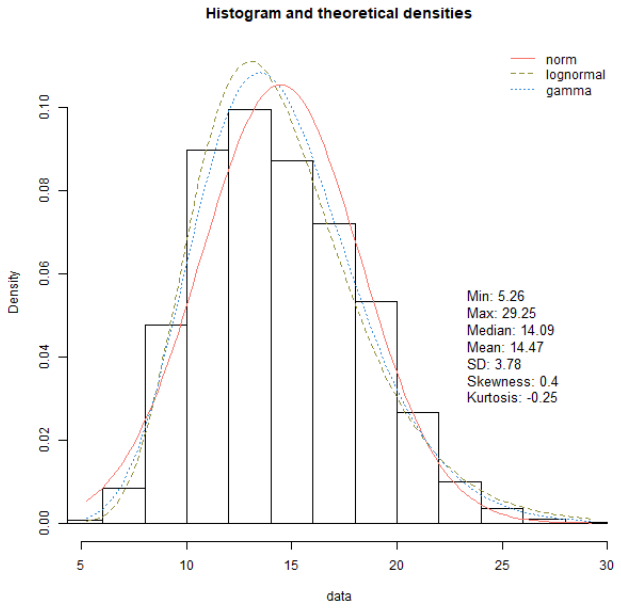
- Grain protein content
- Hagberg Falling number
- Zeleny sedimentation index
- Flour milling and quality (Milling, Flour, Glutomatic)
- Dough rheological quality (Glutopeak, Alveolab, Mixolab)
- Bread morphology
- Texture profile analysis
- Crumb structure

2) Amélioration de la qualité des lots

Qualité technologique : Teneur en protéine Froment

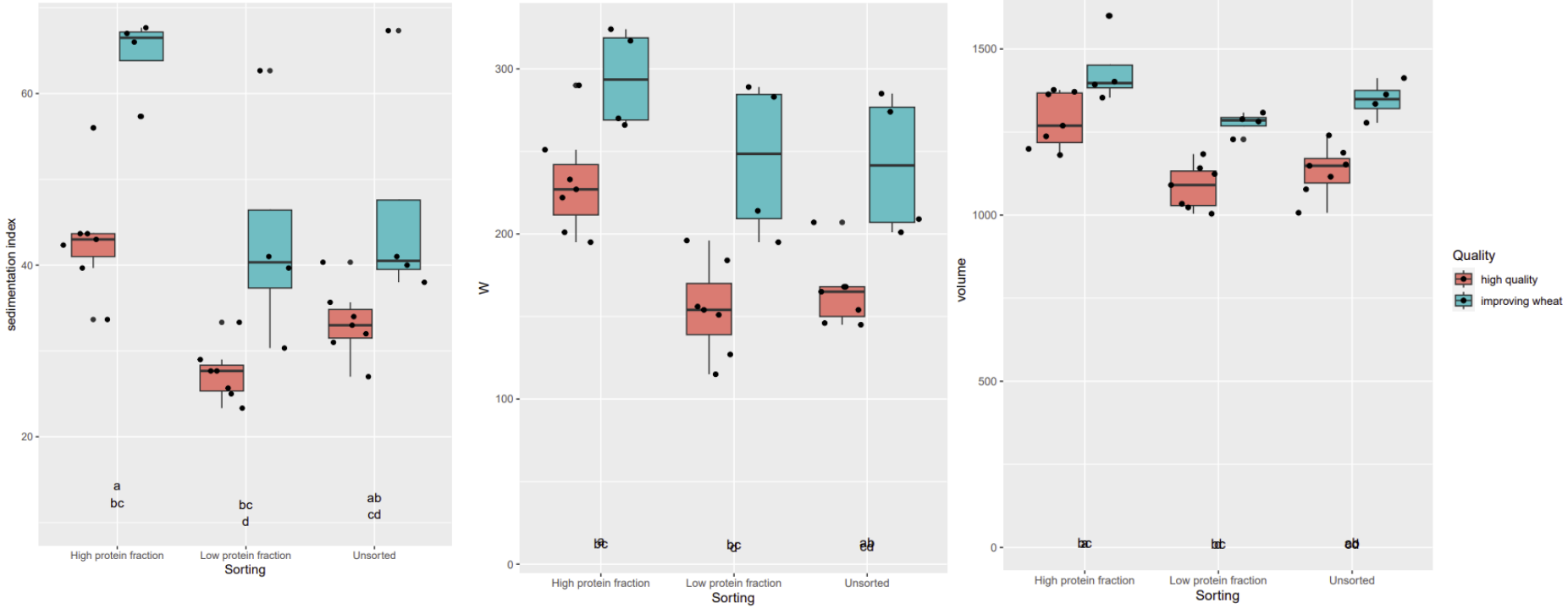






2) Amélioration de la qualité des lots

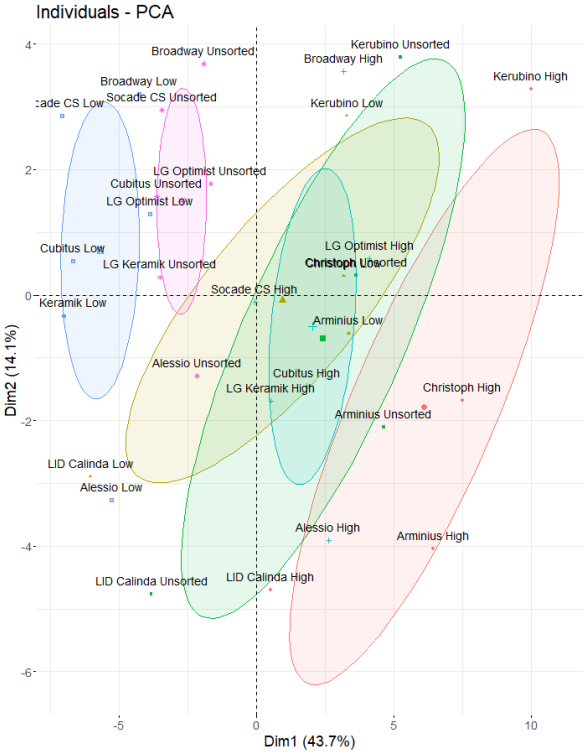
Qualité technologique : Teneur en protéine Froment

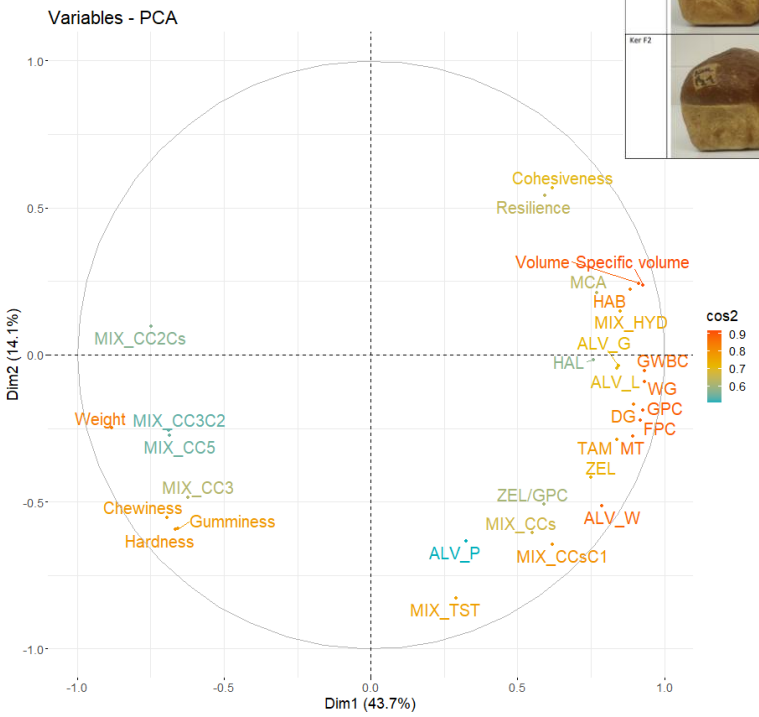


Évaluation robustesse technologique

2) Amélioration de la qualité des lots

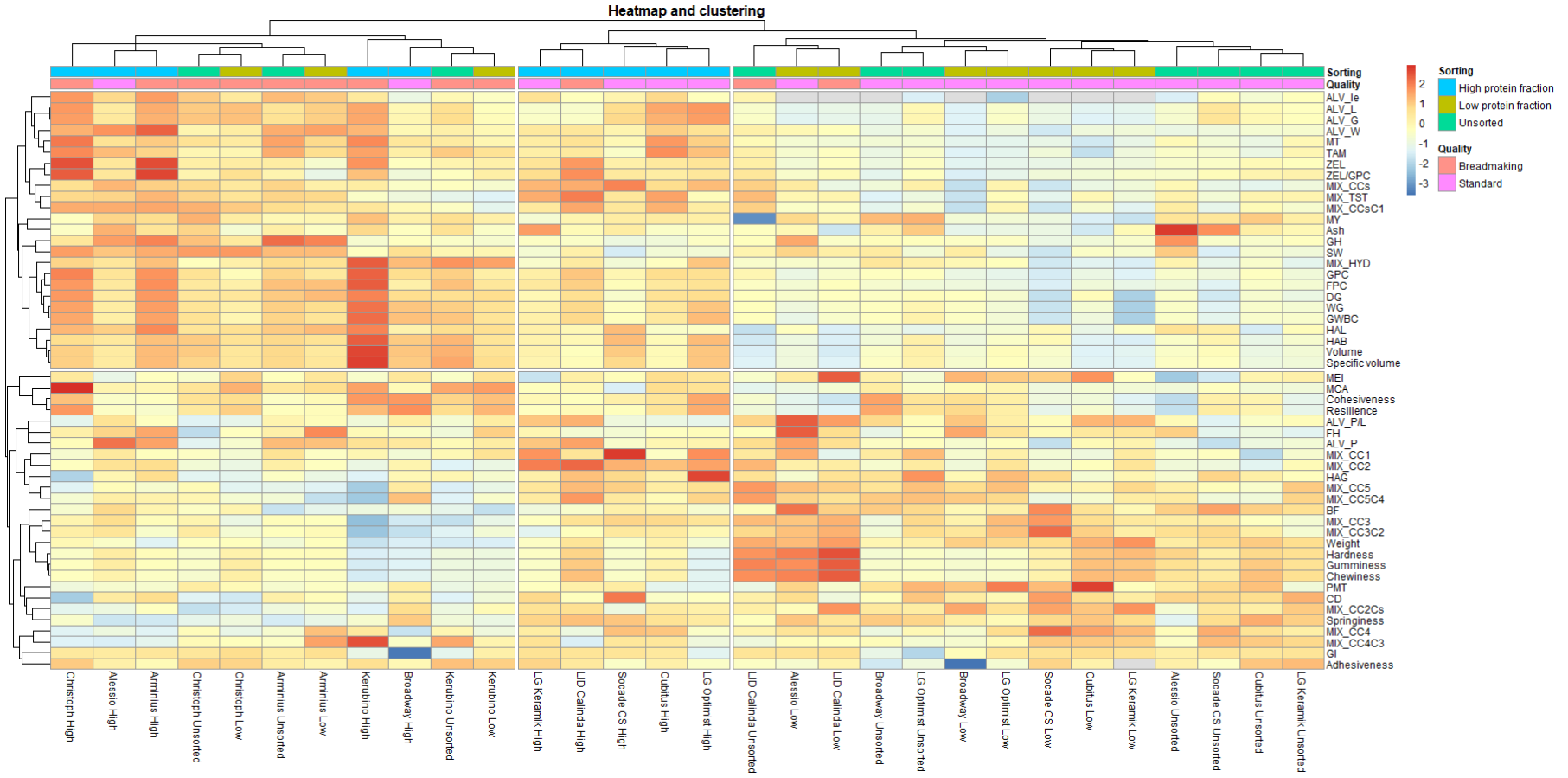
Qualité technologique : Teneur en protéine Froment





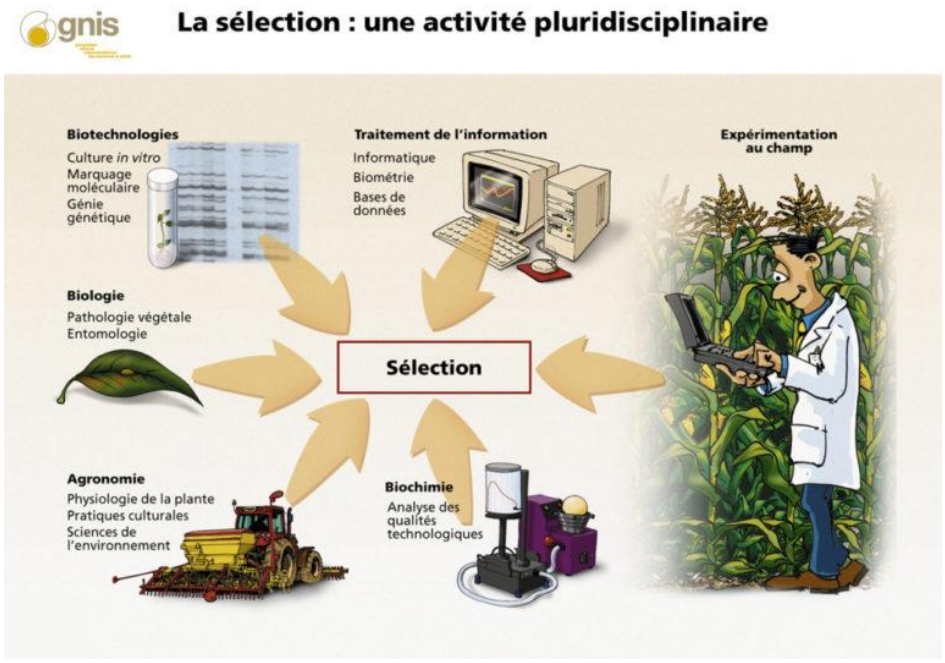
2) Amélioration de la qualité des lots

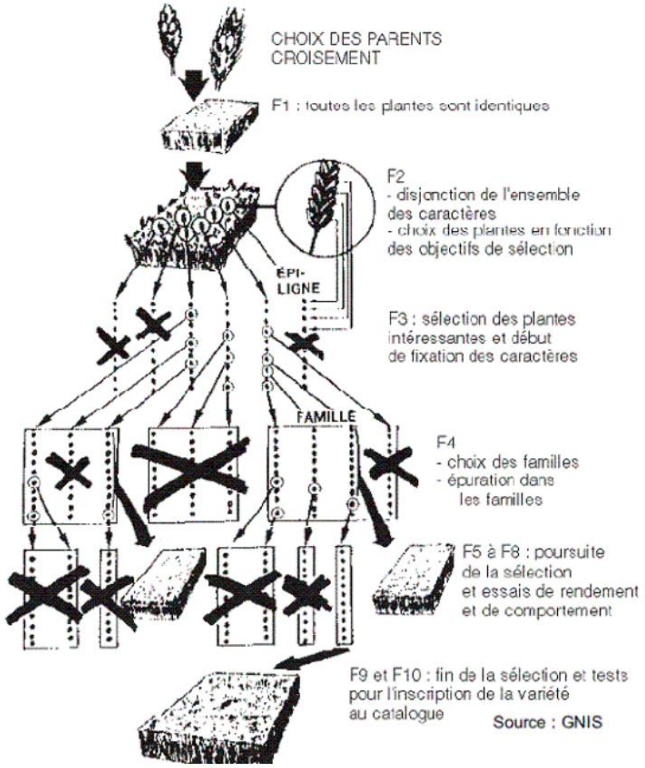
Qualité technologique : Teneur en protéine Froment



3) Appuis à la création variétal

Qualité technologique : Teneur en protéine & mitadinnage Blé dur (C. Demoitié)

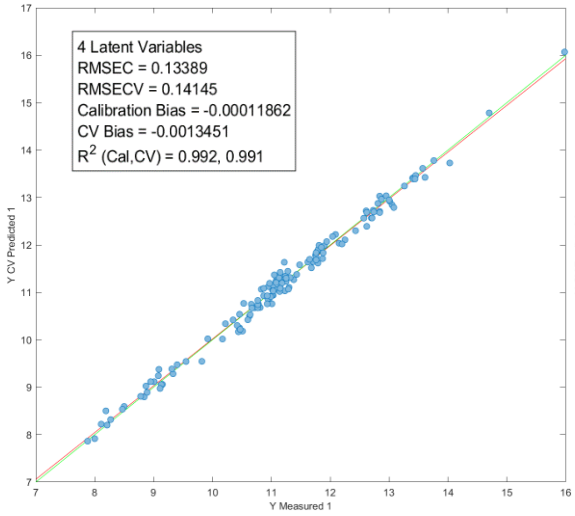


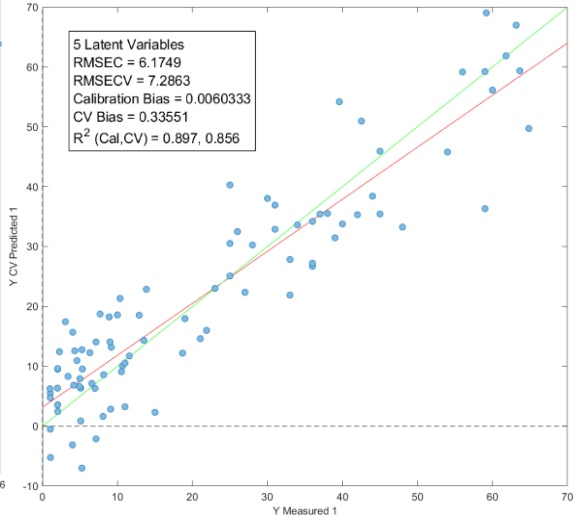


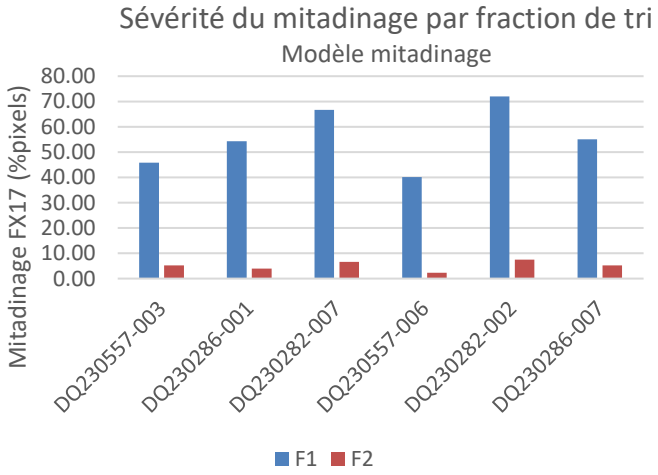
Blé dur de qualité (protéine/mitadinnage) adapté au climat belge (futur)
Sélection Phénomique

3) Appuis à la création variétal

Qualité technologique : Teneur en protéine & mitadinnage Blé dur (C. Demoitié)



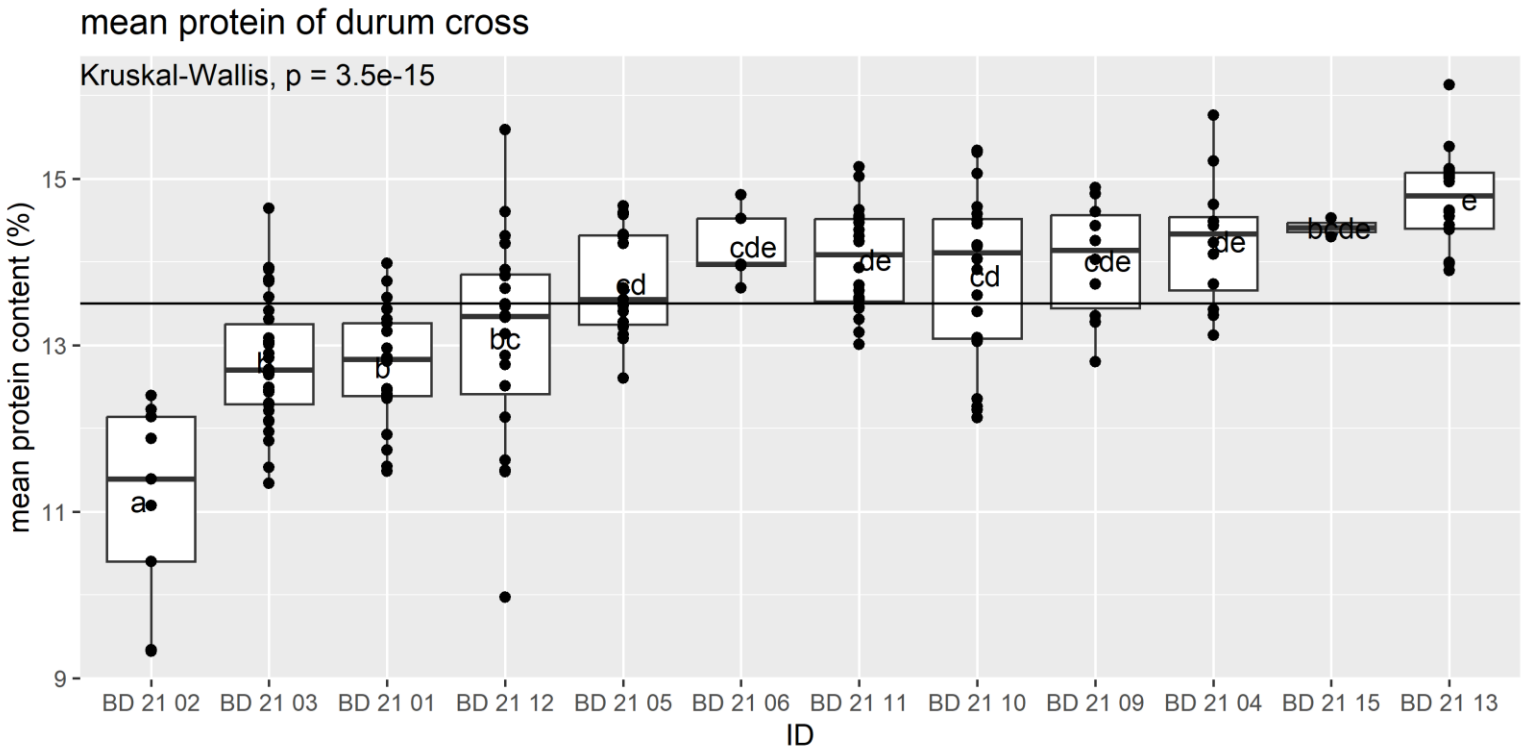




Diminution mitadinage fraction vitreuse en-dessous norme industrie même pour lot très mitadins

3) Appuis à la création variétal

Qualité technologique : Teneur en protéine & mitadinnage Blé dur (C. Demoitié)

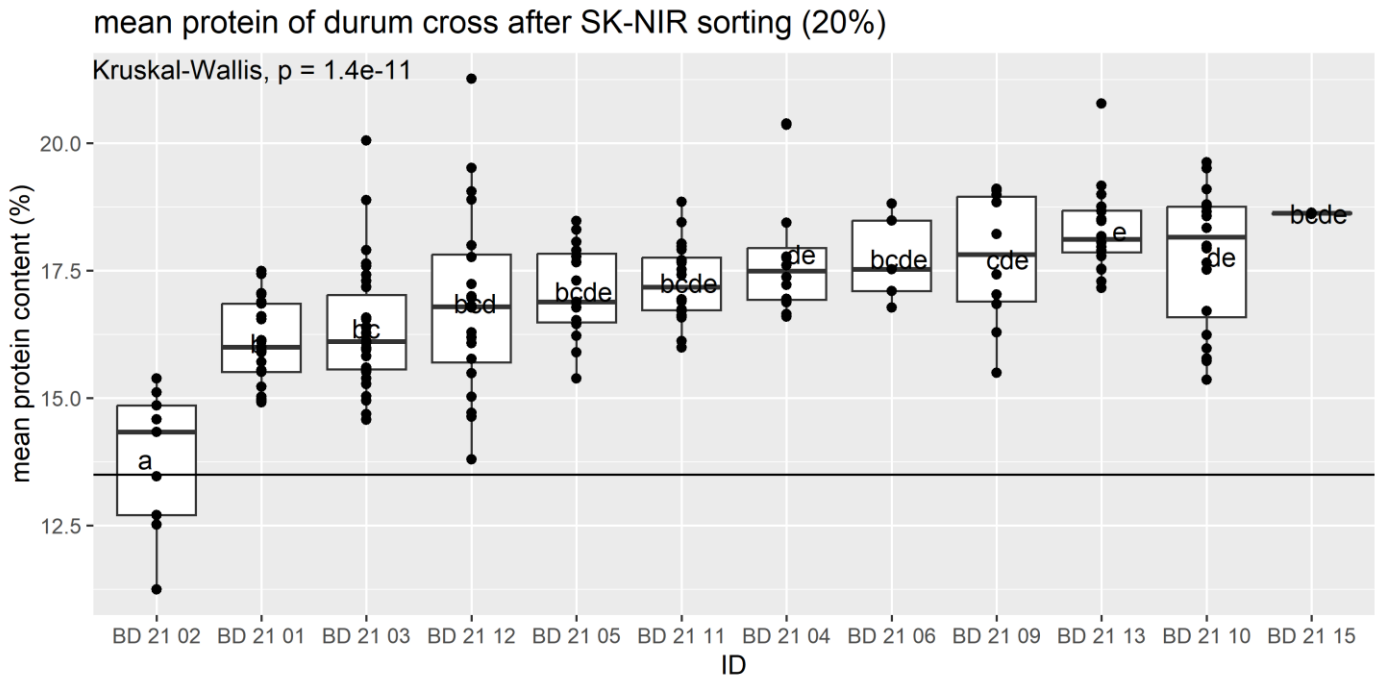


Chaque point est une répétition d'un croisement de blé dur en F3

Ecart important entre les croisement et au sein des répétition de ceux-ci

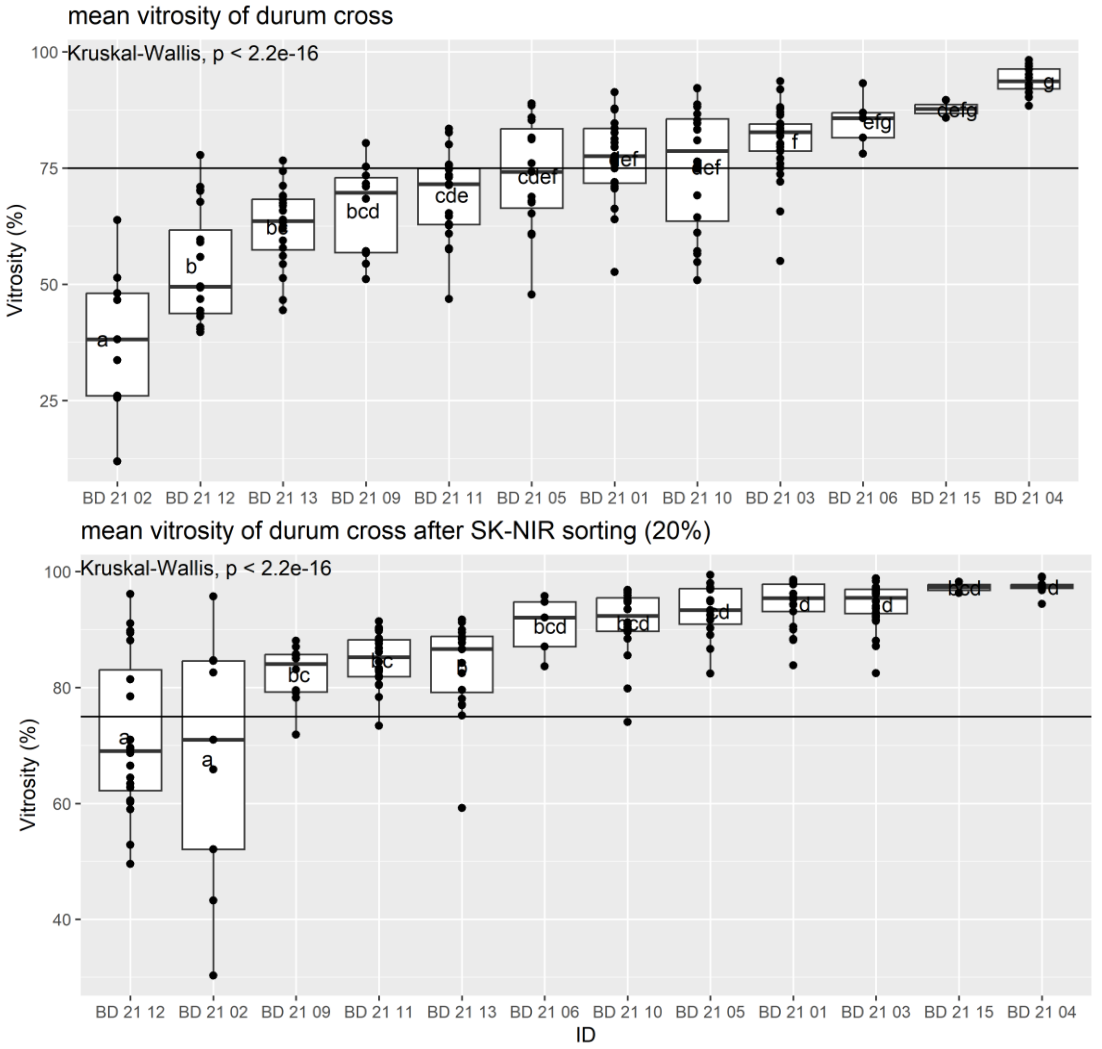
3) Appuis à la création variétal

Teneur en protéine moyenne après tri des 20% supérieur

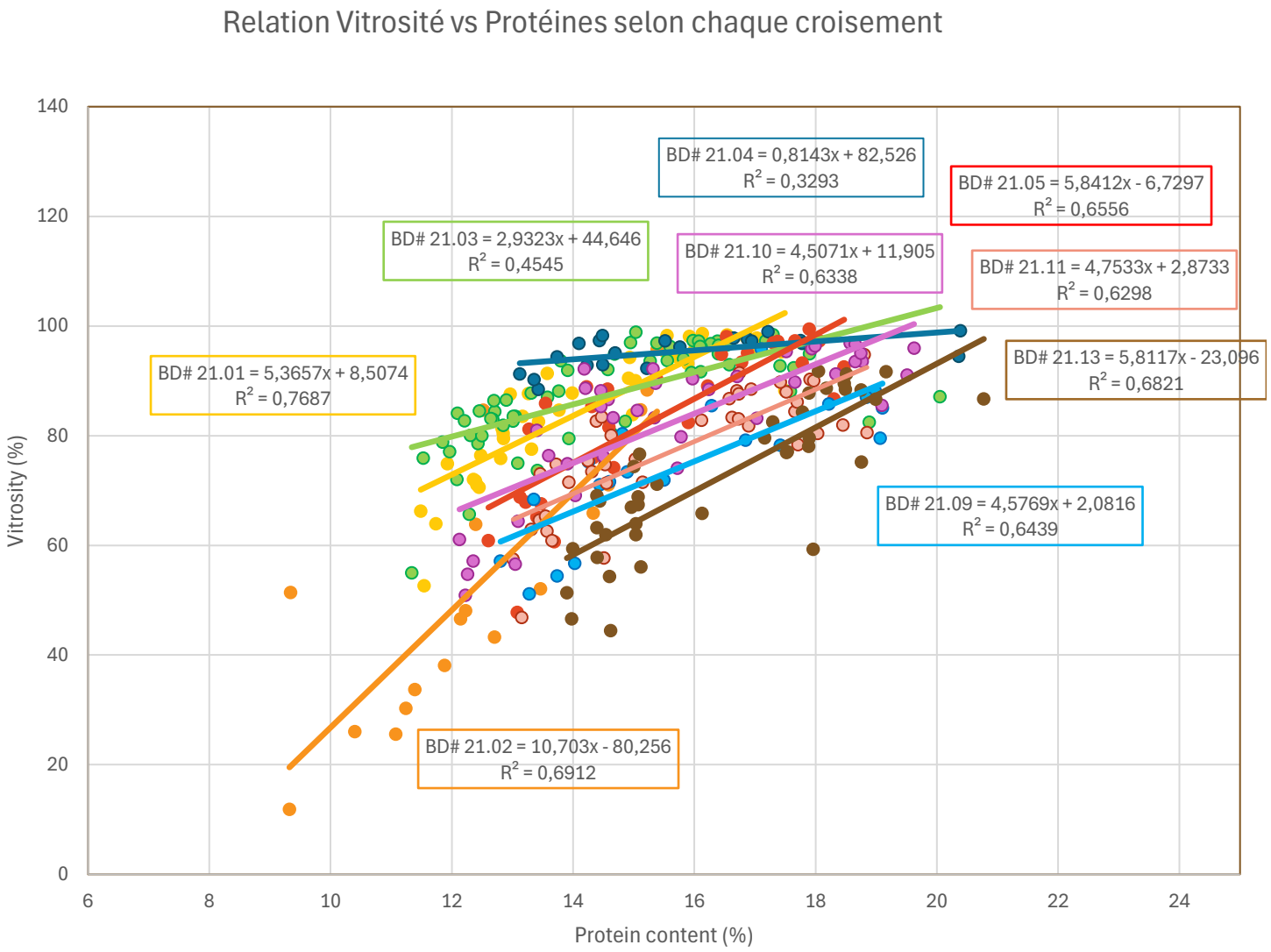


3) Appuis à la création variétal

Tendance similaire pour la vitrosité des grains

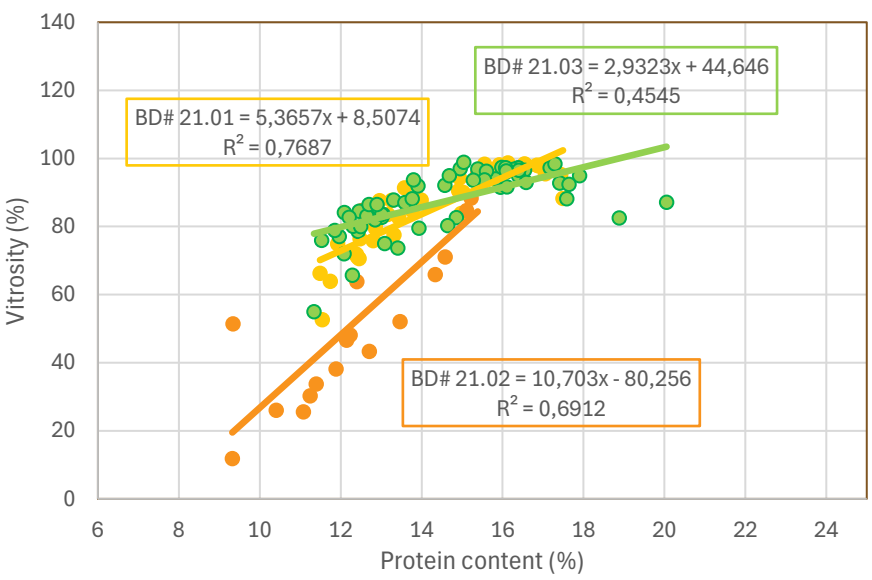


3) Appuis à la création variétal

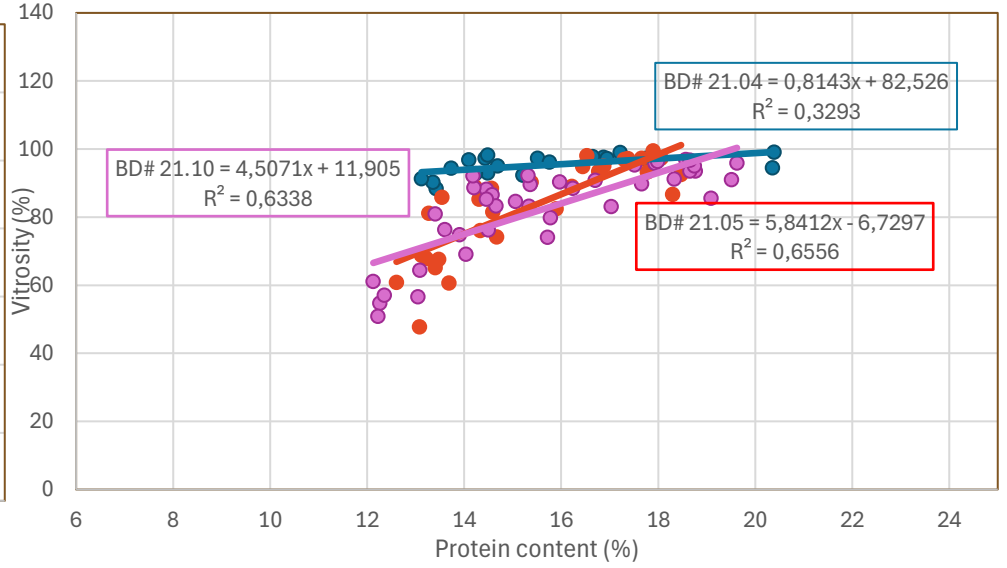


3) Appuis à la création variétal

Croisement incluant Wintergold



Croisement incluant Karur



3) Appuis à la création variétal

Classement rapide et bon marché de la descendance

- La pépinière F4 est sur 6 rangs
- 2 rangs avec des grains à haute teneur en protéines

- Les spectres NIR en tant qu'indicateur du caractère cible
- Possibilité d'étendre à d'autres environnent (GEI)
- Inclure des données génomiques

→ Sélection Phénomique

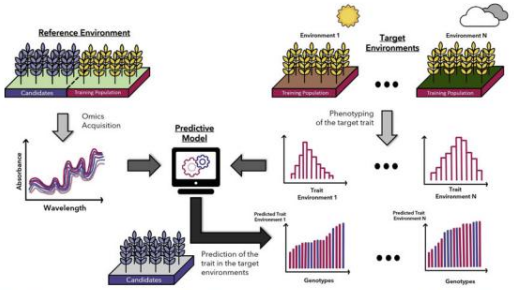
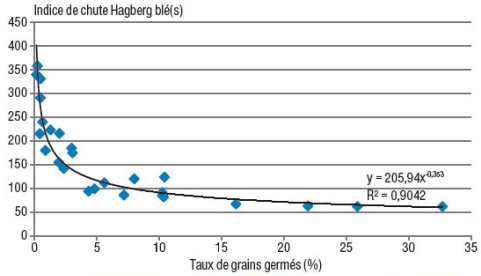


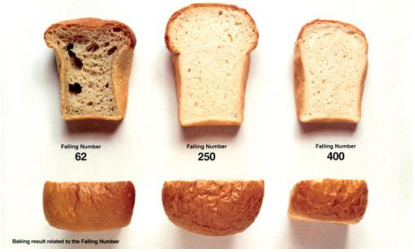
Fig. 1 Prediction of a target trait for the selection candidates in different environments with GLOB selection. Training population is phenotyped for the target traits (e.g., productivity) in the target environments. Omics or phenomic data (e.g., NIR spectra) are collected on both the candidate and the training individuals in a same reference environment, for capturing a genetic similarity between individuals. Genotypic values of the selection candidates are predicted for the target traits in each target environment

Pauline Robert, Charlotte Brault, Renaud Rincent, Vincent Segura. Phenomic Selection: A new and efficient alternative to genomic selection. Methods in Molecular Biology, 2022, Methods in Molecular Biology, 2467, pp.397-420. ff10.1007/978-1-0716-2205-6_14ff. ffhal-03654962f

Technologique

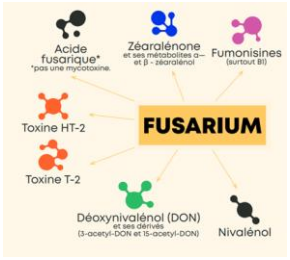
- Temps de chute de hagberg (pré-germination physiologique)
- Qualité des protéines (zélény, W,…)





Qualité sanitaire

- Grains fusariés (mycotoxines)
- Carie



Sélection variétale

Envoyez nous vos échantillons !

Des questions / collaborations ?
p.werrie@cra.wallonie.be

Merci pour votre attention !

Envoyez nous vos échantillons !

Des questions / collaborations ?
p.werrie@cra.wallonie.be

Merci pour votre attention !

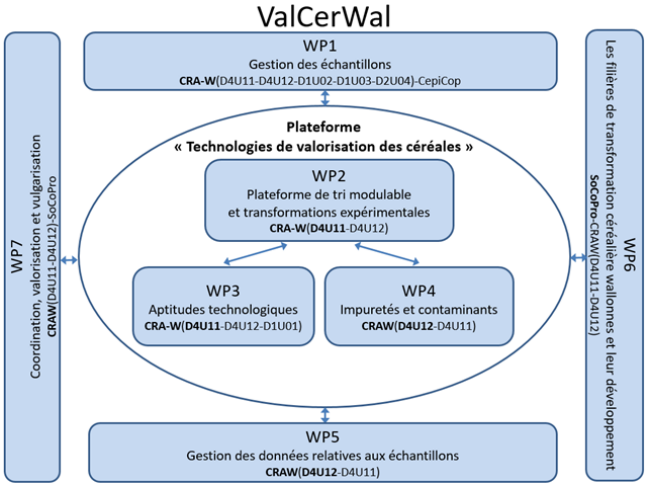
II. VALorisation des CERéales WALlonnes (VALCERWAL)

- Meilleure valorisation des céréales wallonnes (alimentation humaine)
  → Qualité technologique et sanitaire adaptée à la transformation
  → Culture moins intensive (demande sociétale)
- Augmenter la valeur ajoutée
  → Meilleur revenu filière
- Augmenter les usages possibles
  → Meilleure résilience

- 3 partenaires CRA-W
- U11- Labo chromato
- U11- Labo techno
- U12
- SOCOPRO
- CEPICOP

Wallonie Relance

Soutenir la **recherche appliquée** et l'**innovation technologique**

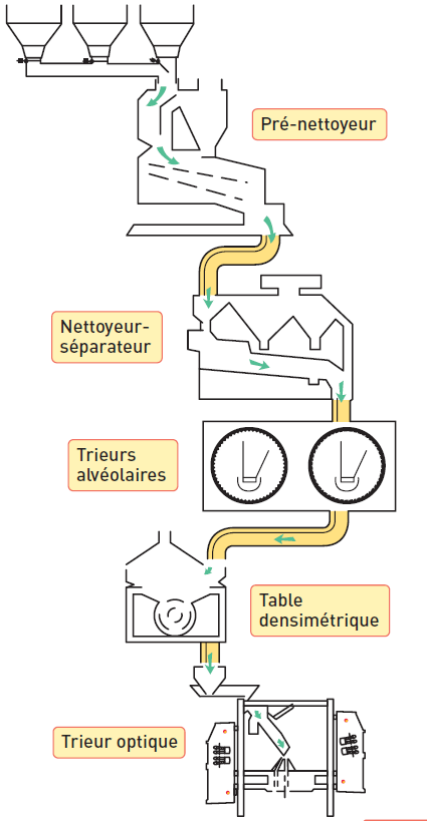


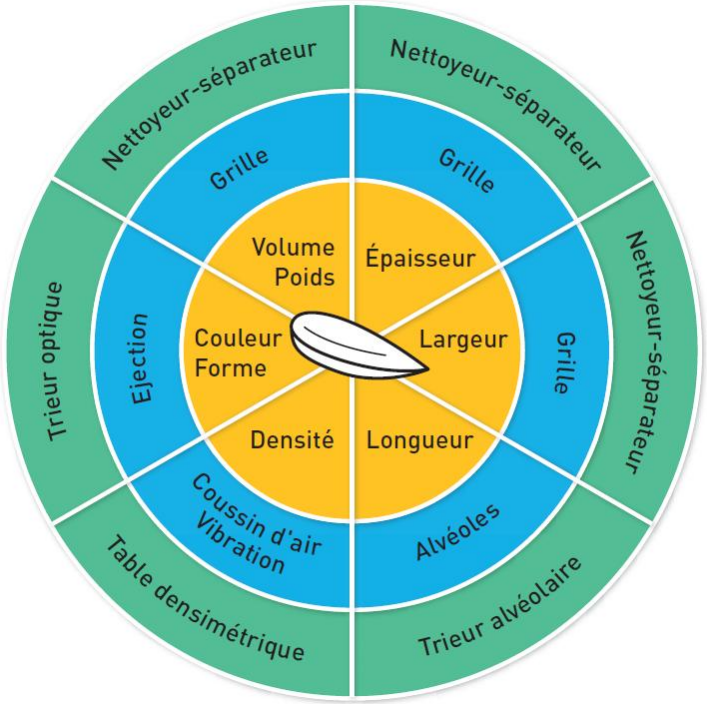
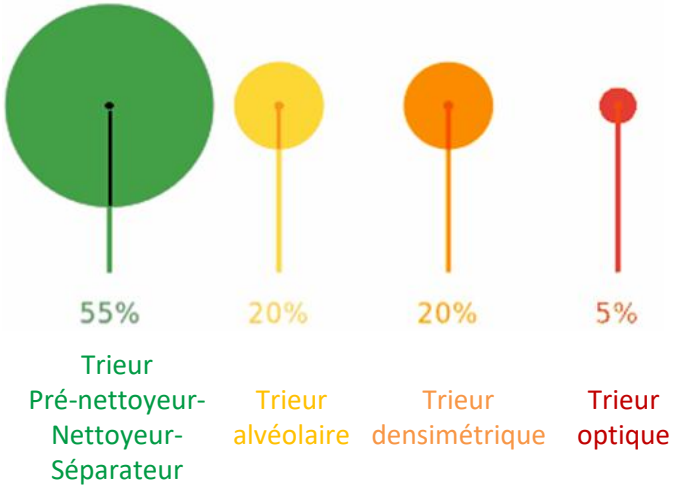
ValCerWal

Meilleure valorisation des céréales wallonnes

3) Optimiser les outils de tri à la valorisation recherchée

- Trieurs et réglage en fonction des problématiques et de la qualité envisagée
  → Plateforme de pilotes de tri de laboratoire





Répartition des déchets éliminés en production de semences