



Sélection des légumineuses fourragères pour accroître leur rôle agroécologique

Bernadette Julier

Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères, Lusignan

La sélection : un levier pour améliorer

- le rendement,
- la qualité
- l'adaptation aux milieux, aux pratiques de culture et aux usages

pour maximiser les services

Sélection des légumineuses

- Quelles espèces et quels (nouveaux) critères ?
- Renouvellement des approches de sélection
 - diversité génétique
 - phénotypage
 - sélection assistée par marqueurs
- Forces en présence

Quelles espèces ?

Espèces	Nombre de variétés sur le catalogue français en 2022 ¹	Nombre de variétés sur le catalogue européen en 2022 ¹	Surfaces de multiplications de semences en France en 2022 (ha) ²	Ventes de semences en France en 2020/21 (qx) ²
Espèces pérennes				
Luzerne	80	431	19 271	39 571
Trèfle violet	33	244	5 566	22 974
Trèfle blanc	31	122	50	9 428
Sainfoin	1	21	394	7 689
Lotier	1	34	126	1 506
Espèces annuelles				
Trèfle incarnat	6	49	2 857	20 859
Trèfle d'Alexandrie	5	50	537	18 229
Trèfle de Perse	0	26	53	1 409
Trèfle hybride	1	15	5	1 249
Minette	0	3	20	

1 https://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/

2 <https://www.semae.fr/etudes-donnees-statistiques-semences/>

Quels critères de sélection ?

Dans différentes classes de matériel: dormance (luzerne) – ploïdie (trèfle violet) – taille des folioles (trèfle blanc)

- Rendement fourrager
- Et ses déterminants indirects : résistance à la verse, résistance aux maladies, compétition avec le ray-grass (trèfle blanc), adaptation aux contraintes
- Valeur alimentaire : teneur en protéines, teneur en fibres
- Dossiers spéciaux pour l'adaptation au pâturage (luzerne et trèfle violet)
- Pour les espèces annuelles utilisées comme plantes de service : couverture du sol, biomasse, quantité d'azote immobilisé

Nouveaux critères de sélection

À détailler


MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION
*Liberté
Égalité
Fraternité*



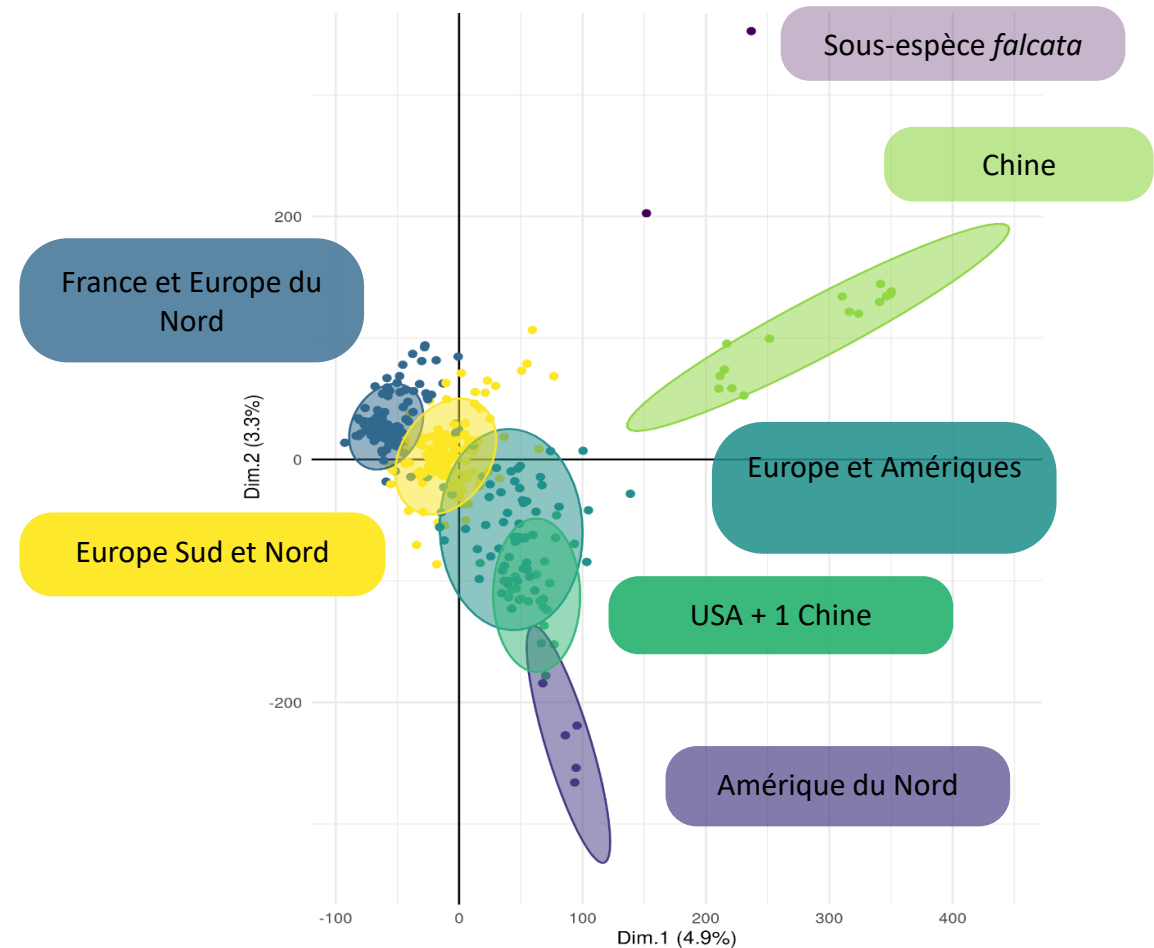
- Mélanges d'espèces : maximiser l'azote fixé, lutter contre les adventices
- Production de semences
- Résistances aux insectes ravageurs des semences
- Résistance à la sécheresse
- Valeur alimentaire des espèces « mineures »
- Composés secondaires (tannins condensés, saponines)
- Usage en mulch vivant
- Autres services de régulation (pollinisateurs, stockage du carbone...)

Nouvelles approches de sélection

- Accroître la diversité utilisée

395 accessions de luzerne (variétés, landraces)
génomées avec > 100 000 marqueurs SNP

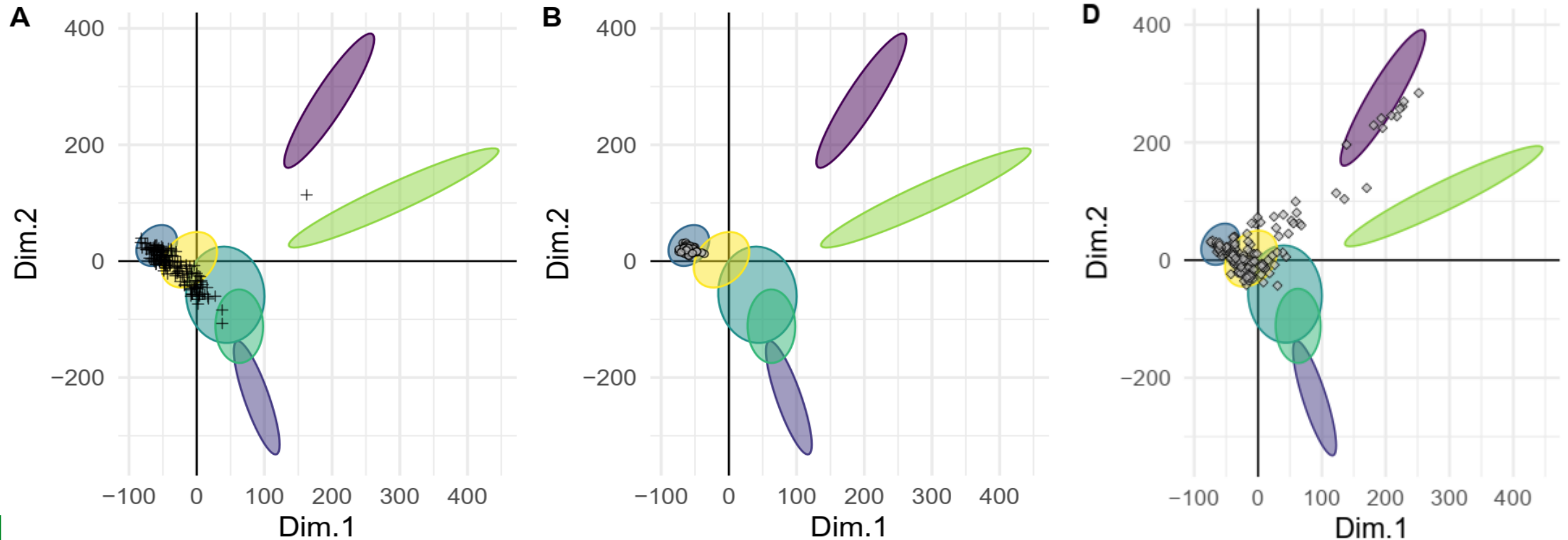
Représentées sur une ACP



Nouvelles approches de sélection

- Accroître la diversité utilisée

Positionnement de matériels confiés par 3 sélectionneurs européens

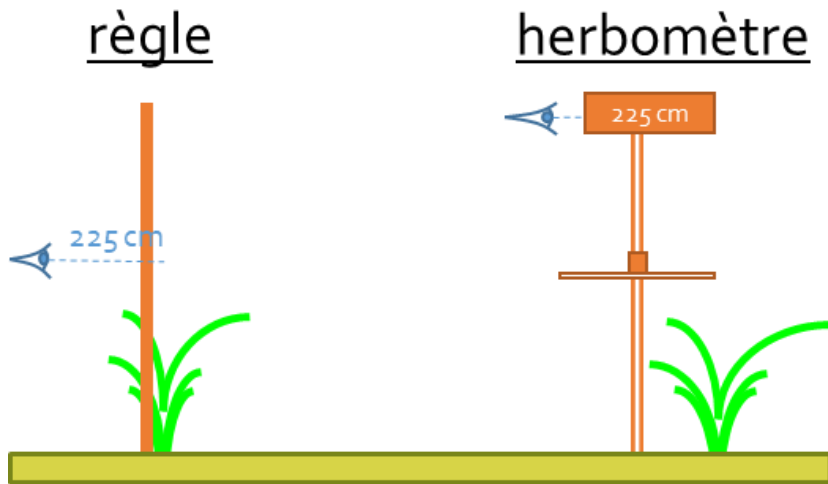


Nouvelles approches de sélection

- Analyse d'images pour le phénotypage

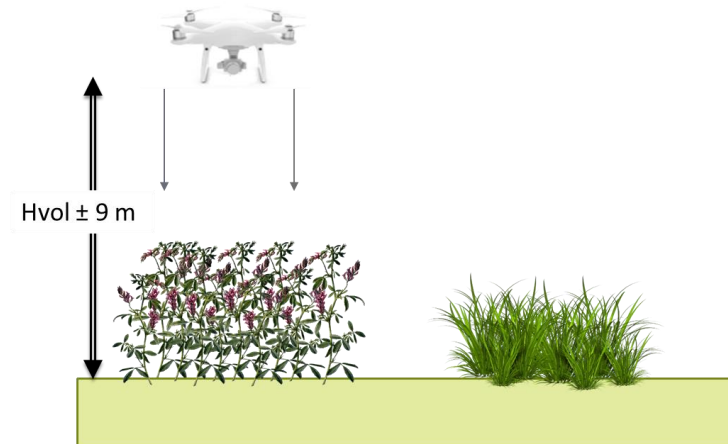
- ✓ **Mesures manuelles**

- Couvert < 35 cm => herbomètre
- Couvert > 35 cm => règle
- 3 mesures / microparcelle



- ✓ **Mesures par photogrammétrie (drone)**

- Acquisition des images avec un drone

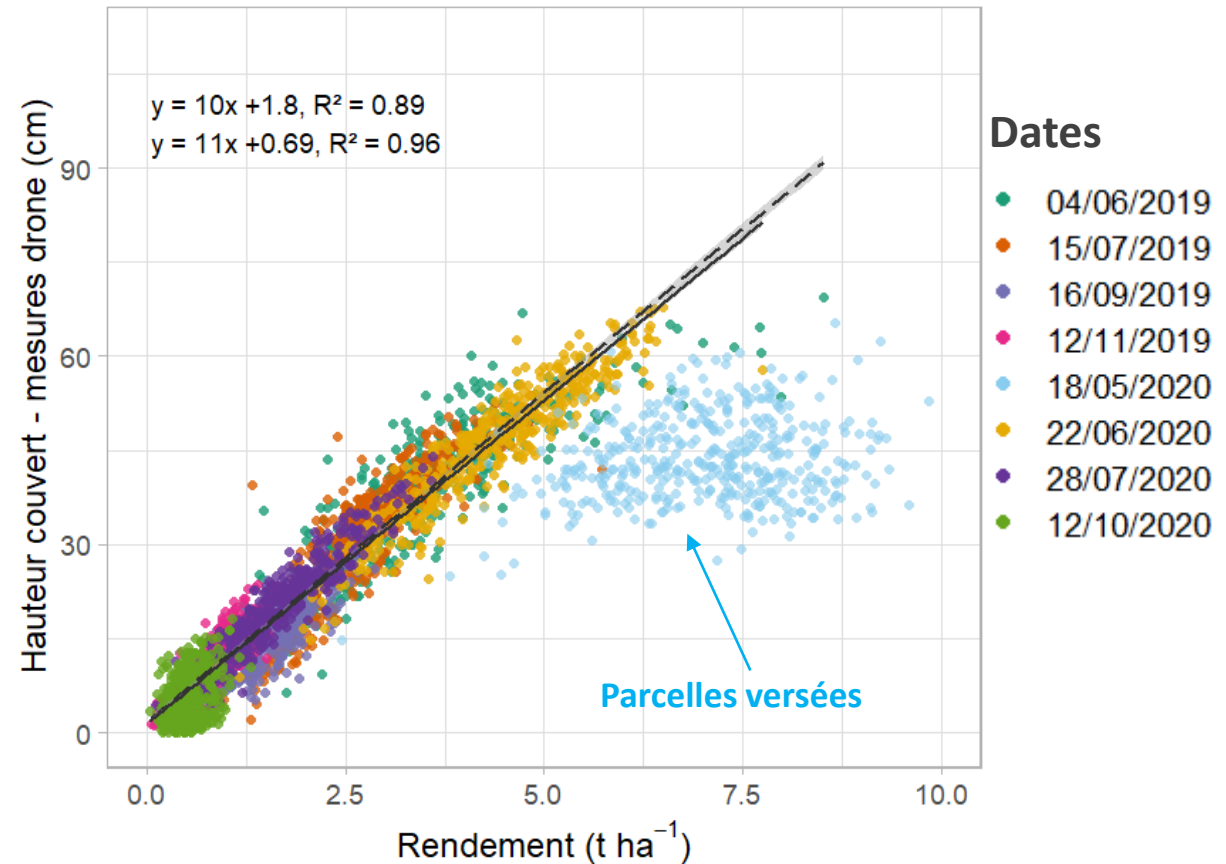
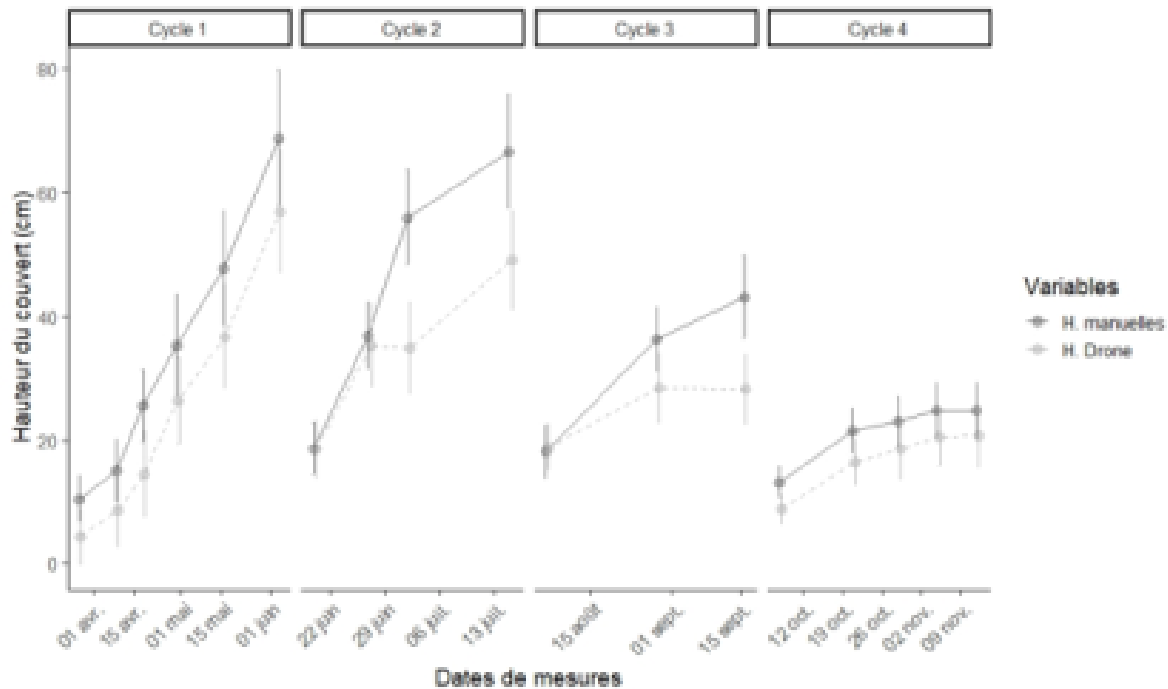


- Caméra RGB, 20 mégapixels
- Position nadir
- Résolution des photos : 2 mm
- Recouvrement entre photos de 80%

Nouvelles approches de sélection

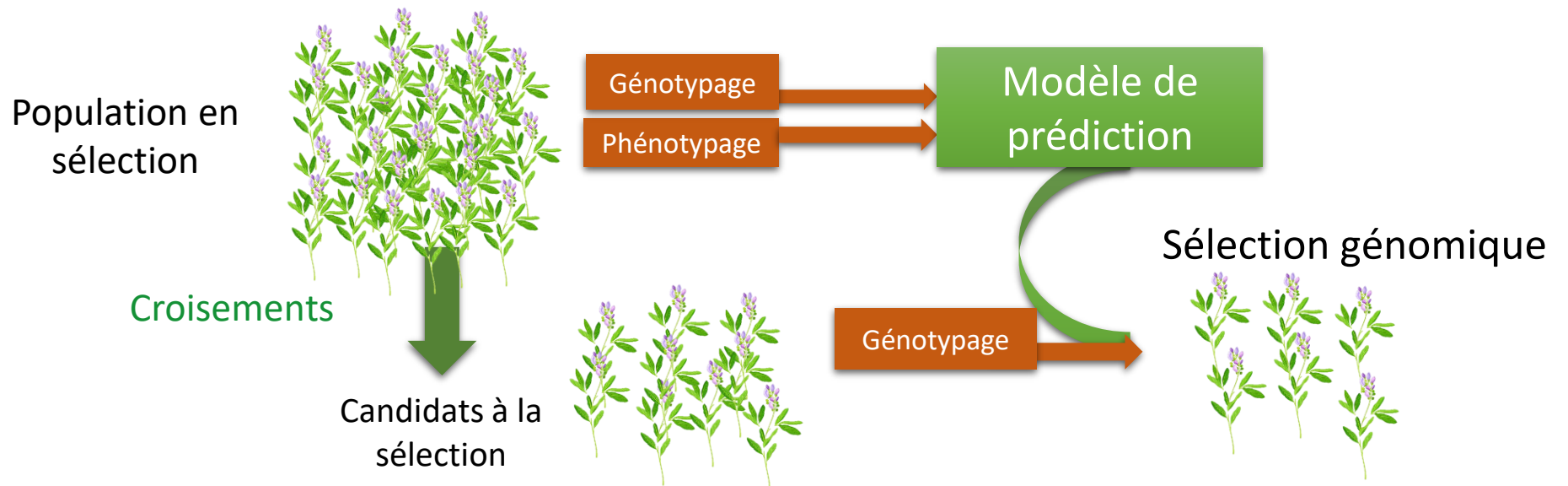
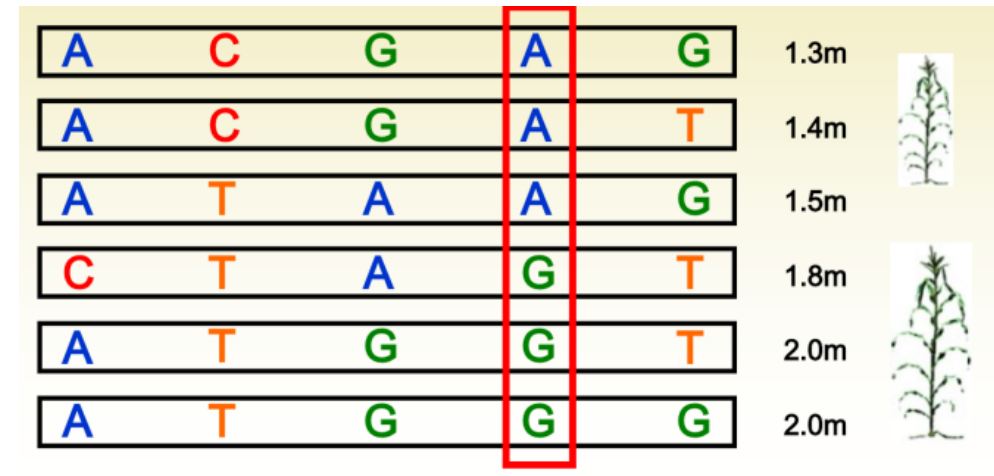
- Analyse d'images pour le phénotypage

Cinétiques de croissance en hauteur



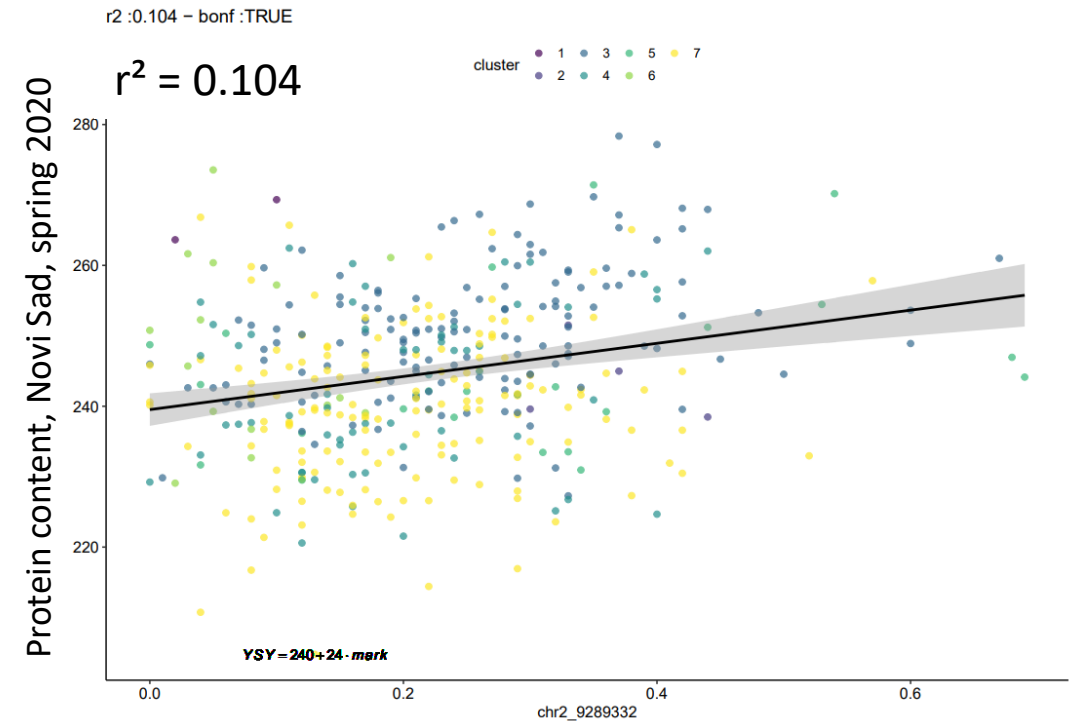
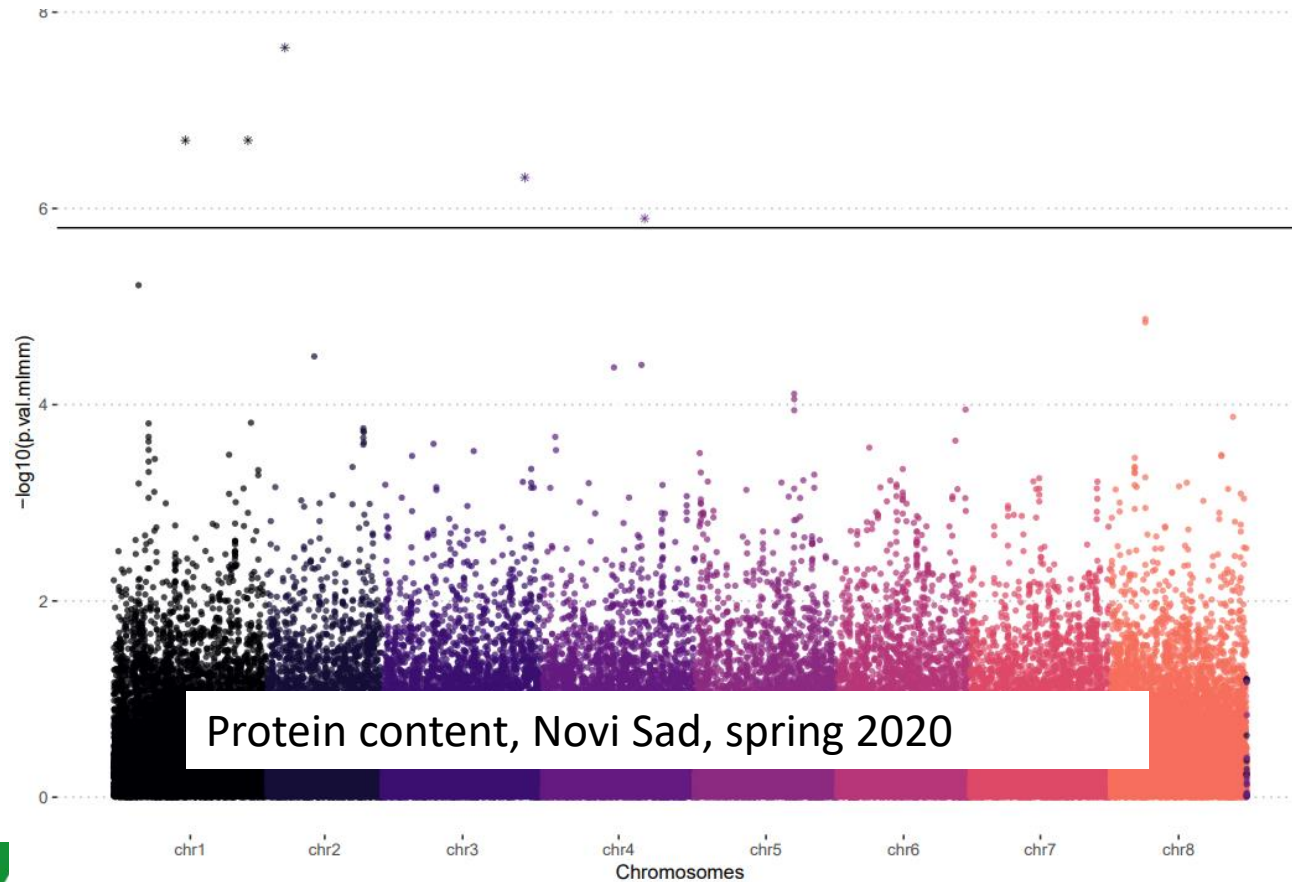
Nouvelles approches de sélection

- Sélection assistée par marqueurs
 - Génétique d'association (GWAS): rechercher des marqueurs liés à des caractères
- Prédiction génomique (sélection génomique): prédire des caractères avec un grand nombre de marqueurs



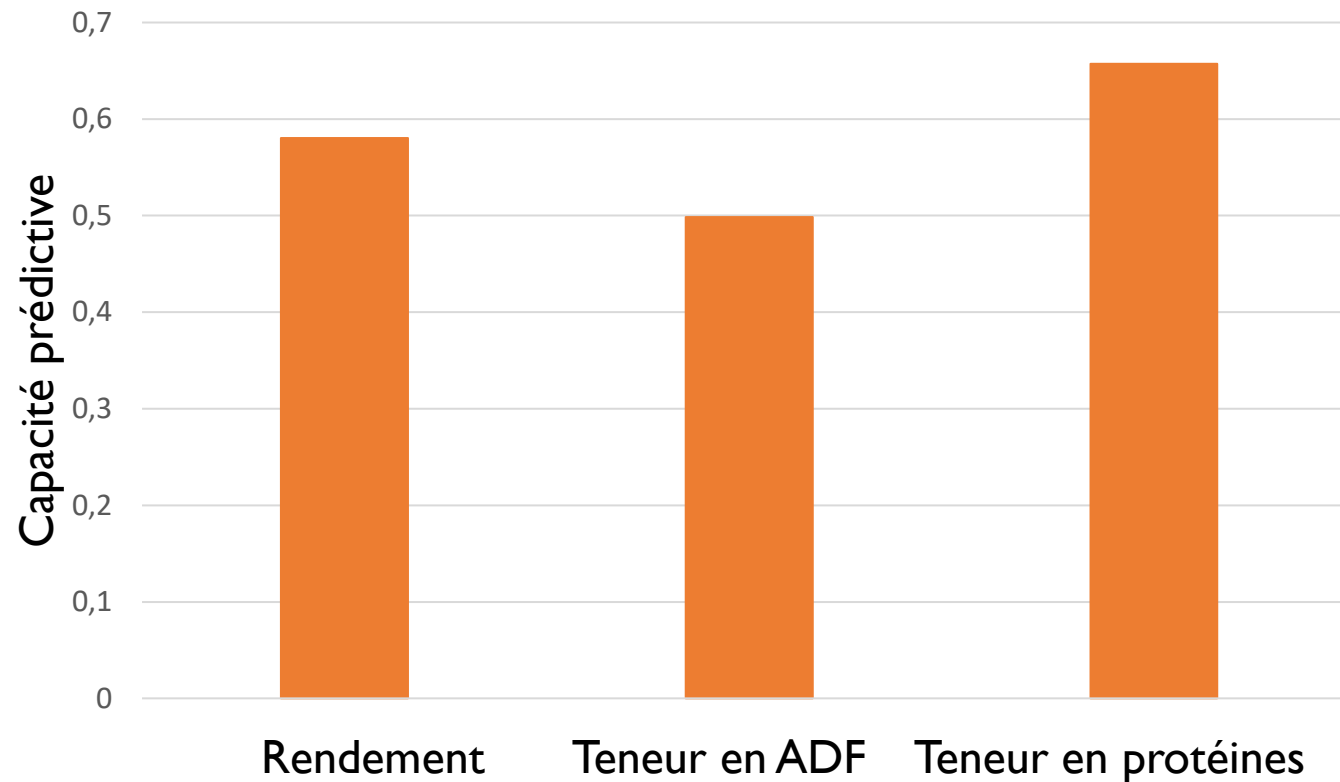
Nouvelles approches de sélection

- Sélection assistée par marqueurs: génétique d'association sur la luzerne



Nouvelles approches de sélection

- Sélection assistée par marqueurs: sélection génomique



Capacité prédictive : corrélation entre les valeurs phénotypiques et les valeurs prédites par l'équation de prédiction génomique

Population d'entraînement composée de 270 accessions de luzerne étudiées pendant 3 ans en 2 lieux

Nouvelles approches de sélection

- Sélection assistée par marqueurs: gain génétique avec la sélection génomique
- Sélection phénotypique : $\Delta G = \frac{i h^2 \sigma_P(\text{rendement})}{T}$
- Sélection génomique : $\Delta G = \frac{i \text{cor}(\text{rendement estimé en SG, rendement mesuré}) \sigma_P(\text{rendement})}{T'}$

Caractère	h ²	Ecart-type phénotypique	Capacité prédictive	Gain génétique par an avec sélection phénotypique	Gain génétique par an avec sélection génomique
Rendement (t/ha)	0.26	1.1	0.58	0.01	0.09
Teneur en ADF (%MS)	0.22	39.8	0.50	0.46	2.87
Teneur en Protéines (%MS)	0.29	40.9	0.66	0.62	3.89



Nouvelles approches de sélection

Sélection d'espèce « mineures »

- identifier les caractères qui verrouillent le développement des cultures
- sélection « éclair » pour un petit nombre de caractères
- utilisation des outils modernes de sélection
- transfert de connaissances entre espèces

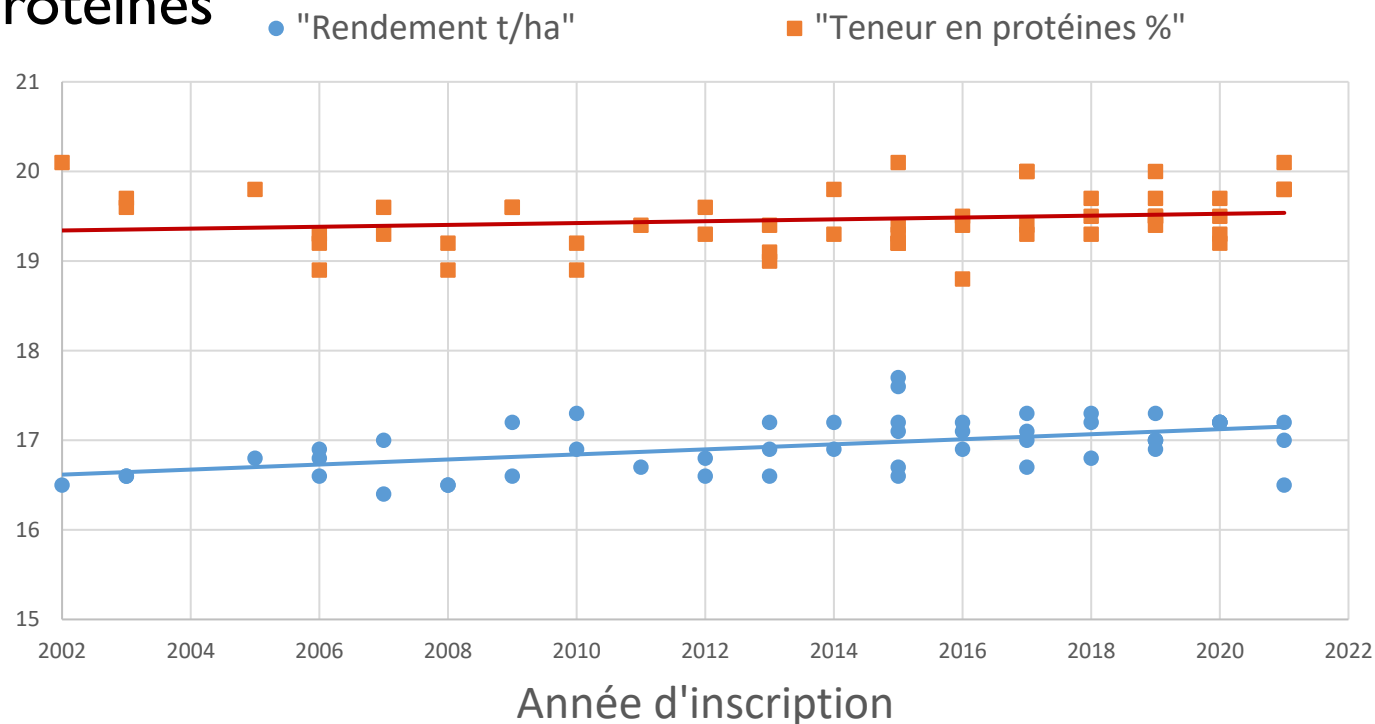
Forces en présence

- Recherche publique: en général sur l'espèce majoritaire dans le pays
 - luzerne en France, en Italie et en Serbie, trèfle violet en Belgique et en Suisse, trèfle blanc en Grande-Bretagne
 - Caractères variés y compris valeur en association, valeur alimentaire, production de semences
 - Développement de méthodes de génotypage et données de séquence et de génotypage

Forces en présence

- Recherche privée

- Efficacité, ex: Luzerne, hausse du rendement fourrager sans détérioration de la teneur en protéines



données Herbe-book

Forces en présence

- Collaborations
 - ACVF – INRAE – autres organismes: Casdar
 - Projet européen EUCLEG 2017-2021 « Breeding forage and grain legumes to increase EU's and China's protein self-sufficiency”
 - Luzerne et trèfle violet
 - Ressources génétiques, génotypage, génétique d’association et sélection génomique, Statistiques
 - Formation
 - Projet européen BELIS 2023-2028 « Breeding European Legumes for Increased Sustainability”
 - 7 espèces fourragères
 - Preuves de concept en sélection
- Sélection des espèces mineures par les organismes publics ?

Conclusion

- Accroissement souhaité des surfaces de légumineuses
 - Production fourragère
 - Introduction d'azote issu de la fixation symbiotique
 - Diversification
 - La sélection est un levier
 - Nouvelles contraintes
 - Nouveaux usages
 - Nouvelles méthodes
 - Phénotypage haut-débit
 - Marqueurs moléculaires
 - Recherche publique et/ou privée, partenariat
- } + d'espèces
+ de critères de sélection

Remerciements

- Marie Pégard, Philippe Barre, Stéphanie Mahieu, Sabrina Delaunay, Fabien Surault, Eric Roy, Charlène Barotin
- Les équipes techniques de URP3F et Ferlus de l'INRAE
- D. Karagic, D. Milic et D. Zivanov de IFVCNS à Novi Sad, Serbie
- Les sélectionneurs de luzerne de l'ACVF (Barenbrug, Cérience, DLF, R2N)

