

PLASTIX : Plasticité des composantes de rendement des céréales à paille

Vincent ALLARD¹, Christine GIROUSSE¹, Jacques LE GOUIS¹, Jean-Charles DESWARTE², Stéphanie THEPOT³, Jérôme AUZANNEAU⁴, Sébastien CAIVEAU⁵, Pascal GIRAudeau⁶, Gustavo SLAFER⁷, Denis VILE⁸, Benoît DE SOLAN⁹

1 - INRAE - Université Clermont-Auvergne, UMR GDEC - Chemin de Crouel, 63000 Clermont-Ferrand, FRANCE

2 - Arvalis - ZA des Gravières, 91190 Villiers-le-Bâcle, FRANCE

3 - BASF France SAS - Ferme du Paly, 91490 Milly-la-Forêt, FRANCE

4 - Agri-Obtentions - Chemin De La Petite Minière, 78280 Guyancourt, FRANCE

5 - Syngenta - Avenue Gustave Eiffel, 28000 Chartres, FRANCE

6 - Secobra Recherches - Le Bois Henry, 78580 Maule, FRANCE

7 - Université de Lleida - ETSIA, Av. de l'Alcalde Rovira Roure 191, E-25198 Lleida, ESPAGNE

8 - INRAE - LEPSE - 2 pl P Viala, F-34060 Montpellier, FRANCE

9 - Arvalis - Domaine Saint Paul, Site Agroparc, Bâtiment Climat

228, route de l'Aérodrome, 84914 Avignon, FRANCE

*Coordinateur : Vincent ALLARD, vincent.allard@inrae.fr

Résumé

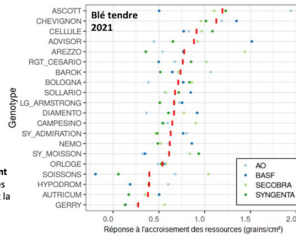
- La plasticité des composantes s'intéresse à la variation d'une composante par rapport à une autre. Il est supposé que la plasticité du tallage et de la fertilité épi constituent un levier variétal d'adaptation aux stress climatiques ou nutritionnels.
- La valorisation des larges jeux de données existants sur blé tendre (essais BreedWheat, réseau post-inscription) permet d'explorer les variations des composantes dans des contextes pédo-climatiques variés, sans induire de manipulation des couverts. Des différences variétales fortes ont été observées.
- Des essais dédiés, incluant une manipulation de la densité des épis, a pu démontrer la variabilité génétique de la plasticité de la fertilité épi. L'accès aux ressources lumineuses semble être le déclencheur de la compensation via le nombre de grains par épi.
- La plasticité de la fertilité des épis résulte d'une modification du nombre de grains/épi, et non du nombre d'épillets. Elle n'est donc décelable qu'à travers le comptage effectif des grains ou le calcul de la composante « grains/épi ». Ce calcul requiert un accès aisé à la densité de semis, désormais accessible avec des outils de phénotypage à haut débit.
- La configuration des parcelles peut avoir un impact fort sur l'expression de la plasticité des épis, et sur les valeurs de composantes de rendement estimées par calcul.

Matériel - méthodes

- Les données de composantes de rendement mesurées sur les essais antérieurs (projet BreedWheat, réseau Post-Inscription Blé Tendre) ont été analysées à l'aide d'une approche par modèles mixtes des relations bivariées entre composantes. Le rendement et le PMG ont été mesurés à la récolte (parcelle entière); la densité d'épis a été déterminée au centre de la parcelle; la fertilité a été obtenue par calcul à partir des autres composantes.
- Des essais factoriels dédiés ont été menés entre 2020 et 2023 en microparcelles (3-4 répétitions), avec manipulation de la densité d'épis du couvert (suppression d'un rang sur deux, éventuellement ombrage) afin d'étudier la plasticité de la fertilité épi de différentes variétés de blé tendre et de blé dur, indépendamment de la réponse du tallage. Densité d'épis et fertilité épi ont été mesurées sur des parcelles au centre des parcelles.
- L'estimation de la densité des épis par capteur a été évaluée sur le matériel Litéral (développement Capte); 4 essais Blé Tendre et 2 essais Blé Dur menés en 2023 ont fourni le support pour des estimations paires (quadrats de 0.25m²) ou non paires (mode opératoire propre à chaque méthode de la densité d'épis).
- L'impact des rangs de bordures, espacement entre parcelles et dimensions de parcelles a été évalué en 2021 et 2023 (Villiers-le-Bâcle, 91) sur deux variétés de blé tendre.

- Les expérimentations dédiées à l'expression de la plasticité de la fertilité épi (avec suppression d'un rang sur 2 mi-montaison) ont confirmé l'existence d'une variabilité génétique forte en blé tendre comme en blé dur (Fig. 1).

Fig. 1 : Réponse du nombre de grains par épi à l'accroissement des ressources par arrachage d'un rang sur deux pour les variétés de blé tendre en 2021. Les barres verticales rouges représentent la moyenne des différents lieux. (AO, Agri-Obtentions) →



- Les essais non dédiés tels que BreedWheat permettent également d'explorer la plasticité des composantes (variations conjointes de la densité d'épis et de leur fertilité); la variabilité de la réponse de la fertilité des épis à la densité d'épis présente une composante variétale très significative, avec 80 variétés (sur 210) qui se distinguent de la réponse moyenne (Fig 2). Cependant le nombre de données pour obtenir un classement stable est important (>20 essais environ).
- L'analyse combinée de la densité d'épis et de la fertilité des épis montre qu'il existe différentes stratégies de plasticité au sein du panel; en tendance, la plasticité de la fertilité épi est corrélée à la plasticité du tallage (Fig 3).

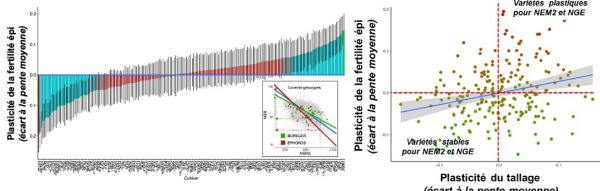


Fig. 2 : Variation de la capacité de compensation pour le nombre de grains/épi et le nombre d'épis/m² dans le jeu de données BreedWheat. Deux génotypes extrêmes sont mis en évidence en rouge (EPHOROS) et en vert (BOREGAR), par rapport à la tendance moyenne (en bleu).

Fig. 3 : Relation entre la plasticité du nombre d'épis/m² et la pente de la compensation entre le nombre de grains/épi et le nombre d'épis/m². Chaque point représente une variété.

- La réponse de la fertilité des épis à une faible densité d'épis semble déclenchée par un signal lumineux (vraisemblablement quantitatif). Le gain provient d'un nombre accru de grains/épillet, et non d'épillets/épi. Les variétés plus plastiques répondent plus fortement à l'accroissement des ressources lumineuses.

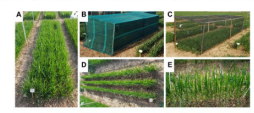
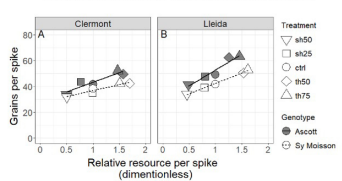


Fig. 4 : Réponse du nombre de grains par épi (relativement au témoin de chaque génotype) à la disponibilité en ressources par épi à Clermont-Ferrand (A) et Lleida (B). La disponibilité en ressources lumineuses est exprimée relativement à la valeur des témoins qui a été fixée à 1.

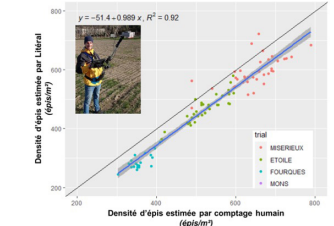


Fig. 5: Comparaison des estimations de densité d'épis par Litéral (y) et par comptage humain (x). Valeurs moyennes par génotype et par essai.

- L'estimation de la densité d'épi par analyse d'image, avec du matériel et une chaîne de traitement dédiée est possible. L'outil Litéral et la chaîne de traitement dédiée tend à sous-estimer la densité mesurée par comptage manuel, mais les classements variétaux sont conservés (Fig. 6). Le recours à de tels outils facilite la détermination en routine de la densité d'épis dans les essais, et donc l'accès par calcul à la fertilité des épis.

- Les effets de bordure varient en fonction de la configuration des parcelles d'expérimentation (Fig. 7), et peuvent fausser l'estimation du rendement et des composantes

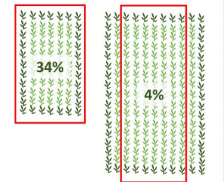


Fig. 7: Représentation schématique des effets de bordure selon la configuration des parcelles. Estimation pour microparcelles de 7 rangs et 5m (gauche) et 11 rangs et 9m avec rangs de bordure (droite). La part de couvert récolté est représentée par le périmètre rouge.

Conclusions

- Les variétés de blé tendre et de blé dur se distinguent à la fois sur la valeur moyenne de leurs composantes de rendement, mais aussi sur leur plasticité et donc leur capacité de compenser.
- La plasticité de la fertilité des épis, en réponse à une fluctuation de la densité d'épis, se manifeste par un nombre accru de grains/épillets et non pas une modification du nombre d'épillets. La ressource lumineuse par tige semble être le stimulus déclenchant la réponse.
- Il est possible d'évaluer les variétés par des essais spécifiques, en manipulant une composante C pour mesurer la réponse de la composante C+1. Peu d'essais spécifiques sont requis pour aboutir à une caractérisation variétale, et une mécanisation est envisageable.
- La valorisation d'essais génériques de type Post-Inscription est possible, mais se heurte à la non-orthogonalité des listes variétés dans le réseau, et au nombre élevé d'observations requises. La configuration des parcelles pouvant induire des effets de bordure très nets, le travail multi-partenaires requiert une attention méthodologique particulière.
- Le développement d'outils de phénotypage haut débit capables d'estimer la densité d'épi doit permettre d'obtenir plus aisément l'ensemble des composantes de rendement nécessaires à l'évaluation de la plasticité des composantes. L'outil Litéral basé sur l'analyse d'images permet d'estimer la densité d'épis avec un léger biais, mais un débit très élevé (<1 minute/parcelle)
- Différentes stratégies de plasticité sont présentes dans les panels variétaux français. Les scénarii de stress doivent être confrontés à la réponse de chaque stratégie pour aboutir à une préconisation variétale

Financé par:



Projet FSOV 2018-R