

Stratégie

4 Une bonne densité de semis nécessaire à la sécurisation du rendement

Des essais réalisés de 2006 à 2009 par ARVALIS-Institut du végétal et ses partenaires en région Centre confirment le rôle déterminant de la densité de semis sur le rendement. Même en situation de risque de stress hydrique ou de baisse des prix, réduire la densité n'est pas forcément intéressant.



La densité optimale de semis est d'autant plus forte que le contexte pédoclimatique est favorable, le potentiel de rendement élevé, le cycle de culture court et les variétés précoces.

des hybrides précoces (groupe B), le plus souvent à grain corné ou corné denté (hormis un denté pur DKC 3420) et d'autre part des demi-précoces, variétés dentées des groupes C1 ou C2. Des courbes de réponse du rendement à la densité ont été établies par essai (figure 1). Sur un jeu de données de 25 essais où figurent trois variétés communes, la réponse moyenne du rendement à la densité s'est avérée relativement forte, avec un gain d'environ 4 q/ha pour 10 000 plantes/ha dans la gamme 70 – 100 000 plantes/ha. Avec 5 q/ha pour 10 000 plantes, cette réponse s'est montrée significativement plus marquée pour la variété précoce à grain corné

Pour les variétés précoces, le rendement net le plus élevé demeure associé à la densité la plus forte.

Troubadour que pour la variété demi-précoce dentée DK315 (3,3 q/ha pour 10 000 plantes). L'hybride précoce denté, DKC3420, occupe une position intermédiaire avec une réponse de l'ordre de 4,3 q/ha pour 10 000 plantes.

Très efficace, le maïs peut produire plus de 12 tonnes de grains avec moins de 100 000 plantes semées par hectare. La densité des plantes et la régularité de l'implantation revêtent donc un caractère stratégique. Or de nombreux facteurs conditionnent la réponse de la plante à la densité de semis : le potentiel de la parcelle, largement dépendant du climat, de la date de semis et de la satisfaction de besoins en eau, ainsi que la durée de cycle des variétés. Pour mieux comprendre les synergies entre ces paramètres, ARVALIS - Institut du végétal a animé avec ses partenaires un ré-

seau d'expérimentation « variétés, densités de semis, régimes hydriques » de 2006 à 2009 (voir encadré). Les 36 essais ont permis de confirmer dans le Bassin Parisien la pertinence des règles communément admises. Selon celles-ci, la densité optimale est d'autant plus forte que le contexte pédoclimatique est favorable, le potentiel de rendement élevé, le cycle de culture court et les variétés précoces.

Une réponse plus marquée pour les variétés précoces

Dans le Centre - Bassin Parisien, les essais ont concerné d'une part

Le prix du maïs joue sur l'optimum de densité

Pour évaluer l'impact économique de la densité, ces courbes de réponse ont été traduites en rendement net. Cette variable, qui intègre le rendement ramené aux normes, les pertes par freintes, le coût du séchage et le prix des semences, permet également de

36 essais menés dans le Centre et en Ile-de-France

De 2006 à 2009, ARVALIS - Institut du végétal a animé un réseau d'essais Variétés – Densités de semis – Régimes hydriques avec de nombreux partenaires des régions Centre et Ile-de-France : Agralys (28) – Epis Centre (18) – Chambres d'Agriculture de la Nièvre (58) et d'Ile de France (78) – Ucata (18) et Bayer Crop Science (28 en 2007).

36 essais ont été mis en place dans différents types de sol et sous différents régimes hydriques : irrigation couvrant les besoins des plantes, irrigation sous contrainte volumétrique, régime pluvial. Ils ont concerné des hybrides précoces (cornés ou dentés) ainsi que des demi-précoces (dentés). Les densités testées se répartissaient entre 65 000 et 110 000 plantes récoltées par hectare, soit entre 68 000 et 118 000 graines semées (pertes à la levée variant de 2 à 5 %). Dans la plupart des situations, les semis, réalisés début avril, étaient volontairement précoces.

Les profils climatiques des quatre années d'étude ont été assez différenciés. En 2006, l'offre en température et rayonnement était élevée, avec un stress hydrique très marqué avant floraison, alors que les besoins en eau de la fin de cycle ont généralement été satisfaits. 2007 et 2008 s'illustrent par une pluviométrie assez abondante, mais des températures plus limitantes. En 2009, les cumuls de températures élevés ont été accompagnés d'épuisements progressifs de la réserve en eau des sols et de déficits hydriques croissants très importants après floraison.

De nombreux facteurs conditionnent la réponse de la plante à la densité de semis, qu'il s'agisse du potentiel de la parcelle, de la satisfaction de besoins en eau ou de la durée de cycle des variétés.

L'effet densité plus important pour le maïs précoce à grain corné

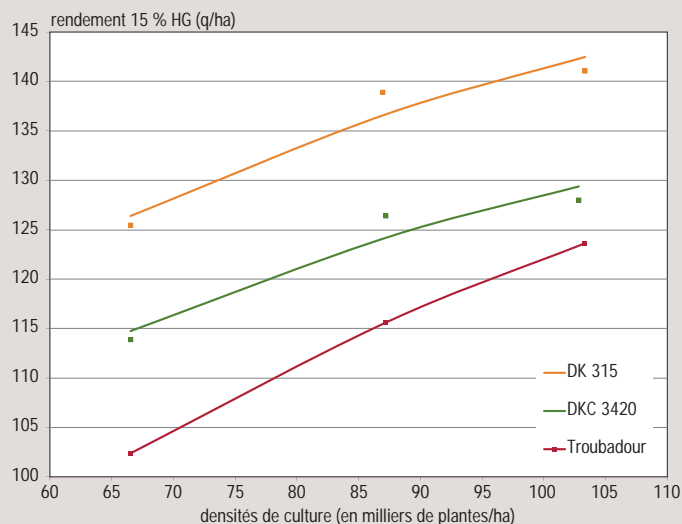


Figure 1 : Exemple : courbe de réponse à la densité établie essai par essai. Exemple Saint Quentin sur Nohain - Irrigué – 2006 (58)

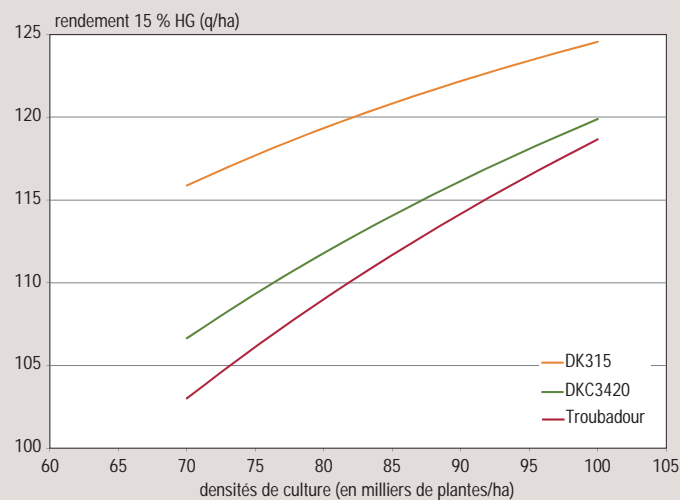


Figure 2 : Courbe de réponse moyenne en rendement q/ha à 15 % d'humidité du grain pour 3 variétés. Réalisée sur 25 essais Centre 2006-2009. Les courbes moyennes sont calculées par ajustement pour chaque variété. Parmi les différents ajustements testés, le modèle de Monod ($y = ax/b + x$) procure les meilleurs résultats.



Le rendement net augmente avec la densité

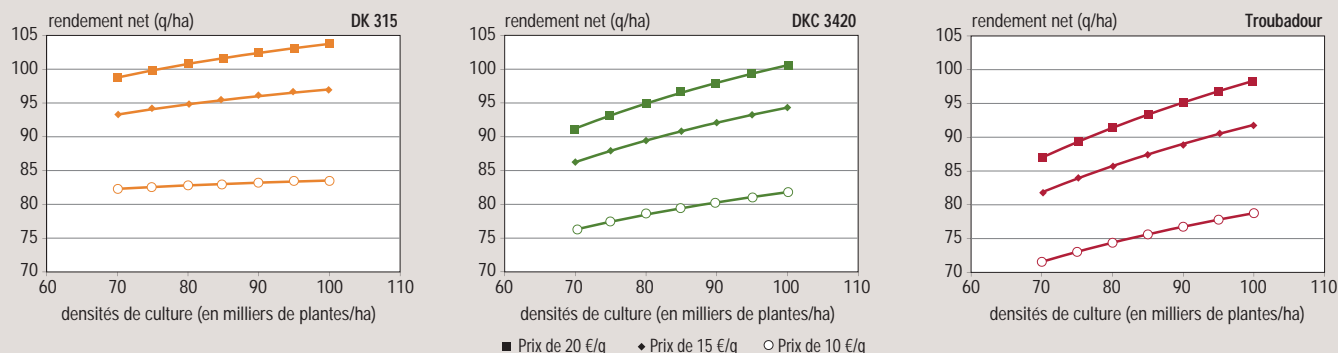


Figure 3 : Courbe de réponse moyenne en rendement économique pour 3 variétés, réalisés sur 25 essais Centre 2006-2009. Pour chaque variété, le rendement économique ou rendement net qui intègre rendement ramené aux normes, les pertes par freintes et coût du séchage a été calculé pour trois niveaux de prix du maïs : 10, 15 ou 20 €/q. Le coût des semences retenu est de 85 € pour 50 000 grains.

L'optimum de densité est peu modifié par le stress hydrique

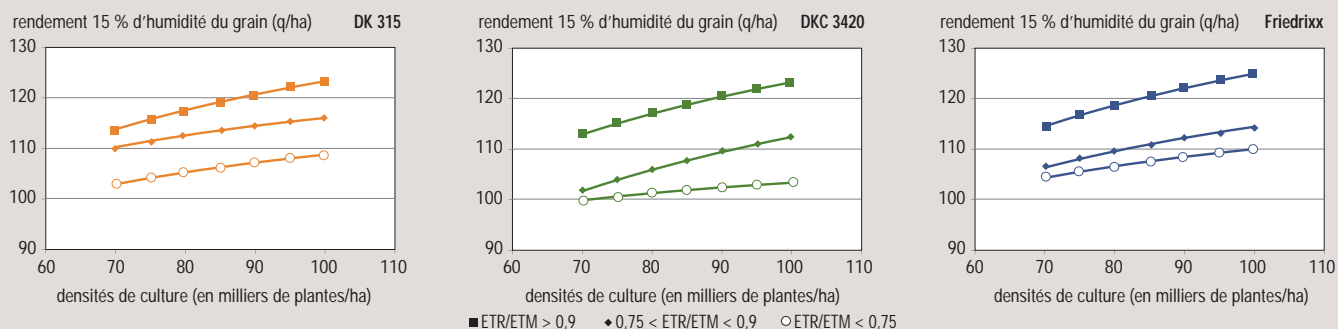


Figure 4 : Courbe de réponse à la densité selon le régime hydrique pour 3 variétés, réalisée sur 23 essais Centre 2006-2009. Trois niveaux de régimes hydriques ont été définis : rapport ETR/ETM supérieur à 90 % (contrainte hydrique faible ou nulle), compris entre 75 et 90 % (contrainte moyenne) et inférieur à 75 % (contrainte forte).

prendre en compte différents niveaux de prix du maïs (voir figure 3), un paramètre très discriminant. Pour les variétés précoces, le rendement net le plus élevé demeure associé à la densité la plus forte, généralement proche de 100 000 plantes/ha. En revanche, pour un demi précoce denté comme DK315, l'optimum est plus nettement influencé par les prix du maïs. Si les densités les plus fortes sont valorisées à des niveaux de cours élevés, la réponse est beaucoup plus plane pour des niveaux de prix faibles.

Une réponse influencée par le stress hydrique

Dans le jeu de données analysé, le profil de réponse à la densité n'apparaît pas fonction de la géogra-

phie des essais ni des types de sol. En revanche, le statut hydrique des essais, caractérisé par des bilans hydriques, a de l'importance.

L'aplatissement progressif de la réponse à la densité lorsque le régime hydrique est moins favorable ne se traduit pas forcément par un très fort abaissement de l'optimum de densité.

Pour chacun d'entre eux, le rapport entre les évapotranspirations relative et maximale (ETR/ETM) a été calculé sur la période de sensibilité au stress qui s'étale du stade 10 feuilles à 32 % d'humidité du grain. Cette variable a l'avantage d'intégrer de nombreux éléments du contexte pédoclimatique de

chaque situation agronomique. Les essais ont été regroupés selon trois niveaux de satisfaction des besoins en eau exprimés par des rapports ETR/ETM (voir figure 4). En cohérence avec les références bibliographiques établies pour d'autres groupes de précocité, les essais mettent en évidence un aplatissement progressif de la réponse à la densité lorsque le régime hydrique est moins favorable. La tendance est observée pour différentes variétés demi-précoces à grain denté. Toutefois, cet aplatissement ne se traduit pas forcément par un très fort abaissement de l'optimum de densité. La même tendance a pu être mise en évidence sur un nombre de variétés plus important dans certains essais ou trois régimes hydriques étaient juxtaposés dans le contexte séchant de 2009.

Stress hydrique : attention à maintenir une bonne densité

En situation irriguée, les incertitudes pesant sur la disponibilité en eau ne doivent pas nécessairement conduire à des révisions à la baisse trop importantes des densités : sous l'hypothèse d'un scénario climatique estival favorable, la perte de rendement net pourrait s'avérer bien plus forte que l'économie réalisée à l'implantation. En années défavorables, les surdensités marginales sont mal valorisées mais n'entraînent pas de pertes de rendement.

En conduite pluviale, la probabilité d'une parfaite satisfaction des besoins hydriques est plus faible ainsi que les *optima* de densité prévisibles. Néanmoins, là aussi un désinvestissement sur la densité peut s'avérer pénalisant si le régime pluviométrique estival est généreux. Un abaissement de l'ordre de 5 000 plantes par rapport aux données du tableau peut être envisagé

Ajuster la densité en fonction du couple précocité-variété

Les expérimentations conduites en zone Centre entre 2006 et 2009 confortent les préconisations de densités recommandées afin d'établir un peuplement optimal pour les variétés précoces et demi-précoces cultivées dans les différents contextes du Bassin Parisien. Outre les effets des types de précocité, les deux facteurs de variation mis en évidence dans les essais, à savoir la satisfaction des besoins en eau et le prix du maïs, influencent significativement l'optimum technico-économique. Or ces deux facteurs sont variables et pas toujours connus au moment du

Abaisser la densité de semis en cas de risque de stress hydrique n'est en général pas un choix économiquement rentable.



Des densités plus élevées pour les variétés précoces

Précocité et type variétal		Densité optimale de culture (plantes à la récolte) à majorer par les risques de pertes à la levée (*)
Très précoce	Cornés ou Cornés dentés	100 000 – 110 000
Précoce	Cornés ou Cornés dentés	95 000 – 105 000
	Dentés	85 000 – 100 000
½ précoce C1	Cornés dentés ou Dentés	85 000 – 95 000
½ précoce C2	Dentés	80 000 – 90 000

Tableau : Densités *a priori* optimales (plantes récoltées par hectare) pour les situations irriguées du Centre Bassin Parisien.

(*) : les pertes à la levée doivent considérer les pourcentages de germination (de l'ordre de 98 % en maïs), la qualité de la préparation du lit de semences, la date de semis et le niveau de protection des plantes.

Mieux vaut raisonner l'ajustement de la densité de semis en fonction du facteur connu *a priori* que constitue le couple précocité-variété.

semis. Mieux vaut donc raisonner l'ajustement de la densité de semis en fonction de l'élément connu *a priori* que constitue le couple précocité-variété. Ceci en vue de l'établissement d'une architecture de peuplement idéale : un épi bien rempli par plante. ■

Régis Doucet,
r.doucet@arvalisinstitutduvegetal.fr
Mathieu Boiset,
m.boiset@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS-Institut du végétal
Aurélien Chabenat
(Stagiaire ENSA Toulouse)