

02

Des variétés de blé azote : un enjeu po

La sélection de nouvelles variétés est un des éléments de réponse à une meilleure gestion de la fertilisation azotée. L'INRA a travaillé sur deux variétés, Arche et Récital, qui montrent des comportements différents en fonction de la quantité d'azote disponible dans le sol. L'objectif de ces recherches est d'identifier les gènes responsables de cette adaptation pour les développer dans de nouvelles lignées.

Les travaux issus de cet article sont pour partie issue des programmes Genoplante ainsi que d'une thèse cofinancée par ARVALIS - Institut du végétal.

A. Laperche
Anne.Laperche@agrocampus-rennes.fr
M. Brancourt
brancourt@mons.inra.fr
F. Devienne-Barret
devienne@grignon.inra.fr
E. Hanocq
hanocq@mons.inra.fr
A. Savin
savin@grignon.inra.fr
J. Le Gouis
legouis@mons.inra.fr

INRA



La valorisation de l'azote par le blé a déjà été beaucoup étudiée, mais les apports de la génomique fournissent aujourd'hui aux semenciers des pistes pour améliorer les blés de demain.

Une mauvaise gestion de la fertilisation azotée peut avoir des effets négatifs sur la qualité de l'eau. De plus, le prix du blé baisse fortement alors que les charges opérationnelles restent stables. La maximisation du rendement n'est plus synonyme de meilleure marge, et de nouveaux itinéraires techniques, maximisant les marges, préconisent des apports d'azote réduits impliquant des carences temporaires. La diminution de l'azote s'accompagne aussi d'une diminution des risques de verse et de maladies, permettant de raisonner les apports de raccourcisseurs et de fongicides.

Pour répondre à ces nouvelles exigences, des solutions

existent : un meilleur pilotage de la fumure azotée, et la sélection de nouvelles variétés alliant une absorption d'azote efficace et une bonne qualité du grain. Actuellement, une culture de blé absorbe environ 200 kg d'azote par hectare (soit 80 % de l'azote apporté). Cependant, les différences observées entre les variétés laissent supposer une marge d'amélioration génétique.

Un progrès génétique plus faible en conditions d'azote limitantes

Entre 1950 et 1990, la sélection a toujours été réalisée en conditions optimales ^{(1) (2)}. Le progrès génétique du rendement a donc été plus im-

portant à fort niveau d'azote (0,63 q/ha/an) qu'à faible niveau (0,42 q/ha/an).

Cependant, toutes les variétés ne réagissent pas de la même façon en conditions limitantes et en conditions non limitantes. Des expérimentations montrent que le rendement de certaines variétés est faiblement diminué en présence de peu d'azote. C'est le cas d'Arche, qui est qualifiée de tolérante à la carence en azote. D'autres, en revanche, voient leur rendement pénalisé par des conditions d'azote limitantes. C'est le cas de Récital, alors que ces deux variétés ont des rendements proches en conditions non limitantes. Ces différences de

économiques en ur la sélection

comportement peuvent être prises en compte pour sélectionner des variétés tolérantes à une carence en azote.

Les différences de comportement des variétés en fonction de la quantité d'azote peuvent dépendre de l'absorption de l'azote, elle-même liée à l'architecture racinaire. Une expérimentation a été menée pour mettre au point des critères de sélection, le dépistage de QTL (*voir encadré*) associés à ces critères, et leur utilisation dans un programme de sélection.

Amélioration de l'architecture du système racinaire

Il existe des différences de comportement entre les variétés Arche (tolérante) et Récital (sensible). Arche développe un système racinaire plus dense en profondeur en conditions limitantes (*fig. 1*).

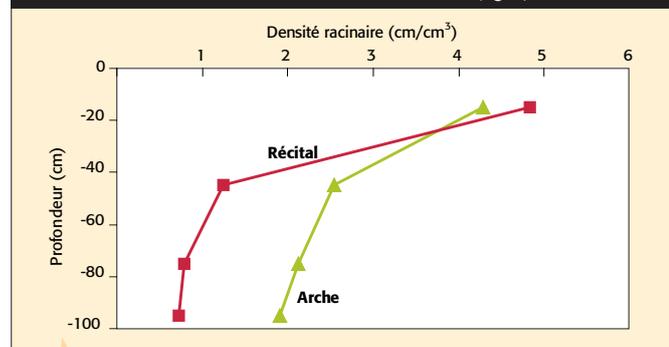
Définitions

QTL : Quantitative Trait Locus : région du génome qui contient des gènes codant pour un caractère dont les variations sont mesurables et continues (dit caractère quantitatif, exemple : le rendement).

Marqueur moléculaire : courte séquence d'ADN (support de l'information génétique de la cellule, et donc du génome) connue et positionnée sur le génome.

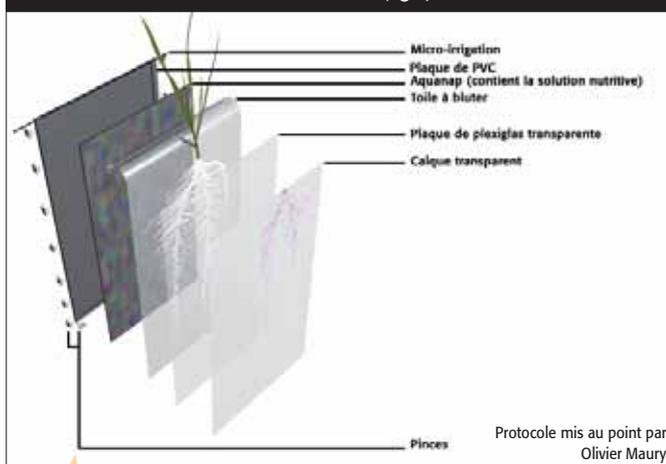
En cas de présence suffisante d'azote, ces deux variétés ont des rendements et des profils racinaires semblables. La tolérance observée paraît donc liée à l'adaptation des racines à la carence. Une étude menée en laboratoire montre que l'architecture racinaire d'Arche diffère de celle de Récital: Arche déve-

Densité racinaire de deux variétés de blé tendre en conditions d'azote limitante (*fig. 1*)



Les profils racinaires d'Arche et Récital cultivés en conditions d'azote limitantes, réalisés au champ à début floraison, montrent qu'Arche produit un système racinaire beaucoup plus dense en profondeur que Récital.

Le rhizotron (fig.2)



Le rhizotron permet un accès facile aux racines : la plante pousse entre un support retenant la solution nutritive (aquanap), et une plaque de plexiglas transparente ce qui permet d'observer les racines.



Laurent Guerreiro

Responsable projet biotechnologies à ARVALIS - Institut du végétal

Des variétés nouvelles issues des travaux de génomique

La génomique végétale tente de comprendre l'implication des chromosomes et plus particulièrement des gènes dans le comportement des plantes aux champs. Mieux connaître et mieux valoriser la génétique (ensemble des gènes) devrait alors permettre de mieux répondre aux attentes des agriculteurs. Les travaux de recherche en génomique sont longs et complexes. Il ne suffit pas d'identifier un gène et de considérer que cet unique gène suffit à lui seul pour expliquer toutes les différences entre deux variétés. La valorisation de l'azote par le blé est un sujet qui a déjà focalisé beaucoup d'énergie. Les apports de la génomique, et notamment les travaux de Génoplante, fournissent aujourd'hui aux semenciers des pistes pour améliorer les blés de demain.

Il devient possible d'orienter la sélection, en identifiant les plantes possédant des gènes décrits comme favorables vis-à-vis de l'azote. Quand arrivera la première variété cumulant tous les gènes intéressants pour la valorisation de l'azote? Qui la commercialisera? Il est certainement trop tôt pour le dire, mais il est évident que toutes ces informations sont en cours de valorisation par les semenciers et contribueront pour partie au progrès génétique de demain.

loppe plus ses racines latérales, permettant une exploration du sol plus importante et une meilleure absorption de l'azote. L'architecture racinaire constitue donc une piste d'amélioration pour la tolérance à un stress azoté et nécessite donc d'être caractérisée précisément.

Le principal frein aux améliorations du système racinaire réside dans la lourdeur de l'étude des racines au champ (profils racinaires). Cependant, des dispositifs de culture en laboratoire, tels que le rhizotron (figure 2) permettent de suivre la croissance et la morphogenèse racinaire à un stade précoce. Ce système pourrait être utilisé pour définir les critères d'architecture racinaire (vitesse de croissance, longueur des racines...) impliqués dans la tolérance au stress azoté, en comparant des variétés tolérantes et sensibles. Ils pourront ensuite être utilisés pour caractériser et choisir des « parents » à utiliser dans de futurs programmes de sélection.

Isoler les gènes de l'architecture racinaire

Le mode de sélection le plus courant est basé sur des critères mesurables sur les plantes en pépinière. Par ailleurs, il est maintenant possible de pratiquer la sélection assistée par marqueurs (voir encadré) (SAM). Cette méthode nécessite tout d'abord de localiser les QTL impliqués dans l'expression des caractères d'architecture racinaire définis comme pertinents, puis de les introduire, par croisement, dans le génome de variétés de bonne valeur agronomique.

Pour mettre en évidence des régions du génome impliquées dans la tolérance à une carence azotée, il faut disposer d'une large gamme de variabilité. Nous avons ainsi constitué une population de 220 lignées non sélectionnées issues du croisement entre les variétés Arche et

Récital. Le choix de parents contrastés (un sensible et un tolérant) ainsi que l'utilisation de lignées non-sélectionnées permettent de maximiser les différences entre lignées (la variabilité génétique). Pour identifier les régions chromosomiques d'intérêt, il faut associer des endroits du génome du blé à des variations de caractères comme la sensibilité au stress azoté ou des caractéristiques racinaires. Pour cela, le génome est d'abord balisé à l'aide de marqueurs moléculaires. Ces marqueurs sont directement liés à l'ADN et sont donc indépendants du stade de développement et de l'environnement de la plante. Pour chaque balise, on peut constituer deux groupes de lignées selon que le génome balisé est de type « Arche » ou de type « Récital ». En comparant la sensibilité au stress azoté et le système racinaire de ces deux groupes, on détermine si la région balisée a une incidence sur le caractère étudié. Si c'est le cas, la région est appelée QTL.

Combiner des séquences de gènes pour créer des lignées adaptées

Les QTL « améliorants » sont identifiés ici chez les lignées tolérantes au stress azoté sans que cela ne présage de leur valeur pour d'autres caractères. L'objectif est de combiner dans une même lignée par croisements successifs les QTL « améliorants » pour les différents caractères. La sélection consiste à conserver dans la descendance les lignées ayant reçu les bons QTL repérés dans le génome grâce aux marqueurs moléculaires. Cette sélection assistée par marqueurs permet le repérage rapide et à faible coût des lignées intéressantes sans avoir besoin de tester à nouveau les plantes. ■

(1) Brancourt-Hulmel M. et al, (2003). Crop Science. 43: 37-45.

(2) Le Gouis J. et al (2004). Le Sélectionneur Français. 54: 37-44