

# DYNAMISATION DU BILAN D'AZOTE AVEC LE MODELE DE CULTURE CHN POUR UN RAISONNEMENT EN TEMPS REEL

B. SOENEN<sup>(1)\*</sup>, P. BESSARD DUPARC<sup>(2)</sup>, M. LABERDESQUE<sup>(3)</sup>, B. PIQUEMAL<sup>(4)</sup>, JP. COHAN<sup>(2)</sup>, X. LE BRIS<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> ARVALIS - Institut du végétal, Baziège (France, 31)

<sup>(2)</sup> ARVALIS - Institut du végétal, La Jaillière (France, 44)

<sup>(3)</sup> ARVALIS - Institut du végétal, Montardon (France, 64)

<sup>(4)</sup> ARVALIS - Institut du végétal, Boigneville (France, 91)

Le raisonnement de la fertilisation azotée est basé aujourd'hui sur le calcul d'une dose prévisionnelle recalée en cours de campagne par un outil de pilotage. Cette approche apporte des solutions techniques intéressantes, mais avec des limites que la technologie d'aujourd'hui peut permettre de dépasser (Ravier, 2017). En effet avec l'évolution rapide ces dernières années de la puissance de calcul et des outils de traitement de données, elles-mêmes de plus en plus nombreuses, il est aujourd'hui possible de rassembler les connaissances de divers disciplines comme l'agronomie, les sciences du sol et l'écophysiologie au sein d'un modèle unique : le modèle de culture. CHN est un modèle de culture qui a été développé par Arvalis-Institut du Végétal avec comme objectif de pouvoir aider à la décision en cours de campagne. Il est aujourd'hui possible de simuler avec CHN la croissance des cultures de blé, orge, maïs et les effets des facteurs limitants, en temps réel et en projection jusqu'à la fin de la campagne grâce au calcul fréquentiel (Soenen et al, 2015).

Ce modèle de culture a été utilisé pour mettre au point une nouvelle approche du raisonnement de la fertilisation azotée des céréales, permettant de s'adapter au contexte climatique de l'année, de plus en plus variable, en se basant sur l'évaluation en continu du besoin en azote au cours du cycle de la culture et des flux azotés sol/plante/atmosphère.

## 1) Analyse des performances du modèle de culture CHN

Un large jeu de données français, issu des essais Arvalis – Institut du Végétal, a été utilisé pour faire l'évaluation de CHN sur différentes espèces de grandes cultures : blé tendre, blé dur, maïs, orge d'hiver et orge de printemps. L'analyse des performances de ce modèle a donc pu être réalisée sur des contextes pédoclimatiques très variés, notamment en termes de scénario de stress hydrique et/ou azoté.

Les performances de CHN sur les principales variables plante simulées (indice foliaire, biomasse et azote absorbé) donnent satisfaction et permettent d'envisager de valoriser ce modèle dans des outils d'aide à la décision, tels que pour le pilotage de la fertilisation azotée ou de l'irrigation.

## 2) Mise au point des règles de décision valorisant les sorties de CHN pour le pilotage dynamique de la fertilisation azotée du blé

Un réseau d'essais a été initié sur la campagne 2016-2017, afin de mettre au point les règles de décision pour valoriser les sorties de CHN pour le pilotage dynamique de la fertilisation azotée du blé tendre et du blé dur. Ces travaux reprennent les enseignements de la thèse de Clémence Ravier (Ravier, 2017), en utilisant la dynamique d'INN minimum à ne pas franchir. Dans cette approche, l'INN est suivi avec le modèle CHN et permet de déterminer l'opportunité d'un apport d'azote. La dose à apporter est calculée en temps réel et pour chaque contexte pédoclimatique différent, en utilisant le calcul fréquentiel de CHN. Différentes règles de décision sont testées, notamment pour prendre en compte l'enjeu protéine, avec un objectif à atteindre de 11.5% sur blé tendre et de 14% sur blé dur.

Afin d'évaluer les performances de cette approche, les rendements et teneurs en protéines obtenus pour chaque variante de règles de décision, sont comparées à une courbe de réponse à l'azote, qui permet de déterminer l'optimum.

Le même genre de travaux a aussi été lancé sur maïs depuis la campagne 2016.

### 3) Couplage du modèle de culture CHN avec des données capteurs

L'enjeu est aussi de valoriser les sources de données de plus en plus nombreuses et diverses en temps réel pour la prise de décision. En effet, bien que les modèles soient de plus en plus précis, ils restent entachés d'une imprécision, en partie liée aux difficultés de paramétrer les simulations et plus particulièrement les paramètres sol.

Un couplage de ces modèles de culture avec la proxymétrie (par exemple de la photo à 57° pour du LAI en début de cycle) voire la télédétection (par exemple par la valorisation d'images satellite, avion ou drone) est donc envisagé à court terme. En effet CHN pourra être intégré à certains outils de pilotage, tels que Farmstar, en utilisant les techniques d'assimilation de données pour valoriser en temps réel les mesures plante comme l'indice foliaire (LAI) et la teneur en chlorophylle (Cab), mais aussi des mesures sol comme le reliquat en azote minéral réalisé en sortie d'hiver.

Les premiers résultats d'assimilation de mesures de LAI dans CHN sur maïs sont très encourageants et permettent de corriger de façon efficace l'estimation de la biomasse. Les travaux de l'institut s'orientent maintenant vers l'assimilation de l'azote absorbé, qui peut être estimé via la Cab.

*C. Ravier, 2017. Conception innovante d'une méthode de fertilisation azotée : articulation entre diagnostic des usages, ateliers participatifs et modélisation. Thèse de doctorat.*

*B. Soenen, X. Le Bris, JP. Cohan, C. Le Souder, 2015. Premières valorisations agronomiques du modèle de culture « CHN ». Poster 12èmes Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse*

#### **Baptiste SOENEN**

ARVALIS – Institut du Végétal, 31450 BAZIEGE  
b.soenen@arvalis.fr

Ingénieur ENITA de Bordeaux, 2010.

Responsable du pôle Agronomie à ARVALIS, au sein du service Agronomie – Economie – Environnement, Direction Recherche et Développement.  
Ingénieur spécialisée en fertilisation et gestion quantitative de l'eau



**Pierre BESSARD DUPARC**, Ingénieur spécialisé modélisation des cultures et aide à la décision

**Mathieu LABERDESQUE**, Ingénieur CDD 2015-2017 au pôle Agronomie

**Benoît PIQUEMAL**, Ingénieur spécialisé systèmes d'information et méthodologie

**Jean-Pierre COHAN**, Chef du service Valorisations des Innovations Génétiques (SVIG)

**Xavier LE BRIS**, Ingénieur spécialisé modélisation des cultures et aide à la décision (à la retraite)