
Dépendance des systèmes de production agricole aux engrais azotés de synthèse : comment la réduire ?

INTRODUCTION

par Jean Marie **SÉRONIE**

La problématique actuelle de l'Agriculture est de produire des denrées alimentaires pour nourrir une population humaine croissante mais en même temps de réduire de manière importante sa contribution aux émissions polluantes et de gaz à effet de serre. La fertilisation azotée des cultures étant à la fois un facteur de production essentiel et une source d'émission contribuant largement au réchauffement climatique apparaît donc au cœur de cette contradiction.

La fertilisation a permis un triplement de la production mondiale de céréales en 50 ans alors que dans le même temps l'utilisation des engrais azotés de synthèse a été multipliée par 7, ce qui montre que son efficacité a fortement diminué.

Il s'agit donc non seulement d'augmenter l'efficacité de N des engrais **en augmentant la réponse des cultures à la fertilisation**, mais encore et **surtout de diminuer la dépendance des systèmes de culture** à la fertilisation en augmentant la capacité des sols à fournir de l'azote aux cultures, et la capacité de celles-ci à mieux exploiter cette ressource.

Constat et état des lieux en France (et Europe) :

- Evolution des rendements et des apports de N sur les principales cultures,
- Les émissions de N à partir des systèmes de culture
- Le coût des engrais
- Les contraintes réglementaires et enjeux commerciaux.

1^{er} Exposé

Un nouveau paradigme pour l'étude de la nutrition N des cultures

par Gilles **LEMAIRE**)

De l'empirisme des courbes de réponse du rendement des cultures aux apports d'engrais (1950-1980) aux incertitudes et limites de la méthode du bilan (1980-2000). La méthode du bilan N, basée sur un **pronostic de la dose d'engrais à apporter** pour obtenir un rendement objectif donné, a permis de restreindre les apports excessifs mais se heurte à une incertitude irréductible de +/- 25-30 kgN/ha qui est de l'ordre de grandeur du niveau d'émissions dans l'environnement (aquifère et atmosphère) que l'on cherche à éviter. Les connaissances acquises entre 1980 et 2010 permettent d'éclairer la « boîte noire » du bilan N.

Le couplage et la régulation des cycles de N et de C par les microorganismes et par la plante. Le premier aspect concerne le rôle des microorganismes hétérotrophes du sol dans le couplage entre les cycles de C et de N : « turn-over » de N plus ou moins rapide (minéralisation-immobilisation) en fonction des disponibilités en C pour les microorganismes. Le deuxième aspect concerne le couplage entre les plantes et les communautés microbiennes du sol qui s'effectue principalement par les flux de C racinaires (rhizodépôts) permettant à la plante d'intervenir dans l'équilibre minéralisation-immobilisation et donc dans la disponibilité de N au niveau de la rhizosphère. Ainsi la fourniture de N par le sol ne peut plus être estimée seulement par des paramètres sols mais doit aussi tenir compte de la plante.

La co-régulation de l'absorption de N par l'offre en N minéral du sol et par la croissance de la plante. La demande en N d'une culture est reliée à sa biomasse (W) par une relation d'allométrie : $N = aW^b$. Les mécanismes de cette co-régulation font intervenir un ajustement de l'absorption N à l'entrée de C par la photosynthèse et une rétro-régulation des transporteurs racinaires en situation de « satiété » en N.

Vers un diagnostic de nutrition N des cultures : le concept d'INN. L'amortissement de la demande en N des cultures au cours de leur croissance se traduit par une diminution de la teneur en N de la plante : $\%N = aW^{b-1}$. Cette « courbe de dilution N » permet de déterminer l'état de nutrition N d'une culture grâce au calcul d'un Indice de Nutrition N (INN). Ainsi il devient possible d'estimer, en temps réel, le niveau de satisfaction des besoins en N d'une culture et de piloter la fertilisation en conséquence.

Une nouvelle approche de la fertilisation N des cultures. L'objectif est d'être en capacité de suivre une trajectoire optimale de l'INN selon les variétés en mettant en oeuvre des pratiques capables de réduire la contribution de l'engrais pour y parvenir (rotation avec légumineuse, couvert, amendements organiques, choix variétal...). Il importe d'augmenter la capacité des plantes à satisfaire leur propre demande en N grâce à une meilleure utilisation des ressources en N pouvant leur être fournies par le sol (progrès génétique), et la capacité des sols à fournir ces ressources grâce à une gestion adaptée du système de culture (progrès agronomique).

2^{ème} Exposé

Vers une gestion plus intégrée des agrosystèmes

par Marie-Hélène JEUFFROY

Réduire la dépendance des systèmes de culture aux engrais azotés de synthèse peut se gérer en combinant plusieurs pratiques culturelles, de manière systémique :

- Raisonner la fertilisation N des cultures, en valorisant des périodes de carence azote et en basant les apports sur un suivi dynamique de l'état de nutrition azotée de la culture : passer d'une approche de pronostic (méthode du bilan N) vers une approche de diagnostic (pilotage intégral à partir du suivi de l'INN) permet de réduire significativement le besoin en engrais N, et les impacts environnementaux associés, tout en garantissant le rendement et la qualité des grains.
- La diversification des rotations culturales avec des légumineuses : la réduction du recours aux engrais azotés, grâce aux légumineuses, s'appuie sur deux processus

clés. D'une part, les légumineuses, grâce à la fixation symbiotique, assurent leur propre accumulation d'azote, si les conditions du milieu sont favorables à ce processus biologique. D'autre part, la fourniture d'N à la culture suivante, grâce à la décomposition des résidus riches en N, permet de réduire l'application d'engrais sur les cultures suivantes. Cependant, cette fourniture étant très variable, des indicateurs sont nécessaires pour valoriser au mieux cette quantité. Par ailleurs, il est essentiel de gérer l'occupation du sol au mieux en cohérence avec la dynamique de fourniture d'N pour éviter les pertes (notamment par lixiviation). La culture de légumineuses en association avec des céréales ou oléagineux est également un moyen de réduire les besoins en engrais azotés des cultures. Des effets similaires sont observés dans les successions avec prairie.

- La ré-association entre « agriculture et élevage » à l'échelle territoriale : la spécialisation des territoires et l'intensification des cultures ont certes permis des progrès fulgurants dans la productivité, mais ont également engendré des impacts environnementaux catastrophiques. Reconnecter culture et élevage est un moyen très efficace pour améliorer le bouclage du cycle de l'azote, notamment en valorisant des couverts par les animaux, ou en améliorant la valorisation des effluents d'élevage dans des approches circulaires.
- Le progrès génétique : Les travaux réalisés en génétique depuis de nombreuses années chez le blé, le maïs et le colza, montrent qu'il est possible de développer des variétés plus économes en engrais azoté, absorbant mieux l'azote du sol, et donc adaptées à une faible fertilisation azotée. Mais, pour appliquer ces résultats en sélection, il est nécessaire de progresser dans les outils de phénotypage haut débit du système racinaire. Des travaux sont en cours pour utiliser la mycorhization des semences pour mieux exploiter les réserves azotées du sol.

Mettre en œuvre ces solutions agronomiques suppose de mobiliser l'ensemble des acteurs pour un changement en profondeur ... Cela prendra du temps ! Une première étape pourrait consister à construire, avec les acteurs locaux des territoires, des scénarios partagés d'évolution de l'agriculture moins dépendante des engrais N, pour construire ensemble des cibles ambitieuses à atteindre.

3^{ème} Exposé

Quelles pistes et scénarii pour l'avenir ?

par Philippe **GATE**

En lien étroit avec les exposés précédents, cette présentation tentera dans un premier temps de faire une synthèse récapitulative des différents leviers permettant de réduire la dépendance aux engrais de synthèse ou de réduire les émissions de GES. Cette approche transversale permettra notamment de proposer une estimation quantifiée de la réduction possible des doses d'azote générée par l'activation de certains leviers unitaires ou par la mise en œuvre de certaines pratiques. Sur la base de cette analyse, une réflexion sur les freins, les voies de progrès et les pistes de recherche pour améliorer ou réduire la variabilité des performances sera proposée. De même, les moyens à mettre en œuvre pour permettre un plus grand déploiement de certaines solutions seront abordés. Cette présentation abordera de ce fait peu

ou prou les aspects liés à la génétique dans différentes dimensions (choix de l'espèce, de la variété, de sa conduite en intégrant les outils de pilotage de la fertilisation, les débouchés liés à l'aval, orientations de la sélection), aux pratiques culturales et aux systèmes de culture (espèces en association, modes de culture conventionnelle, biologique, de conservation).

CONCLUSION

par Joël **LORGEUX**

En synthèse des travaux du groupe de travail, des messages clefs pour chaque chapitre seront proposés, en essayant de dégager les points faibles et les points forts. Le couplage de la fertilisation azotée avec le carbone est un des enjeux de l'évolution des systèmes de culture, les leviers à mettre en œuvre sont transversaux avec les autres thématiques comme l'adaptation au changement climatique, l'amélioration du bilan carbone, la biodiversité ou la gestion de la protection des cultures.