

# EMISSION DE NITRATE ET D'AMMONIAC : UNE METHODE DE DIAGNOSTIC POUR DES SYSTEMES A FAIBLES PERTES

Cécile Le Gall<sup>1</sup>, Raymond Reau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Terres Inovia, <sup>2</sup> INRAE

La maîtrise des pertes d'azote au champ représente aujourd'hui un enjeu prioritaire des points de vue environnemental, sanitaire et économique. La dynamique de l'azote dans les sols des champs cultivés est complexe. **Et le chiffrage et l'évaluation des pertes ne sont pas suffisants** : quand les pertes sont élevées, pour comprendre les processus en jeu, et analyser les déterminants en interaction dans chaque situation, **un diagnostic** est nécessaire. On est alors en mesure d'améliorer des pratiques voire de changer le système de culture pour obtenir de faibles pertes.

Différents outils permettent le chiffrage des pertes mais beaucoup moins permettent d'établir un diagnostic, en particulier à l'échelle pluriannuelle du système de culture. Dans le cadre du projet Agro-éco-Syst'N « Identification de systèmes agro-écologiques à hautes performances azotées par le diagnostic avec l'outil Syst'N® » (projet Casdar Innovation & Partenariat) de 2017 à 2020, **une démarche de diagnostic des pertes de nitrate et d'ammoniac** a été construite et formalisée au travers d'un « guide de diagnostic des pertes d'azote », disponible sur le site du Réseau Mixte Thématique BOUCLAGE. Ce guide décrit la démarche « pas à pas » et fournit en complément des éclairages sur les mécanismes en jeu et les déterminants de la dynamique de l'azote dans les champs cultivés.

## Une démarche de diagnostic originale

- 1) **Le diagnostic est mené à l'échelle spatiale d'un champ cultivé**, défini par les cultures qui se succèdent dans une parcelle, ainsi que par son sol, dont l'état change sous l'effet des techniques culturales, des peuplements cultivés et du climat.
- 2) **Il caractérise la dynamique de l'azote au cours de la rotation des cultures**, avec une attention particulière à l'azote potentiellement lessivable au début de la période de drainage (en automne en général sous le climat métropolitain) et à l'azote potentiellement volatilisable dans les jours qui suivent chaque apport d'engrais azoté.
- 3) **Il identifie les combinaisons de techniques qui expliquent les pertes azotées**, en lien avec le climat et le sol. Pour le lessivage du nitrate d'une part, et pour la volatilisation de l'ammoniac, un logigramme est proposé pour la réalisation de ce diagnostic des pertes.

## Un diagnostic en 8 étapes

Pour le nitrate comme pour l'ammoniac, la démarche comprend 8 étapes. Chaque étape est déclinée spécifiquement pour chaque type de perte. En effet, la volatilisation, qui a lieu avant tout dans la foulée de la fertilisation, est un problème d'efficacité des apports d'engrais azotés ; à contrario, le lessivage, qui a lieu plusieurs mois après la ou les fertilisations de printemps, est le résultat d'un processus systémique complexe.

- 1- **Etablir le résultat attendu en terme de pertes moyennes annuelles** : ce résultat est établi à l'échelle de la rotation plutôt que de la culture afin de prendre en compte les compensations possibles entre les cultures. En effet, avoir de faibles pertes ne signifie pas « être bon partout (dans chaque champ) et tout le temps (pour chaque culture) » mais rechercher le bon équilibre entre des épisodes-champs « gagnants » et des épisodes-champs « perdants » afin d'être globalement satisfait. 3 classes de résultat (réussite/acceptable/échec) sont proposées avec des seuils proposés « par défaut ».
- 2- **Estimer les pertes obtenues** : plusieurs outils sont aujourd'hui disponibles pour estimer (voire mesurer directement au champ) les pertes de nitrate et d'ammoniac. Dans le cadre du projet Agro-éco-Syst'N, il a été choisi de s'appuyer sur l'outil Syst'N®, doté d'un modèle mécaniste permettant d'estimer les pertes à pas de temps journalier dans un champ cultivé. Néanmoins, la méthode de diagnostic peut être mise en œuvre avec d'autres outils, à condition qu'ils

permettent de prendre en compte l'interaction des pratiques avec le climat et le sol. Elle peut également s'appuyer sur des mesures ou des observations aux champs.

- 3- **Faire l'état des lieux des pertes d'azote** : après avoir exprimé les pertes en moyenne de la rotation, on décompose cette moyenne année après année pour discuter de l'homogénéité suivant les années et suivant la façon dont certaines années culturales de la rotation performantes compensent des années moins performantes.
- 4- **Comparer les pertes obtenues au résultat attendu** : en fonction du résultat de pertes obtenues, il est alors possible d'évaluer si l'objectif attendu est atteint ou pas. On poursuit ensuite le diagnostic afin d'identifier les déterminants à l'origine de cette performance, sans oublier de tenir compte des incertitudes des mesures et des observations.
- 5- **Analyser la dynamique temporelle des pertes / identifier les « hotspots » au cours de la rotation** : on entend par « hotspot » les épisodes de « pics » de perte qui surviennent au cours de la succession culturale ; il peut y en avoir un comme plusieurs, et dans ce dernier cas, il est intéressant de regarder s'ils surviennent toujours « au même endroit ». Pour faciliter leur identification, il est proposé d'utiliser Syst'N® et son interface de visualisation des résultats.
- 6- **Comprendre les déterminants de chaque hotspot** : l'analyse de la situation étudiée est guidée par le logigramme qui permet de mettre en relation les pertes, les états clés et les actions conjointes du climat et des pratiques (compte tenu du sol). Il s'agit de comprendre comment ils interagissent, mais aussi d'identifier le ou les déterminants majeurs. Pour y parvenir, il s'appuie sur la réalisation d'un bilan prévisionnel décomposant l'azote disponible potentiellement « perdable », inspiré du logigramme.
- 7- **Faire la synthèse** : c'est une étape incontournable pour prendre du recul et expliquer comment a fonctionné ce champ cultivé dans la situation étudiée. Elle permet notamment d'identifier les « goulots d'étranglement », c'est-à-dire du ou des état(s) clé(s) à l'origine de fortes pertes dans cette situation.
- 8- **Identifier les pistes pour avoir de faibles pertes** : point d'orgue du diagnostic, il permet d'envisager l'amélioration de certaines pratiques comme de proposer de nouvelles combinaisons de pratiques permettant d'éliminer le « goulot d'étranglement ». En effet, la levée du goulot d'étranglement peut parfois consister au changement d'une pratique élémentaire, comme en un changement plus global du système de culture.

Co-construite entre enseignants, chercheurs et conseillers, cette démarche pédagogique rappelle les bases du fonctionnement du champ cultivé utiles à la compréhension des pertes d'azote et de leur dynamique. Elle peut être mise en œuvre par des étudiants, dans le cadre d'un cursus d'apprentissage à différents niveaux, ou bien encore par des conseillers qui accompagnent des agriculteurs.



*Cécile Le Gall est chargée d'études à Terres Inovia, institut technique des oléoprotéagineux et du chanvre, où elle travaille notamment à mieux comprendre les mécanismes des pertes d'azote par voie gazeuse (ammoniac et protoxyde d'azote) survenant au champ et à identifier les leviers potentiels pour les réduire. Ces travaux ont notamment été menés dans le cadre de l'UMT GES-N<sub>2</sub>O et différents projets menés en partenariat avec les acteurs de la recherche et du développement agricole, dont le projet Agro-éco-Syst'N.*

**Raymond Reau** est ingénieur de recherche INRAE.

*Après sa participation à l'opération Fertimieux, il relance le groupe Chaulage du Comifer, et met au point le raisonnement de la fertilisation azotée des oléagineux à Terres Inovia. En contribuant à construire l'outil Syst'N, il développe l'usage du diagnostic des pertes d'azote (guide, plateau de jeu sérieux). Avec le RMT systèmes de culture innovants, il propose des méthodes de conception de systèmes de culture en ateliers. Ses travaux plus récents explorent la conception de projets de territoire ambitieux en terme de services environnementaux (qualités des eaux, biodiversité).*

