

# L'outil Syst'N® et ses usages pour l'évaluation et le diagnostic des pertes d'azote dans les systèmes de culture

Résultats et productions des projets CASDAR Agro-éco-Syst'N et OFB EcoSystN

V Parnaudeau<sup>1</sup>, M Heurtaux<sup>2</sup>, R Reau<sup>1</sup>, JF Vian<sup>3</sup>, C Le Gall<sup>4</sup>, A Dupont<sup>1</sup>, P Dubrulle<sup>1</sup>, J Duval<sup>1</sup>, L Lefèvre<sup>1</sup>, M Bedu<sup>1</sup>, C Deneufbourg<sup>5</sup>, A Guézengar<sup>6</sup>, L Guillomo<sup>7</sup>, C Leclercq<sup>8</sup>, P Tauvel<sup>9</sup>, M Thirard<sup>7</sup>, F Célette<sup>3</sup>, A Gautier<sup>5</sup>, D Le Hir<sup>6</sup>, M Moreira<sup>6</sup>, R Perrineau<sup>7</sup>, A Schneider<sup>4</sup>, E Vaud<sup>5</sup>

<sup>1</sup>INRAE, <sup>2</sup>Acta, <sup>3</sup>Isara, <sup>4</sup>Terres Inovia, <sup>5</sup>CTIFL, <sup>6</sup>CRAB, <sup>7</sup>EPLEFPA Chartres-La Saussaye, <sup>8</sup>UniLaSalle, <sup>9</sup>ITB

## Introduction

L'outil Syst'N® (Parnaudeau et al., 2012) vise à estimer et à faciliter le diagnostic des pertes d'azote dans les systèmes de culture, et *in fine* à mieux gérer l'azote dans les territoires agricoles. Il évalue les pertes d'azote sous différentes formes (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> vers les eaux, NH<sub>3</sub> et N<sub>2</sub>O vers l'atmosphère) pour une large gamme de cultures, au cours de la succession culturale, en fonction des itinéraires techniques pratiqués, selon les sols et les climats métropolitains. Il a été initialement co-conçu par l'INRA et les instituts techniques agricoles dans le cadre du Réseau Mixte Technologique Fertilisation & Environnement, en partenariat avec ses utilisateurs finaux qui sont prioritairement les agents du développement agricole, les conseillers agricoles et les agences environnementales. Du fait de son caractère pédagogique, Syst'N® est également mobilisé dans l'enseignement et la formation.

## Syst'N® et ses adaptations aux systèmes agroécologiques

L'outil inclut des interfaces graphiques de saisie et de visualisation des résultats, et un modèle agronomique simulant le cycle de l'azote dans le système sol-plante-atmosphère. Y est associée Pertazote, une base de données permettant de stocker des résultats de simulations et de mesures de pertes d'azote. Le modèle de simulation a été conçu à partir de formalismes issus de différents modèles existants, en sélectionnant des formalismes adaptés aux objectifs de l'outil selon le principe de parcimonie et la facilité d'accès aux données d'entrée pour les utilisateurs. Les projets Agro-éco-Syst'N (CASDAR 2017-2020) et EcoSystN (ADEME 2016-2019) ont permis d'y apporter d'importantes améliorations ces dernières années, en particulier une meilleure estimation de certains flux d'azote (ex. minéralisation de l'azote organique du sol) et également une gamme élargie de cultures prises en compte dans l'outil pour adapter ce dernier aux systèmes agroécologiques.

### Fixation d'azote pour la féverole, le soja et le pois (synthèse des données du jeu de validation issu de plusieurs essais)

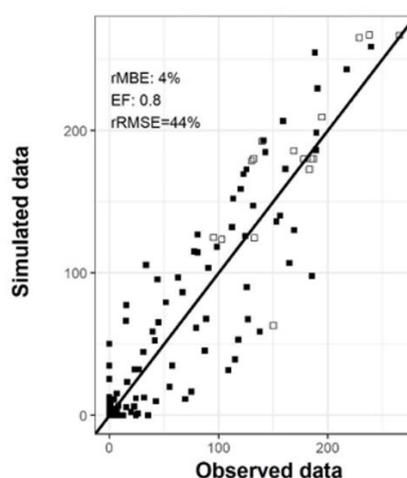


Figure 1 - Validation du formalisme de la fixation de Syst'N version 1.5

Cet élargissement concerne notamment les cultures de diversification (lin, chanvre) et les cultures légumières (chou-fleur, carotte, pomme de terre), qui ont requis de nouveaux paramétrages des formalismes existants. En revanche, les légumineuses annuelles (pois, soja, féverole) et pérennes (luzerne) ont nécessité l'implémentation de nouveaux formalismes issus ou inspirés de modèles existants : celui de la fixation symbiotique issu du modèle STICS (Corre-Hellou et al., 2007 ; Brisson et al., 2009) qui permet de simuler ce processus de façon satisfaisante (Figure 1) et celui de la dormance pour la luzerne, inspiré du modèle CropSyst (Confalonieri & Bechini, 2004). Les associations culturales ont également été modélisées à partir d'une première version « Syst'N-asso » réalisée en 2015 (Hannebert, 2015) et intégrées dans la version actuellement diffusée de Syst'N® (v.1.5).

### **Quatre usages de Syst'N® pour l'évaluation et le diagnostic des pertes d'azote**

Différents types d'usage de Syst'N® ont été développés dans le récent projet CASDAR « Agro-éco-Syst'N », dont nous avons 4 retours d'expérience :

- La prise en compte de l'aléa climatique pour l'évaluation des performances de la plateforme Syppre en Champagne (ITB) : après évaluation/calibration de Syst'N® avec des mesures, les simulations de prototypes de systèmes de culture avec plusieurs séries climatiques ont permis de comprendre l'effet du climat en interaction avec les pratiques pour imaginer des évolutions vers des systèmes à faibles pertes de N.
- La démarche de diagnostic mise en œuvre sur la ferme expérimentale du Lycée de la Saussaye : la simulation des systèmes existants sur une année à potentiel de lessivage élevé répétée tous les ans a permis l'estimation des pertes d'azote maximales et l'identification des déterminants des pertes azotées. Des systèmes modifiés ont ensuite été imaginés puis simulés jusqu'à atteindre des systèmes faiblement émetteurs (démarche de boucle de progrès).
- L'utilisation de ressources s'appuyant sur les sorties de Syst'N® pour la formation et l'enseignement en agronomie (UniLaSalle, ISARA) : le poster de Leclercq et al. « Des cas-types pour appréhender, évaluer, diagnostiquer les pertes d'azote par lixiviation et volatilisation » détaille cet usage, basé sur l'utilisation de « cas-types », décrivant chacun un système de culture dans un contexte pédoclimatique et météorologique donné et ses performances azotées (i.e. pertes d'azote dans l'environnement, par lixiviation de nitrate et par volatilisation d'ammoniac).
- L'utilisation de Syst'N® pour le conseil individuel aux agriculteurs (CRAB) : la démarche de conseil stratégique déclinée en 3 étapes (caractérisation du système chez l'agriculteur, simulation de la situation actuelle et de différents systèmes « projetés » vertueux pour les pertes azotées, et restitution à l'agriculteur avec discussion des évolutions possibles) a permis de « mettre en mouvement » l'agriculteur vers la reconception de son système pour éviter les pertes d'azote, en lui fournissant des clés de compréhension du fonctionnement de ses systèmes de culture dans leurs contextes, en donnant à voir des éléments clés, et en l'aidant à identifier ses propres pistes d'évolution.

### **Références bibliographiques**

- Brisson, N., Launay, M., Mary, B. & Beaudoin, N. 2009. *Conceptual Basis, Formalisations and Parameterization of the Stics Crop Model*. Quae.
- Confalonieri, R. & Bechini, L. 2004. A preliminary evaluation of the simulation model CropSyst for alfalfa. *European Journal of Agronomy*, **21**, 223-237.
- Corre-Hellou, G., Brisson, N., Launay, M., Fustec, J. & Crozat, Y. 2007. Effect of root depth penetration on soil nitrogen competitive interactions and dry matter production in pea-barley intercrops given different soil nitrogen supplies. *Field Crops Research*, **103**, 76-85.
- Hannebert, B. 2015. Adaptation of the Syst'N model to intercrops accounting for end-users constraints: calibration step. ISARA-Lyon.
- Parnaudeau, V., Reau, R. & Dubrulle, P. 2012. Un outil d'évaluation des fuites d'azote vers l'environnement à l'échelle du système de culture: le logiciel Syst'N. *Innovations Agronomiques*, **21**, 59-70.