

Impact de l'introduction des légumineuses dans les systèmes de grande culture sur les émissions de N₂O

1^{ers} résultats du projet CASDAR LEG-N-GES

Cohan J.P., Cadillon A., Dubois S., Duval R., Flenet F., Justes E., Mary B., Massad R.S., Plaza-Bonilla D., Schneider A.*

**Auteur pour correspondance*

La maîtrise des émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant des systèmes de production de grande culture revêt un double enjeu. **Du point de vue environnemental**, l'atténuation du réchauffement moyen planétaire est devenue un objectif national et international, afin de limiter au maximum les conséquences néfastes du changement climatique. **Du point de vue économique**, abaisser le niveau des émissions a une importance certaine pour la pérennité des filières de production de bio-carburants et pour la place des productions végétales dans le futur affichage environnemental des produits finis. Le poids des grandes cultures dans les émissions globales est surtout dû aux émissions de protoxyde d'azote N₂O (89 à 90 % des émissions N₂O étant attribuables à l'agriculture en général), mais aussi à la production de CO₂ et de N₂O associées principalement à la production des intrants comme les engrais azotés. Les émissions de méthane CH₄ sont attribuables principalement aux élevages et est peu émis par les sols de grandes cultures (CITEPA 2015).

Les **méthodes de calculs de bilan GES appliquées au système de production de grandes cultures** relient les émissions de N₂O aux différents flux d'azote dans le système de culture. En particulier, l'emploi d'engrais minéraux azotés représente le principal poste d'émissions de N₂O. Une part non négligeable des émissions est attribuable à la phase amont de production d'engrais. L'autre partie des émissions directement liées à **l'usage des engrais azotés** se produit dans le champ au cours de l'année et notamment après leur épandage. Si on ajoute que le recours aux engrais minéraux azotés représente une charge grandissante pour les exploitations agricoles (hausse tendancielle sur 10 ans du prix des engrais), l'élaboration de rotations de cultures moins dépendantes des engrais minéraux devient une nécessité à la fois environnementale et économique pour l'agriculture française. Etant donné que la nutrition azotée est un facteur de production majeur, il est nécessaire d'assurer un état de nutrition azotée suffisant des cultures pour maintenir et si possible augmenter les objectifs de production et de qualité des récoltes. Ainsi, le moindre recours aux engrais minéraux azotés devra passer par l'amélioration de l'efficacité des engrais apportés et par la substitution d'une partie de l'azote minéral de l'engrais par d'autres sources moins émissives en GES. Etant donné la nature multifactorielle du lien entre la dynamique de l'azote et les émissions de N₂O, l'évaluation d'un levier technique permettant de diminuer le recours aux engrais minéraux doit aussi inclure son impact sur les deux autres postes potentiellement contributeurs indirectement ou à moyen terme aux émissions : la lixiviation du nitrate et la restitution d'azote au sol via les résidus de culture.

De par leur capacité à fixer le diazote (N₂) de l'air, les **légumineuses** constituent la seule voie alternative à la synthèse industrielle des engrais, permettant d'introduire de l'azote dans les systèmes agricoles. Afin d'évaluer le plus précisément possible l'impact de l'introduction de légumineuses sur les flux d'azote dans la rotation et, donc sur les émissions de N₂O en se basant sur un large jeu de données expérimentales acquies au champ, le projet CASDAR LEG-N-GES* a été lancé en 2013. Il est piloté par ARVALIS-Institut du végétal et réunit plusieurs partenaires (Terres Inovia, ITB, ITAB, INRA-UMR AGIR Toulouse, INRA-AgroParisTech-UMR ECOSYS Grignon, INRA UR-AGROIMPACT Laon). Cette communication se propose de présenter les méthodes d'analyses de données et de calculs d'émissions retenues et des premiers résultats.

Au niveau méthodologique, les émissions de N₂O consécutives à l'introduction de légumineuses (par rapport à un système de culture témoin sans légumineuse) sont évaluées par :

- L'application de facteurs d'émissions à des flux d'azote évalués dans les essais (variation de consommation d'engrais azoté sur les cultures suivantes, variation de pertes par lixiviation de nitrate,



variation de quantités de résidus restitués au sol). L'évaluation des flux d'azote fait appel à différentes méthodes de calculs selon le nombre et la nature des mesures disponibles dans les expérimentations ;

- L'utilisation de modèles « sol-plante » de recherches (STICS, CERES EGC) appliqués à des essais pluriannuels et paramétrés à l'aide des données agronomiques disponibles ;
- Par mesure directe au champ sur les quelques dispositifs expérimentaux disposant de l'équipement adéquat (chambres de mesure statiques ou dynamiques).

Les 1^{ers} résultats permettent déjà d'esquisser des pistes de réflexions intéressantes :

- L'introduction de couverts intermédiaires à base de légumineuses (pures ou en mélange avec des non-légumineuses) a déjà été étudiée sur plus de 30 expérimentations. Elle permettrait de réduire les émissions de N₂O via une diminution de doses d'engrais azotés appliqués sur la culture suivante. Par contre, par rapport à un couvert de non-légumineuse, cet effet est en partie contrebalancé par une augmentation des émissions liées à une réduction moins efficace de la lixiviation du nitrate et à la restitution de résidus végétaux plus riches en azote. Certains essais nous permettent d'étudier plus précisément les cinétiques de minéralisation des résidus de cultures intermédiaires, ouvrant la possibilité de réviser leur niveau de contribution effective aux émissions.
- Des résultats déjà publiés auparavant indiquent que les émissions de N₂O mesurées pour la culture du pois (et du blé non fertilisé) sont équivalentes au niveau d'émission de base des sols et sont 5 à 10 fois plus faibles que celles enregistrées pour le blé et le colza fertilisés. La culture de légumineuse en précédent d'une autre culture de rente a des impacts sur les flux azotés qui varient selon l'espèce de légumineuse et son mode d'insertion. A partir d'une 1^{ère} analyse des expérimentations rassemblées dans LEG-N-GES, les précédents avec légumineuses permettraient une diminution des émissions de N₂O via un moindre recours aux engrais azotés par rapport à des itinéraires sans légumineuses. Leur impact sur les autres flux d'azote potentiellement contributeurs aux émissions de N₂O (lixiviation du nitrate, restitution de résidus) reste à évaluer. Il faut souligner que l'étude des précédents avec légumineuses ne nécessite pas seulement l'évaluation de leur impact sur les flux d'azote, mais aussi sur le potentiel de rendement des autres cultures de la rotation. Cette question sera instruite dans le projet.

Lors de sa dernière phase, le projet va s'attacher à finaliser l'analyse de toutes les données expérimentales à disposition afin 1) de produire les références scientifiques et techniques nécessaires à l'évaluation la plus précise possible de l'impact des légumineuses sur les émissions de N₂O, 2) de proposer des recommandations de modifications des itinéraires culturaux en vue d'une meilleure performance économique et environnementale et 3) d'éventuellement proposer des valeurs, adaptées aux conditions françaises et pour les légumineuses, des facteurs d'émissions utilisés actuellement dans les inventaires.

*Ce projet a été soutenu financièrement par le compte d'affectation spéciale « développement agricole et rural » du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

Références bibliographiques : CITEPA 2015. Rapport national d'inventaire – Format SECTEN, avril 2015.

Jean-Pierre COHAN / ARVALIS-Institut du végétal : Ingénieur R&D en fertilisation – Responsable du pôle Agronomie
jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

Adeline CADILLON / ITAB : Chargée de mission Agronomie et Systèmes

Sophie DUBOIS / ARVALIS-Institut du végétal

Rémy DUVAL / ITB : Animateur du pôle agronomie et agroéquipements

Francis FLENET / Terres Inovia : Responsable du Département des Etudes Opérationnelles

Eric JUSTES / INRA - UMR AGIR Toulouse : PhD - Ingénieur de Recherches INRA – Responsable de l'équipe VASCO

Bruno MARY / INRA UR-AGROIMPACT Laon : PhD - Directeur de Recherches

Raia Silvia MASSAD / INRA-AgroParisTech-UMR ECOSYS Grignon : PhD – Chargée de Recherches

Daniel PLAZA-BONILLA / INRA - UMR AGIR Toulouse : PhD

Anne SCHNEIDER / Terres Inovia : Durabilité des systèmes & légumineuses