

## Résumé

Les pratiques agricoles intensives de l'agriculture conventionnelle (AC) ont engendré des fuites d'azote dans l'environnement, se manifestant en particulier par la contamination des eaux de surface et souterraines via la lixiviation du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) et par la pollution atmosphérique via les émissions d'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ). En effet, alors que l'agriculture contribue à 70% des émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  (gaz à effet de serre et destructeur de la couche d'ozone), l'agriculture est aussi responsable du dépassement de la norme de potabilité fixée à  $11 \text{ mg N l}^{-1}$  (ou  $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ ). Ainsi, la quasi-totalité du bassin de la Seine a été classé en zone vulnérable par la Directive Nitrates, qui vise au maintien de la qualité des ressources en eaux. Dans une perspective de changement de système agricole pour réduire la contamination nitrique des eaux, une hypothèse de ce travail était que l'agriculture biologique (AB) pouvait contribuer à réduire ces pertes. Les pertes azotées en AB sont bien moins documentées que celles en AC dans la littérature internationale, et tout particulièrement en France et dans le bassin de la Seine. En conséquence, l'objectif principal de cette thèse a été de mesurer et quantifier dans le bassin de la Seine, ces fuites d'azote dans des exploitations de grandes cultures céréalières en AB, mais également en référence à l'AC, sur l'ensemble des cultures de leurs rotations, sous une forme collaborative avec les agriculteurs.

La première partie de cette thèse a été d'étudier les pertes d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$  atmosphérique,  $\text{NO}_3^-$  lixivié) d'une exploitation mixte de grandes cultures biologique et conventionnelle (Bassin de l'Orgeval, Seine-et-Marne) sur une période de trois ans par l'installation (i) de bougies poreuses et (ii) de chambres d'accumulation de gaz, manuelles et automatiques. Les résultats ont permis de mettre en évidence la dynamique des émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  dans les parcelles, et de l'illustrer par l'étude expérimentale de la production de  $\text{N}_2\text{O}$  issue des processus de nitrification et de dénitrification. Pour les cinq termes étudiés de la rotation en AB (7 ans), la moyenne des émissions est de  $0.65 \text{ kg N-N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$  alors que pour la rotation en AC (3 ans) elle est de  $0.91 \text{ kg N-N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$  (une différence de 28% en faveur de l'AB). Parallèlement, les quantités d'azote lixivié ( $\text{NO}_3^-$  essentiellement) en AB et AC étaient de  $14.59$  et  $19.54 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$  respectivement (25% en moins pour l'AB). L'extrapolation de ces données et d'autres acquises antérieurement sur le bassin de l'Orgeval ont permis de documenter la cascade de l'azote à cette échelle ( $104 \text{ km}^2$ ) et des simulations ont montré que les pratiques de l'AB (mesure préventive) permettaient de réduire les pollutions nitriques diffuses sans engendrer une augmentation d'émissions de  $\text{N}_2\text{O}$ , ce qui n'est pas le cas lors de la création d'étangs recueillant les eaux riches en nitrate du drainage agricole (mesure curative).

La seconde partie concerne la lixiviation du  $\text{NO}_3^-$  au sein d'un réseau de mesures, utilisant des bougies poreuses, mis en place au cours de la thèse. Ce réseau de mesures est passé d'une exploitation mixte en 2011-12, à huit systèmes de cultures (cinq en AB et trois en AC) en 2012-13, puis à dix-huit systèmes de cultures (huit en AB et dix en AC) en 2013-14, soit désormais un total de 83 parcelles en AB et 39 en AC. L'ensemble de ce réseau, a permis de différencier en termes de fuites vers les aquifères, les différentes cultures et pratiques au sein des rotations. Par exemple, les concentrations en azote sont minimales pour la luzerne et les cultures pièges à nitrate ( $< 5 \text{ mg N l}^{-1}$ ) et maximales pour les blés semés après légumineuses ( $> 15 \text{ mg N l}^{-1}$ ), résultats observés pour l'ensemble des contextes pédoclimatiques explorés dans le bassin de la Seine. A l'échelle des rotations, la concentration moyenne d'une rotation AB typique « avec 2 à 3 ans de luzerne » est de  $10.1 \pm 3.4 \text{ mg N l}^{-1}$  et celle des exploitations en AC est de  $16.6 \pm 10.3 \text{ mg N l}^{-1}$ . Ces concentrations, converties en flux, aboutissent à des quantités d'azote lixivié en AB de  $15.3 \pm 9.7 \text{ kg N ha}^{-1}$  et en AC de  $27 \pm 24.7 \text{ kg N ha}^{-1}$  selon les exploitations dans différents pôles pédoclimatiques du bassin de la Seine.

**Mots clés :** fuites d'azote, émissions de protoxyde d'azote, lixiviation du nitrate, agriculture biologique, systèmes de cultures céréalières, processus biogéochimiques