

# Bilans et flux de phosphore à l'échelle d'un territoire

Olivier Scheurer et Elisa Marraccini

Institut polytechnique UniLaSalle, BP 30313 60026 Beauvais cedex

[olivier.scheurer@unilasalle.fr](mailto:olivier.scheurer@unilasalle.fr)

[elisa.marraccini@unilasalle.fr](mailto:elisa.marraccini@unilasalle.fr)

**Avec la contribution de :** Julie Pruvost (stage d'ingénieur AgroSup Dijon), Caroline Bertrand (CERENA), Jean-Michel Chassine et Patrice Kerckove (TEREOS), Stéphanie SAGOT (LDAR), Fabrice Fiers (MUAD-CA 02)

## Introduction

Dans un contexte de dépendance européenne des ressources de phosphore minéral au niveau mondial (Cordell et White, 2013), trois options se dessinent pour une gestion plus durable de cette ressource non renouvelable : la restriction à des usages essentiels, l'amélioration de l'efficacité d'usage, l'amélioration du recyclage (Reijnders, 2014). Afin de mieux comprendre les flux et stocks de phosphore, de nombreuses études se sont focalisées sur les cycles de phosphore au niveau global (Schipanski et Bennett, 2012), européen (Toth et al., 2014 ; van Dijk et al., 2016) ou national (Senthilkumar et al., 2012). Senthilkumar et al., (2012) montrent en France une importante variabilité interrégionale du bilan du P, associée non seulement aux systèmes de production en place mais aussi à la diversité des filières entraînant une diversité de flux de P intrants (ex. engrais) et sortants (ex. aliments). Comme montré par Le Bail et Le Gal (2011), cette diversité d'organisation des filières et des systèmes de production n'est pas forcément cohérente à un niveau administratif tel que la région. Dans ce contexte, il semble opportun d'étudier les dynamiques territoriales locales du phosphore, en particulier organique, assimilées à des « gisements locaux ». En effet, des gisements autres que minéraux existent mais ils sont soumis à des logiques de flux entre acteurs agricoles ou d'autres secteurs d'activité qui coexistent à différentes échelles : importations régionales d'amendements organiques, recyclages de sous-produits intra-région et échanges locaux entre agriculteurs et éleveurs.

Des études sur les flux de phosphore existent à l'échelle de l'exploitation ou de territoires administratifs (Nesme et al., 2012 ; Senthilkumar et al., 2012) ; elles sont en général appliquées sur une seule de ces deux échelles et de ce fait peuvent difficilement mettre en évidence les logiques des flux régionaux ou locaux entre acteurs des territoires. Comme montré par Regan et al. (2017), ce sont finalement ces logiques de flux et de coopération entre acteurs qui permettent d'améliorer l'efficacité d'utilisation des ressources. La présente étude s'applique à deux entités de fonctionnement agricole, que sont l'exploitation et le bassin d'approvisionnement. En particulier, le bassin d'approvisionnement semble être un concept pertinent pour étudier les logiques de ces flux puisqu'il mobilise au sein d'une filière des acteurs issus de la production, de la collecte et de la transformation agricoles (Le Bail et Le Gal, 2011).

Nous cherchons à comprendre et quantifier les flux de phosphore à l'échelle d'un territoire en mobilisant ces deux échelles afin de tester leur pertinence pour proposer des voies d'amélioration de la durabilité de la gestion territoriale du phosphore en termes d'efficacité d'usage et de recyclage. Cette étude à caractère exploratoire vise à vérifier la faisabilité de cette approche et identifier les obstacles méthodologiques.

## Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée dans un territoire du nord du département de l'Aisne (figure 1), incluant les cœurs de bassins de collecte d'une coopérative polyvalente et d'une sucrerie localisées à Origny-Sainte Benoit. Ces bassins correspondant à deux petites régions naturelles, différenciées également par leurs systèmes de production: grandes cultures à dominante betteravière d'une part (Saint-Quentinois), polyculture et polyculture-élevage d'autre part (Basse-Thiérache). Dans ces deux petites régions, la fertilité des sols en P, estimée selon Regifert à partir des analyses de la BDAT sur la période 2005-2014 est majoritairement forte à moyenne; la classe « faible » représente moins de 20 % des analyses. Une tendance à la diminution des teneurs en P extractible est observée sur 10 ans (entre les périodes 1994-2004 et 2005-2014) dans près de la moitié des cantons, les autres restant stables (Saby et al., 2016).

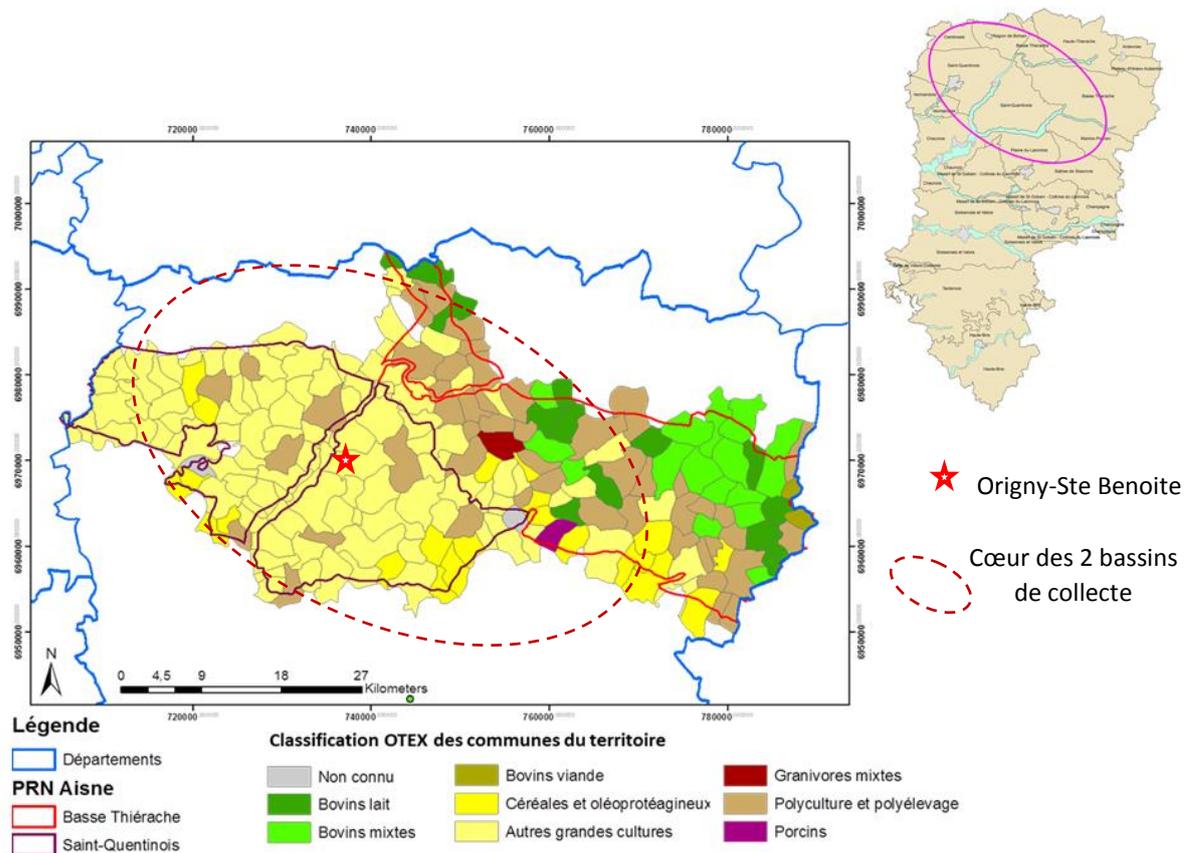


Figure 1: Localisation du territoire étudié dans l'Aisne et des orientations agricoles des communes (Sources : GeoFla, Agreste)

A l'échelle du territoire, les différents flux de matière internes et externes ont été identifiés par entretiens auprès des acteurs puis quantifiés, principalement via des bases de données gérées par la coopérative et la sucrerie et par estimation quand les données n'étaient pas accessibles ou disponibles. Les sources de données et les méthodes sont résumées dans le tableau 1. Les tonnages ainsi estimés ont été multipliés par leur teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, issue de références bibliographiques (Comifer 2007 pour les récoltes) ou de teneurs déclarées par les producteurs (boues de STEP, matières fertilisantes et aliments du bétail). La quantification de ces flux a permis d'approcher un bilan du phosphore à l'échelle du territoire.

Tableau 1 : Sources de données et méthodes de calcul des flux de matière.

Matières	Données utilisées et sources	Méthode d'estimation à l'échelle du territoire
Récoltes céréales et oléo-protéagineux	Tonnages collectés par CERENA (2015)	Extrapolation au territoire en fonction des parts de collecte estimées des autres entreprises
Récoltes betterave sucrière	Tonnages collectés par TEREOS (2015)	Données exhaustives
Récoltes autres (légumes, lin, ...)	Surfaces par culture sur le territoire (RPG 2012)	Application de rendements moyens par culture
Produits animaux (lait, viande)	Effectifs des troupeaux (RGA 2010) Production moyenne par vache dans l'Aisne (Contrôle laitier 2015), Nombre d'animaux abattus (Agreste 2015)	Application de ratios moyens par animal, estimés pour l'Aisne : kg de lait par vache, animaux abattus/animaux présents et poids vif standard
Matières fertilisantes	Tonnages distribués par CERENA (2015)	Extrapolation au territoire en fonction des parts de marché estimées des autres entreprises
Boues de STEP	Tonnages épandus (MUAD- CA 02 -2015)	Données exhaustives
Aliments du bétail	Effectifs des troupeaux (RGA 2010)	Application de rations standard en kg d'aliment par animal
Sous-produits betteraviers (pulpes, écumes, ...)	Tonnages distribués par TEREOS (2015)	Données exhaustives

A l'exploitation, des bilans globaux annuels du phosphore (entrées – sorties) ont été calculés après enquête sur un échantillon de 26 exploitations représentatives de la diversité des types présents sur le territoire et adhérentes de la coopérative. Sur ce même échantillon, les déterminants des choix de gestion du phosphore par les agriculteurs ont été identifiés. La quantification des flux et les bilans ont porté sur la campagne 2014-2015. Le tableau 2 donne la répartition de l'échantillon dans la typologie des exploitations picardes (Lardier et al. , 2010) : les petites exploitations sont sous-représentées.

Tableau 2 : Répartition des enquêtes par type d'exploitation

Type d'exploitation	Nombre d'enquêtes	Représentation parmi les adhérents de CERENA (% des exploitations)
Eleveurs spécialisés	2	3
Polyculteurs éleveurs	5	4
Petits céréaliers	3	10
Moyens céréaliers	1	17
Grands céréaliers	4	11
Petits betteraviers	0	20
Betteraviers diversifiés 1	3	14
Betteraviers diversifiés 2	3	8
Betteraviers spécialisés	5	5
<b>TOTAL :</b>	<b>26</b>	<b>92</b>

Tous les résultats aux 2 échelles ont été exprimés en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

## Résultats

### Bilan et flux à l'échelle du territoire

A l'échelle du territoire le bilan estimé à partir des flux est équilibré. Les entrées de P proviennent majoritairement des matières fertilisantes distribuées par la coopérative et les autres distributeurs (65 % dont 55 % des engrais minéraux et 10 % de composts et autres produits organiques normés). Le reste provient essentiellement des aliments du bétail (15 %) et de l'acide phosphorique introduit par la sucrerie pour le fonctionnement de son activité de production d'éthanol (14 %). Les sorties sont majoritairement représentées (80 %) par les exportations des cultures collectées par la coopérative et les autres organismes équivalents, à l'exception des betteraves qui sont principalement transformées sur place (12 % du phosphore exporté par les productions végétales). Une partie des sous-produits de la sucrerie (environ 50 %) est cependant distribué hors du territoire (10 % des sorties) et les produits animaux ne représentent qu'environ 8 % du phosphore sortant. Ces différents flux de phosphore sont représentés dans la figure 2. Les flux de phosphore directement gérés par les agriculteurs n'ont pas pu être estimés à cette échelle: importations de produits organiques, échanges paille-fumier avec des éleveurs extérieurs au territoire. De ce fait, la part du phosphore utilisé provenant du territoire n'a pas pu être estimée. La part renouvelable du phosphore entrant est de l'ordre de 34%.

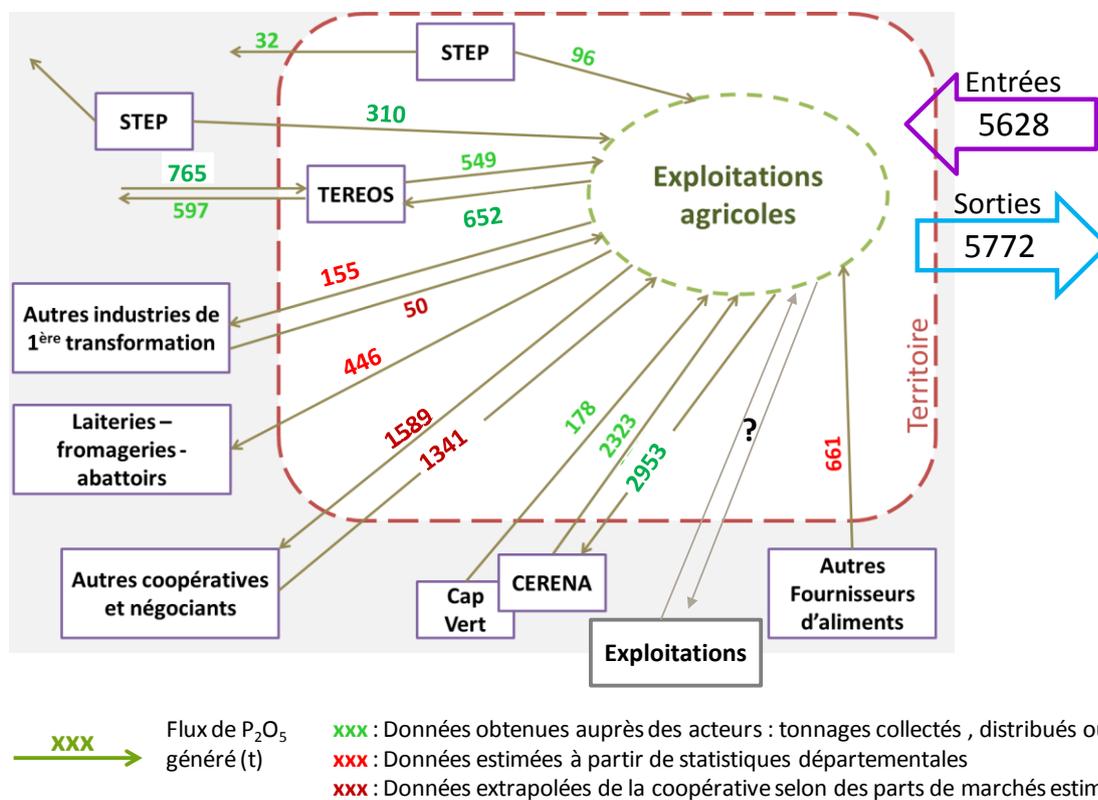


Figure 2 : Flux annuels de Phosphore à l'échelle du territoire

### Bilans à l'échelle des exploitations

La majorité (15/26) des bilans à l'exploitation sont déficitaires, de - 53 kg/ha à -10 kg.ha<sup>-1</sup> (figure 3). Les bilans excédentaires (+10 à +27 kg.ha<sup>-1</sup>) s'observent plus fréquemment dans les grandes exploitations, betteravières ou céréalières, alors que les éleveurs ou polyculteurs éleveurs ont des bilans équilibrés ou légèrement déficitaires. La grande majorité des exploitations utilisent des produits organiques qui couvrent en moyenne 47 % des entrées de phosphore. Leur origine est variée : composts importés dans le territoire, écumes de sucrerie, fumiers de bovins issus d'échanges paille-fumier, par ordre décroissant des quantités de P mises en jeu. On observe toutefois une forte diversité

des pratiques d'apports organiques qui est peu liée au type d'exploitation (figure 4). Seuls les types disposant d'une surface élevée en betterave (Bd2 et BSpé) se caractérisent assez nettement par une forte proportion de P apporté sous forme organique. Certains agriculteurs maintiennent les apports organiques alors qu'ils ont supprimé la fertilisation minérale ce qui se traduit souvent par des bilans négatifs. Les bilans positifs s'observent dans les grandes exploitations céréalières ou betteravières, associant la fertilisation minérale à une part importante de P organique (figure 5).

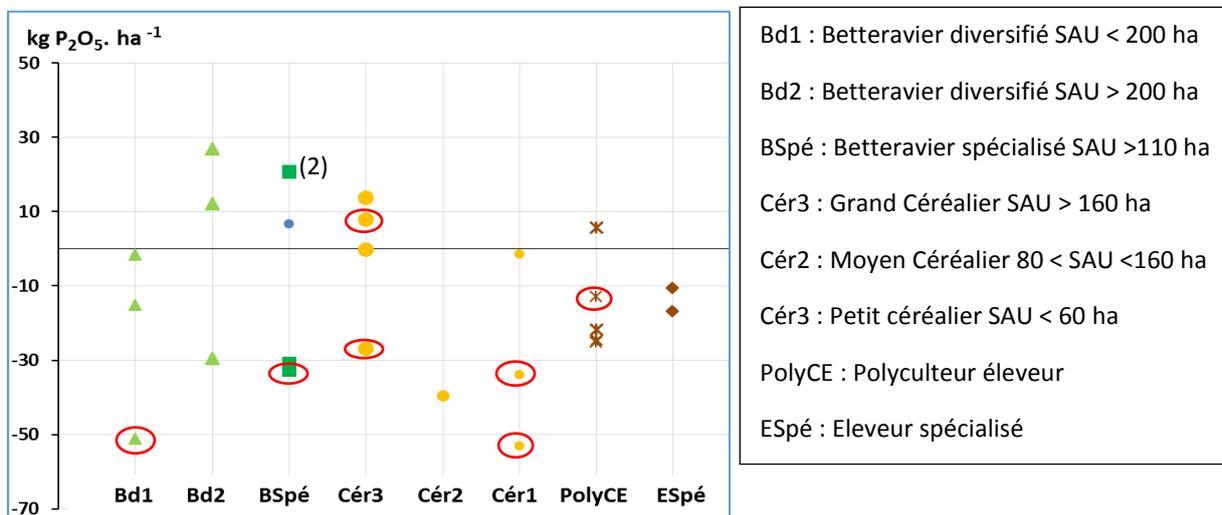


Figure 3 : Bilans globaux du phosphore en fonction des types d'exploitation (Année 2014-2015)

( ○ = exploitation n'utilisant pas d'analyse de terre)

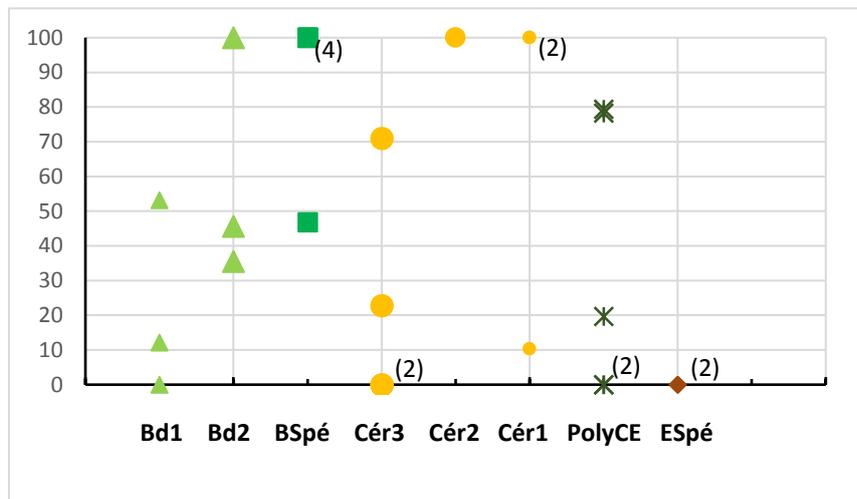


Figure 4 : Part des PRO dans les entrées de P (%) en fonction du type d'exploitation

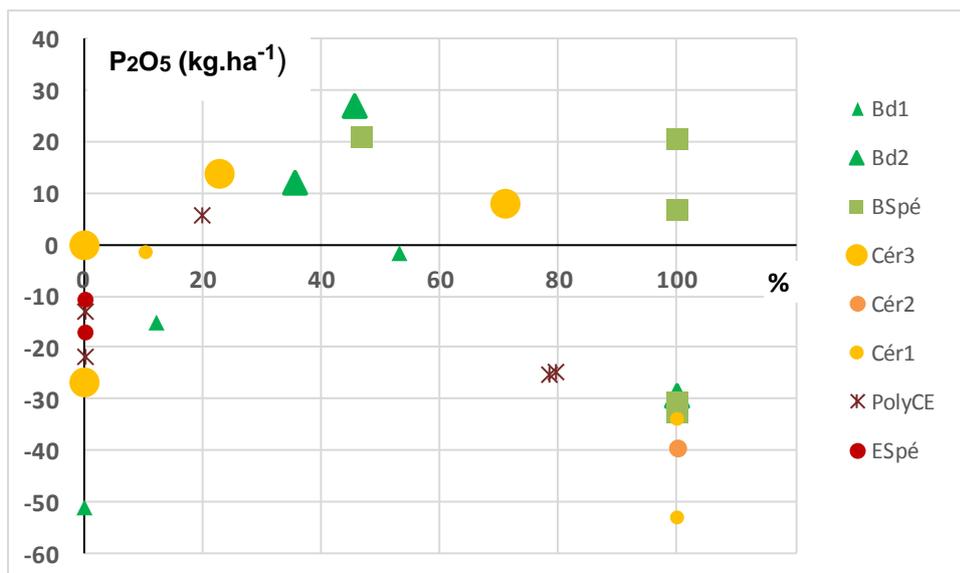


Figure 5 : Bilan global annuel de phosphore en fonction de la part des PRO (%) dans les entrées de P.

Le recours aux apports organiques répond principalement à une préoccupation de maintien de la fertilité des sols à travers la valeur amendante des produits utilisés; de ce fait, les quantités apportées ne sont pas ou peu raisonnées en fonction des exportations de P des cultures. Les apports sont ciblés sur la culture de la betterave ou sur les terres de craie, d'où une répartition probablement inégale au sein de l'exploitation.

Les analyses de terre réalisées régulièrement par la majorité des agriculteurs (70%) ont beaucoup plus souvent pour but de contrôler l'absence de carence que de servir de base à un pilotage fin de la fertilisation. Les agriculteurs n'utilisant pas d'analyses de terres sont plus souvent rencontrés dans les exploitations à bilan négatif (figure 3).

L'extrapolation au territoire des bilans à l'exploitation – sur la base des effectifs des types et de leurs surfaces moyennes- donnerait un bilan légèrement déficitaire (-17 kg.ha<sup>-1</sup>). La part du phosphore entrant en provenance du territoire serait de l'ordre de 20%.

### Discussion et conclusion :

L'approche à l'exploitation s'avère nécessaire pour comprendre les logiques de gestion du P et mettre en évidence les flux de P organique gérés directement par les agriculteurs ; elle a mis en évidence la part importante des produits organiques dans les entrées de P et la diversité de ces produits dont l'origine est interne ou externe au territoire. Le rôle mineur des préconisations de fertilisation issues des analyses de terre est confirmé dans un contexte agricole différent des travaux de Nesme (op. cit.). Cette approche demande cependant du temps et l'extrapolation à l'ensemble du territoire représente une difficulté méthodologique, compte tenu de la forte variabilité des pratiques intra-type.

L'approche à l'échelle du territoire basée sur les flux gérés par les organismes de collecte et de transformation est dépendante de l'exhaustivité du partenariat en place avec les acteurs ; celui-ci est la clé d'accès aux données quantitatives. Elle souligne aussi le rôle de l'industrie locale de transformation pour favoriser le recyclage du P exporté par les récoltes.

## Bibliographie

- Cordell D., White S. (2013). Sustainable Phosphorus measures: strategies and technologies for achieving phosphorus security. *Agronomy* 3: 86-116.
- Lardier M., Desfossez E., Scheurer O. (2010). Elaboration d'une typologie régionale des exploitations agricoles : méthode et résultats détaillés. Dans : Caractérisation des exploitations agricoles et évaluation des potentiels de production de biomasse sur un territoire. Livrable 2.7 du Projet Optabiom. Agro-Transfert Ressources et Territoires. 29 p.
- Le Bail M., Le Gal P.-Y. (2011). Analyse et conception de systèmes de production végétale à l'échelle des bassins d'approvisionnement agro-alimentaires. *Agronomie, Environnement et Sociétés* 1 :75-86.
- Nesme T., Brunault S., Mollier A., Pellerin S. (2012). An analysis of farmers' use of phosphorus fertiliser in industrial agriculture: a case study in the Bordeaux region (south-western France). *Nutrient cycling in agroecosystems* 91: 99-108.
- Reijnders L. (2014). Phosphorus resources, their depletion and conservation, a review. *Resources, Conservation and Recycling* 93: 32-49
- Regan, J. T., Marton, S., Barrantes, O., Ruane, E., Hanegraaf, M., Berland, J., Korevaar, H., Pellerin, S., Nesme, T. (2017). Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. *European Journal of Agronomy*, 82, 342-356.
- Saby N., Gouny L. (2016). Utilisation des données de la BDAT pour étudier l'évolution spatio-temporelle des teneurs en Magnésium échangeable, Potassium échangeable et Phosphore extractible dans les sols agricoles de France métropolitaine - Rapport Convention INRA UNIFA, Orléans.
- Schipanski M. E., Bennet E. M. (2012). The influence of agricultural trade and livestock production on the global phosphorus cycle. *Ecosystems* 15: 256-268.
- Tóth G., Guicharnaud R.-A., Tóth B., Hermann T. (2014). Phosphorus levels in croplands of the European Union with implications for P fertilizer use. *European Journal of Agronomy* 55:42-52