

## **Le phosphore dans l'environnement : bilan des connaissances sur les impacts, les transferts et la gestion environnementale du phosphore.**

A l'opposé d'autres pays européens, les travaux de recherche sur la dynamique du phosphore dans l'environnement sont peu représentés en France, alors que les enjeux en terme d'impacts sur les écosystèmes aquatiques continentaux et littoraux sont très importants. C'est pourquoi sont organisés, sous l'égide de l'Association Française pour l'Etude des Sols (AFES) et du Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne, deux séminaires couplés d'une journée consacrés à un bilan des connaissances sur la dynamique, le transfert et la gestion environnementale du phosphore. Ces journées sont à l'initiative conjointe des UMR CARTELE (INRA EFPA - Université de Savoie) et SAS (INRA EA – Agrocampus Rennes). L'une des deux journées se déroulera à Paris le 7 décembre 2006, l'autre en Bretagne à Rennes le 1er février 2007. La journée de février sera associée au Carrefour des gestions locales de l'eau (manifestation qui regroupe annuellement plus de 2000 visiteurs).

Le programme des séminaires est conçu pour fournir une vue d'ensemble des connaissances et des questions relatives au phosphore dans l'environnement et pour favoriser le dialogue entre les communautés scientifiques concernées (agropédologues, limnologues, océanographes). Exposés et discussions seront organisés en conséquence en 2 sessions complémentaires traitant :

- 1) de l'état des stocks et des flux de phosphore dans écosystèmes terrestres et aquatiques et de leurs impacts environnementaux (Journée 1) ;
- 2) des mécanismes de transfert, notamment des transferts des agrosystèmes vers les milieux aquatiques, et des modes de gestion du phosphore à l'échelle du bassin versant (Journée 2).

La réactualisation récente des enjeux liés à la gestion environnementale du phosphore et les déficits de connaissances et d'expertises sur cette question au niveau national, justifient pleinement de focaliser nos journées sur ces thèmes.

### **CADRAGE : une ré-actualisation de la problématique phosphore**

Le **phosphore** a un rôle déterminant et largement documenté, dans le fonctionnement trophique des écosystèmes terrestres et aquatiques. La charge en phosphore des milieux aquatiques continentaux et littoraux, provient pour l'essentiel, des milieux terrestres (y compris urbains) constituant leurs bassins versants. Elle pilote leur productivité, les excès de phosphore provoquant, dans certaines conditions, une surproduction végétale et une pollution associée: l'eutrophisation.

L'**eutrophisation** est un processus complexe affectant tous les compartiments de l'écosystème et dont les conséquences équivalent à celles d'une pollution organique: perturbations physiques, chimiques et biologiques de la qualité des eaux, modifications de la productivité piscicole et au delà, de la valeur d'usage des milieux aquatiques. L'eutrophisation, considérée comme un « phénomène universel » pour les écosystèmes aquatiques depuis Vollenveider (1970), ne cesse de gagner du terrain, tend à se généraliser à l'échelle de la planète et pourrait, à terme, constituer une autre composante du « changement global ». Face à cette situation, les améliorations obtenues dans les grands lacs de pays développés et en particulier dans nos grands lacs alpins (Léman par exemple), font figure d'exceptions exemplaires.

La relation phosphore-eutrophisation n'est qu'un volet des connaissances disponibles sur le rôle et les problèmes posés par le phosphore dans l'environnement. Les formes du phosphore (ou « spéciation »), les transferts entre écosystèmes et les échanges sols-végétations, sont traités dans le cadre de la géochimie, des sciences du sol, de l'agronomie et de la foresterie. Toutes ces disciplines

contribuent à cadrer les particularités du cycle biogéochimique du phosphore : rareté relative de P, forte affinité pour la phase solide, dominance des formes particulières, absence de réservoir atmosphérique, absence de bouclage du cycle terrestre... Cependant certaines composantes de ce cycle, les transferts milieu terrestre-milieu aquatique en particulier, restent insuffisamment connues. En conséquence, les évaluations globales ou locales, concernant l'impact des diverses activités humaines, demeurent trop souvent imprécises.

La dynamique du phosphore dans l'environnement est surtout abordée à partir d'une série de questions opérationnelles traitées plus ou moins séparément La **bio-disponibilité** des diverses formes de phosphore - c'est-à-dire leur capacité à être transférées, à partir des sols, des matières en suspension ou des eaux, vers les plantes et microorganismes - est une de ces questions. Elle est centrale dans de nombreux domaines et a suscité beaucoup de travaux, sans que le concept soit pour autant unifié (entre disciplines) et parfaitement maîtrisé.

Les **transferts** de phosphore à l'échelle du paysage constituent un autre phénomène important, objet actuellement de nombreuses recherches au niveau international. Les études traitent plus particulièrement de la variabilité des flux en relation avec le mode d'occupation de sols et les zones tampons, ou des dynamiques lors du transport et du stockage dans le réseau hydrographique. La diversité des mécanismes présidant au transfert initial du phosphore des sols aux écoulements, la nature fine des relations entre transfert et érosion-ruissellement, semblent, malgré les enjeux, moins bien documentées.

Les **bilans** de phosphore représentent une approche complémentaire à celle des transferts. Ils apportent des informations indispensables à l'analyse et à la surveillance environnementale. Réalisés à l'échelle régionale ou nationale dès les années 70-80, ils mettent en évidence, en Amérique puis en Europe, la contribution globalement prépondérante du phosphore associé aux divers rejets d'eaux usées (c'est à dire aux sources de P qualifiées de « ponctuelles »). Ce constat justifie la mise en place d'une politique destinée à limiter le phosphore dans les eaux usées, à la source (restrictions d'usages) et/ou après traitements des eaux (déphosphatation dans les stations d'épuration).

A la même époque, les quantités de phosphore épandues sur les sols agricoles atteignent, dans certaines régions de France, des niveaux élevés, que les agronomes considèrent aujourd'hui comme excédentaires (vis-à-vis des besoins des cultures). Ce phénomène, qui se développe malgré une baisse des ventes d'engrais phosphaté, est dû aux apports d'effluents d'élevage sur les sols, apports qui restent à l'heure actuelle très importants. On observe aussi une tendance à la diversification des entrées (recyclage des déchets, boues de traitement...) et à leur concentration, en nature (compostage..) et en localisation (parcelles spécialisées).

Toutes ces pratiques aboutissent à des hausses, très marquées dans certaines régions, de la teneur en phosphore des sols agricoles, ce qui augmente le risque de transfert de phosphore vers les eaux et surtout la bio-disponibilité du phosphore transféré. Plusieurs travaux récents, portant notamment sur des sols de culture américains, identifient, dans des contextes à priori proches, des situations de « saturation relative » en phosphore des horizons cultivés, s'accompagnant d'accroissements notables des pertes de phosphore dissous. D'autres facteurs sont susceptibles d'accentuer les risques de transfert diffus de phosphore agricole, en particulier l'extension des conditions favorables au ruissellement et à l'érosion des sols, ou la suppression des zones tampons.

L'ensemble de ces faits suggère que la part des activités agricoles dans la charge en phosphore des eaux de surface, augmente (rapport CORPEN 1998) d'où des interrogations sur la contribution de certains systèmes agricoles à l'eutrophisation. Ces interrogations s'inscrivent dans un contexte agro-environnemental en pleine mutation du fait de la nouvelle PAC, des exigences de la DCE, d'un accompagnement plus strict des plans d'épandage et de conflits d'usage plus fréquents. Dans un tel cadre, la faiblesse des connaissances scientifiques, et spécifiquement la pauvreté des

références scientifiques françaises, risque de laisser place libre à des réponses techniques et administratives improvisées, influencées par des lobbys et conduisant à l'importation hâtive de normes, d'outils ou de modèles opérationnels mis au point dans des milieux physiques et agricoles peu représentatifs du territoire national .

L'analyse des préoccupations relatives au phosphore présentée dans ce texte est partielle. Elle permet cependant de souligner la réactualisation en cours de la problématique phosphore et suggère un engagement plus important de la recherche française pour lever certains verrous de connaissance et fournir des solutions cohérentes. Il apparaît en particulier prioritaire de traiter les points clés suivants :

- **Identification des sources de phosphore.** La diversité des sources dans les bassins versants, l'absence de méthode actuellement opérationnelle pour différencier les origines du phosphore sur des bases analytiques (par la spéciation ou par des techniques de traçage), rend délicate l'évaluation des responsabilités. Quelles innovations ? Quels traceurs ? Dans quelle mesure la modélisation des bilans peut-elle contribuer à cet indispensable diagnostic ? Comment prendre en compte les interactions entre sources ?
- **Spéciation et biodisponibilité.** La spéciation du phosphore est complexe. Elle se traduit, de manière plus ou moins arbitraire, par des développements analytiques laborieux et nombreux, aussi bien en agronomie qu'en limnologie. Est-on dans l'impasse en matière de spéciation ? Quelles sont les difficultés pour lier spéciation et bio-disponibilité, en milieu terrestre et aquatique ? Y a-t-il des consensus partagés sur des concepts et approches communes aux agronomes, aux hydrobiologistes et limnologues ? La biodisponibilité potentielle suffit-elle pour rendre compte de l'effet des relations entre les écosystèmes terrestres et l'état trophique des écosystèmes aquatiques ?
- **Transferts à partir des sols fortement enrichis.** Comment évaluer le risque dans la diversité des sols français ? Quels liens existent-ils entre mobilité du phosphore dans le profil et accroissement de la teneur en phosphore des sols ? Quels modèles de la « saturation » peut-on utiliser ? Quelles peuvent-être les relations entre stocks de phosphore du sol et flux exportés vers les eaux ?
- **Modalités de transfert sols-eaux à l'échelle paysage.** Elles sont très diverses, selon les systèmes hydrologiques, les états de ces systèmes et donc les pratiques et les saisons. Elles associent des transferts de surface et de sub-surface, plus ou moins liés aux phénomènes érosifs, des stockages temporaires en divers points du parcellaire, voire des transformations de spéciation dans des zones tampons... Quelles modélisations pour des modes de transfert aussi complexes ? Les transferts sols-eaux ont trop souvent été conçus et modélisés, comme la simple conséquence du ruissellement et de l'érosion. Quelle alternative ?

Ces questions seront au cœur des interventions et débats organisés lors des deux journées phosphore. Les discussions seront aussi –nous l'espérons- l'occasion de mieux comprendre la demande sociétale, les outils disponibles et les besoins de recherche.

Jean-Marcel Dorioz et Pierre Arousseau

**Le phosphore dans l'environnement :  
bilan des connaissances sur les impacts, les transferts et la gestion  
environnementale du phosphore.**

**PROGRAMME des deux journées « Phosphore »**

organisées sous l'égide de  
**L'Association Française pour l'Etude des Sols (AFES)**  
et du  
**Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne**

*Avec les parrainages de :*

L'Institut Océanographique  
L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse  
L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne  
Le Conseil Régional de Bretagne

*Les actes de ces deux journées seront publiés dans « Océanis », revue de l'Institut Océanographique. Le numéro spécial sera une co-édition AFES Institut Océanographique. L'inscription à ces journées donnera droit à un exemplaire de ces actes (voir le formulaire d'inscription). Les textes seront revus sous la responsabilité de l'AFES.*

**Journée 1 : Paris**

Lieu : **Institut Océanographique**, rue Saint Jacques, dans le grand amphithéâtre.

Date : **Jeudi 7 décembre 2006**

Titre de la journée : **Stocks et flux de phosphore dans les écosystèmes terrestres et aquatiques, et impacts environnementaux**

**9 H 00 : Accueil et introduction**

Rolland Poss, Président de l'AFES, Chercheur IRD Montpellier

**9 H 30**

**1. Rôle du phosphore dans l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques**

Président de séance : Lucien Laubier, Directeur de l'Institut Océanographique, membre de l'Académie des Sciences.

*Exposés 20+ 5 mn*

**1.1 Rôle du phosphore sur l'eutrophisation côtière** par Alain Menesguen (IFREMER) et Patrick Dion (CEVA).

**1.2 Phosphore et eutrophisation des eaux douces en système lentique et lotique ; mécanismes et conséquences** par Daniel Gerdeaux (INRA Cartel Thonon).

**1.3 Discussion** animée par Lucien Laubier.

10 H 30

## **2. Surveillance des stocks et des flux de phosphore dans l'environnement**

Président de séance : Michel Meybeck, directeur de recherche CNRS Paris VI.

*Exposés 20+ 5 mn*

- 2.1 Le système de transfert du phosphore, ordre de grandeurs, propriétés et relations avec les activités humaines** par Jean-Marcel Dorioz, et Dominique Trevisan (INRA Carrtel Thonon)
- 2.2 Stockage du phosphore dans les sols : surveillance, diagnostic à l'échelle de la France** par Christian Walter, Blandine Lemercier, Pierre Aurousseau (Agrocampus-Rennes).
- 2.3 Flux de phosphore dans les eaux continentales : surveillance, diagnostic** par Thomas Pelte (AERMC) et Olivier Coulon (AELB).
- 2.4 Bilan du phosphore et modélisation de la dynamique de phosphore dans le Bassin de la Seine** par Julien Nemery (LTHE Grenoble) et Josette Garnier (Sisyph Paris VI).
- 2.5 Discussion** animée par Michel Meybeck.

*12H30 : Pause Déjeuner, libre*

*13H30 –14H 30 : Assemblée Générale de l'AFES (JP Legros)*

*14H30*

## **3. Etats du phosphore dans les sols, les sédiments et l'eau.**

Président de séance : Sylvain Pellerin, INRA Bordeaux

*Exposés 20+ 5 mn*

- 3.1 Mobilité et bio-disponibilité du phosphore dans les sols, mécanisme et diagnostic** par Christian Morel (INRA Bordeaux).
- 3.2 Spéciation et biodisponibilité du phosphore dans la rhizosphère** par Philippe Hinsinger, Benoit Jaillard, Edith Le Cadre-Barthélémy et Claude Plassard (INRA Montpellier).
- 3.3 Spéciation et biodisponibilité du phosphore des sédiments et suspensions** par Jérôme Lazzarotto (INRA-Carrtel Thonon), Janusz Dominik (Univ. de Genève) et Jean-Marcel Dorioz (INRA-Carrtel Thonon).
- 3.4 Echanges eau-sédiments dans la charge interne des lacs et du réseau hydrographique** par Eric VIOLLIER - Maître de conférence (Université de Paris 7)
- 3.5 Discussion** animée par Sylvain Pellerin.

*16 H 30 - 17 H 00*    **Conclusion** par Lucien Laubier, Michel Meybeck et Sylvain Pellerin.

## **Journée 2 : Rennes**

Lieu : **Carrefour des Gestions Locales de l'Eau**, Parc des Expositions, Rennes Saint-Jacques

Date : **Jeudi 1<sup>er</sup> Février 2007**

Titre de la journée : **Mécanismes de transfert des sols aux eaux et gestion du phosphore à l'échelle du bassin versant .**

### **9 H 30 : Accueil et introduction :**

Synthèse de la première journée sur l'état des stocks et des flux de phosphore dans les différents compartiments de l'environnement et impacts environnementaux (Pierre Arousseau, Jean-Marcel Dorioz)

**10 H 00**

### **4. Transfert des sols aux eaux**

Président de séance : Pierre Stengel, Directeur scientifique INRA « Environnement-Agronomie »

*Exposés 20+ 5 mn*

**4.1 Transferts du phosphore dans les bassins versants agricoles : variabilité des mécanismes et des impacts potentiels** par Lionel Jordan (INRA-ENITA Bordeaux ) et Dominique Trevisan (INRA Carrtel Thonon ).

**4.2 Les indicateurs de risque de transfert** par Chantal Gascuel (INRA Rennes) et Pierre Arousseau (Agrocampus Rennes)

**4.3 Origine des MES et des sédiments dans les bassins versants ruraux. Conséquence pour le transport et la biodisponibilité du phosphore particulaire** par Jérôme Poulenard (Université de Savoie Carrtel Chambéry), Philippe Quetin (INRA Carrtel Thonon), Julie Lefrancois et Catherine Grimadi (INRA Rennes)

*Pause café (15 mn)*

**4.4 Dispositifs enherbés et phosphore** par Jean-Joël Gril (CEMAGREF Lyon ), Jean-Marcel Dorioz (INRA Carrtel Thonon) et Pierre Arousseau (Agrocampus Rennes)

**4.5 Pertes de phosphore dans les eaux de drainage** par Pierre Castillon (ARVALLIS)

**4.6 Discussion** animée par Pierre Stengel

**12 H 45 : Pause Déjeuner possible sur place** (voir le formulaire d'inscription).

**14 H 30**

**5. Gestion du phosphore à l'échelle du bassin versant**

Président de séance : Olivier de Guibert, Directeur adjoint de la Direction de l'Evaluation et de la Prospective (AELB)

*Exposés 30+5 mn*

- 5.1 Une expérience de gestion locale : la retenue de Ploërmel** par Patrick Le Diffon, maire-adjoint chargé de l'environnement.
- 5.2 Gestion environnementale du phosphore dans les bassins des grands lacs alpins, approches et résultats** par Walter Richner et Felix Herzog (Agroscope Suisse).
- 5.3 Prévention des transferts diffus de phosphore en bassins versants agricoles : perspectives québécoises et nord-américaines** par Aubert Michaud (IRDA, Canada).
- 5.4 Le COST « Phosphore », présentation et objectifs** par W.J Chardon (Pays-Bas).
- 5.5 Discussion** animée par Olivier de Guibert.

**17 H 00 – 17 H 30 Conclusion**

par Pierre Stengel et Olivier de Guibert

NB : Un résumé de cette journée sous forme d'un cahier "Colloque scientifique" de quelques pages est envisagé dans le compte-rendu du CGLE.