

# LES MÉCANISMES DE TRANSFERT DU PHOSPHORE DANS LES EAUX

Lise Ponchant

Formation DPR2 - 2025

bretagne.chambres-agriculture.fr



1



## Sommaire

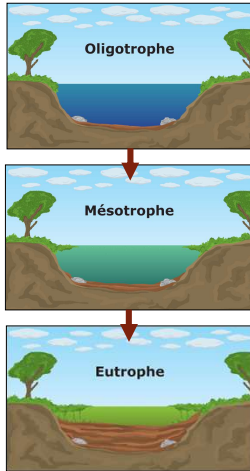
1. Contexte
2. Rôles et sources du phosphore
  1. Le phosphore dans les sols
  2. Exploitation du phosphore
3. Mode de transfert
  1. Transfert à l'échelle du BV
  2. Voies de transfert du phosphore
4. Facteurs de risque

2



2

## CONTEXTE : Enjeux qualité de l'eau



« L'eutrophisation anthropique désigne le syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et azote. »  
Esco eutrophisation, 2018

**Biodisponibilité du P dissous :**  
**Accumulation** ↓  
**Eutrophisation**  
 Prolifération de cyanobactéries ou algues bleues vertes : ↓ [Oxygène]

Statut trophique	Phosphore total (µg/L)
Ultra-oligotrophe	< 5
Oligotrophe	5-10
Mésotrophe	10-30
Eutrophe	30-100
Hypereutrophe	> 100



Source : ROBVQ

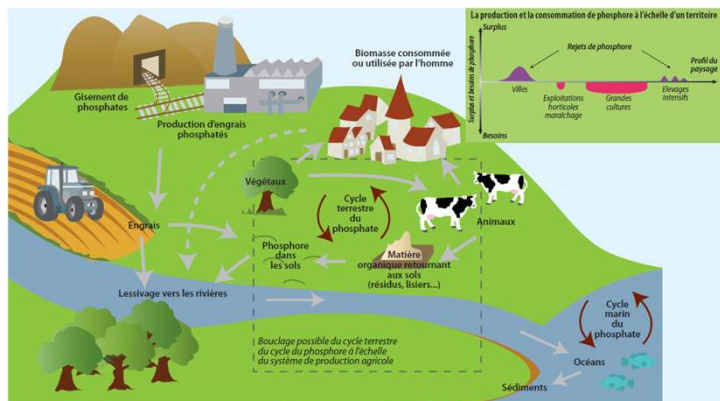
P total dans eaux brutes (pour production AEP) < 0.4 mg/l



3

## RÔLES ET SOURCES DU PHOSPHORE

- Phosphore (P) est le 11<sup>ème</sup> élément le plus abondant sur Terre
- Composition de toutes les cellules des organismes vivants
- 2 grands cycles

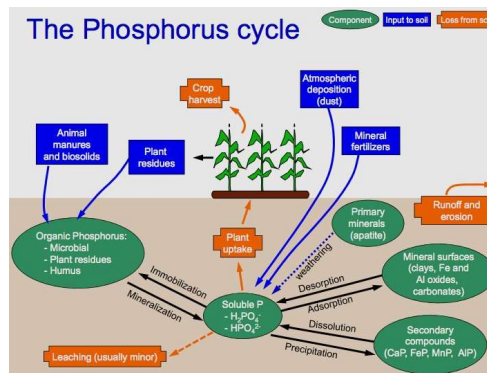


4

## LE PHOSPHORE DANS LES SOLS

- Ce qui n'est pas consommé par le « vivant » s'accumule dans l'écosystème
- Pas de phase gazeuse
- Toute rétention est transitoire MAIS peut-être longue (extraction possible)
- Pertes par Ruissellement et Erosion > lixiviation
- Gestion totalement différente de celle de l'azote

Vert : stocks  
Bleu : import  
Orange : export

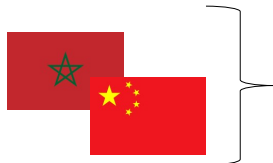


5

## EXPLOITATION DU PHOSPHORE

### MONDE

- Issus de roches phosphatées, 20 millions tonnes/an
- 90% utilisation agricole
- Ressources limitées



70% de la production mondiale

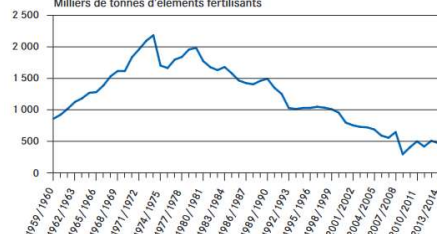
Augmentation de la demande mondiale  
Risque pénurie ?

6

## EXPLOITATION DU PHOSPHORE

### FRANCE

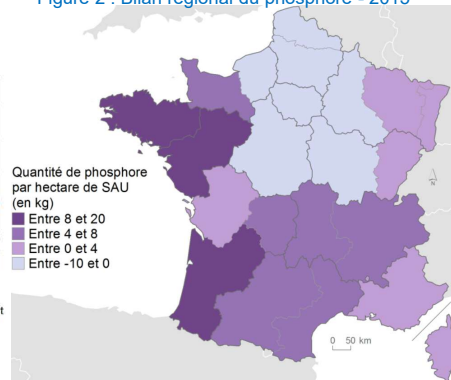
Figure 1 - Livraisons de phosphore à la culture  
Milliers de tonnes d'éléments fertilisants



Source : auteurs, à partir des données Unifa citées dans GraphAgri France 2015, p. 35 et Leblévre L., 2012, *op. cit.*

- 1960 : Intensification production agricole
- 1974 – ajd : baisse des apports aux cultures (*pilotage fertilisation, volatilité prix céréales, hausse prix engrais*)

Figure 2 : Bilan régional du phosphore - 2015



En 2015, en Bretagne, le surplus atteint 20 kg/ha.

Source : Commissariat général au développement durable - 2019

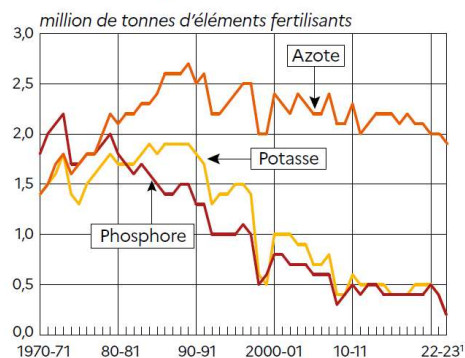


7

## EXPLOITATION DU PHOSPHORE

### FRANCE

Livraison d'engrais minéraux à la culture



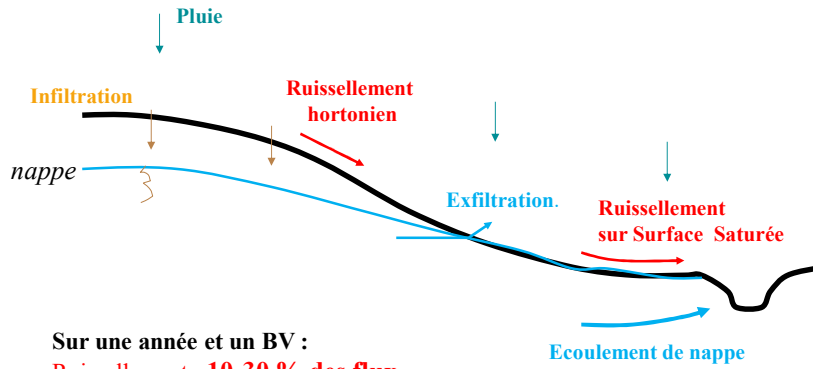
	2000-01	10-11	21-22	22-23 <sup>1</sup>
<i>millier de tonnes d'éléments fertilisants</i>				
Azote	2 410,2	2 332,5	1 995,4	1 884,0
Potasse	1 032,7	596,4	407,6	217,4
Phosphore	795,9	494,4	366,6	134,3
<b>Total</b>	<b>4 238,8</b>	<b>3 423,4</b>	<b>2 769,6</b>	<b>2 335,7</b>



8

## MODE DE TRANSFERT

### Rappel genèse du ruissellement



Sur une année et un BV :

- Ruissellement : 10-30 % des flux
- Ecoulement de base : 90-70 % des flux
- de l'eau d'âges très différents



9

## TRANSFERT À L'ÉCHELLE DU BV

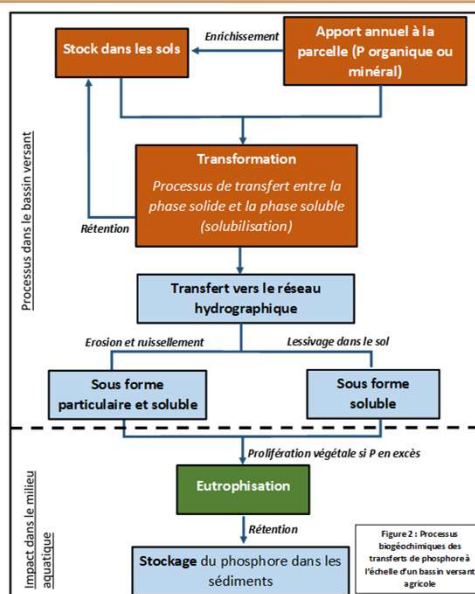


Figure 2 : Processus biogéochimiques des transferts de phosphore à l'échelle d'un bassin versant agricole

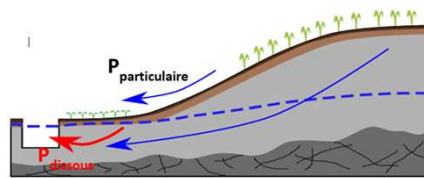


10

## VOIES DE TRANSFERT DU PHOSPHORE

### Phosphore **particulaire** et phosphore **dissous**

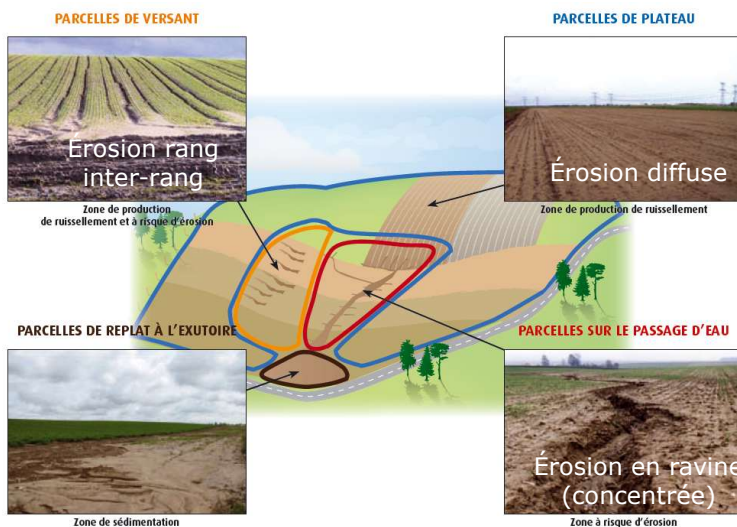
- **P particulaire = 65% des transferts dans les BV agricole** →  
**Transport solide est la principale voie de transfert du P**
  - Forte capacité de fixation du P sur les particules du sol :  
transfert par ruissellement de surface et érosion
  - Proportionnel au stock donc à l'érosion
  - Temps de transfert au réseau hydrographique assez court
- **P dissous (< 45 µm)**
  - 2 voies de transfert : ruissellement de surface >>> lessivage
  - Minoritaire mais directement disponible



11

11

## DIFFERENTS TYPES D'ÉROSION



D'après Chambres d'agriculture Seine-Maritime et Eure, AREAS, avril 2008



12

12

## LEVIERS D'ACTION POSSIBLES

### 1) Limiter les transferts par l'eau et les particules (érosion)

- **Couverture des sols**
  - Protéger la surface contre l'impact des gouttes de pluie (splash)
  - Réduire ou freiner l'écoulement : augmenter la rugosité de surface
- **Pratiques agricoles** (binage, mulch, enherbement, drainage) et **activité biologique des sols**
  - Augmenter l'infiltrabilité et la rétention en eau
  - Créer et maintenir une porosité importante et fonctionnelle
- **Maintien - augmentation de la teneur en MO du sol en surface**
  - Améliorer la stabilité structurale du sol
- **Mosaïque paysagère adaptée**
  - limiter les distances de transfert, donc l'énergie érosive (vitesse et capacité de transport)

13

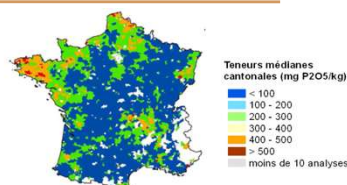
### 2) Limiter l'enrichissement des sols en P

<https://www.creseb.fr/mieux-comprendre-et-agir-contre-la-pollution-phosphoree/>



13

## Formes du phosphore dans les sols



Source : BDAT

devenir des engrais Phosphatés			Forme du phosphore	en quantité par ha	mobilité pour la plante	pouvoir extractif		
naturels	hypo-solubles	solubles eau				Olsen	Joret	Dyer*
	○	●	dissous dans la solution du sol	200 - 1000g soit 0,1 à 0,4%	directe	■	■	■
○	●	●	absorbé sur le complexe argilo-humique	500 kg soit 5%	échangeable et assimilable	□	■	■
●			lié au calcium (pH>7) à l'ammonium (pH<6) au fer (tous pH)	10 000 kg soit 95%	Lentement disponible Bloqué		□	■

Source : GEMAS (Groupement d'Études Méthodologiques pour l'Analyse des Sols)



14

14

## Exports de P en fonction de l'occupation du sol

### Exemples :

Mode d'utilisation des sols	Bassins forestiers et agricoles extensifs	Bassins agricoles		Bassins urbains (ruissellement urbain)		Comparaison avec les rejets ponctuels domestiques (*)
		Prairies	Cultures	Résidentiel	Industriel	
P-total en kg ha <sup>-1</sup> par an (% de Ptef)	0,04 à 0,2 (< 50 %)	0,1 à 1,1 (20 à 50 %)	0,7 à 2,5 (10 à 40 %)	0,5 à 1,5 (≥ 40 %)	1,2 à 2,5 (≥ 40 %)	0,8 (80 %)

\* : rejets moyens calculés à l'échelle de la France — means discharges calculated across France. Source : Pilleboue, 1987 ; Leite, 1990 ; Mealis et al., 1994 ; Haygarth et al., 1997.

→ quantités infimes par rapport aux stocks de P dans les sols ou aux apports annuels, mais suffisantes pour provoquer des problèmes d'eutrophisation

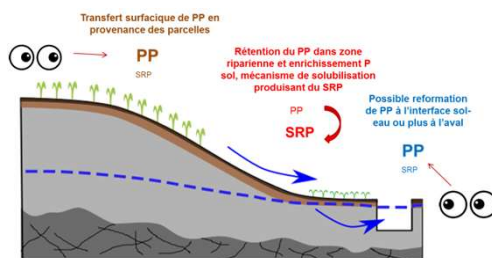
15



15

## ZONES TAMPONS, RIPARIENNE

- Les bandes enherbées, zone riparienne, sont des zones de rétention pour le phosphore particulaire MAIS peuvent devenir des sources de phosphore dissous



16

- Imaginer des mécanismes d'exportation du P accumulé dans ces zones pour éviter les risque de remobilisation



16

## Pour aller plus loin

---

<https://www.creseb.fr/mieux-comprendre-et-agir-contre-la-pollution-phosphoree/>

17

