

Evaluation et gestion des risques de transferts dissous dans les paysages agricoles

Zoom sur le rôle du travail du sol, des modalités de fertilisation et des teneurs en P du sol sur les concentrations en P dissous dans les ruissellements

Zoom sur les zones humides comme sources principales du phosphore dissous dans les bassin-versants

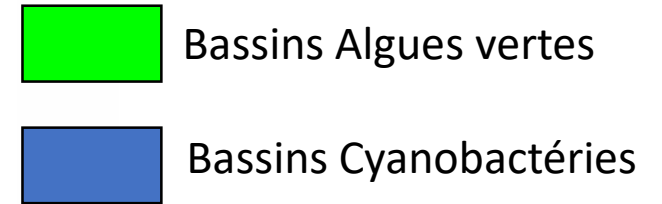
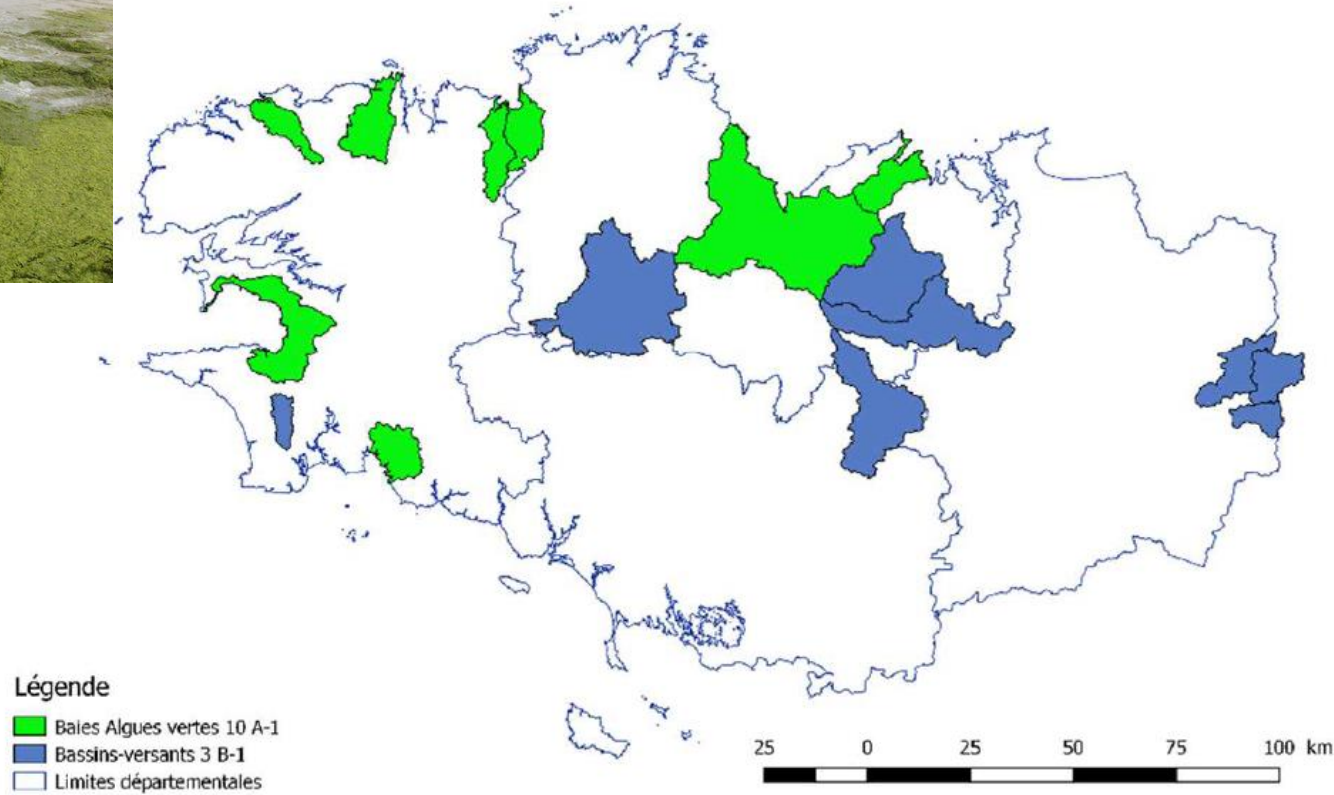


Contextualisation

Une pression "eutrophisation" toujours très forte



Zonages 3 B-1 et 10 A-1 du SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021

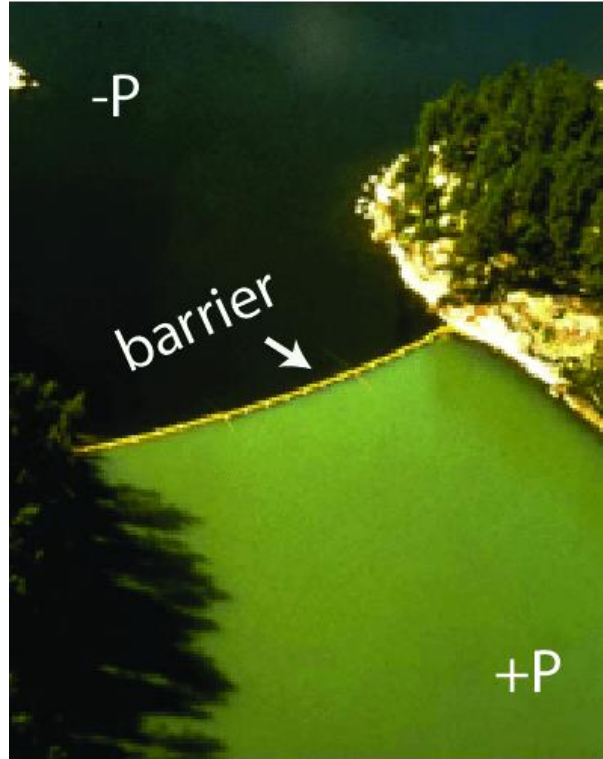


Hypothèse de la réglementation (SDAGE et PLAV) :

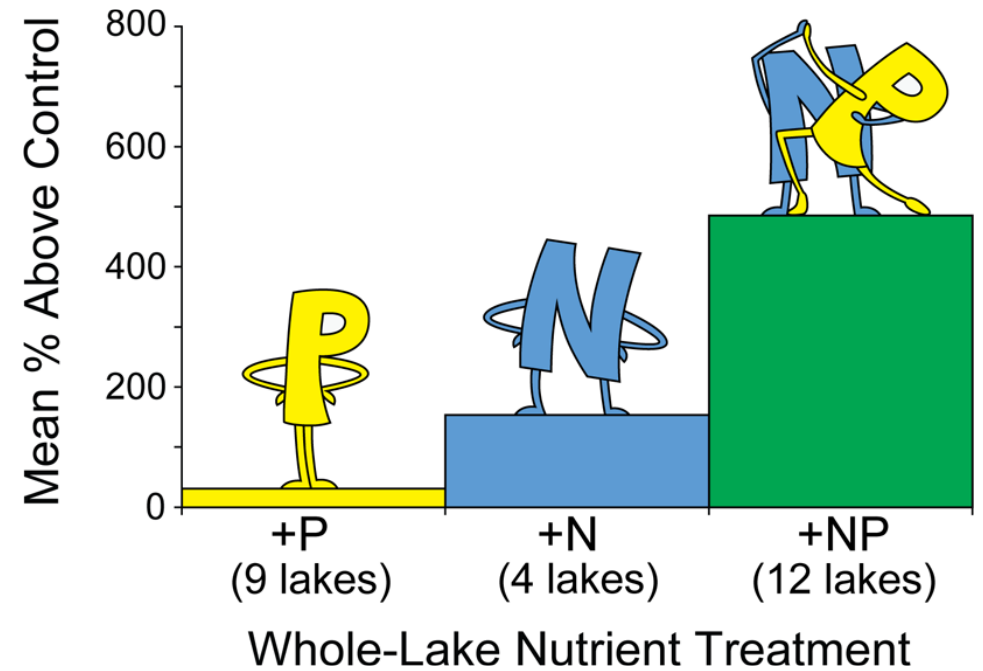
- Contrôle du N pour réguler les algues vertes
- Contrôle du P pour réguler les cyanobactéries



Rôle clé joué par le phosphore dans l'eutrophisation des eaux douces



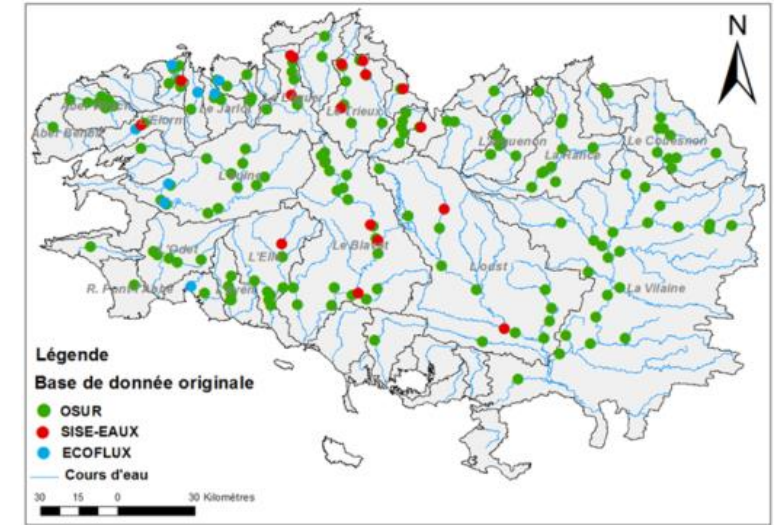
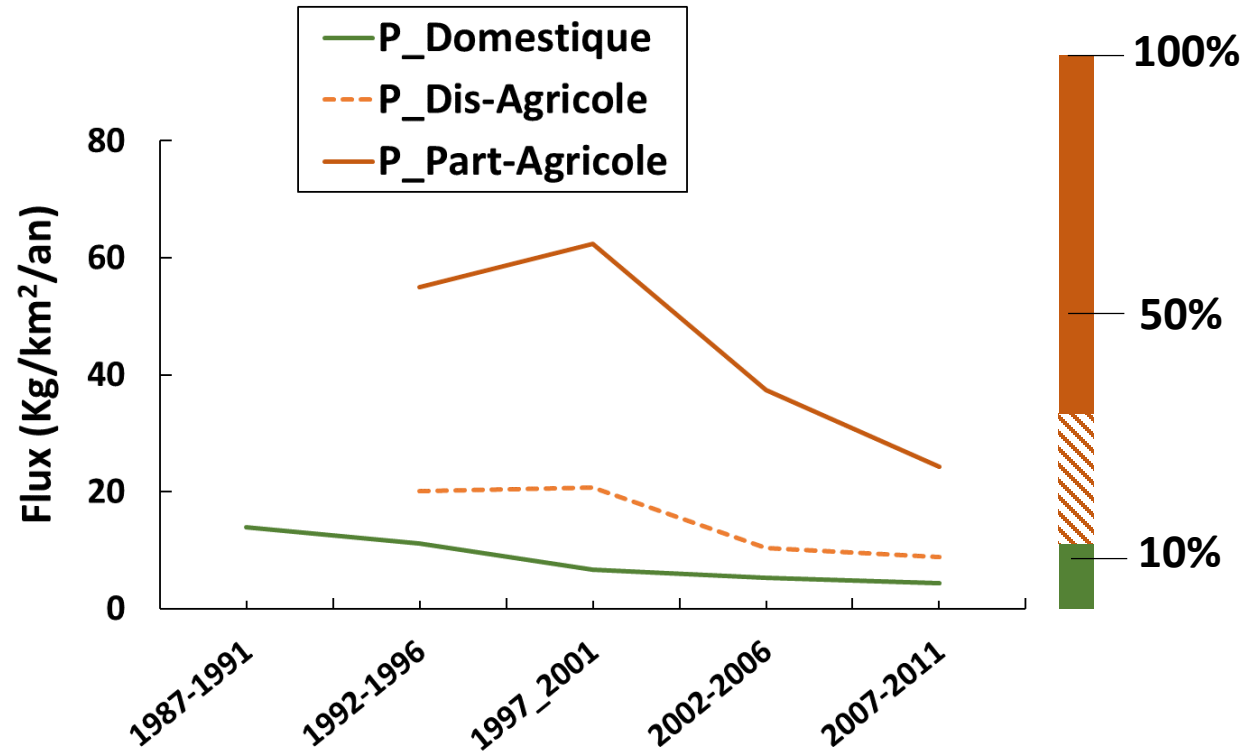
Lacs expérimentaux
226/227 sur le lac Erié
1970, David William. (1974)



Paerl et al., 2016



Une part croissante des émissions agricoles, malgré une baisse des flux



Pierre-Louis Legeay, rapport Trans P, 2017



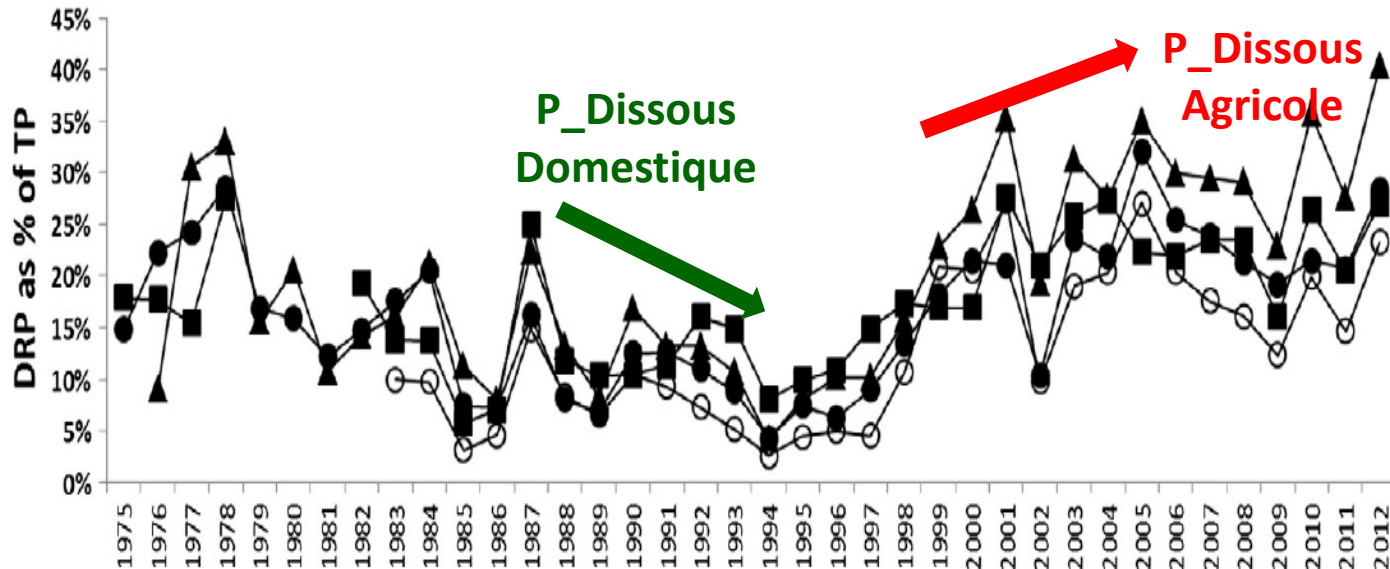
**Diminution du flux de P_{particulaire} agricole en Bretagne
d'un facteur >2.0 en 20 ans : diminution des sources ponctuelles**

Une augmentation du pourcentage de P_{dissous} , en réponse aux pratiques mis en place pour réduire l'érosion (semi-direct, TCS)



	Flux Kg/Km ² /an	Flux % flux total	Flux % flux total
$P_{\text{particulaire agricole}}$	24,3	65	
$P_{\text{dissous agricole}}$	8,8	23	67
$P_{\text{dissous domestique}}$	4,4	12	33

Legeay et al., 2015



Scavia et al., 2014



Phosphore en excès si plans d'épandage de déjections animales calés sur le seul critère azote

Fumier volaille: rapport N/P = 2.8

Azote total (NTK)	NF EN 13654	g/kg	-	13.0
Azote ammoniacal (en N)	CEE		-	3.8
C/N	Calcul		-	9.3
Phosphore (P2O5)	NF EN 13650 (ICP)		32.1	10.7

Lisier porc : rapport N/P = 3.0

Azote total (NTK)	NF EN 13654	g/kg	-	6.7
Azote ammoniacal (en N)	CEE		-	4.6
pH	-	-	-	8.00
Phosphore (P2O5)	NF EN 15510 (ICP)		60.2	5.1

N apporté (kg/ha/an)	170	140
Equivalent P Fumier volaille (kg/ha/an)	61	50
Equivalent P Lisier Porc (kg/ha/an)	56	47

**Valeur Comifer max
(sol complètement carencé en P)
43 kg/ha/an**

Analyse FV / LP – Station expérimentale de Kerguehennec

Zoom sur le rôle du travail du sol et des différentes modalités de fertilisation

Lien entre teneurs en P des sols et concentration en P dissous dans les eaux de ruissellement

STATION EXPÉRIMENTALE DE KERGUÉHENNEC, MORBIHAN

Prélèvement sol pour caractérisation sur l'horizon 0 – 5 cm

Essai Transferts: 9 parcelles

Essai W sol: 6 parcelles

Essai système: 1 parcelle



Pratiques agricoles suivies et contrôlées depuis 30 ans

Différentes expérimentations :

- Essai PK
- Essai Transfert
- Essai travail du sol
- Essai fertilisation organique / minérale

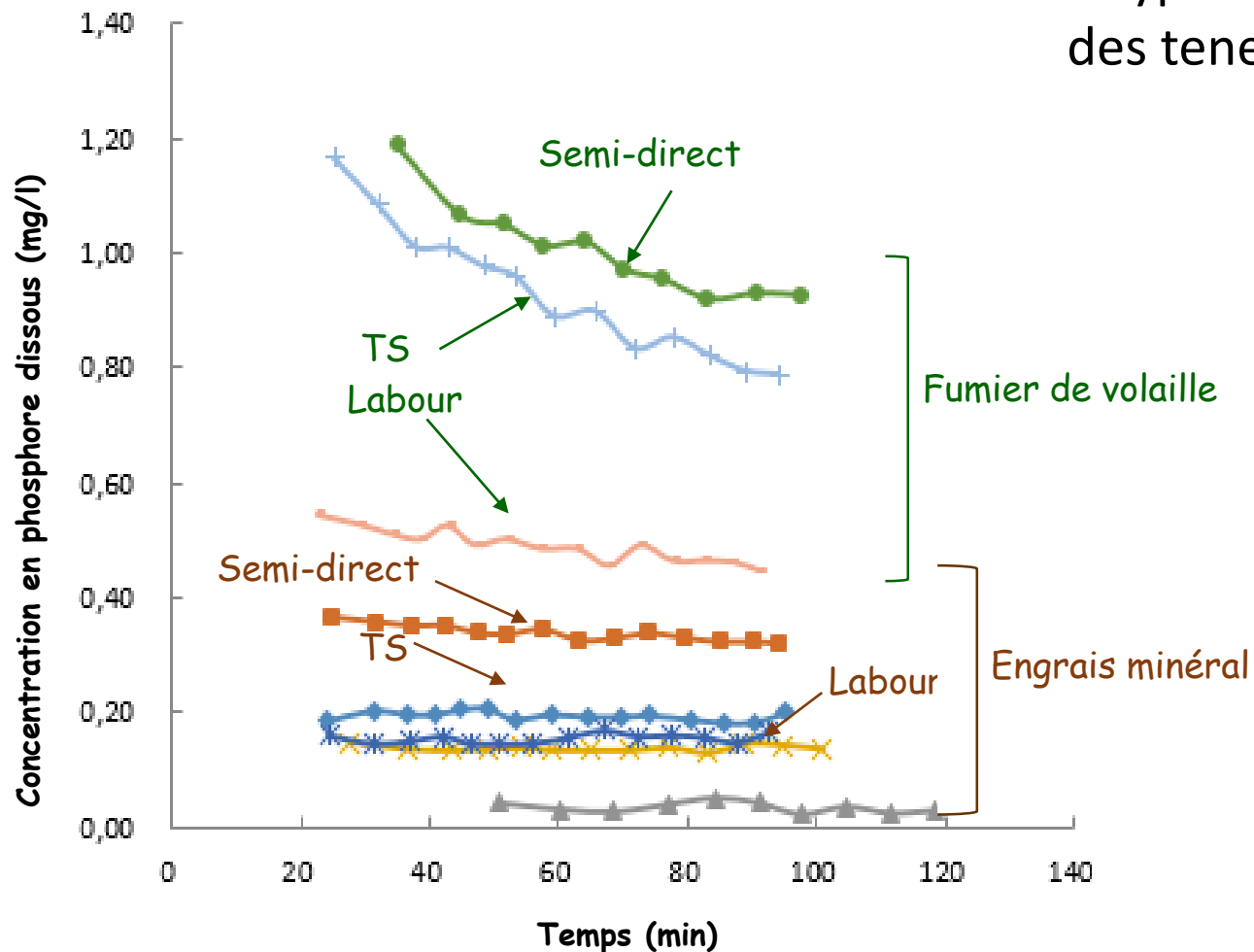
Approche expérimentale par simulations de pluies en conditions contrôlées sur sols reconstitués

Paramètres analysés : Flux d'eau, Phosphore dissous, phosphore total, TOC

Modalités comparées :

- Travail du sol: labour, travail simplifié, semi-direct
- Amendement: minéral vs. fumier de volaille

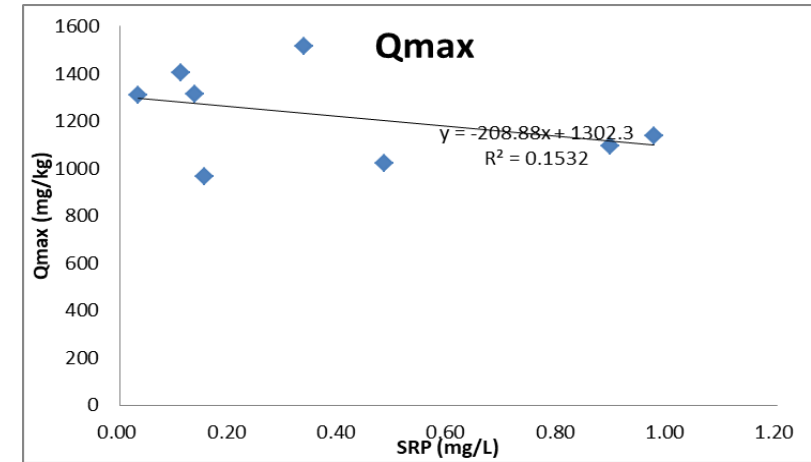
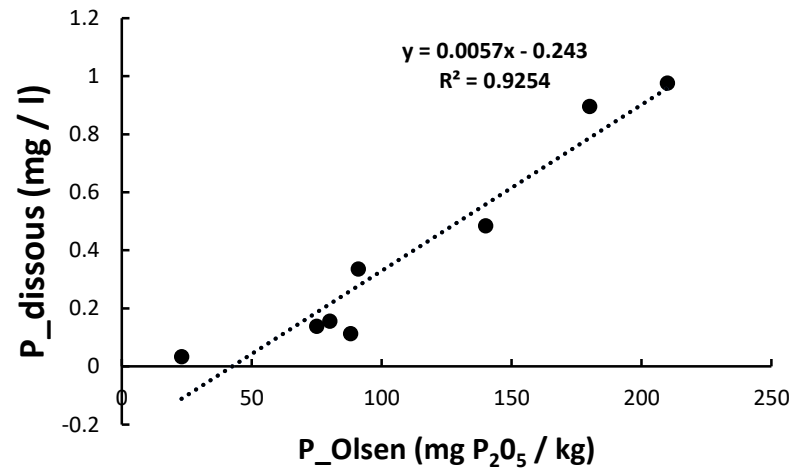
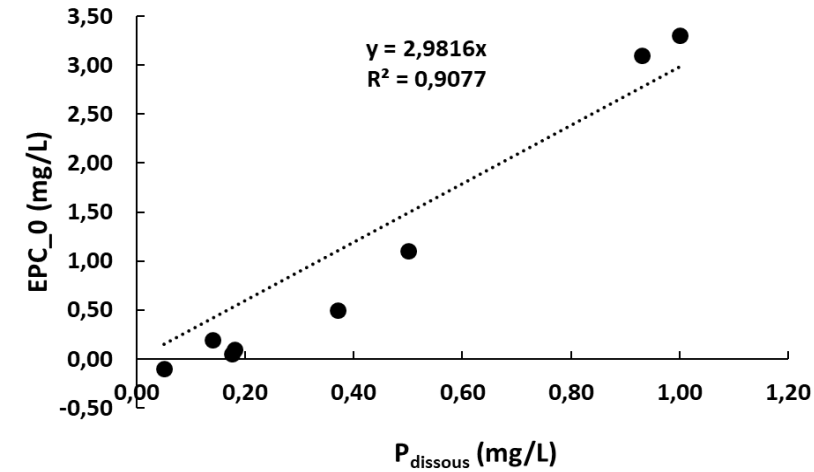




A type de fertilisant équivalent, forte augmentation des teneurs en P_dissous si pratique du semi-direct et/ou du travail simplifié

A travail du sol équivalent, très forte augmentation des teneurs et des flux de P_dissous si utilisation de fumier de volaille.

Mise en évidence de relations linéaires entre teneurs en P_dissous, valeurs EPC_0 et teneurs en P_Olsen

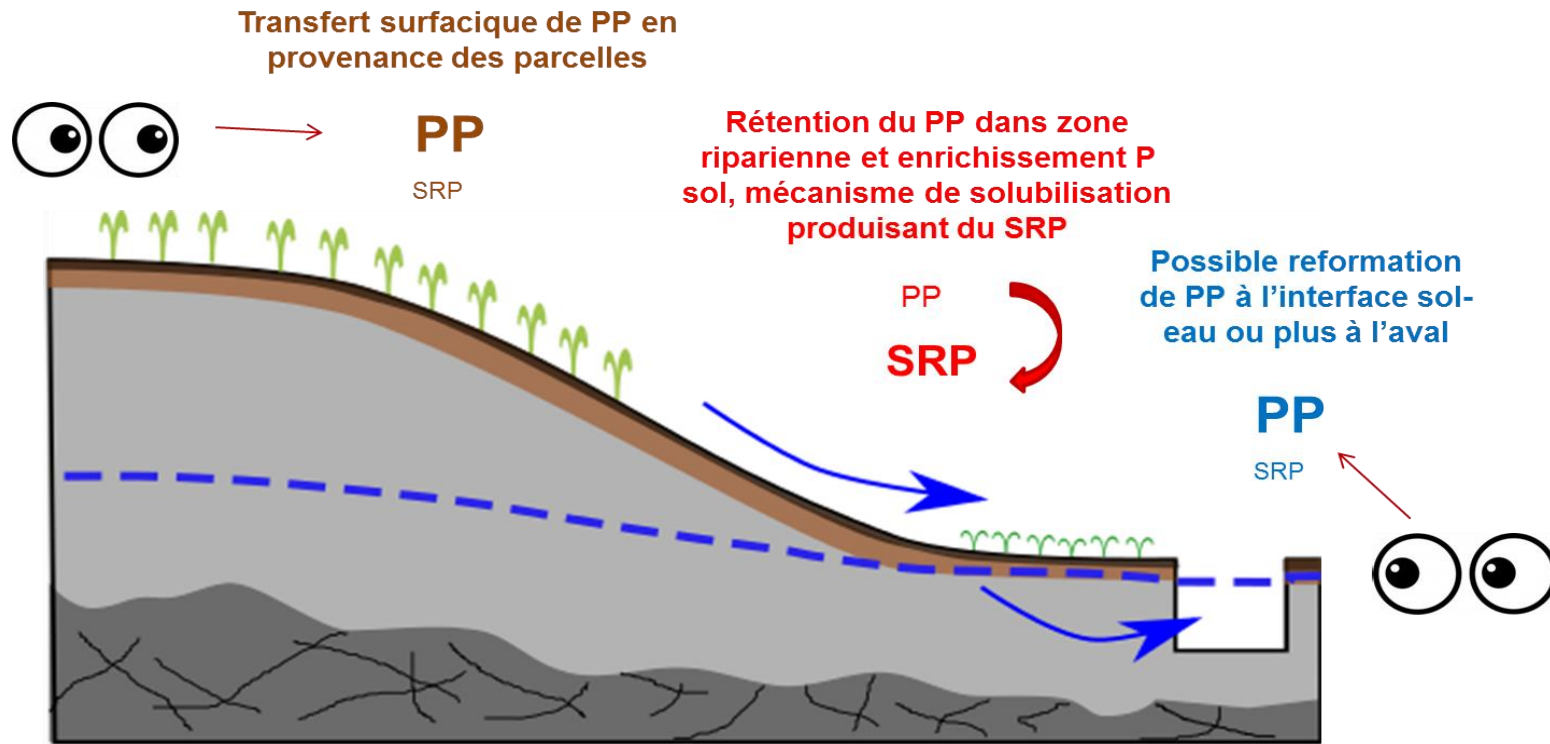


Prédiction possible des teneurs en P_dissous à partir de la teneur en phosphore agronomique du sol

Corrélation non significative entre capacités d'adsorption du P (Qmax) et P_dissous

Zoom sur les zones humides comme principales sources d'émission de P_{dissous} dans les bassins versants agricoles (de Bretagne)

Conserver des stocks de $P_{\text{particulaire}}$ importants dans les zones humides de bas-fond ou en bordure des cours d'eau peut générer des fuites de P_{dissous} (solubilisation du $P_{\text{particulaire}}$)



Représentation schématique des transferts de P particulaire entre versants et zones humides de bas-fond et du rôle source de P dissous des zones humides (PP= phosphore particulaire ; SRP= P dissous ou orthophosphate).

Dupas et al., 2017. *Sciences Eaux et Territoires*

=> bioréacteurs capables de transformer le $P_{\text{particulaire}}$ en P_{dissous}

=> zones connectant les sols aux cours d'eau via la nappe

Projet DPR2
Dynamique du P dans les zones humides



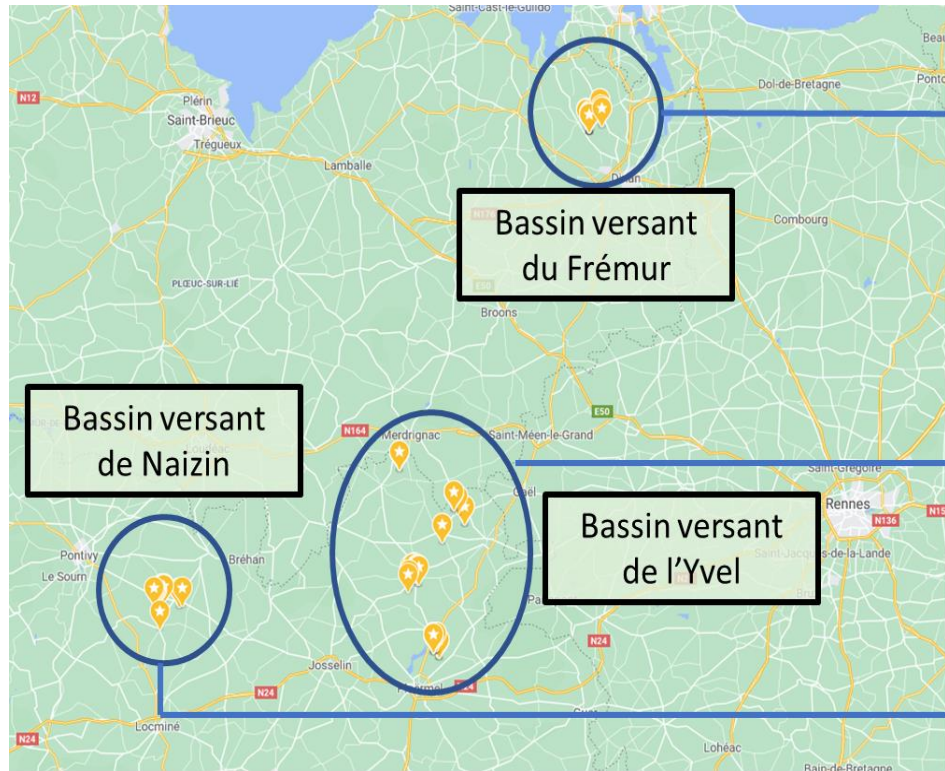
Jusqu'à 20% des surfaces des bassins-versants bretons sont en contexte " zones humides " dont une forte proportion est cultivée

Questions posées



- Vérifie-t-on que les zones humides sont des zones d'accumulation du P? Quel est le rôle de l'usage des sols sur cette accumulation?
- Quelles sont les propriétés des sols du point de vue de la rétention du P? Ont-ils des capacités limitées de sorption du P?
- Peut-on quantifier et prédire le risque de relargage de phosphore dissous dans les zones humides?

Echantillonnage dans 3 bassins versants représentatifs du contexte zones humides en région Bretagne :



3 bassins versants :

- Frémur : 19 sites
- Naizin : 8 sites
- Yvel : 42 sites réparties en secteurs (Ploermel, Guilliers, Méneac, Mauron)

Base de données de 69 sites possédant une forte variabilité :

- OCS
- Paysagère
- Pédologique
- Pratiques agricoles historiques

27 transects échantillonnés :

- Nappes perchées / fonds de vallées hydromorphes
- Capacité à révéler les transferts horizontaux
- Capacité à visualiser les trajectoires des bandes enherbées
- Effet des pratiques dans le versant

50% de ZH cultivées et 50% de ZH non cultivées

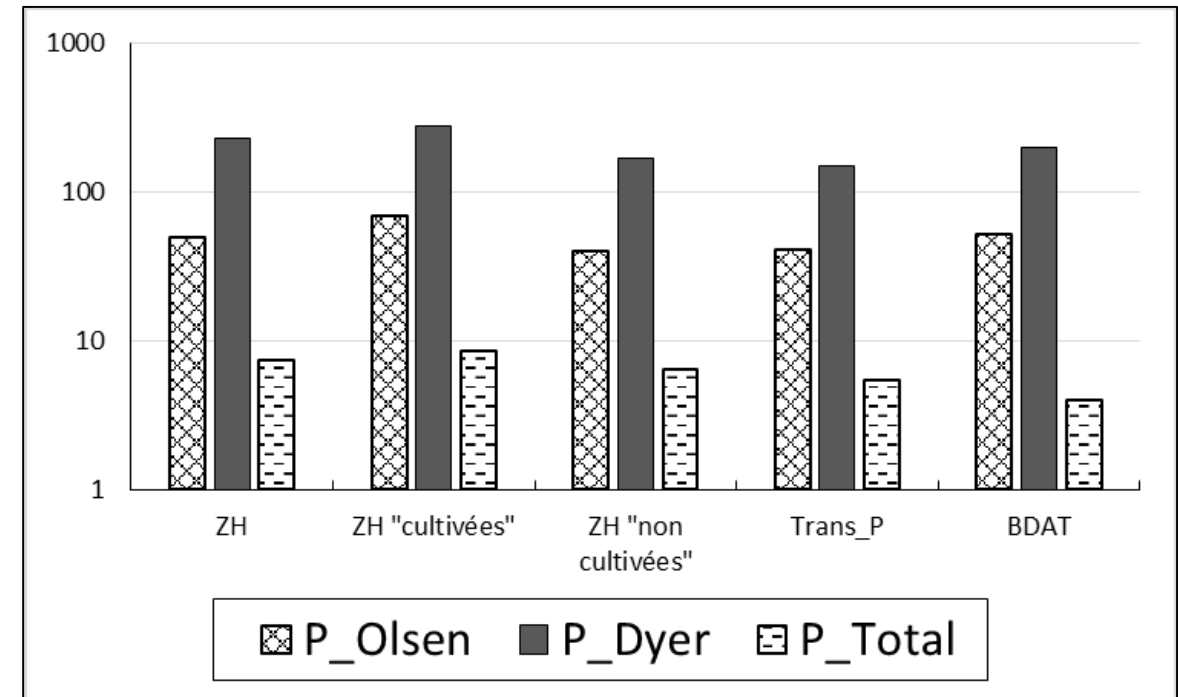


Projet DPR2
Dynamique du P dans les zones humides

Des teneurs en P comparables aux sols agricoles bien drainés

	BD « ZH »	BD « ZH » cultivées	BD « ZH » non cultivées	BD « Trans P »	BDAT
P_Olsen (mg P ₂ O ₅ /kg)	69	39	30	237	> 90 000
	50 ± 40	70 ± 40	40 ± 30	41 ± 30	52 ± 30
P_Dyer (mg / kg)	230 ± 210	280 ± 220	170 ± 190	151 ± 100	199 ± 30
P_Tot (g / kg)	1,49 ± 0,64	1,7 ± 0,7	1,3 ± 0,5	1,10 ± 0,46	

Tableau et figure : Comparaison des concentrations moyennes en P_{Olsen} et P_{Dyer} et P_{total} observées dans les sols des zones humides analysées avec celles calculées pour les sols des bases de données "Trans-P" et "BDAT". n = nombre de données.



Les concentrations en phosphore total / agronomique dans les zones humides sont élevées par rapport aux bases de données régionales (Trans P, BDAT), même dans les zones humides non cultivées

Des capacité d'adsorption fortement variable d'un secteur à l'autre mais homogènes dans un secteur donné

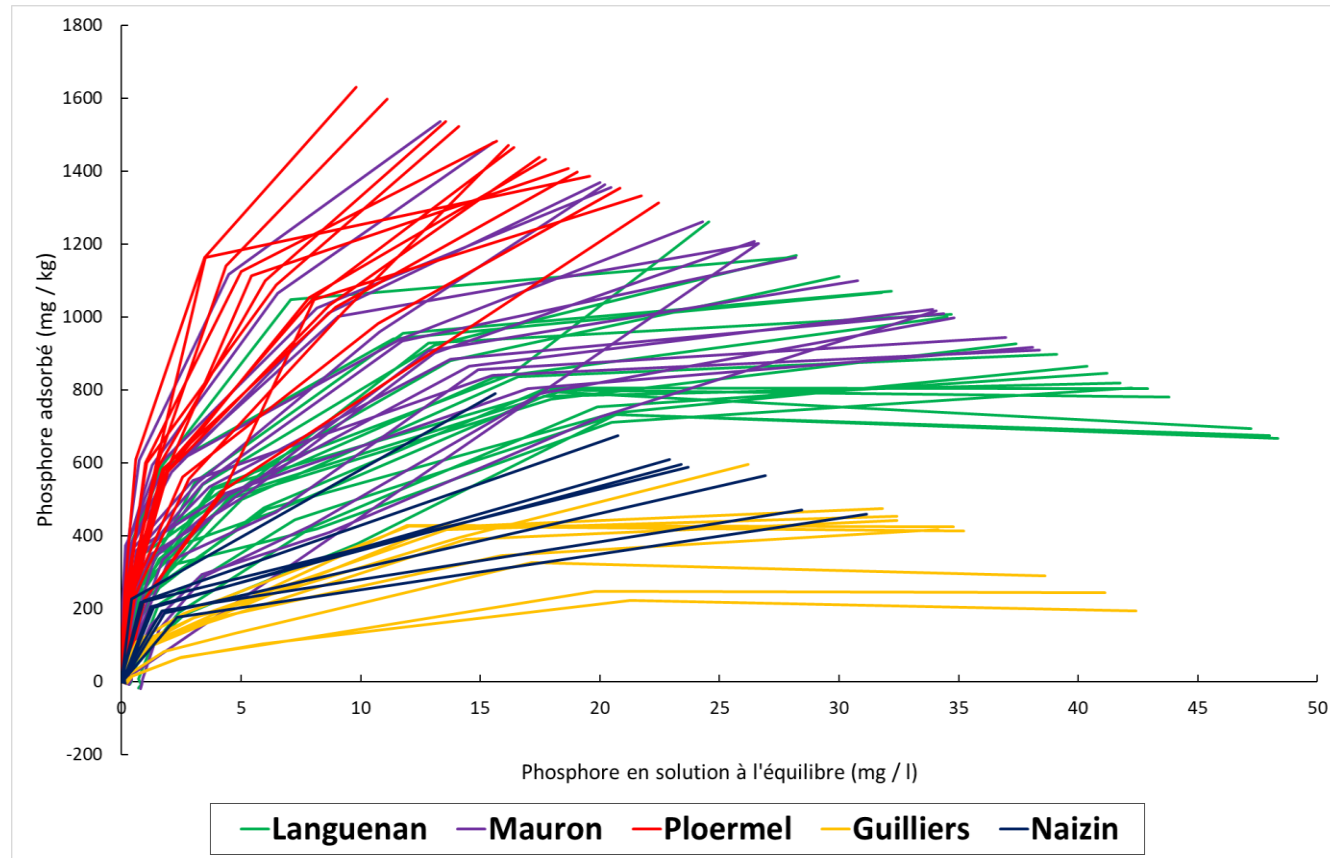
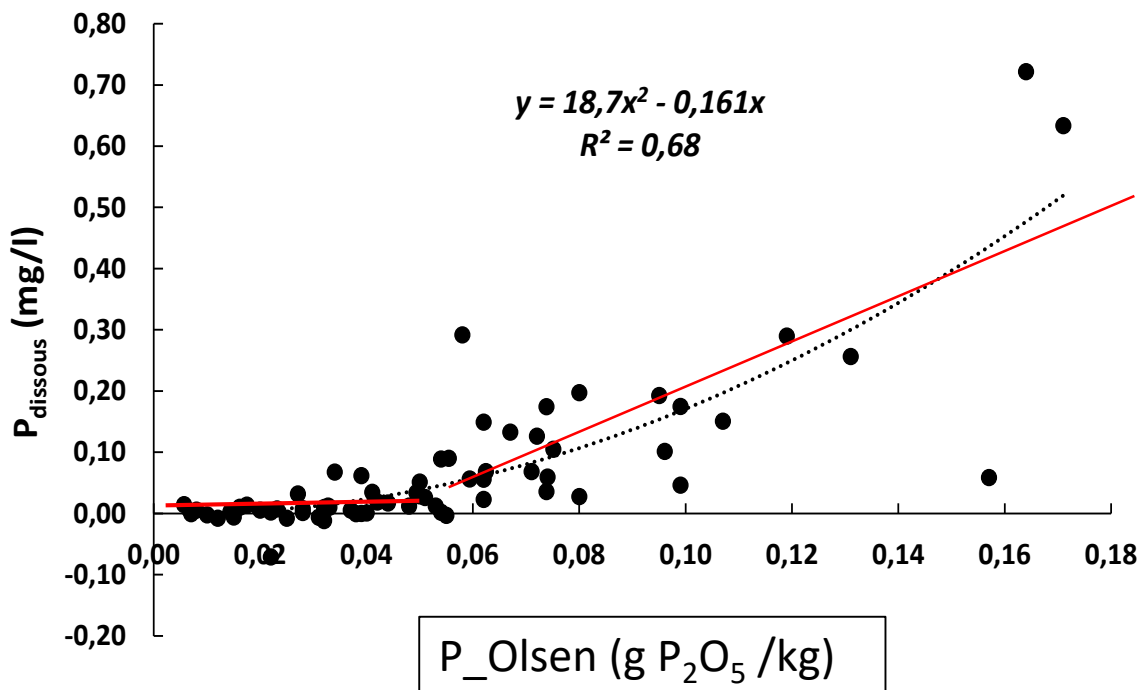


Figure : Isothermes d'adsorption du phosphore dans les sols des zones humides de Bretagne, regroupés par secteur d'échantillonnage

=> Difficulté de prédiction à priori des capacités d'adsorption des sols de zones humides (et des risques de relargage de P_dissous associés) à partir des caractéristiques pédologiques et physico-chimiques « macro » des sols.

Possibilité néanmoins d'utiliser la teneur en P_Olsen du sol comme critère de risque



Etat trophique	Bornes P _{dissous} (mg/l) état trophique	P_Olsen (g P ₂ O ₅ /kg)	Risque relargage P_Dissous
Oligotrophe	P<0,010	P<0,028	Nul
Mésotrophe	0,010<P<0,030	0,028<P<0,045	Faible
Eutrophe	0,030<P<0,100	0,045<P<0,078	Modéré
Hypereutrophe	0,100<P	0,078<P	Fort

Tableau : Equivalence entre teneur en P_Olsen mesurées dans les sols étudiés et la teneur en P_dissous définissant l'état trophique des eaux de surface. (Smith et al., 1999 ; Dodds et al., 1998)

Figure : P_dissous en fonction du P_Olsen dans les zones humides du projet DPR2

- **Corrélation entre EPC_0 et P_dissous** dans les zones humides
- **Corrélation entre P_Olsen et P_dissous** dans les zones humides
- Seuil critique de 45 mg P₂O₅ / kg établi à partir des bornes d'eutrophisation des eaux de surface
- Le seuil calculé correspond également au seuil de rupture de pente de la relation P_dissous = f(P_Olsen)

Entre 30 et 70% des sols échantillonnés sont situés dans des classes à risque modéré à fort (> 45 mg P₂O₅/kg)

Niveau de risque	Bornes P _{Olsen} g P ₂ O ₅ /kg	Nombre de sols par classe de risque				
		Languenan	Ploermel	Mauron	Guilliers	Naizin
Nul	P<0,028	3	3	5	5	2
Faible	0,028<P<0,045	3	2	1	2	2
Modéré	0,045<P<0,078	6	7	2	0	1
Fort	0,078<P	6	3	9	3	2

Niveau de risque	Bornes P _{Olsen} g P ₂ O ₅ /kg	Pourcentage de sols par classe de risque				
		Languenan	Ploermel	Mauron	Guilliers	Naizin
Nul	P<0,028	17%	20%	29%	50%	29%
Faible	0,028<P<0,045	17%	13%	6%	20%	29%
Modéré	0,045<P<0,078	33%	47%	12%	0%	14%
Fort	0,078<P	33%	20%	53%	30%	29%

⇒ 55% des sols étudiés au dessus du seuil de **45 mg P₂O₅/kg**
 ⇒ Variabilité en fonction des secteurs échantillonnés

Tableau : Répartition des sols par classe de risque, secteur par secteur.

L'occupation du sol actuelle ne permet pas de prédire la classe de risque (>45 mg/kg P_Olsen)

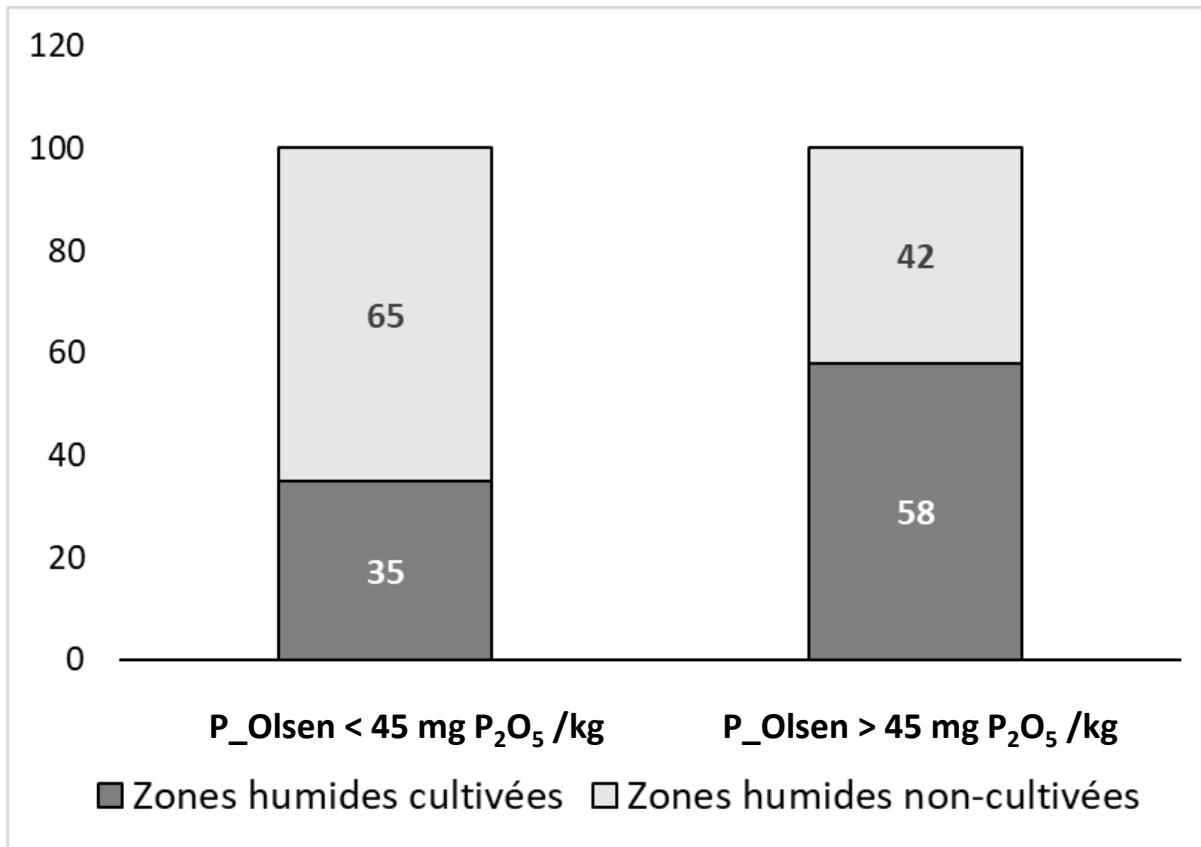


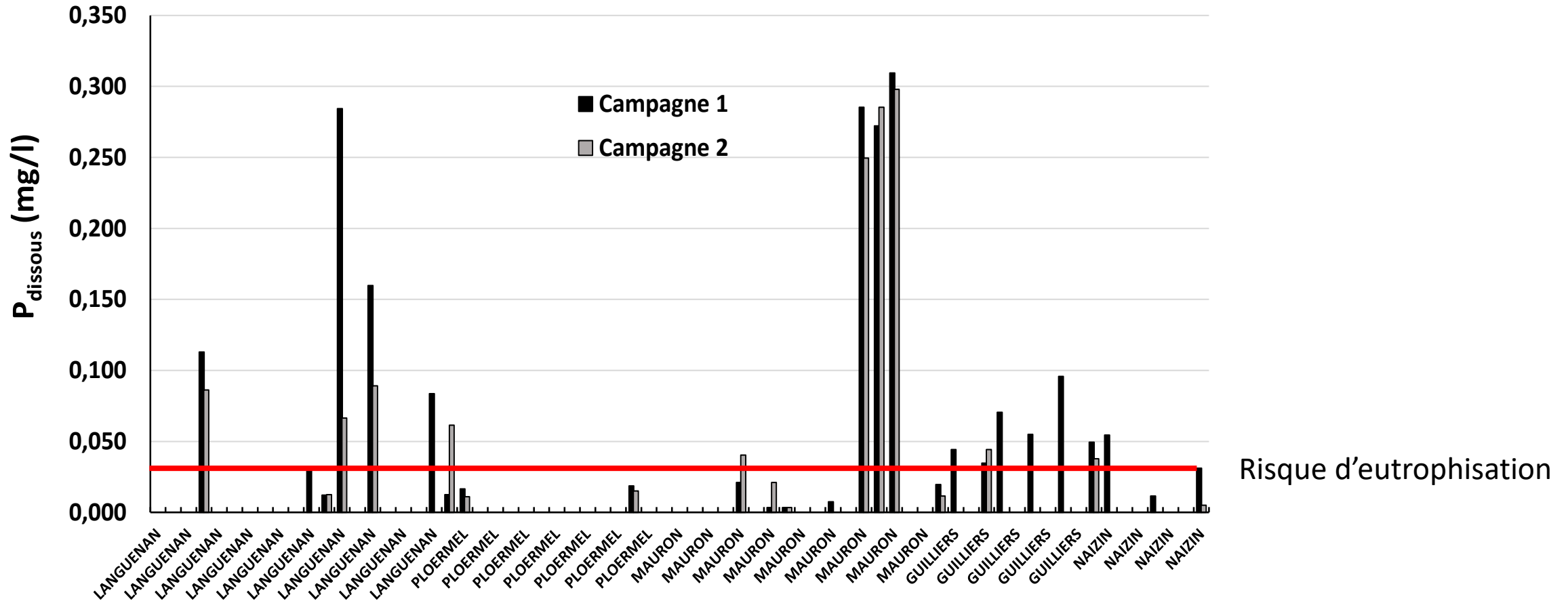
Figure : Pourcentage des zones humides cultivées et non-cultivées en fonction des teneurs en P_Olsen dans les zones humides du projet DPR2

⇒ Proportion + de **zones humides non cultivées** dans les classes de **risques faibles**

⇒ Proportion + de **zones humides cultivées** dans les classes de **risques élevées**

⇒ Mais l'occupation du sol actuelle n'est pas un facteur convaincant pour prédire les classes de risques

Un risque confirmé par la mesure in-situ des teneurs en P_{dissous} des eaux du sol



⇒ Des concentrations en P_{dissous} 10 fois supérieures au seuil « eutrophe »

Conclusions

- *Lien entre travail du sol et ruissellement observé grâce aux pluies expérimentales : potentialité du semi-direct à augmenter la concentration en P_dissous dans les ruissellements*
- *Relation positive entre P_Olsen / EPC_0 et P_dissous ruissellé : capacité de prédiction à partir d'indicateurs agronomiques*
- *Les zones humides cultivées ET non-cultivées ont des teneurs en P comparables à des sols agricoles bien drainés*
- *Prédiction possible des teneurs en P_dissous des eaux de surface grâce au P_Olsen : Seuil de risque modéré / fort déterminé à 45 mg P₂O₅ / kg (seuil satisfaisant pour les cultures en zones hydromorphes)*



Merci de votre attention