

**Interreg**   
EUROPEAN UNION  
France ( Channel  
Manche ) England

Channel Payments for Ecosystem Services

European Regional Development Fund



# Case Study Lac au Duc Ploërmel, France

By the Scientific Consortium of Lac au Duc



Ploërmel Project Workshop, June 7<sup>th</sup> 2018



**Etat des lieux**  
***BASELINE ASSESSEMENT***



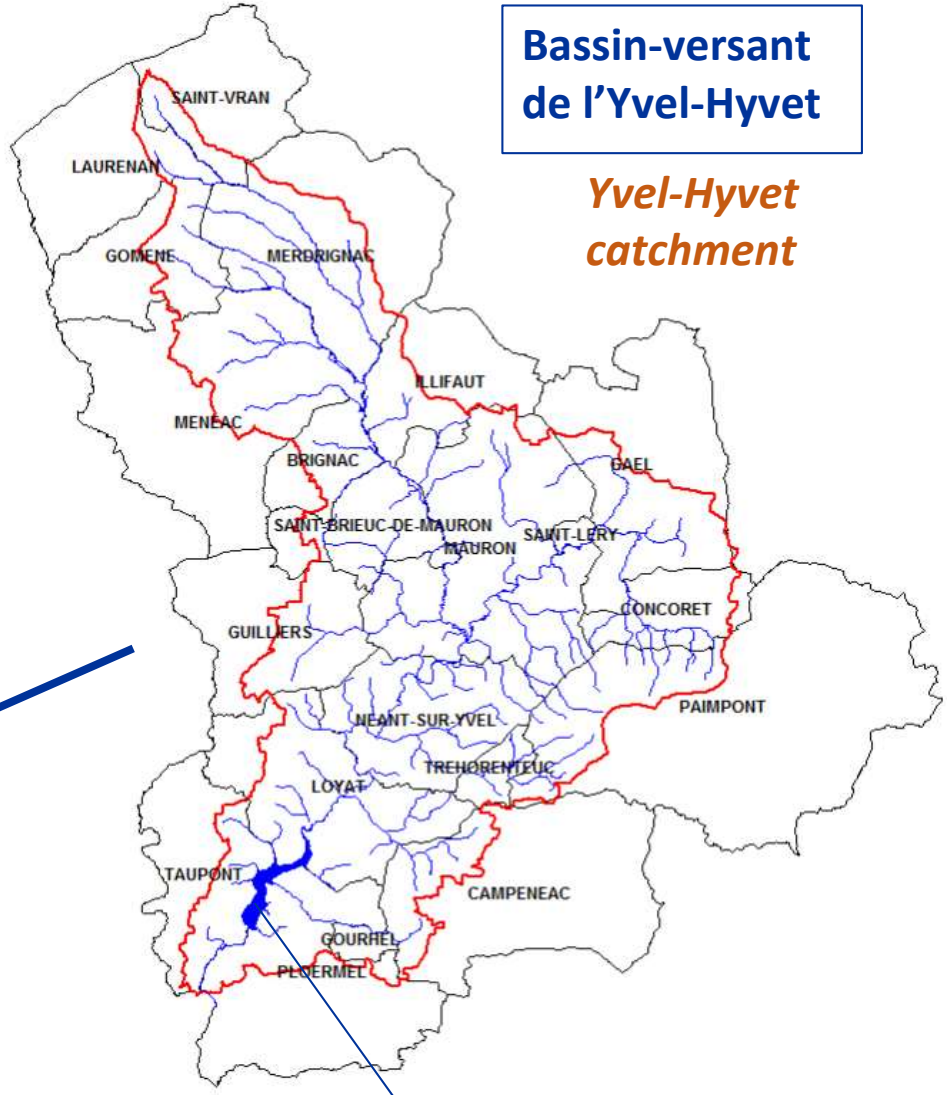
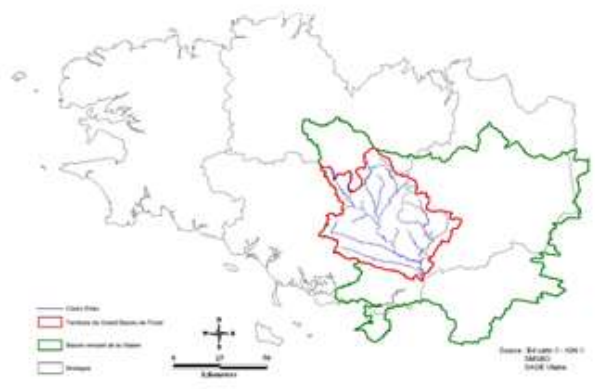
*L'Hyvet*

1

**DIMENSIONNEMENT  
GÉOGRAPHIQUE**



# Localisation

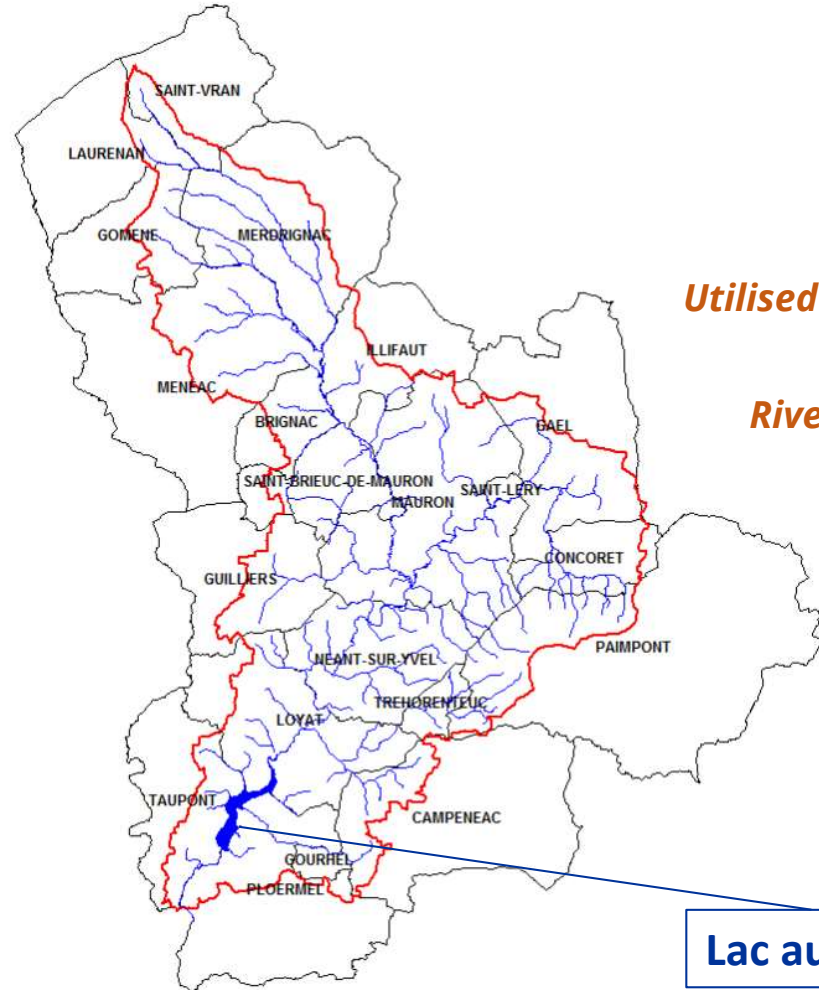


Bassin-versant de l'Yvel-Hyvet

Yvel-Hyvet catchment

Lac au Duc

# Profils du Lac et du bassin-versant



Lac au Duc

## Catchment

**Towns:**

**Departments**

**Source**

**Population**

**Total area**

**Utilised Agricultural Land**

**Number of farms**

**Rivers linear measure**

## Lac au Duc

**Area**

**Volume**

**Affluents**

**Uses**

**Owners**

**Towns**

## Bassin-versant de la rivière Yvel-Hyvet

**Communes:** 22 (dont 15 ayant 50% de leur territoire dans le bassin-versant)

**Départements :** Morbihan, Côtes d'Armor, Ille-et-Vilaine

**Source :** Saint-Vran

**Population:** 21300 habitants

**Surface totale :** 37328 Ha

**Surface Agricole (SAU) :** 26183 Ha

**Nombre d'exploitations agricoles :** 382

**Linéaire cours d'eau :** 380Km



## Lac au Duc

**Surface :** 250 Ha

**Volume :** 3,5 millions m3

**Affluents :** Yvel + Ruisseaux du Moulin du Miny, des Vieux Prés, de Saint-Jean.

**Usages :** Usine eau potable, activités récréatives et touristiques (pêche, baignade, activités nautiques ...)

**Gestionnaires :** Eau du Morbihan, Ploërmel Communauté

**Communes :** Loyat, Taupont et Ploërmel



2

## RISQUES ÉCOLOGIQUES ET DÉGRADATIONS

# Problème sur le Lac

## EUTROPHISATION

*EUTROPHICATION*



Cyanobacteries

- **Peuvent être toxiques** / can be toxic
- **Gênantes pour la production d'eau potable** / Problematic for clear water production

- **Luminosité** / Light
- **Température élevée** / High temperature
- **Milieu riche en nutriments, le phosphore étant l'élément limitant** / Presence of nutrients, Phosphorus in particular

# Source et itinéraire du phosphore

## Apports de Phosphore

*Phosphorus inputs*

- Sources diffuses - agriculture : ruissellement et érosion via le bassin versant / *runoff and erosion from catchment*
- Sources ponctuelles - assainissement / *sanitation*
- Stockage / relargage dans les sédiments du lac / *Sediments of the lake*
- Sources de proximité directe (golf; pêche...)

Récepteur  
=  
Lac au Duc





# Impacts

Potabilité de l'eau

*Water potability*

Activités de loisirs (baignade, nautisme, pêche, chasse, etc.)

*Leisures (bathing, nautical activities, angling, hunting, etc.)*

Attractivité & image du territoire

*Attractivity and image*





3

## CONTEXTE SOCIO- ECONOMIQUE

# Analyse des acteurs

## Collectivités publiques

Communes

Pays de Plöërmel

Département 56

Ploërmel Communauté

Préfecture 56

## Gestion de l'eau

SIAEP Brocéliande-Ploërmel

Eau du Morbihan

La SAUR

Agence Régionale de Santé

## Lac au duc

## Agriculture

Agriculteurs

SM Grand Bassin de l'Oust

Chambre

CEDAP

CIVA

GAB du Morbihan

## Loisirs & Tourisme & local

Base nautique de Taupont

Office de tourisme de Brocéliande

Fédération & associations de pêche

Fédération & associations de chasse

Associations environnementales

# Impacts sur les acteurs

Collectivités publiques

Loisirs & Tourisme & local

## Économies des loisirs/tourisme/locale

- ⊘ Périodes d'interdiction de la baignade / déconseillé pour les pêcheurs et chasseurs
- ↗ € Coûts des mesures pour lutter contre les cyanobacterias
- ☹ Impact sur l'image et l'attractivité locale
- ↘ € Pertes pour les industries du tourisme, des loisirs...

Gestion de l'eau

## Eau potable

- ↗ € Dommages sur l'usine de captage (filtres)
- ↗ € Coûts des traitements de l'eau

Agriculture

## Cadre réglementaire

Le S.D.A.G.E (Schéma Directeur de l'Aménagement et de la Gestion de l'Eau) du bassin Loire Bretagne.

↳ Classement du BV en "3B1"

- ↳ ☹ Obligation de *rééquilibrer la fertilisation en phosphore en amont du Lac au Duc*

# Historique des actions menées



## Actions curatives

- Installation d'un **système d'injection d'air** dans la masse d'eau par dépose de tuyauteries sur le fond du lac
- Traitement en surface par du **sulfate de cuivre**
- Installation de **peignes à sédiments** à l'entrée du Lac à Loyat pour stopper l'arrivée de matières solides
- Traitement au **carbonate de calcium** dans une zone délimitée confinant la zone de baignade

## Actions préventives

- Etude « phosphore » à la demande du syndicat d'eau
- Point sur la pression entre 2010 et 2013
- Bocage
- Diagnostics phosphore 2014-2018
- Les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) – 2014-2018

# Les actions conduites dans le cadre du projet INTERREG CPES

## Action curative court-terme sur le lac + actions préventives long-termes sur le bassin-versant (PSE)

### Préventif-PSE



- **Coordination** étude de cas « Lac au Duc »
- En charge du Work package **communication** Bi National



- **Soutien financier** et technique aux missions du GBO
- Partenaires des **actions curatives** sur le Lac

### Curatif



- **Etude pour la mise en oeuvre des actions curatives** à court-terme sur le Lac
- Evaluation des données existantes et analyse des impacts écologiques



SARA HERNANDEZ  
CONSULTING  
BUILDING TOGETHER A RESILIENT ECONOMY

- **Modélisation des flux de phosphore** identification des attributs critiques du paysage et des pratiques agricoles impliquées dans les pertes de phosphore à l'échelle du bassin-versant
- **Etude socio-économique des coûts et bénéfices** de non intervention ou de mise en place des PSE auprès des agriculteurs et des bénéficiaires
- **Analyse du mécanisme des PSE pour sa mise en oeuvre** sur le bassin-versant  
Cadre politique et juridique des PSE



- Appui technique au montage du projet

- Accompagnement à la concertation régionale sur les PSE

A landscape photograph showing a stream flowing through a field. The stream is partially obscured by a large pile of cut branches and brush in the foreground. In the background, there is a line of bare trees under a cloudy sky. A semi-transparent blue rectangular box is overlaid in the center of the image, containing white text.

**Travaux en cours**  
*WORK in PROGRESS*



## Volet préventif:



# Diagnostic phosphore préalable à l'implantation de PSE sur le bassin versant du Lac au Duc et à la mesure de leurs effets

*Preventive axis of the Lac au Duc study: Phosphorus diagnosis prior to the design and implementation of PES in the Lac au Duc catchment and to the installation of the monitoring network necessary to assess their effects on phosphorus fluxes*



Channel Payments for Ecosystem Services  
European Regional Development Fund





# Modéliser les liens entre systèmes de culture, propriétés du milieu et transfert du phosphore

*Model the link between landscape properties, farming practices and P emissions*

=> Evaluer les coûts économiques du changement et évaluer le montant des PSE

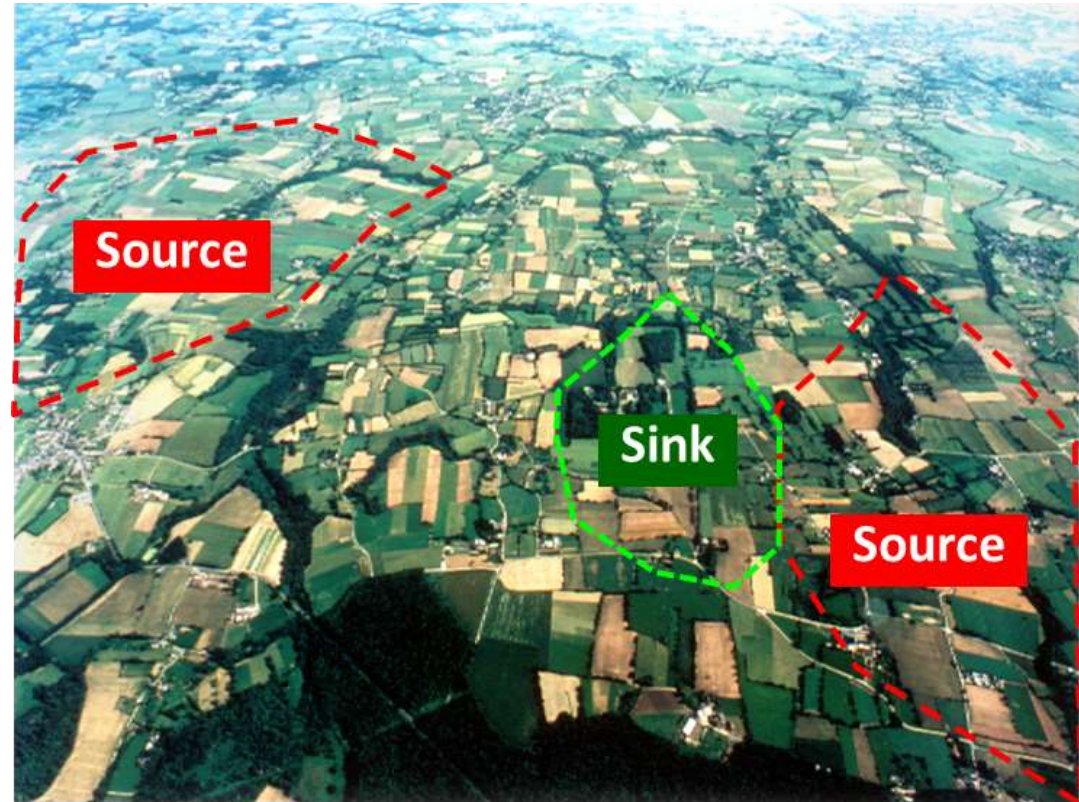
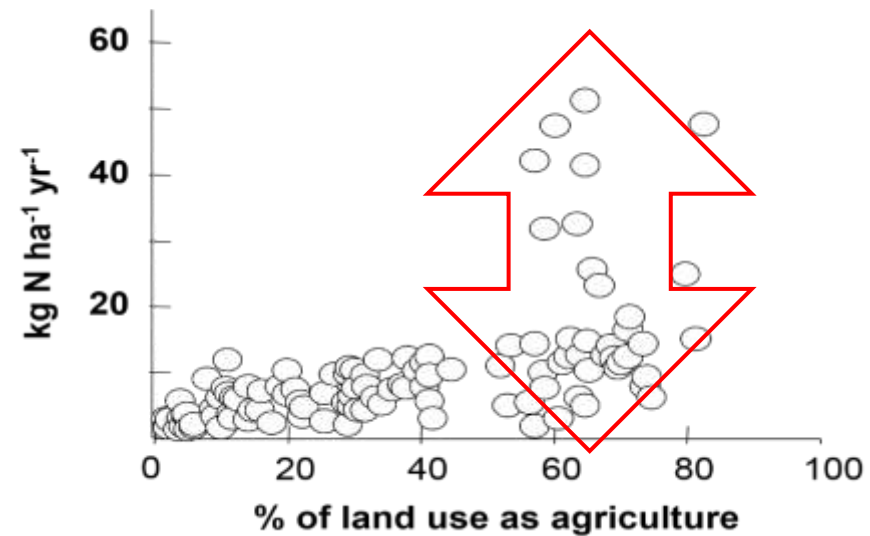
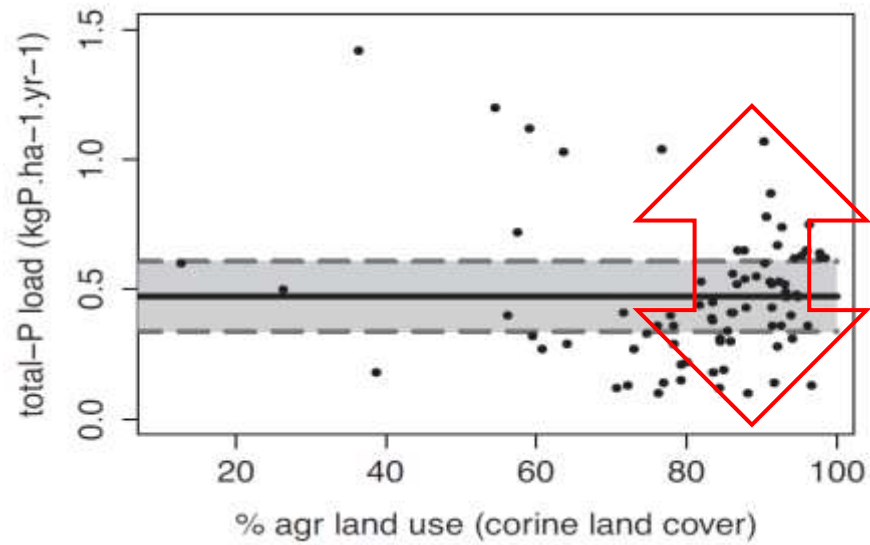
*Evaluate the cost of change + financial dimensioning of PES*

=> Tester des scénarios de changement de pratiques et leurs impacts sur les flux de P au lac

*Test scenarios of agricultural practices change: impacts on P fluxes*

=> Déterminer où implanter les PSE dans le BV et où implanter les réseaux de mesure permettant d'en évaluer l'efficacité

*Determine where implement PES and PES efficiency*



*Burt and Pinay 2005, Progress in Physical Geography*  
*Bishop et al. 2008, Hydrological Processes*  
*Dupas et al., 2015, Ecological Indicators*  
*Abbott et al., 2017, Ecology Letters*

# Hypothèse de travail

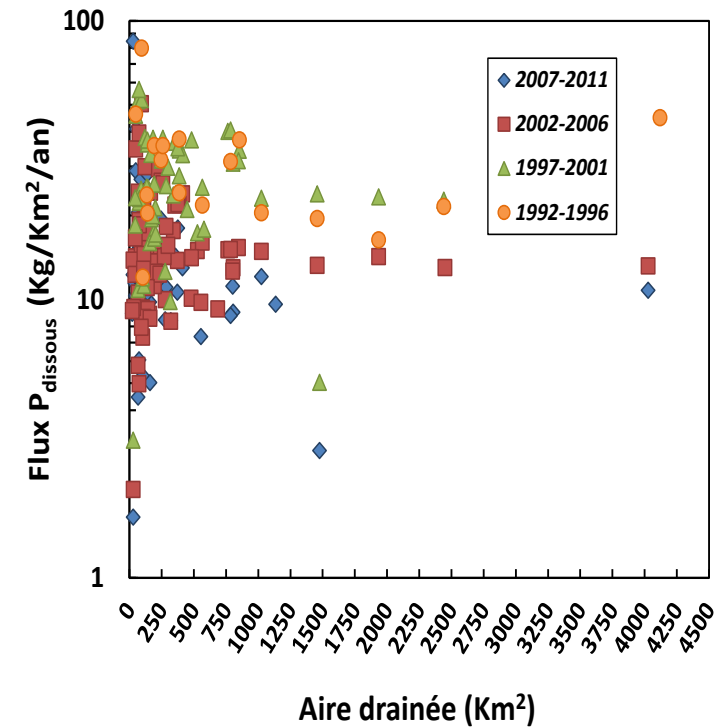
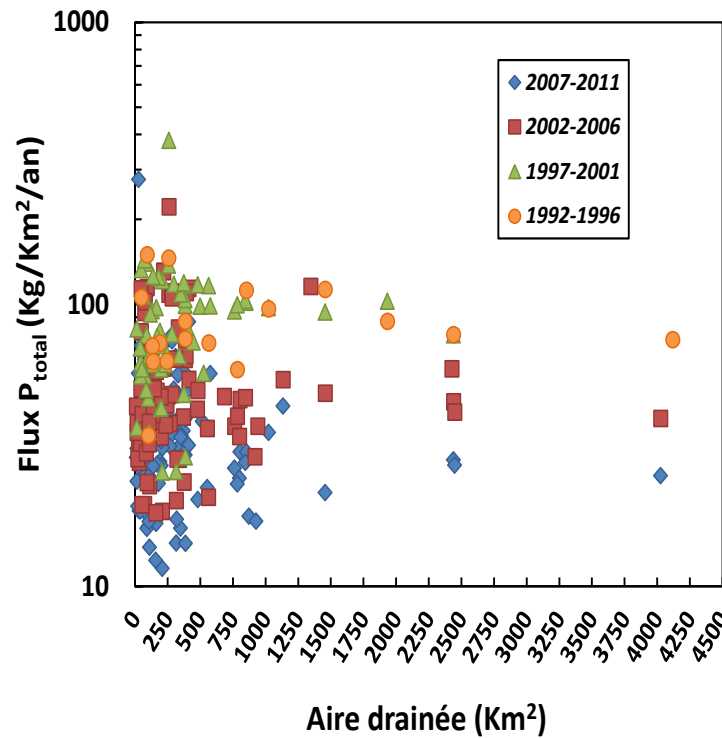
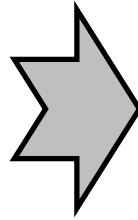
*Working hypothesis*

## Cas de la Bretagne

*Brittany case*

Projet AELB Trans-P

Legeay et al. (2017)



## Forte variabilité potentielle dans les têtes de bassins

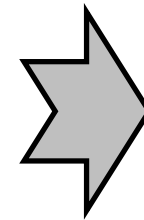
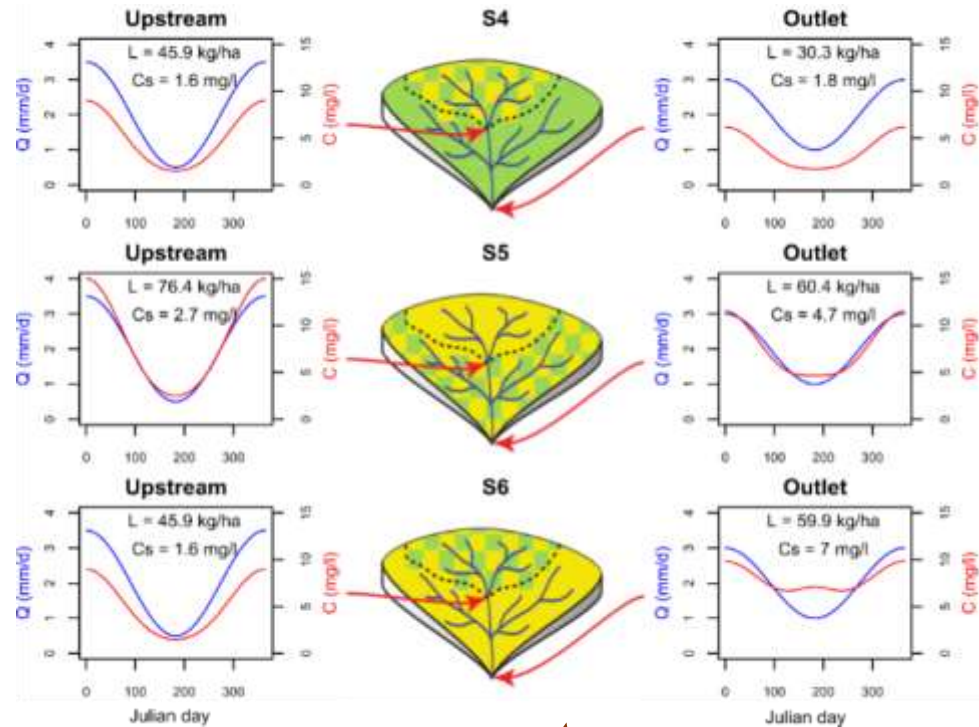
⇒ Causes de cette variabilité?

*Strong variability of P fluxes in headwater catchments. Role of agricultural practices and landscape properties?*

⇒ Rôle des pratiques agricoles et des attributs du paysages? Leviers de gestion?

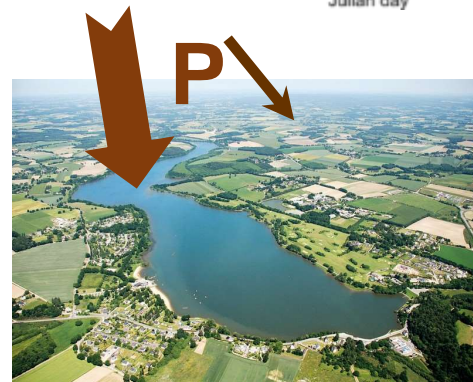
⇒ **Implanter les PSE dans les têtes de bassin  
les plus contributives!**

# Produit final ciblé: Modèles de scénarios de réorganisation des pratiques agricoles et des modalités de gestion du sol



Guide à la structuration et à l'implantation des PSE et des dispositifs de mesure permettant d'en mesurer les effets

*End product of this part of the Lac au Duc study: produce a model to guide the design and implementation of PSE + monitoring network*



# Stratégie & premiers résultats

*Research strategy and first results*

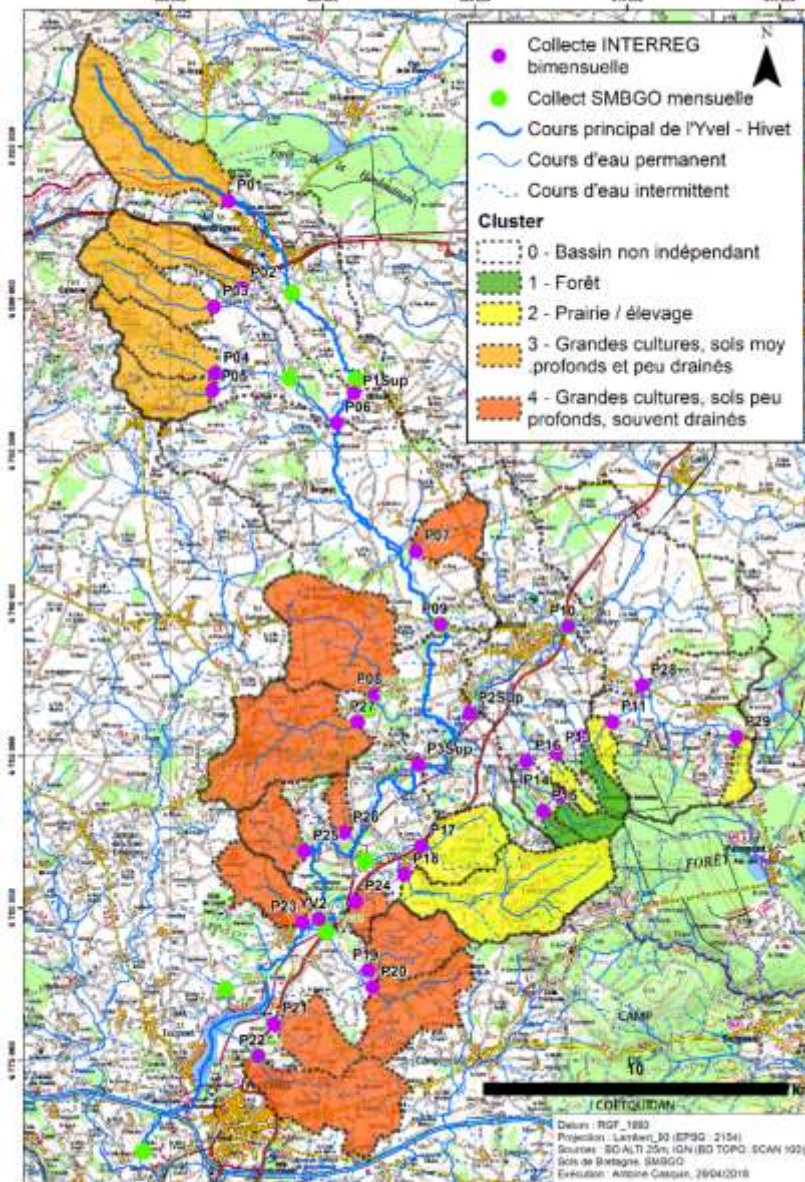
## Echantillonnage INTERREG

**24 points "têtes de bassin"**  
**8 points "réseau hydrographique"**



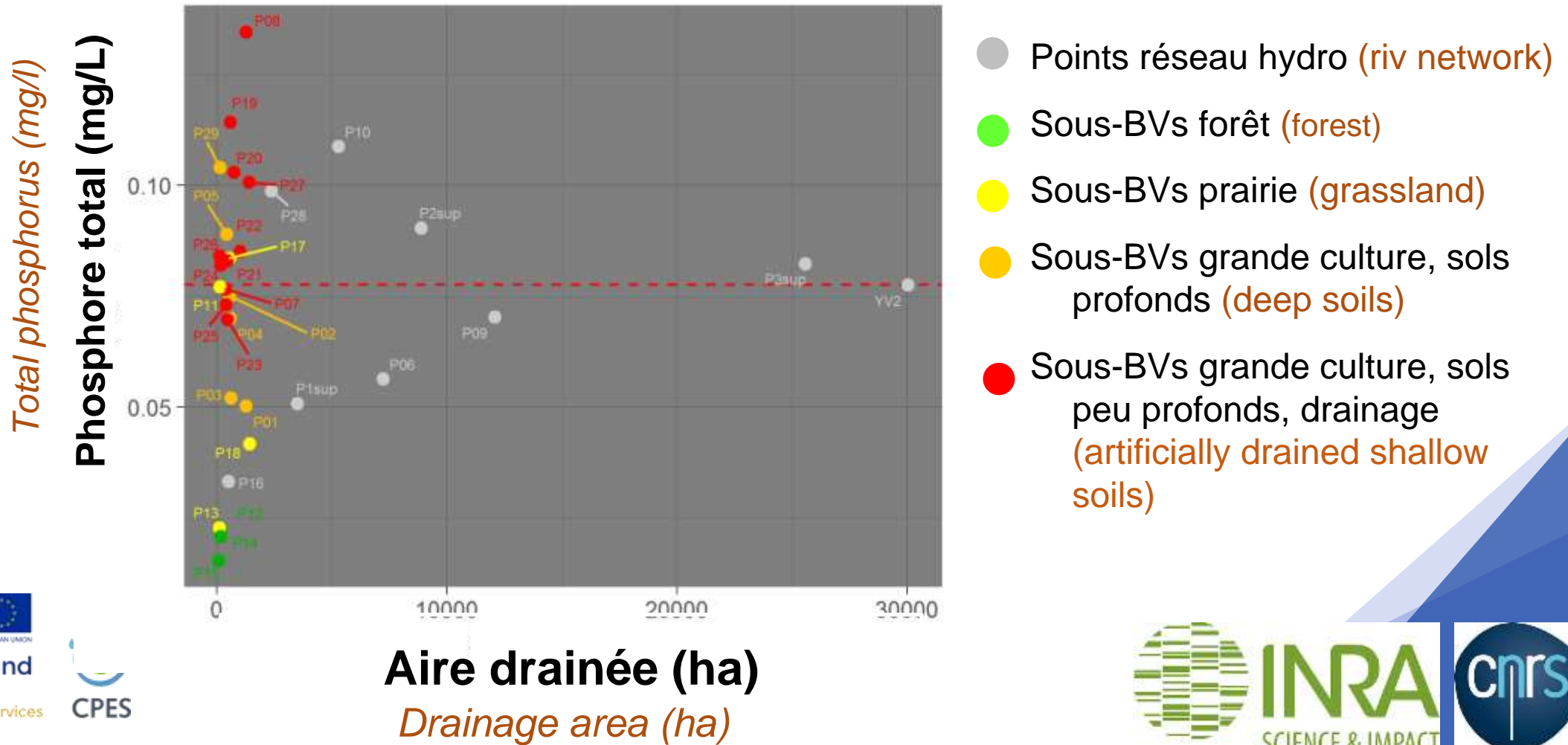
*Premier regroupement des têtes de bassins par attributs communs indépendants*

*Grouping of the headwater catchments in clusters sharing comparable characteristics*



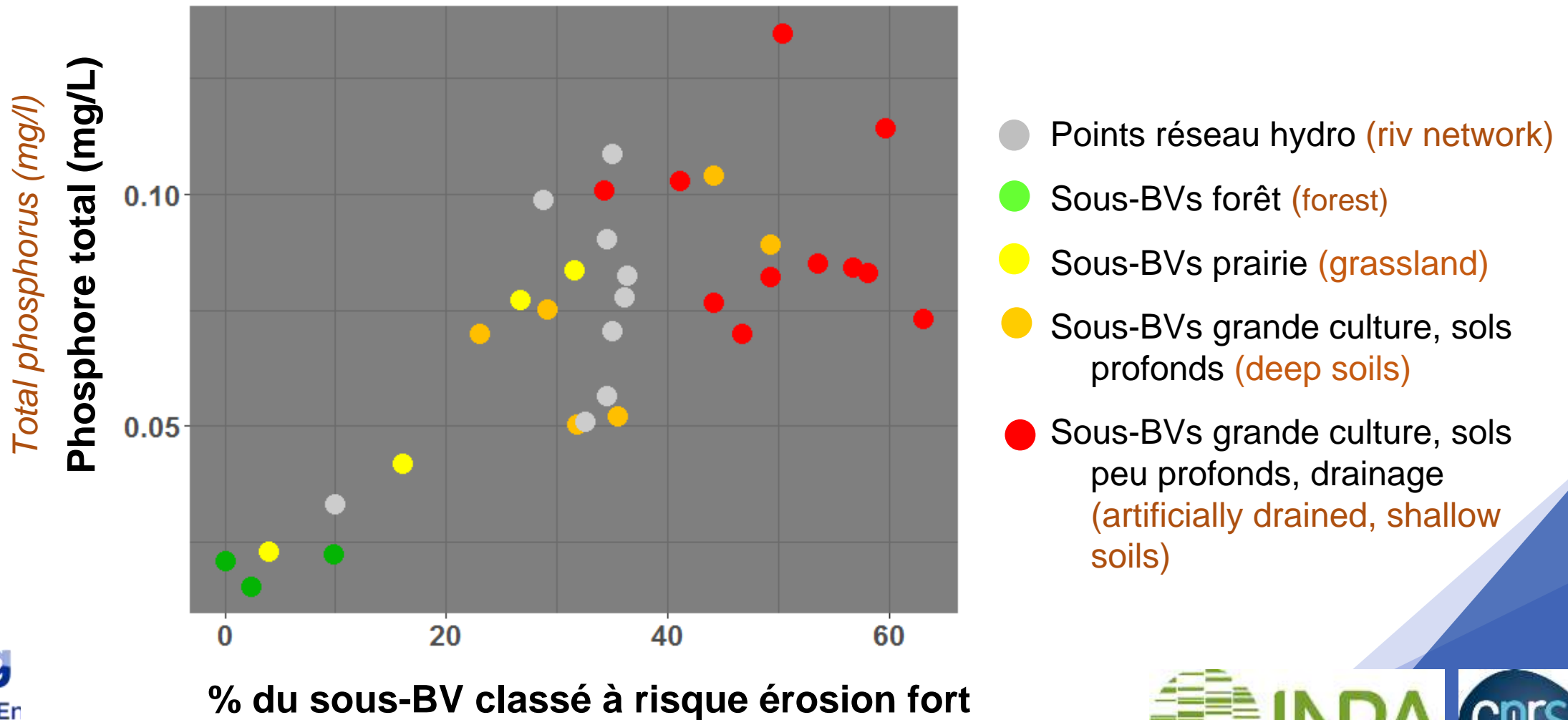
# => Mise en évidence de la forte variabilité des têtes de bassin du point de vue de leur capacité à exporter du $P_{tot}$

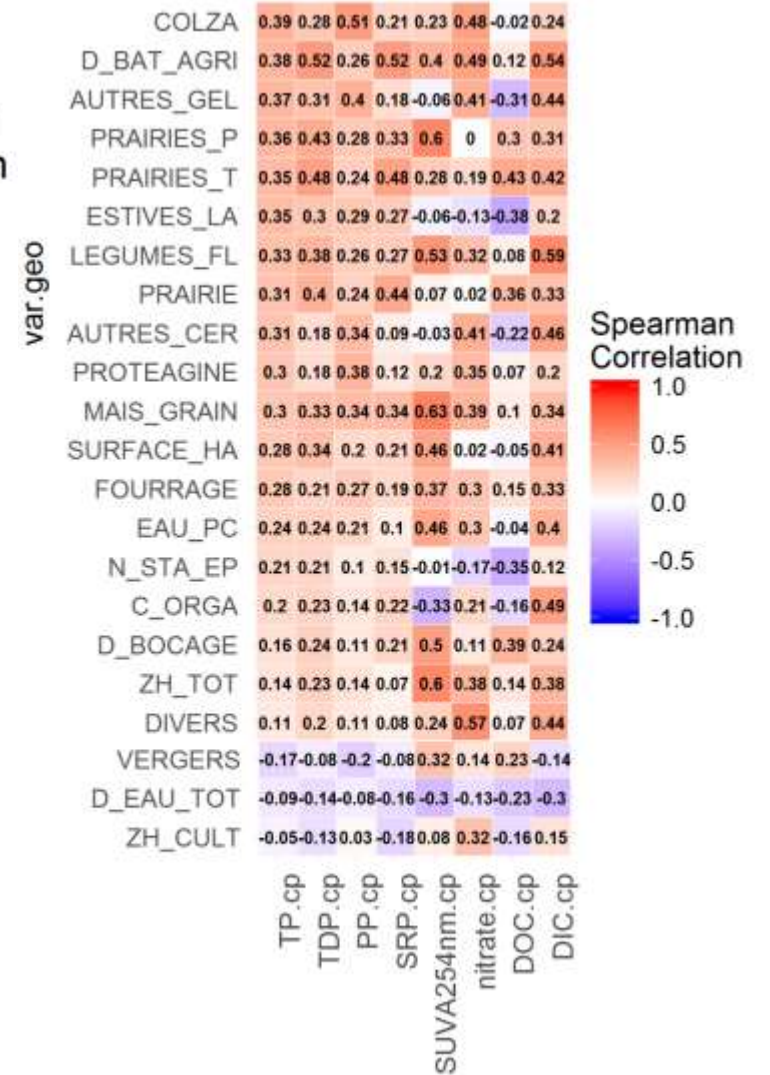
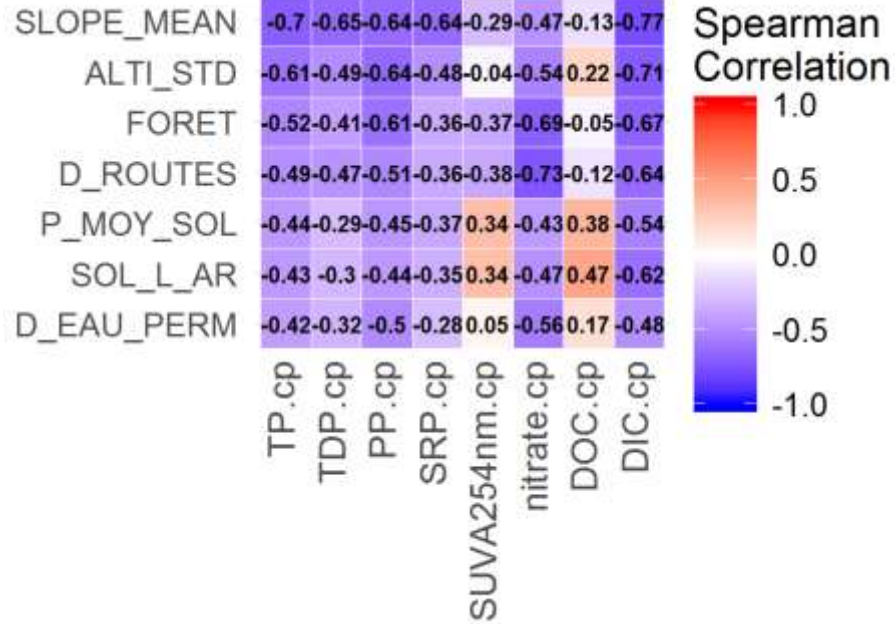
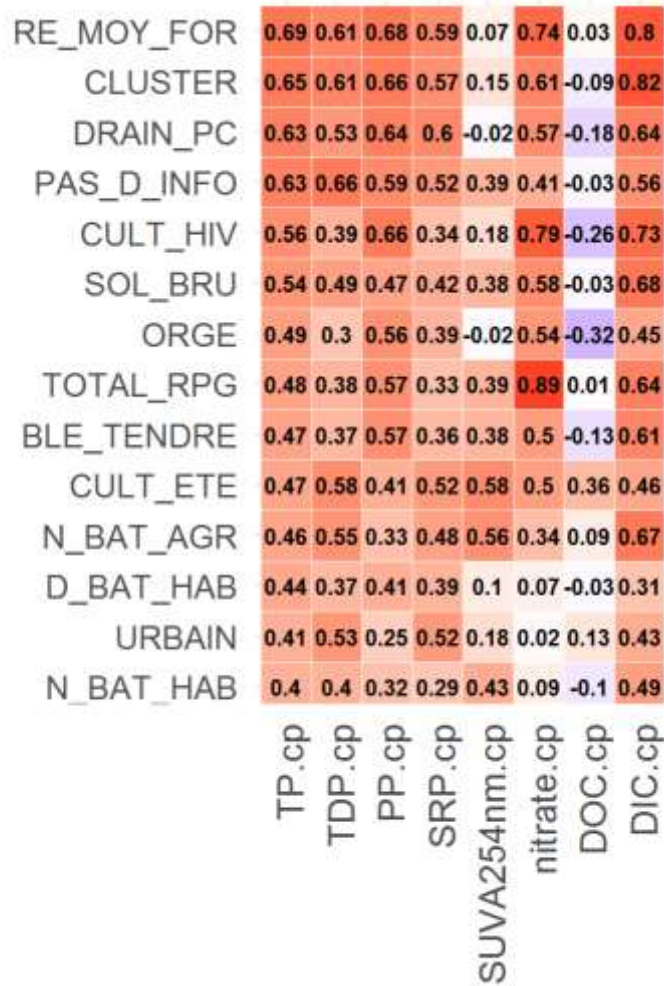
*Evidence of a huge difference between headwater catchments with respect to their capacity to export P*



# => Contrôle très important du risque érosion DPR sur $P_{tot}$

*Evidence for the role of the erosion risk as established by the DPR diagnosis as a key driver of  $P_{tot}$  losses at the headwater catchment scale*





## D'autres variables en cours de test

*Other landscape and farming practice variables under test*



## Conclusion - perspectives

- => Les têtes de bassins sont bien la bonne échelle à laquelle expertiser les facteurs de contrôle des flux de phosphore (validation de l'hypothèse de travail) => échelle de réflexion à l'implantation de PSE
- => Forte variabilité des têtes de bassin "Lac au Duc" du point de vue de leur capacité à exporter du P
- => Le risque érosion DPR semble être un "bon" élément de diagnostic des fuites de  $P_{\text{tot}}$  => capacité du diagnostic à intégrer la boîte à outil PSE
- => D'autres leviers à identifier ( $P_{\text{tot}}$ ,  $P_{\text{dis}}$ , liens C/N/P, etc...). Prochaine étape de l'étude.
- => Reste à construire le modèle permettant de tester des scénarios en vue de l'implantation de PSE. Prochaine étape de l'étude.

# Conclusion - perspectives

- => Headwater catchments are the right place where to assess P losses in Lac au Duc catchment and identify the drivers responsible of these losses (working hypothesis validated) => also the place where to design and implement PES.
- => Evidence of a very strong variability of Lac au Duc headwater catchments with regards to their ability to export P.
- => The erosion risk as quantified using the DPR diagnosis toolbox seems to be a good way to estimate potential  $P_{tot}$  losses => could integrate the toolbox necessary to design PES and implement PES.
- => Other drivers are still to be identified ( $P_{tot}$ ,  $P_{dis}$ , C/N/P, etc...). Next step of the study.
- => The model for testing scenarios for the implementation of PES is still to be built and calibrated. Next step of the study.



# Etude d'Agrocampus Ouest Evaluation économique de l'offre et de la demande de services environnementaux sur le Lac au Duc

**Agrocampus study on the construction with  
farmers of potential financial schemes to decrease  
phosphorus losses**

*Methodology and first results*



Channel Payments for Ecosystem Services  
European Regional Development Fund



- Peut-on mesurer l'offre (producteurs) et la demande (usagers) de services environnementaux et est-ce qu'elles se rencontrent ?
- Est-il rentable socialement de réduire l'eutrophisation du Lac au Duc, les bénéfices sont-ils supérieurs aux coûts ?

→ Objectifs de notre étude :

- Révéler les coûts de la réduction des proliférations de cyanobactéries :
  - Coûts des pratiques agricoles permettant de réduire les flux de phosphore
  - Enquête auprès des agriculteurs du bassin versant de l'Yvel Hyvet (travail en cours)
- Révéler les bénéfices de la réduction des proliférations de cyanobactéries :
  - Bénéfices des usagers du lac (baigneurs, pêcheurs, pratiquants d'activité nautiques, etc.) et des producteurs d'eau potable
  - Enquêtes auprès des usagers du lac et des producteurs d'eau et de services touristiques
- Etude privilégiant l'approche préventive

# Enquête auprès des agriculteurs / Survey the farmers

- Méthode de révélation des préférences : Méthode des expériences de choix pour générer des comportements expérimentaux (hypothétiques)
- Les agriculteurs enquêtés devront choisir entre plusieurs scénarios (contrats de PSE expérimentaux) combinant différents niveaux d'attributs techniques et de prix, ou de n'en choisir aucun (statu quo)
- En faisant leur choix, les agriculteurs enquêtés révèlent l'arbitrage qu'ils font entre l'attribut prix et les attributs techniques
- Analyse statistique des choix pour estimer la valeur des ces attributs techniques et remonter aux consentements à recevoir des agriculteurs

# Enquête auprès des agriculteurs / Survey the farmers

- Construction de l'expérience de choix
  - « Focus group » pour identifier les attributs pertinents et leurs niveaux : agriculteurs, agronomes, SMGBO
  - Attributs techniques permettant la réduction des flux de phosphore
    - Mise en place d'un couvert végétal
    - Densité de haies antiérosives par ha de SAU
    - Utilisation de fertilisants minéraux phosphatés
  - Attributs sur les modalités des contrats de PSE expérimentaux (hypothétiques)
    - Durée d'engagement
    - Prix rémunérateur par ha de SAU sur l'ensemble de la SAU
- Administration de l'enquête
  - Enquête en face-à-face de mi-juin à mi-juillet (enquêtes pilotes début juin)
  - 8 ensembles de choix seront proposés à chaque agriculteur
  - Objectif : 100 agriculteurs enquêtés sur environ 360 ayant une SAU >10 ha sur le BV

# Mise en oeuvre d'actions curatives à court terme : sécurité et efficacité environnementale - Implementation of short-term curative actions on the Lac au Duc: environmental safety and efficacy



**Sulfate de cuivre / copper sulfate**

**Agents de coagulation / coagulation agents**  
(aluminum, iron, calcium)

**Bio-manipulation**

- Ajout de silicate / addition
- Perturbation de la chaîne alimentaire / food web alteration

**aeration**

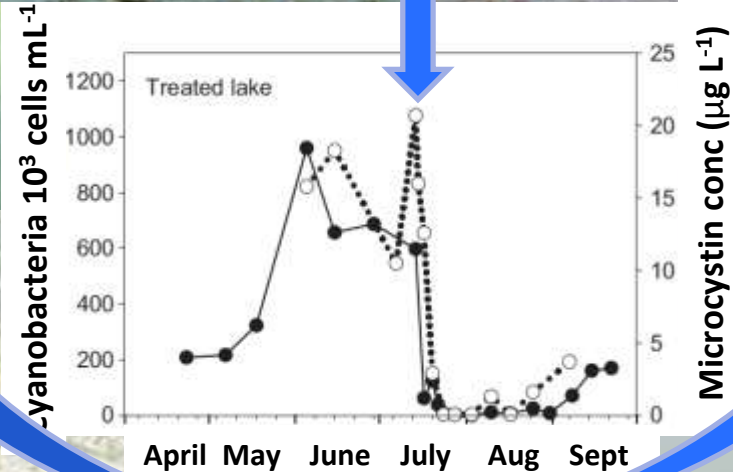
**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ultrasound**  
(basse / low freq.)

**Curage /  
Enlèvement des sédiments /  
sediment removal**

# Mise en oeuvre d'actions curatives à court terme : sécurité et efficacité environnementale

Implementation of short-term curative actions on the Lac au Duc: environmental safety and efficacy



more toxic for cyanobacteria so that after destruction other phytoplankton can develop

Plus toxique pour les cyanobactéries. Après leur destruction, d'autres espèces du phytoplancton peuvent se développer



Channel Payments for Ecosystem Services  
European Regional Development Fund





# Mise en oeuvre d'actions curatives à court terme : sécurité et efficacité environnementale

Implementation of short-term curative actions on the Lac au Duc: environmental safety and efficacy

strategy

1. Evaluation écologique des données existantes / ecological evaluation of existing data:  
Phytoplancton dont cyanobacteries / phytoplankton including cyanobacteria

Nutriments / nutrients ( $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ), pH, temp etc.

Toxines des cyanobactéries / cyanobacterial toxins

→ des compléments sont nécessaires (spatiaux, temporels, zooplancton...)  
complement were needed (spatial, temporal, zooplankton etc)

2. Expériences en labo / laboratorial experiments:  
impact of  $\text{H}_2\text{O}_2$  + cyanobacterial toxins  
phytoplankton  
zooplankton

$\text{H}_2\text{O}_2$

3. Mise en oeuvre *in situ* : Evaluation de l'efficacité et de la sécurité /

Field application - Evaluation of efficacy and safety costs



# Mise en oeuvre d'actions curatives à court terme : sécurité et efficacité environnementale

Implementation of short-term curative actions on the Lac au Duc: environmental safety and efficacy

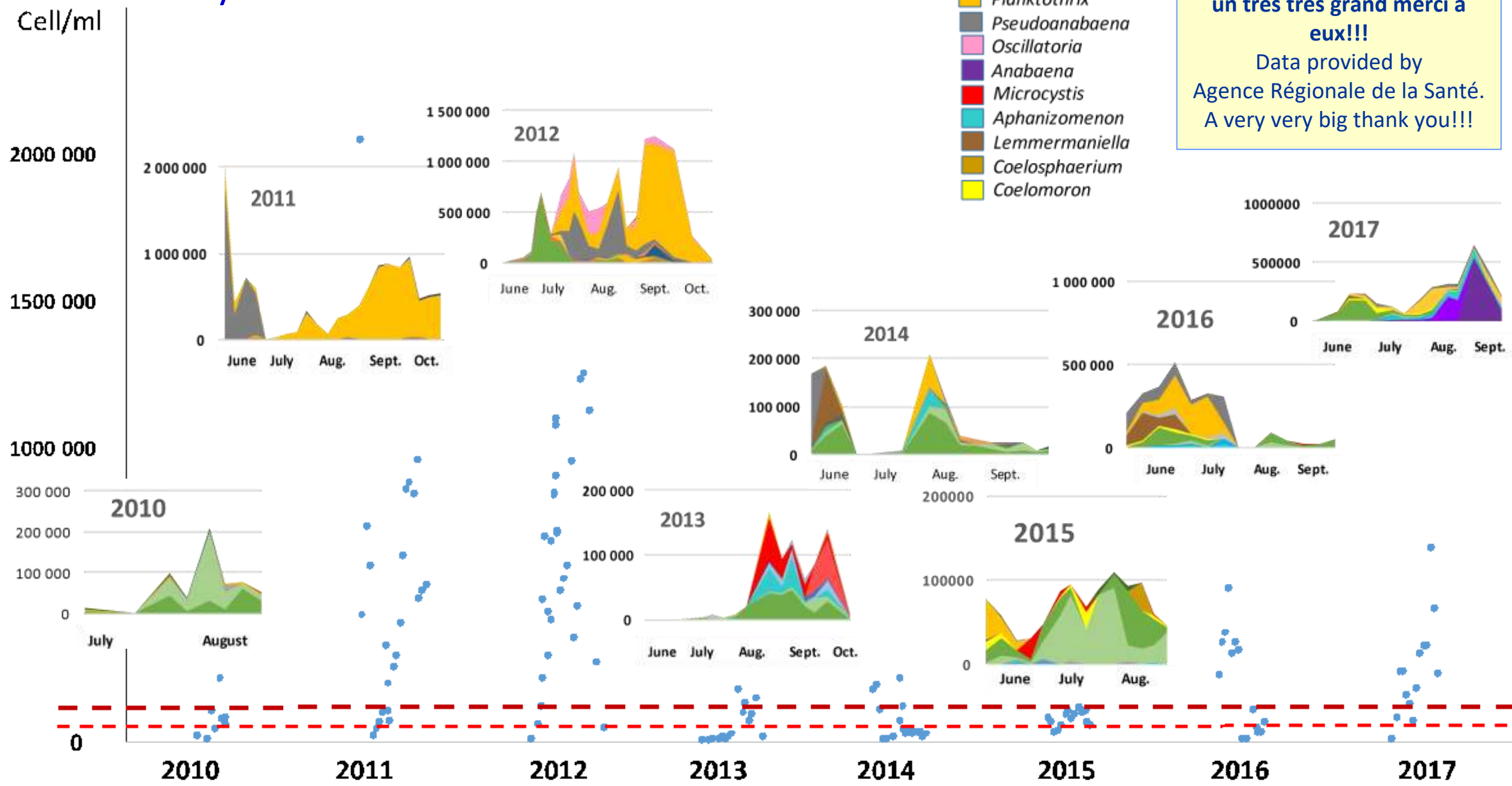
<b>Qui contrôle ?</b> <i>Who is monitoring?</i>	<b>Agence Régionale de Santé (ARS)</b>	<b>SAUR</b>	<b>Eaux du Morbihan</b>
<b>Où ?</b> <i>Where?</i>	<b>1 zone de baignade</b> <i>1 bathing site</i>	<b>Station LAD1 (proche de la digue / close to the dam)</b>	
<b>Quand ?</b> <i>When?</i>	<b>De juin à mi-septembre, chaque semaine</b> <i>From June to mid-september, every week</i>		
<b>Quoi ?</b> <i>What?</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>E coli</i> + entérococci</li><li>• Phytoplankton dynamics (since 2004)</li><li>• 13 toxins are quantified if cyanobacterial abundance &gt; 100 000 cell/ml (since 2005)</li></ul>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	

# Dynamiques des cyanobactéries dans le Lac au Duc 201-17

## /Cyanobacterial dynamics in Lac au Duc 2010-17

- *Aphanothece*
- *Aphanocapsa*
- *Planktothrix*
- *Pseudoanabaena*
- *Oscillatoria*
- *Anabaena*
- *Microcystis*
- *Aphanizomenon*
- *Lemmermaniella*
- *Coelosphaerium*
- *Coelomorion*

Données fournies par l'ARS,  
un très très grand merci à  
eux!!!  
Data provided by  
Agence Régionale de la Santé.  
A very very big thank you!!!



# Mise en oeuvre d'actions curatives à court terme : sécurité et efficacité environnementale

Implementation of short-term curative actions on the Lac au Duc: environmental safety and efficacy

## 2018 - 2019: compléter les données existantes

/complementing existing data:

**A commencer par l'entrée du lac**

/ starting at lake entrance

**Contrôle de toute la saison printemps-automne** / monitoring the whole season spring-autumn

**phytoplancton – zooplancton - toxines**

/ phytoplankton – zooplankton - toxins

## 2018 - 2020: Expériences en laboratoire

/ laboratorial experiments:

**impact des traitements sur le zooplancton**

/ Impact of the treatments on zooplankton

## 2018 - 2020: Complément / accompanying :

**Application H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et ultrasons / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and ultrasound application**

**Evaluation environnementale / environmental evaluation**