

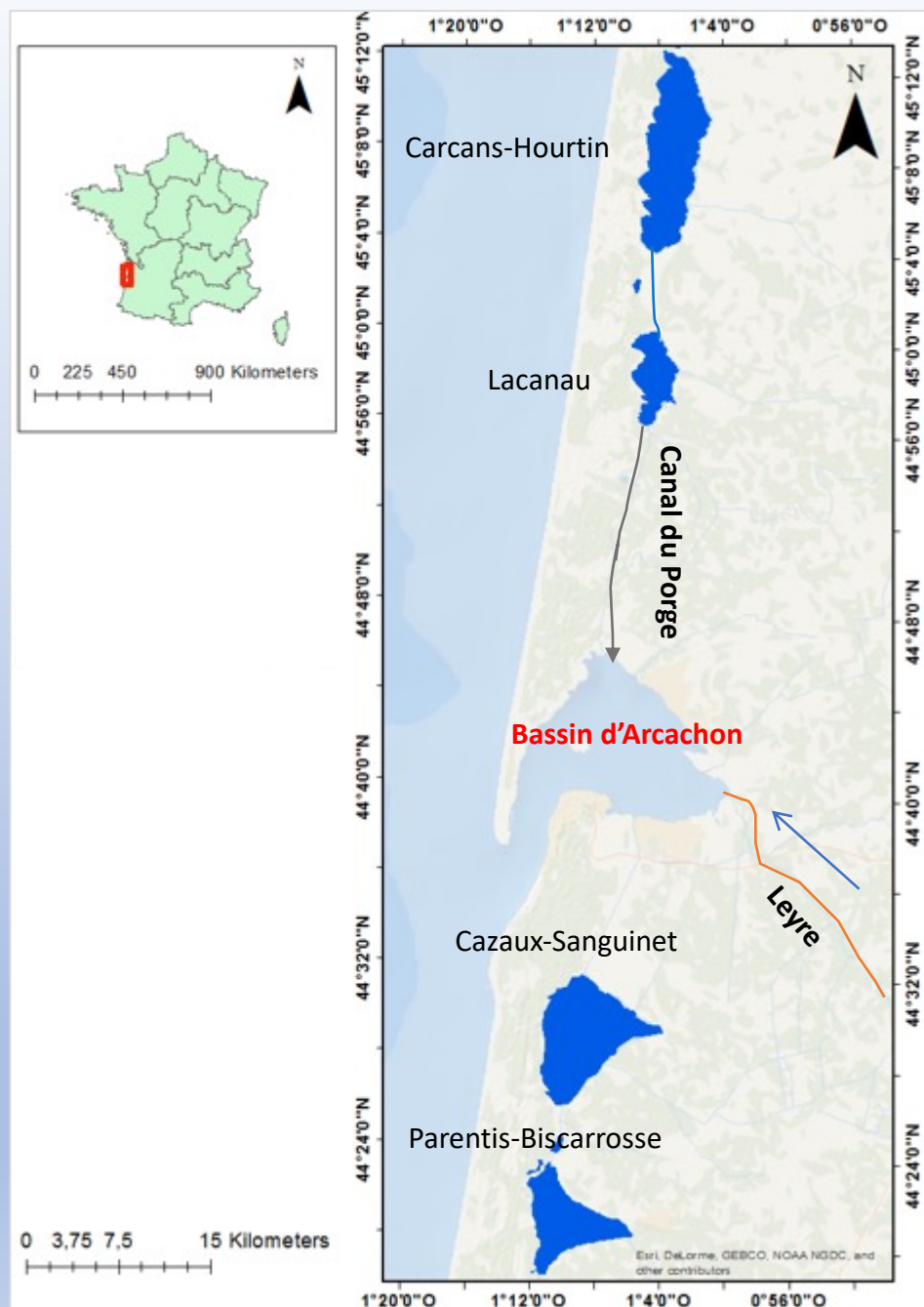
Actions à mener en tête de bassin versant pour diminuer le risque d'eutrophisation des lacs côtiers

Pierre Anschutz – Céline Charbonnier

Arthur Boucherie

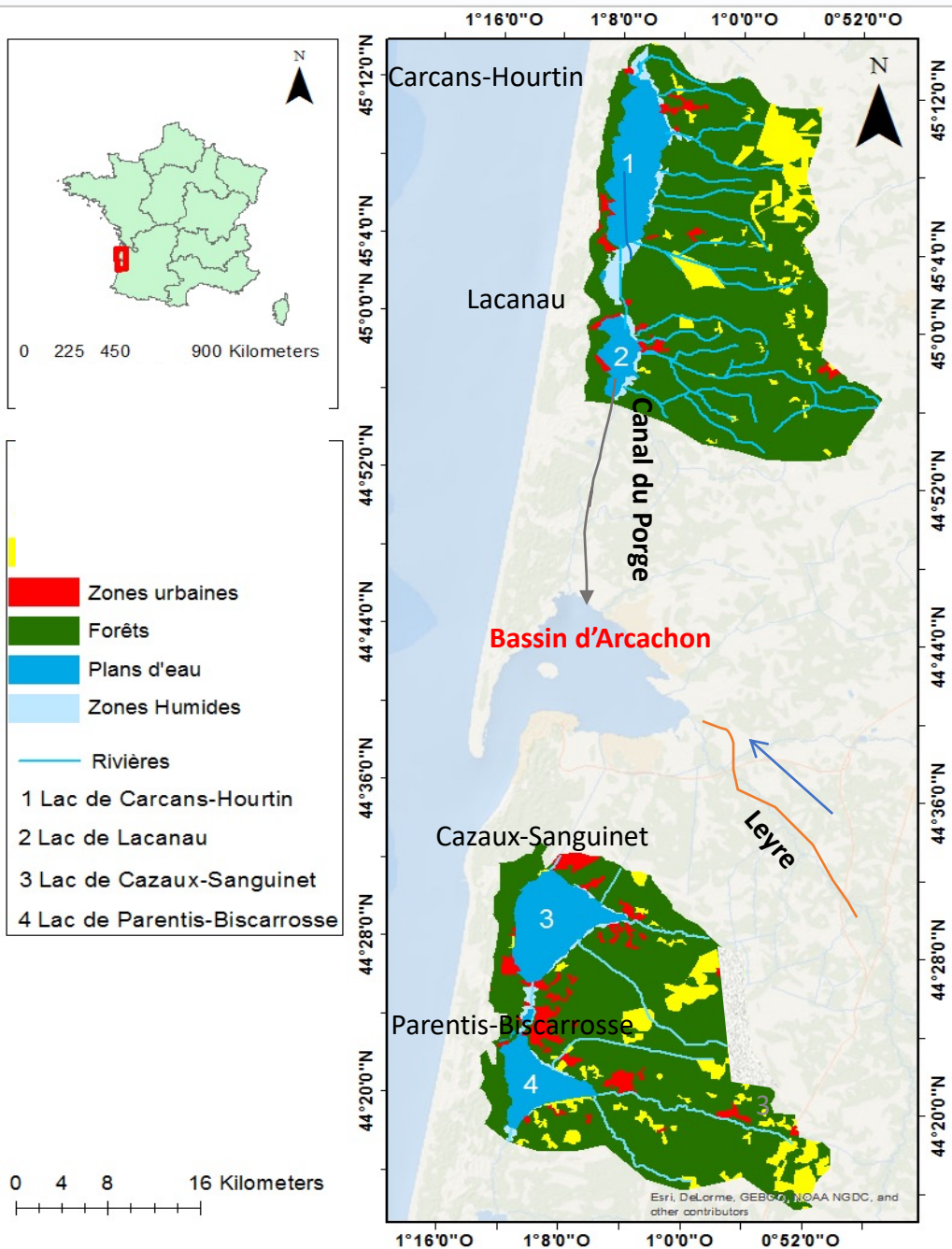
Frank Quenault – Estelle Jardot – Fabien Bidabe





Eutrophisation

Syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote, ayant pour conséquence un accroissement de production primaire et pour effet des conséquences diverses dont la baisse de l'oxygénation des eaux



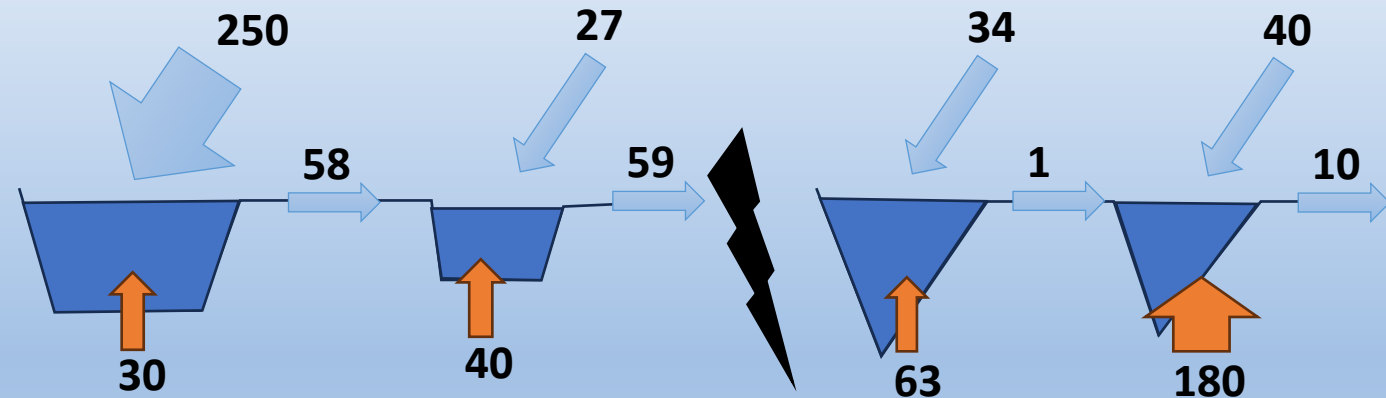
Carcans-Hourtin

Lacanau

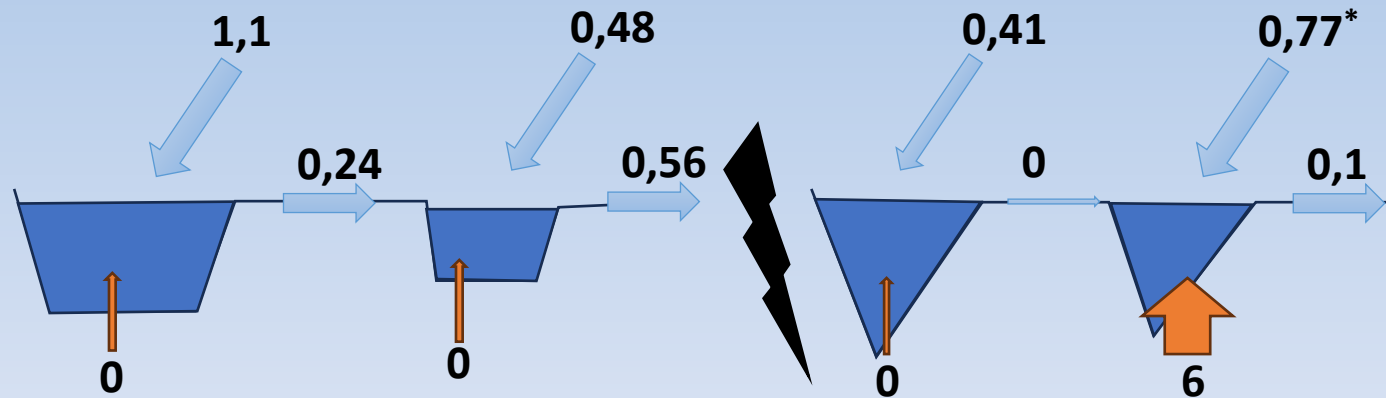
Cazaux
Sanguinet

Parentis
Biscarrosse

Bilan N (tonnes/an)

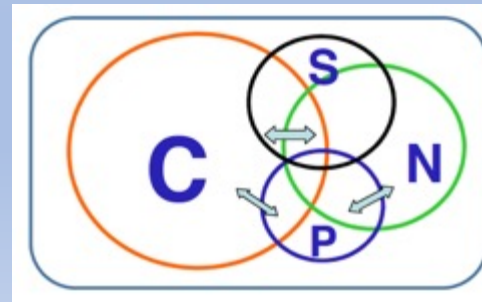


Bilan P (tonnes/an)



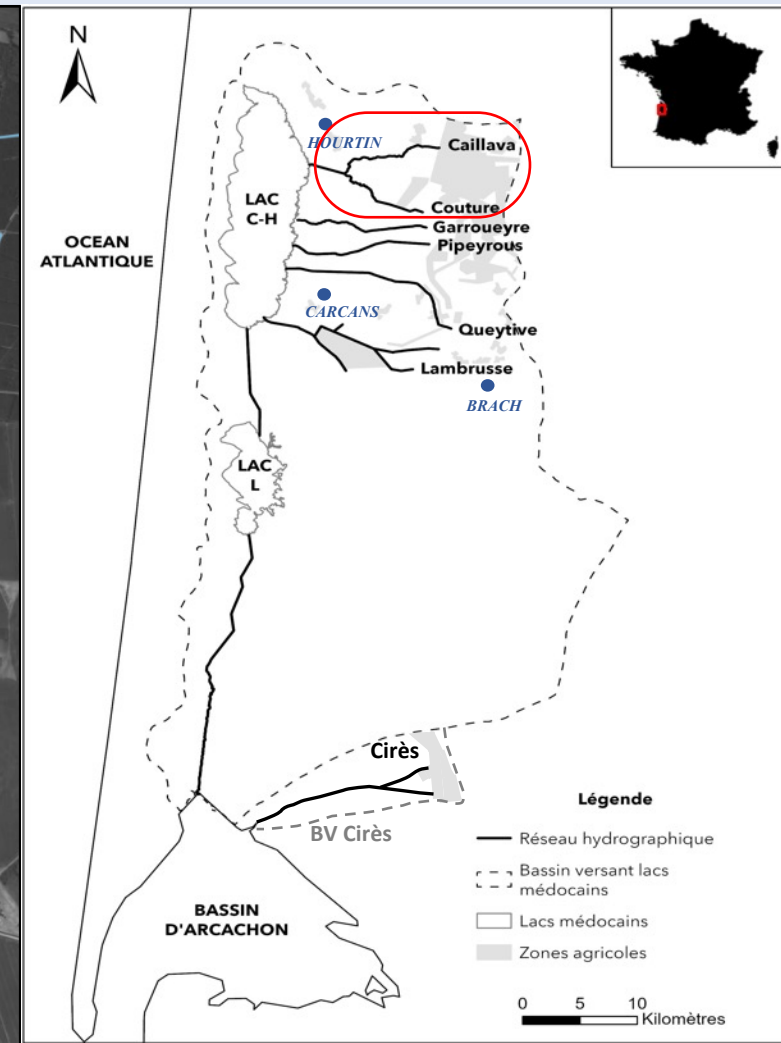
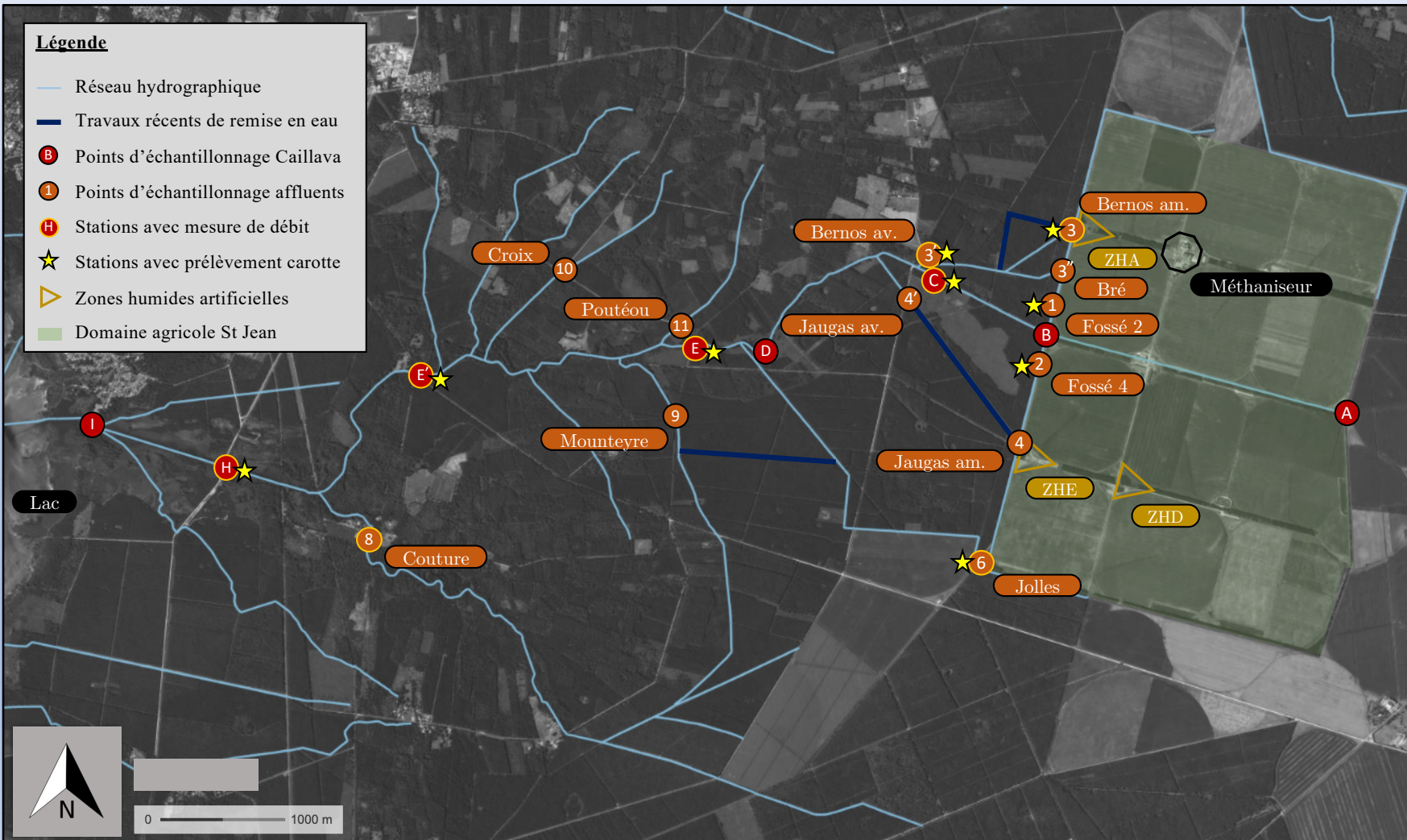
* 20 tonnes/an avant 1993

- Les lacs retiennent un % important de nutriments arrivant des BV
 - La production primaire des lacs est essentiellement limitée par le phosphore
 - Même si les flux de phosphore issus du bassin versant diminuent, le phosphore déjà présent dans le lac est recyclé entre l'eau et les sédiments pendant des décennies.
 - Les lacs sont sensibles aux apports de leur BV
- Une meilleure quantification des sources et des puits de nutriments dans les bassins versants
- Une meilleure connaissance des processus naturels de piégeage des nutriments dans le continuum des têtes de BV aux lacs
- La reconnaissance du fait que les mesures d'atténuation peuvent avoir des conséquences imprévues et que la gestion adaptative est essentielle.



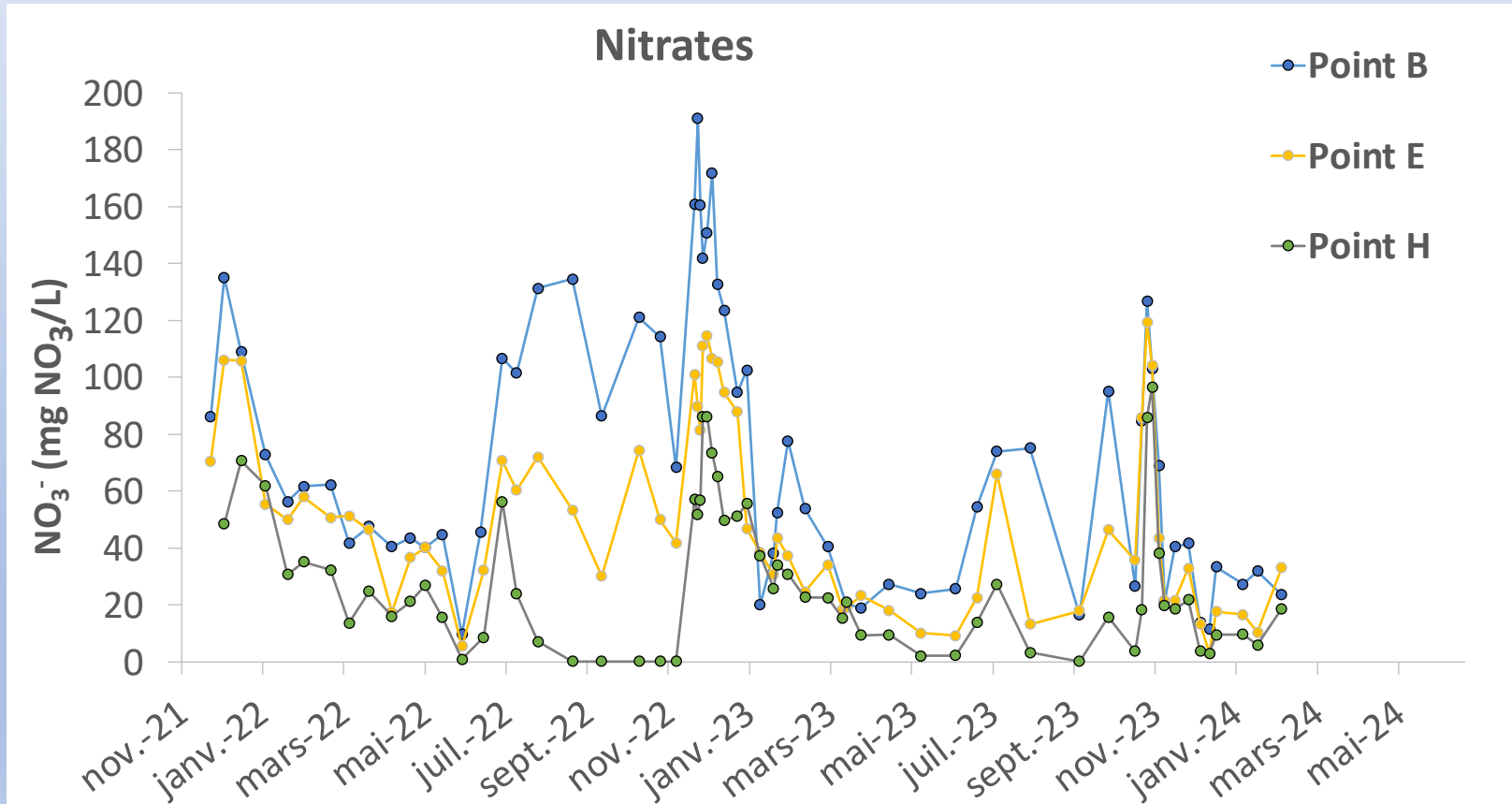
❖ Bassin versant du lac Carcans-Hourtin

- 302 km² avec 10% de surfaces agricoles
- 5 crastes principales
- Caillava la plus impactée l'agriculture



○ Evolution spatio-temporelle de l'azote dans la Caillava

❖ Concentration en nitrate



❖ Variations temporelles

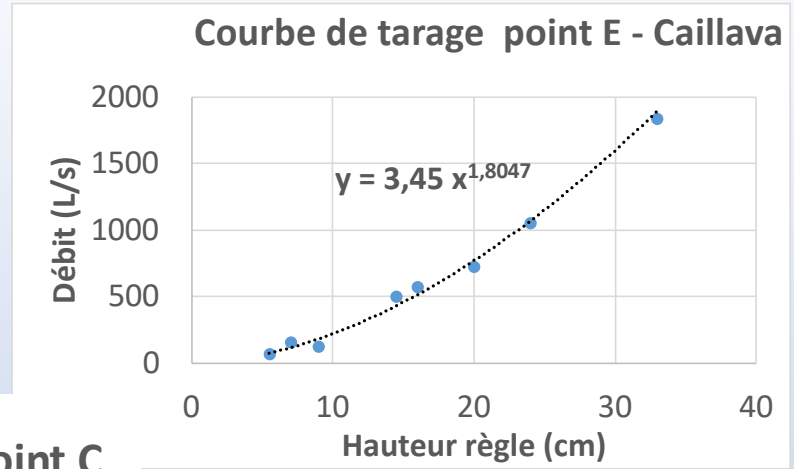
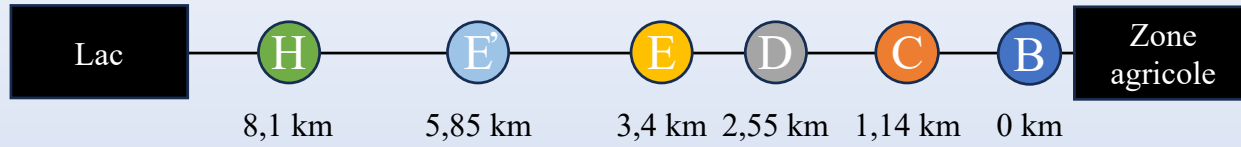
- Pics de nitrate lors des remises en eau du système
- Pic estival → pluie et irrigation après la période d'apport d'engrais → Nitrates non assimilés lessivés

❖ Variations spatiales

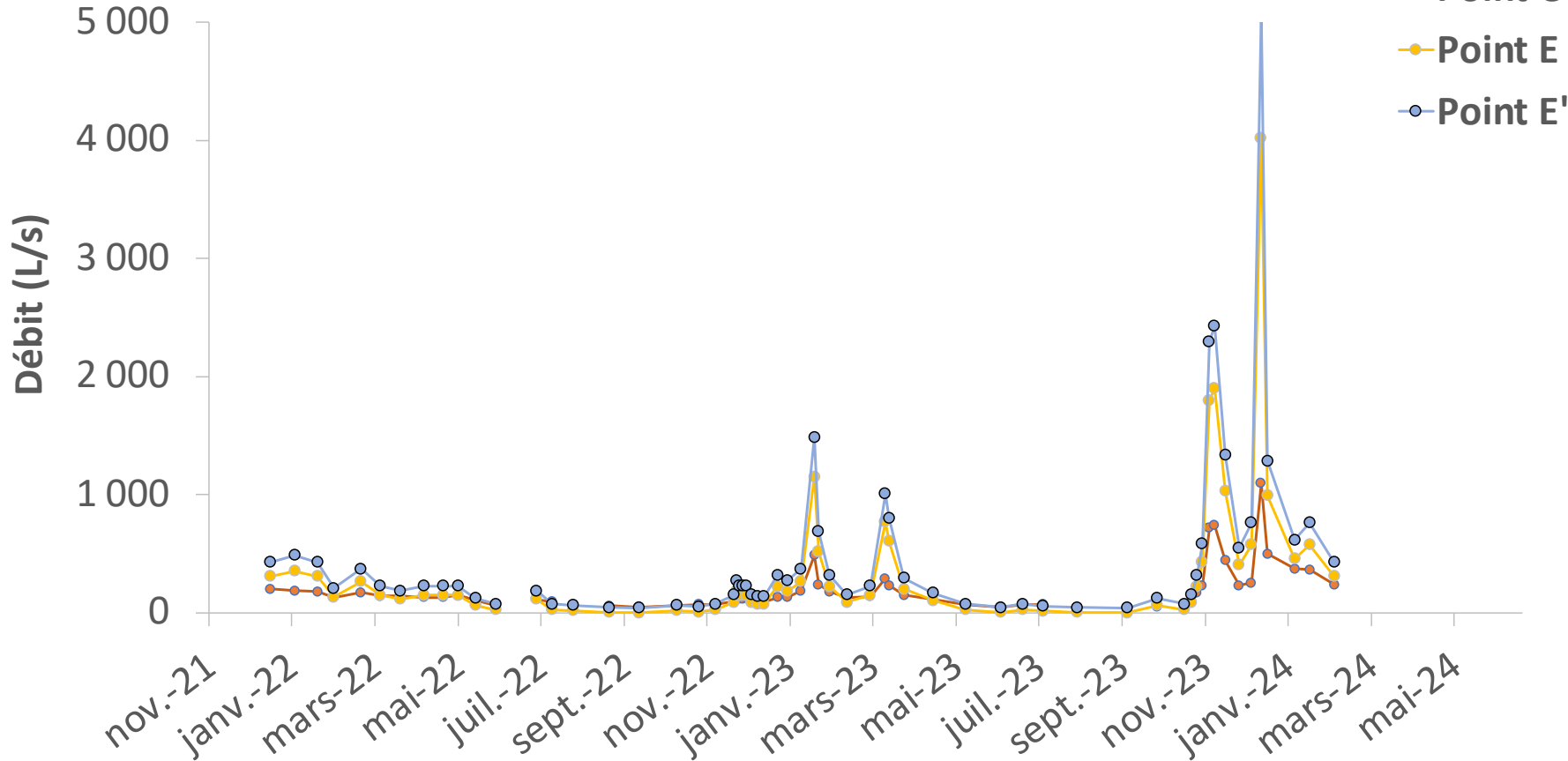
- $[\text{NO}_3^-]$ diminue d'amont en aval → Dilution par les affluents + eau de la nappe
- Printemps/été → Assimilation par les plantes + dénitrification

○ Evolution spatio-temporelle de l'azote dans la Caillava

❖ Débits

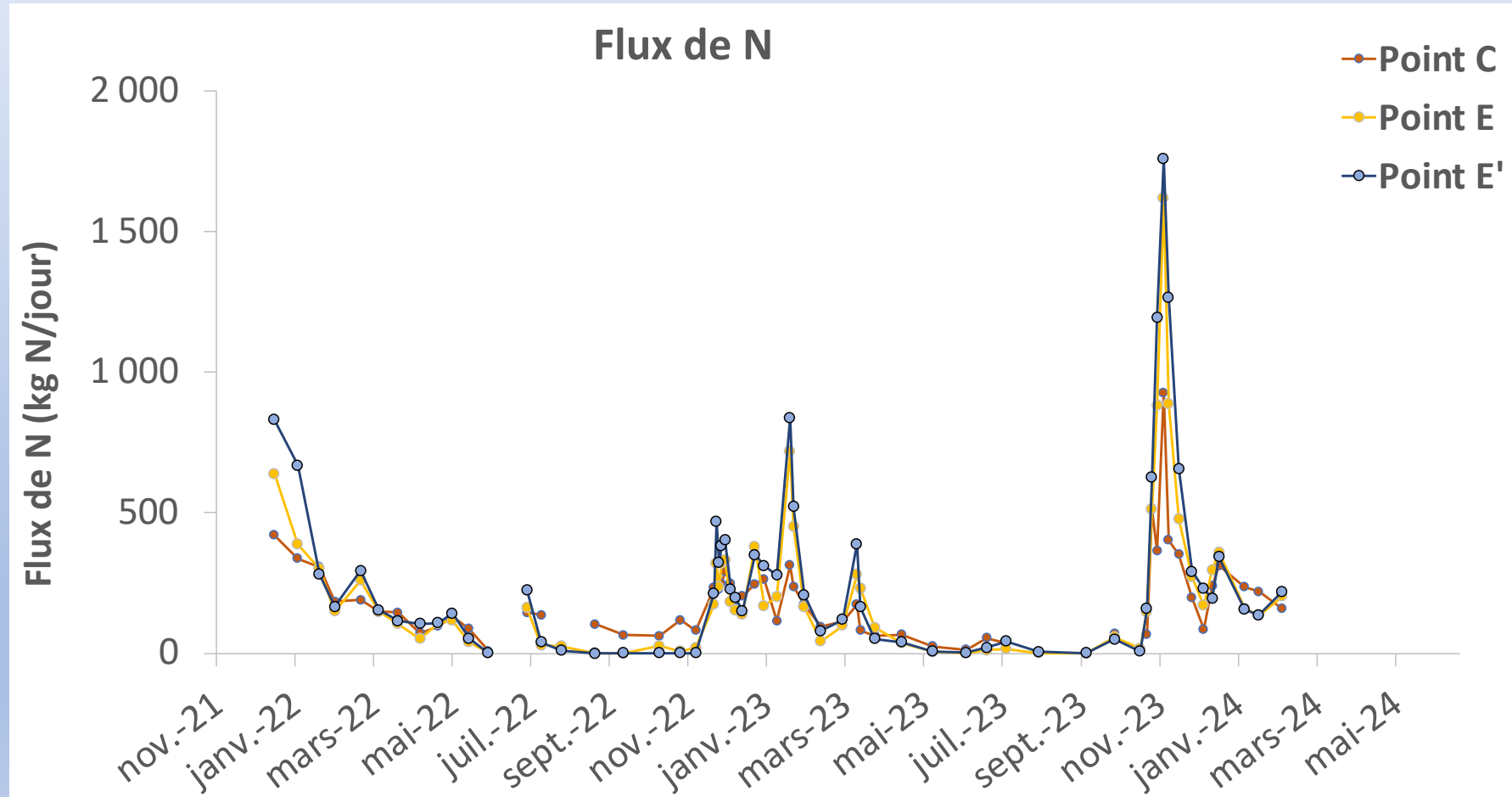
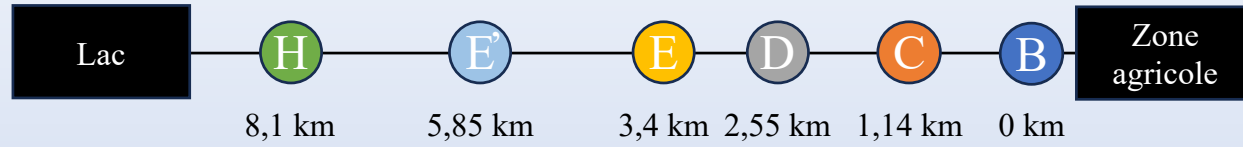


Débits Caillava



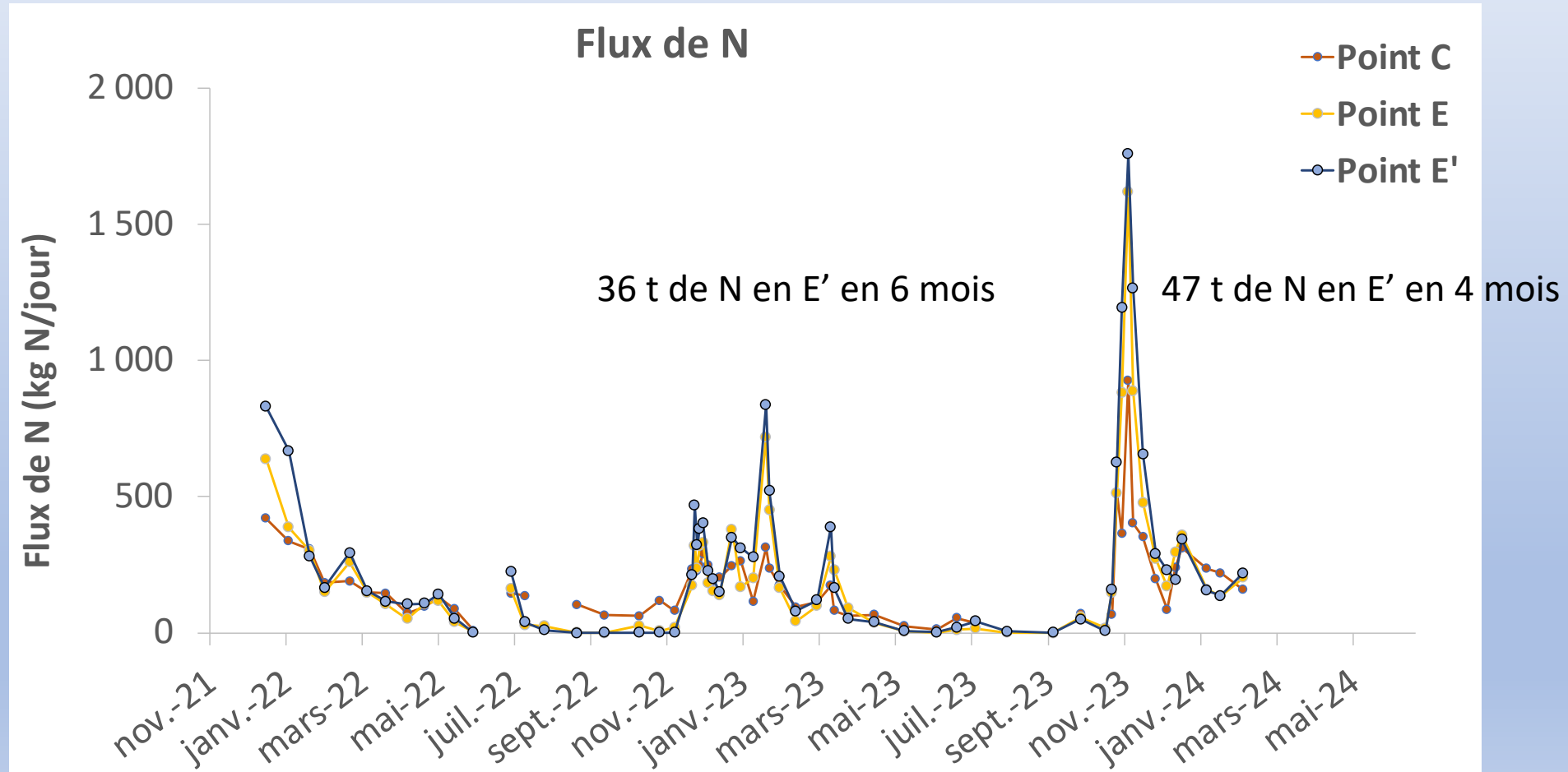
○ Evolution spatio-temporelle de l'azote dans la Caillava

❖ Flux

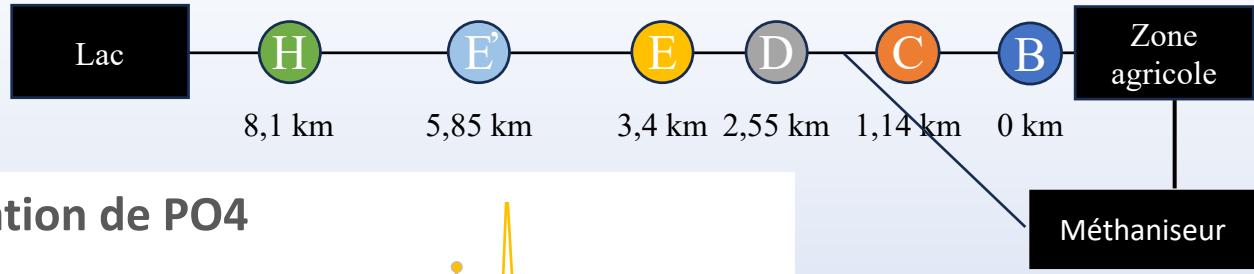


○ Evolution spatio-temporelle de l'azote dans la Caillava

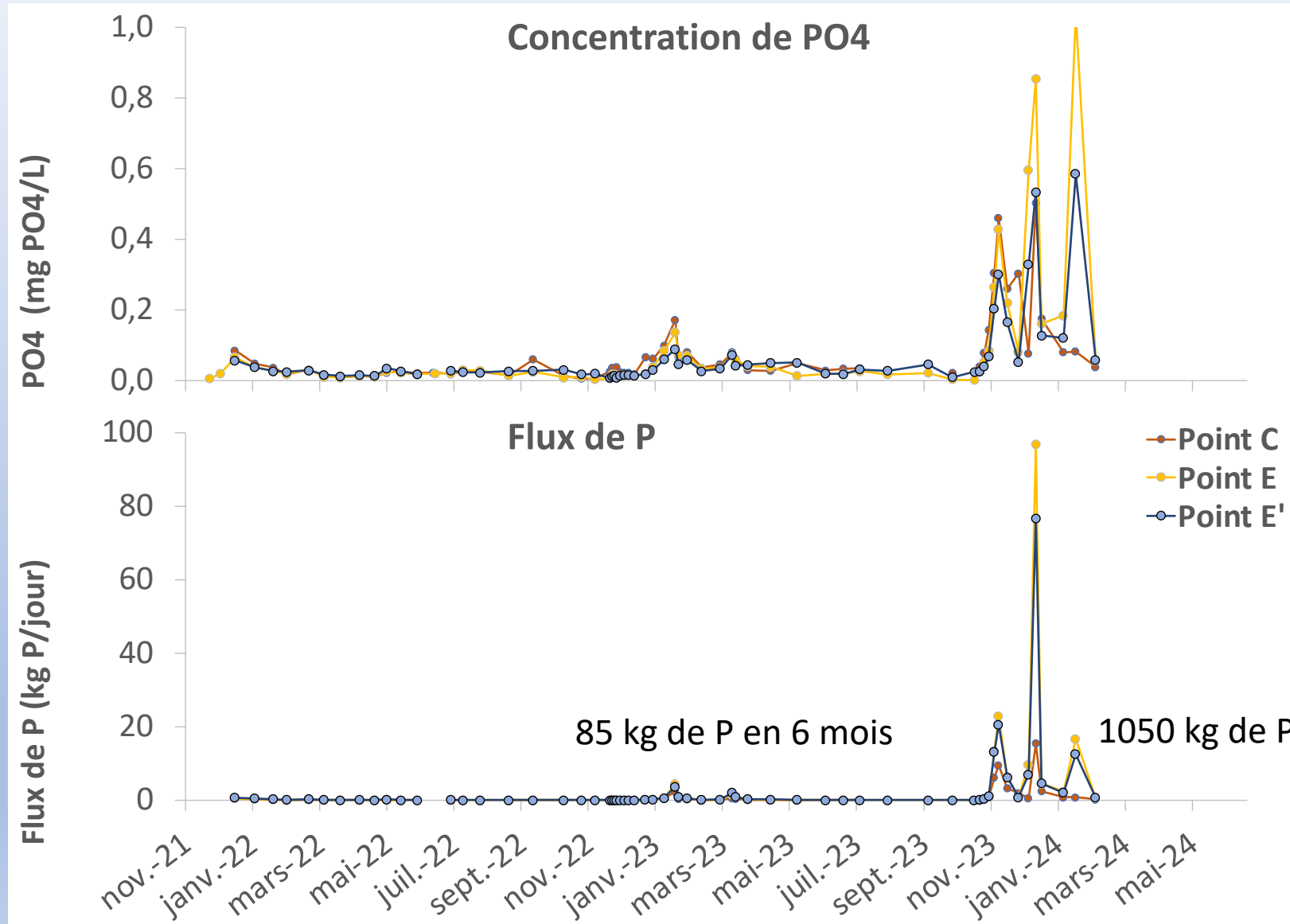
❖ Flux



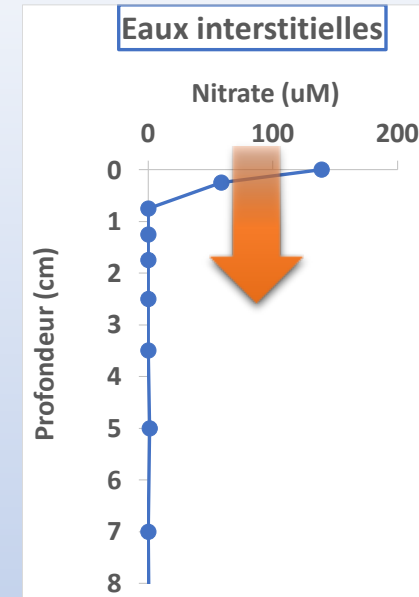
○ Evolution spatio-temporelle de P dans la Caillava



❖ Phosphore



- **Le lit des cours d'eau n'est pas un conduit inerte**
- ❖ Profils verticaux benthiques



- Nitrates décroissent avec la profondeur dans les eaux interstitielles = dénitrification
- Flux diffusif $\sim 0,1$ g de $\text{NO}_3^-/\text{m}^2/\text{j}$ pour un sédiment sableux
- Flux diffusif $\sim 0,6$ g de $\text{NO}_3^-/\text{m}^2/\text{j}$ pour un sédiment vaseux

○ Estimation de l'élimination des nitrates par dénitrification

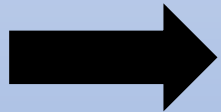
❖ Simplification du système Caillava

- Système de 8 km de long et 4 m de large —> Rectangle de 32 000 m²

❖ Flux diffusif et flux de nitrate entrant dans le système

- Sédiment sableux : flux de nitrate éliminé ~ 3 kg/j/32 000 m²
- Sédiments vaseux : flux de nitrate éliminé ~ 20 kg/j/32 000 m²

- Flux entrant dans le système :

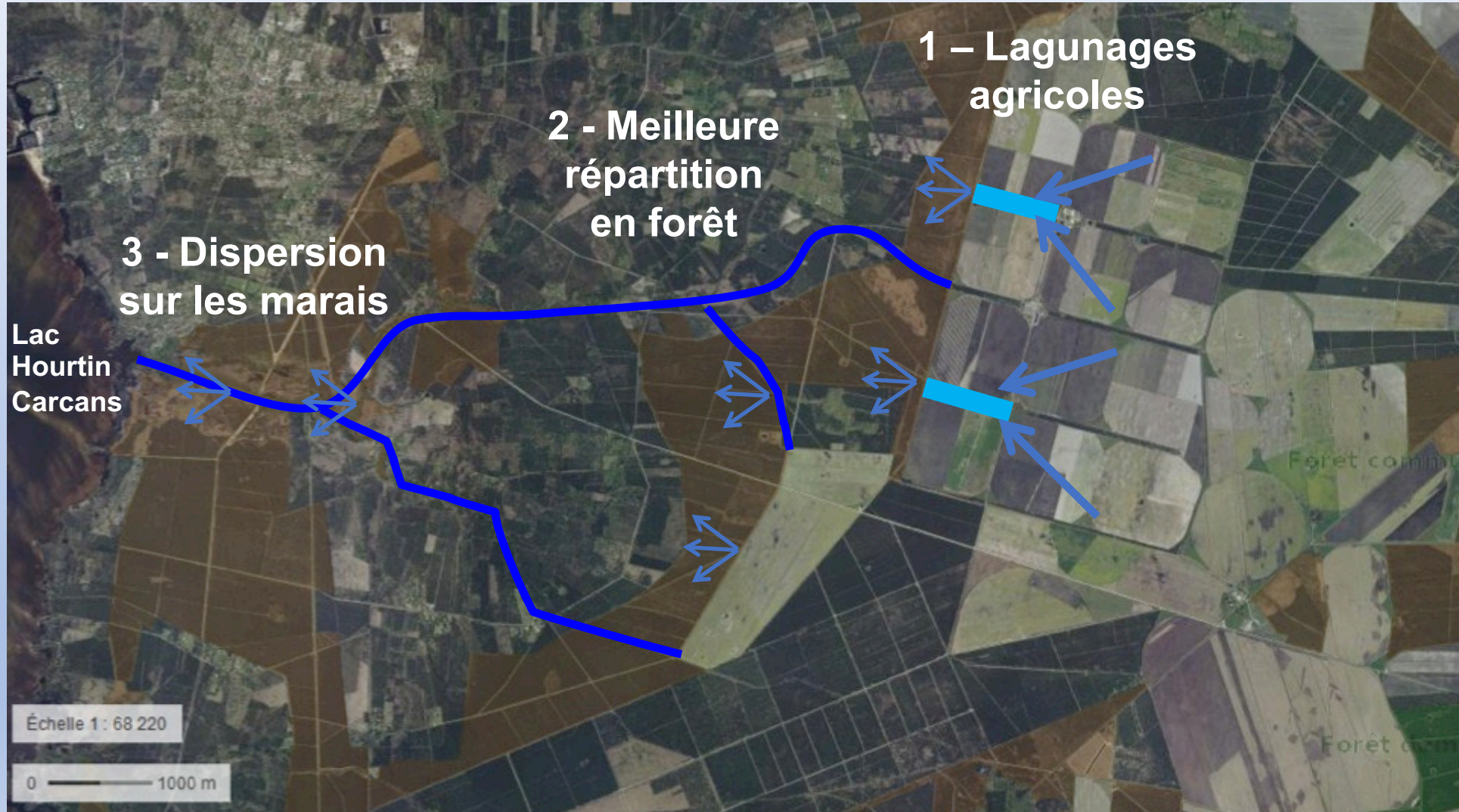


- 9 kg/j en période d'étiage (min)
- 5000 kg/j en période de crue (max)

Dénitrification insuffisante en période de crue / en hiver

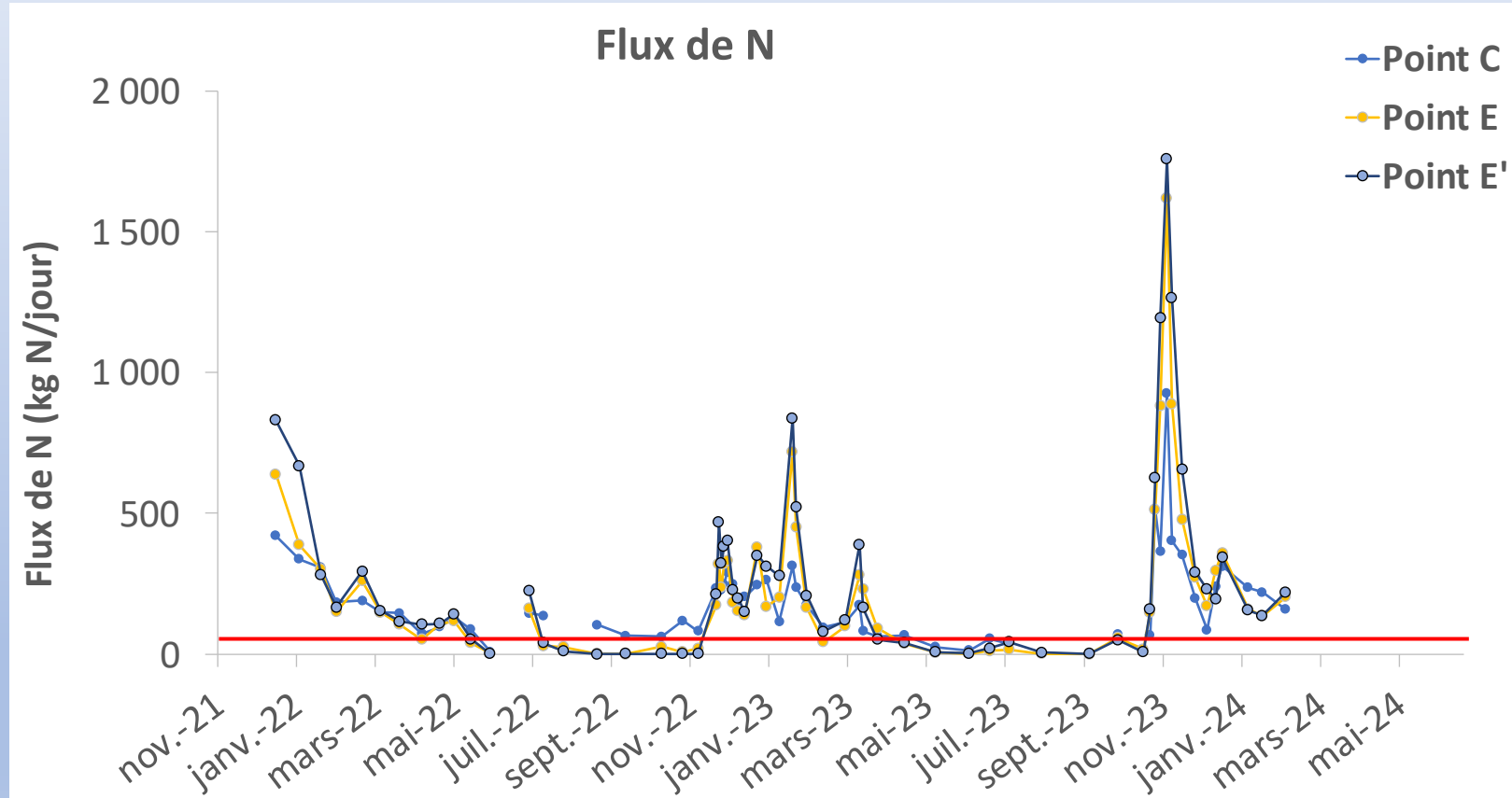
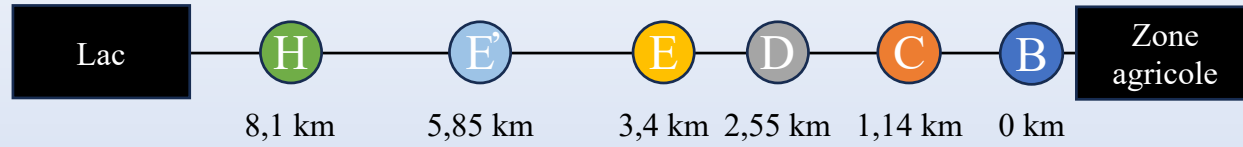
- Solution 1 : Etaler les cours d'eau

○ De l'intérêt de la restauration/création de zones humides sur le bassin versant du lac de Carcans-Hourtin



○ **Etalement sur 150 ha = rabattement de ~ 50 kg/J de N**

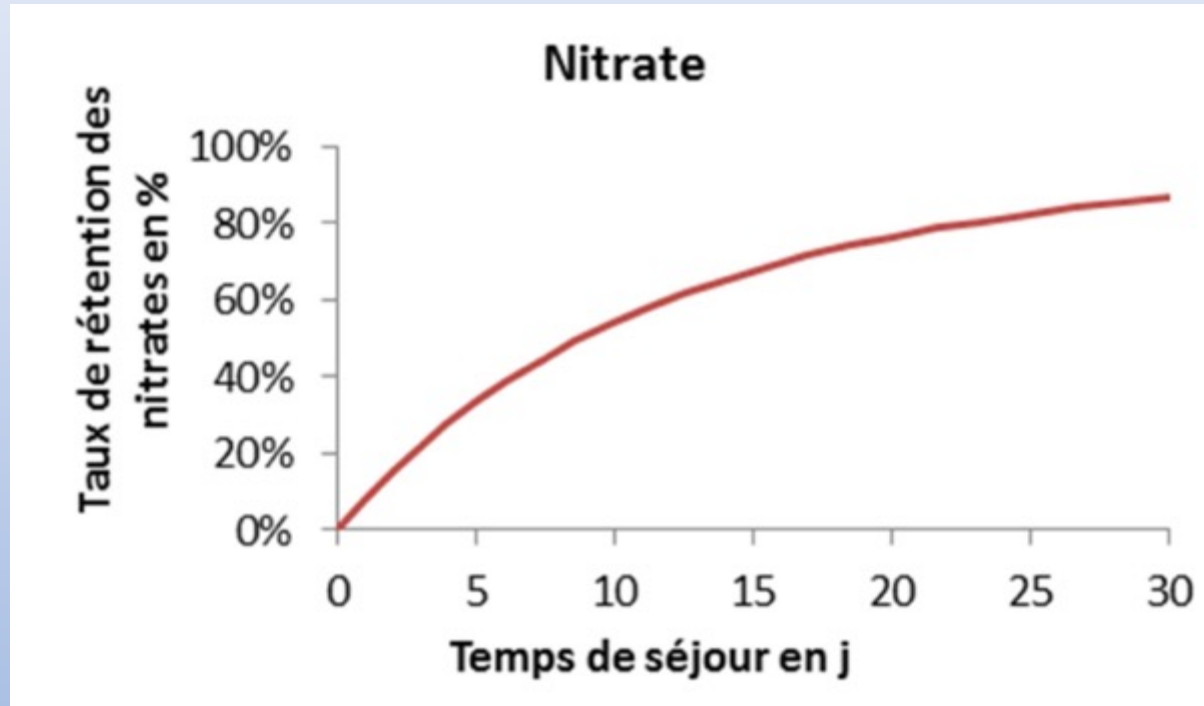
❖ Flux



Dénitrification insuffisante en période de crue / en hiver

- Solution 2 : Diminution du flux de N dès l'amont
→ Augmenter le temps de résidence de l'eau dans le continuum hydraulique et laisser l'eau séjourner dans des Zones Tampons Humides Artificielles (ZTHA) .
- ❖ Revue bibliographique sur le rôle des ZTHA pour réduire les flux d'azote
 - *la concentration en nitrate des cours d'eau est inversement corrélée avec le pourcentage de zones humides dans les bassins versants*
 - *soit par absorption de l'azote par la biomasse formée dans la zone humide, soit par la dénitrification*
 - *Des auteurs ont indiqué qu'une élimination de 40 % des nitrates peut être obtenue avec un rapport ZH/BV de 5 %*

Exemple d'abaque de rétention de nitrate en fonction du temps de séjour

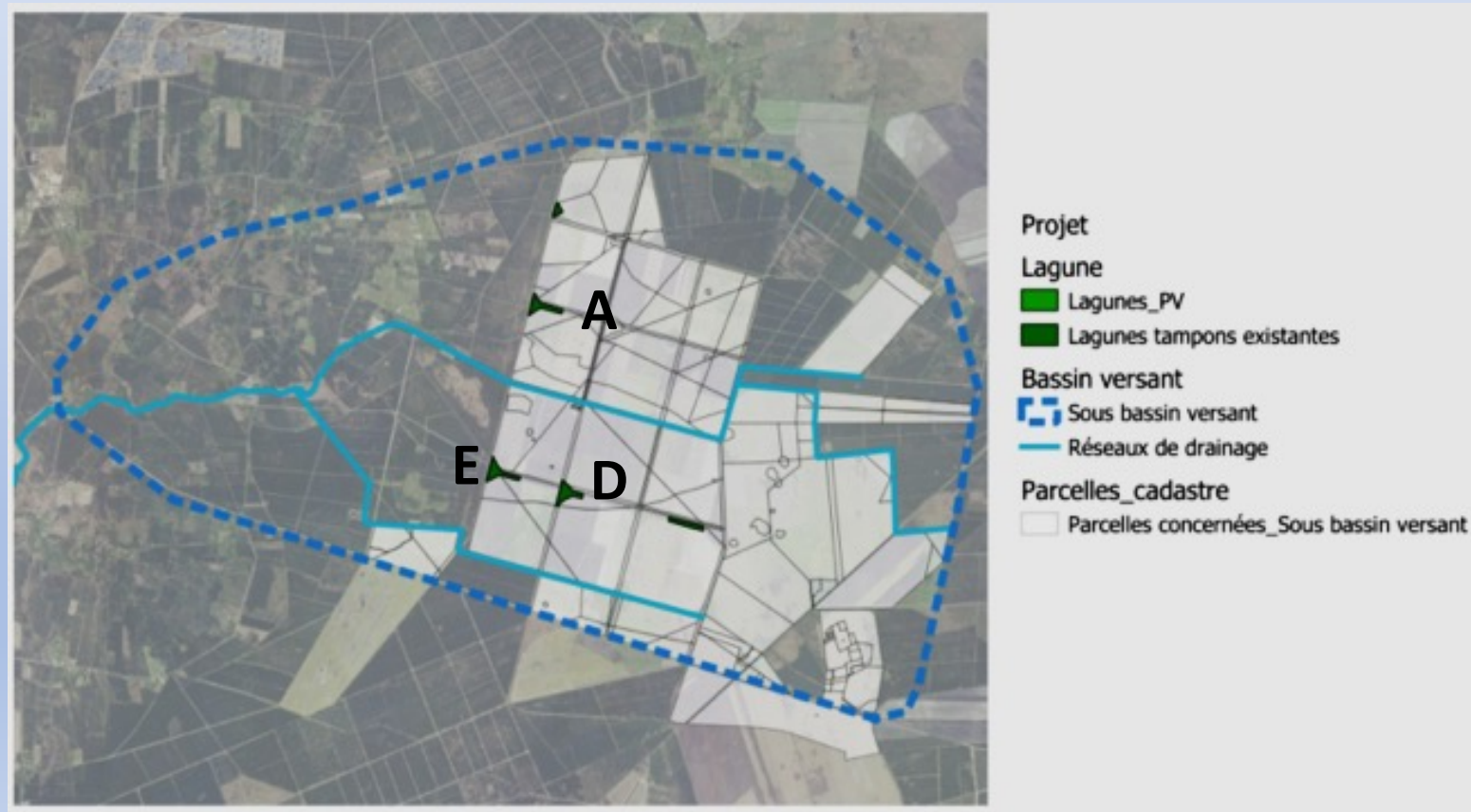


Tournebize et al. 2020

○ Lagunages dans le domaine St Jean

2/3 des surfaces agricoles du bassin versant du lac de Carcans-Hourtin sont drainés par la Caillava= 50-60 tonnes de N en année « normale »

Lagunages de surface modeste mis en place il y a quelques années



○ **Lagunages dans le domaine St Jean**

Zone humide artificielle A

Point d'entrée

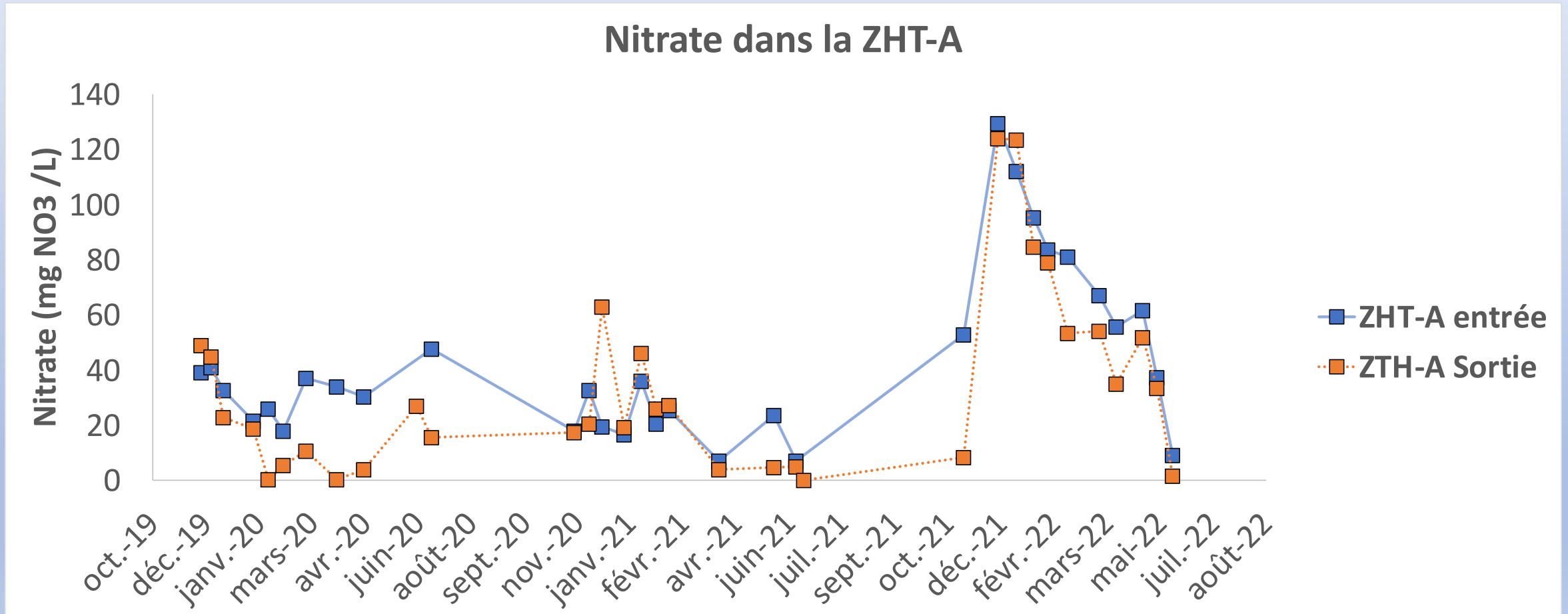


Point de sortie vers le système Caillava



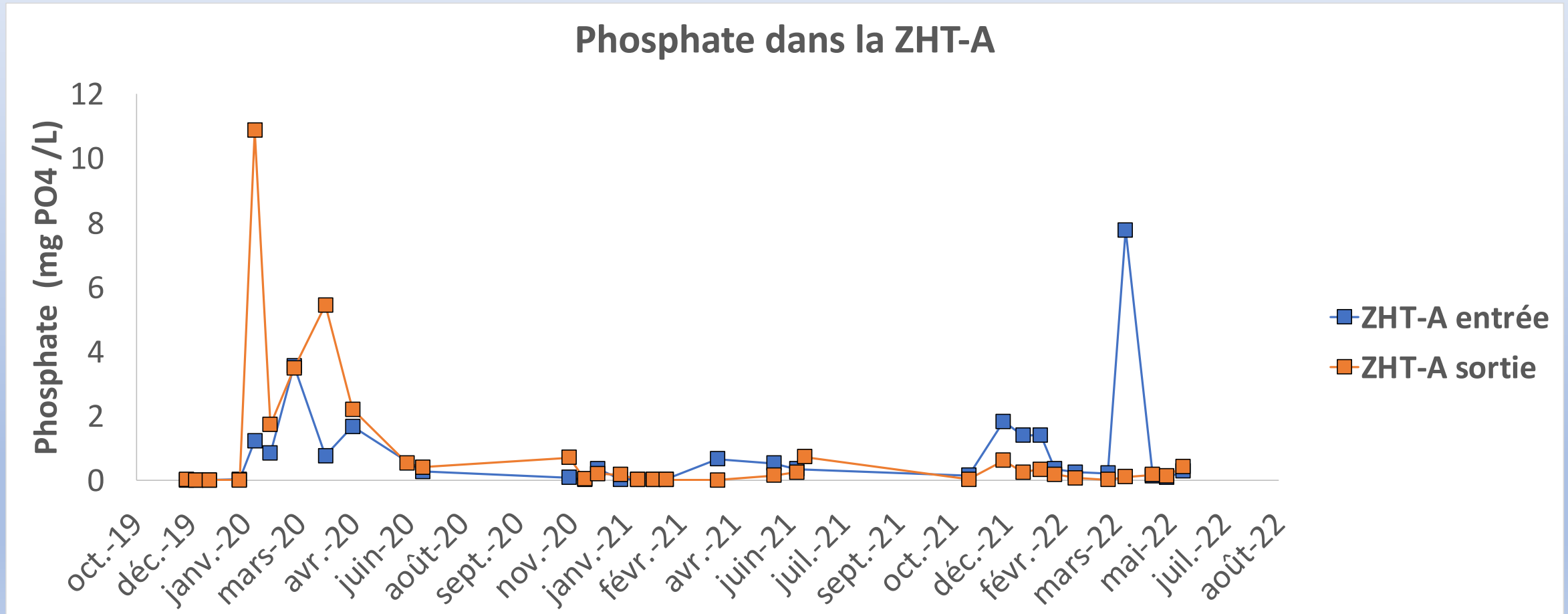
○ Evolution spatio-temporelle de N dans la zone humide artificielle A du domaine St Jean

❖ Nitrates

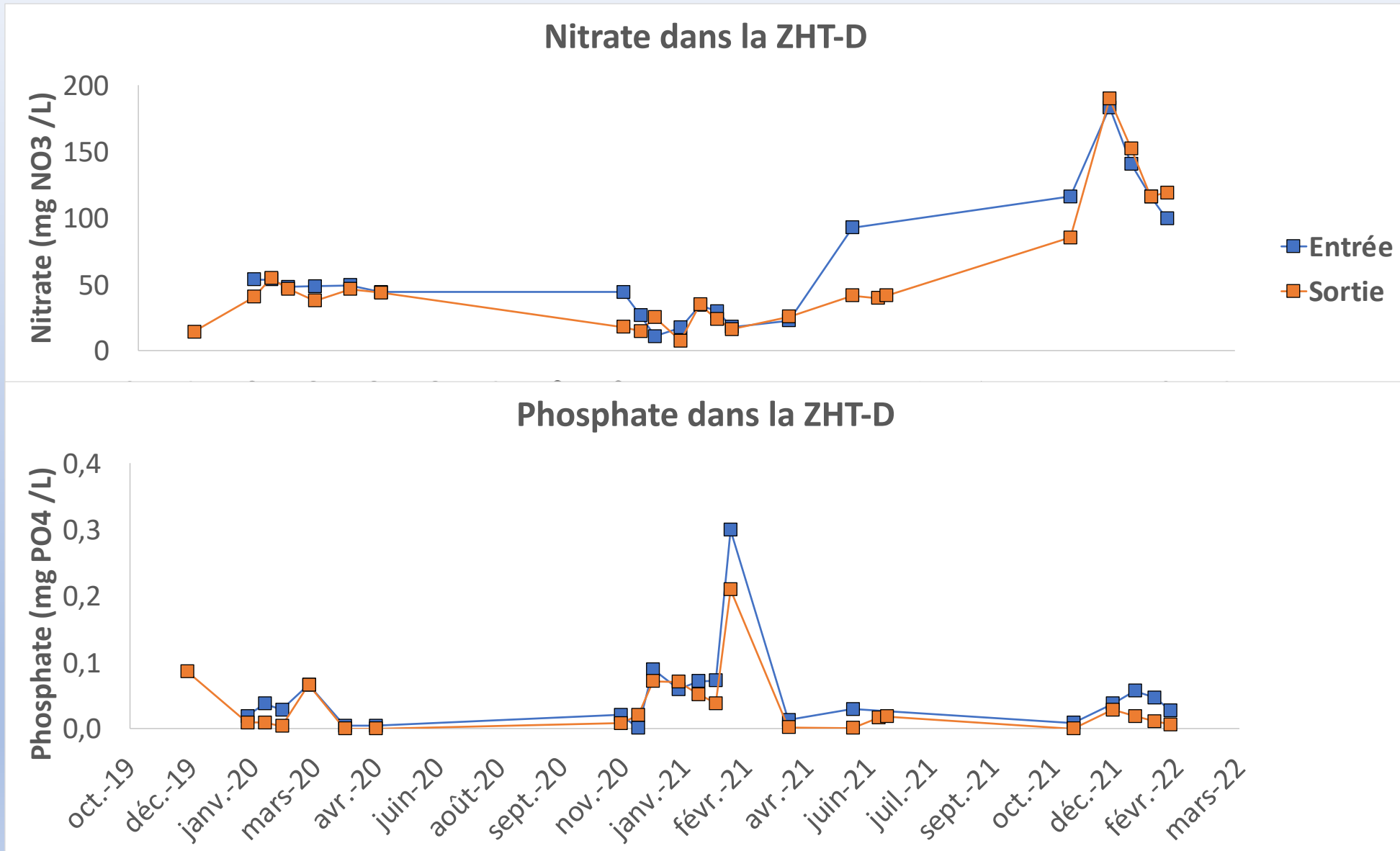


○ Evolution spatio-temporelle de P dans la zone humide artificielle A du domaine St Jean

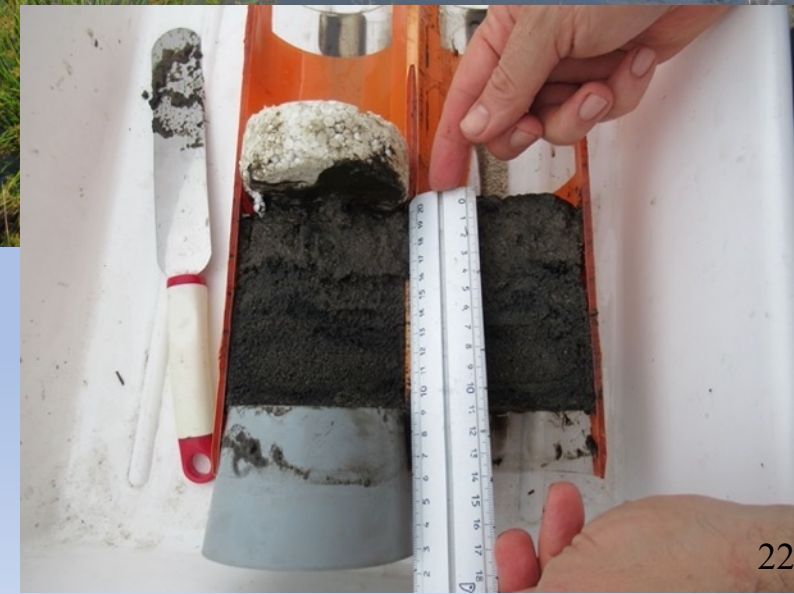
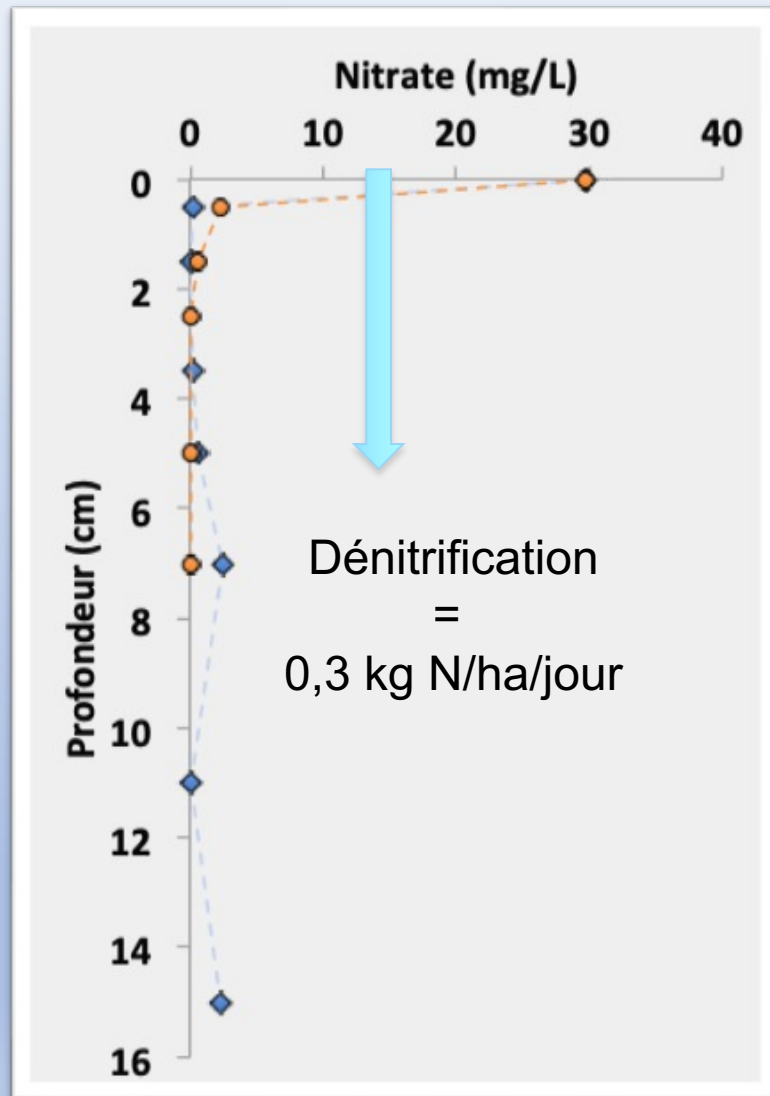
❖ Phosphate



○ Evolution spatio-temporelle de N et P dans la zone humide artificielle D du domaine St Jean



Zone Humide D



○ Zones humides artificielles

Zones humides artificielles drainant des secteurs agricoles

→ valeur médiane de rétention de N
426 kg N / ha / an

- **dénitrification**
- assimilation par les végétaux

→ bonne rétention du P

Les zones humides améliorent efficacement la qualité de l'eau

- le potentiel que l'on veut atteindre prend du temps

Table 1

Removal of nitrogen in free water surface constructed wetlands treating agricultural drainage and runoff. Modified from Vymazal (2017). *N-NO₃.

Location	Removed load (kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Reference
Finland	11	Koskiaho et al. (2003)
USA	17	Jordan et al. (2003)
Norway	56	Braskerud (2002)
Finland	57	Koskiaho et al. (2003)
Norway	93	Braskerud (2002)
USA	117	Kovacic et al. (2006)
Norway	159	Braskerud (2002)
Korea	195	Maniquiz et al. (2012)
Australia	230	Raisin et al. (1997)
USA	241	Larson et al. (2000)
USA	245	Kovacic et al. (2000)
Finland	280	Koskiaho et al. (2003)
Norway	285	Braskerud (2002)
USA	298	Kovacic et al. (2000)
Taiwan	308	Wu et al. (2010)
Italy	359	Borin and Tocchetto (2007)
USA	367	Kovacic et al. (2006)
Sweden	374	Strand and Wiesner (2013)
Italy	412	Borin and Tocchetto (2007)
USA	426	Kovacic et al. (2000)
USA	542	Beutel et al. (2009)
Sweden	576	Strand and Wiesner (2013)
Sweden	580	Arheimer et al. (2004)
Korea	605	Kim et al. (2010)
USA	681	Díaz et al. (2012)
USA	780	Kovacic et al. (2006)
Norway	800	Blankenberg et al. (2008)
Sweden	850*	Bastviken et al. (2009)
USA	888	Díaz et al. (2012)
Sweden	989	Strand and Wiesner (2013)
Sweden	1003	Strand and Wiesner (2013)
Sweden	1030	Arheimer and Wittgren (2002)
USA	1050	Hunt et al. (1999)
Spain	1200	Moreno-Mateos et al. (2010)
Sweden	1524	Strand and Wiesner (2013)
China	1627	Lu et al. (2009a)
USA	2072	Díaz et al. (2012)
Sweden	4336	Arheimer and Wittgren (2002)
New Zealand	8410	Tanner et al. (2005)
USA	11,267	Díaz et al. (2012)

○ Lagunages dans le domaine St Jean

Dénitrification moyenne de 300 g N/ha/jour, soit 109 kg N/ha/an.

Cette valeur est inférieure à la médiane des données compilées par Vymazal (2017) qui est de 426 kg N/ha/an. A terme, les sédiments de ces « jeunes » zones humides vont s'enrichir en matière organique, ce qui augmentera la performance de la dénitrification

Des réservoirs dont la capacité de rétention des eaux est efficace en hiver permettront d'améliorer significativement le rabattement des nitrates dans le continuum.

Lors des années pluvieuses de 2018 et 2020, les flux de N-NO₃ de la Caillava vers le lac de Carcans-Hourtin étaient de 69 et 67 t.

140 ha de ZTHA « jeune » permettraient la dénitrification de l'ordre de 16 t de N par an, soit **25% des flux des années pluvieuses**. Ce taux peut probablement atteindre 50% au bout de quelques années en raison de l'accumulation de matière organique dans les ZTHA, ce qui favorise la dénitrification.

Rétention nécessaire du P

○ Conclusions

- ❖ Principale problématique : **LES NITRATES, LES PHOSPHATES** → Risque d'**eutrophisation** en aval (Lac → Bassin d'Arcachon)
- ❖ Mise en évidence des **dynamiques spatio-temporelles** d'éléments biogènes dans le **système Caillava**
- ❖ Solutions / Projets :
 - Augmenter le temps de résidence de l'eau dans le continuum hydraulique et laisser l'eau séjourner dans des Zones Tampons Humides Artificielles (ZTHA) → Diminution du flux de N et P dès l'amont
 - Projet d'agrandissement de ces ZTHA pour rabattre significativement le flux en période de crue (passer d' ~ **10 ha** à **140 ha**) et étaler le réseau hydrographique
- ❖ Points de vigilance :
 - Les ZTHA doivent prévenir des fuites potentielles de digestats des méthaniseurs en périodes de fortes pluies
 - Suivre l'impact des aménagements sur l'ensemble des cycles biogéochimiques

