

Biosurveillance de contaminants chimiques et biologiques

Premières campagnes d'octobre-novembre 2025 & février-mars 2026

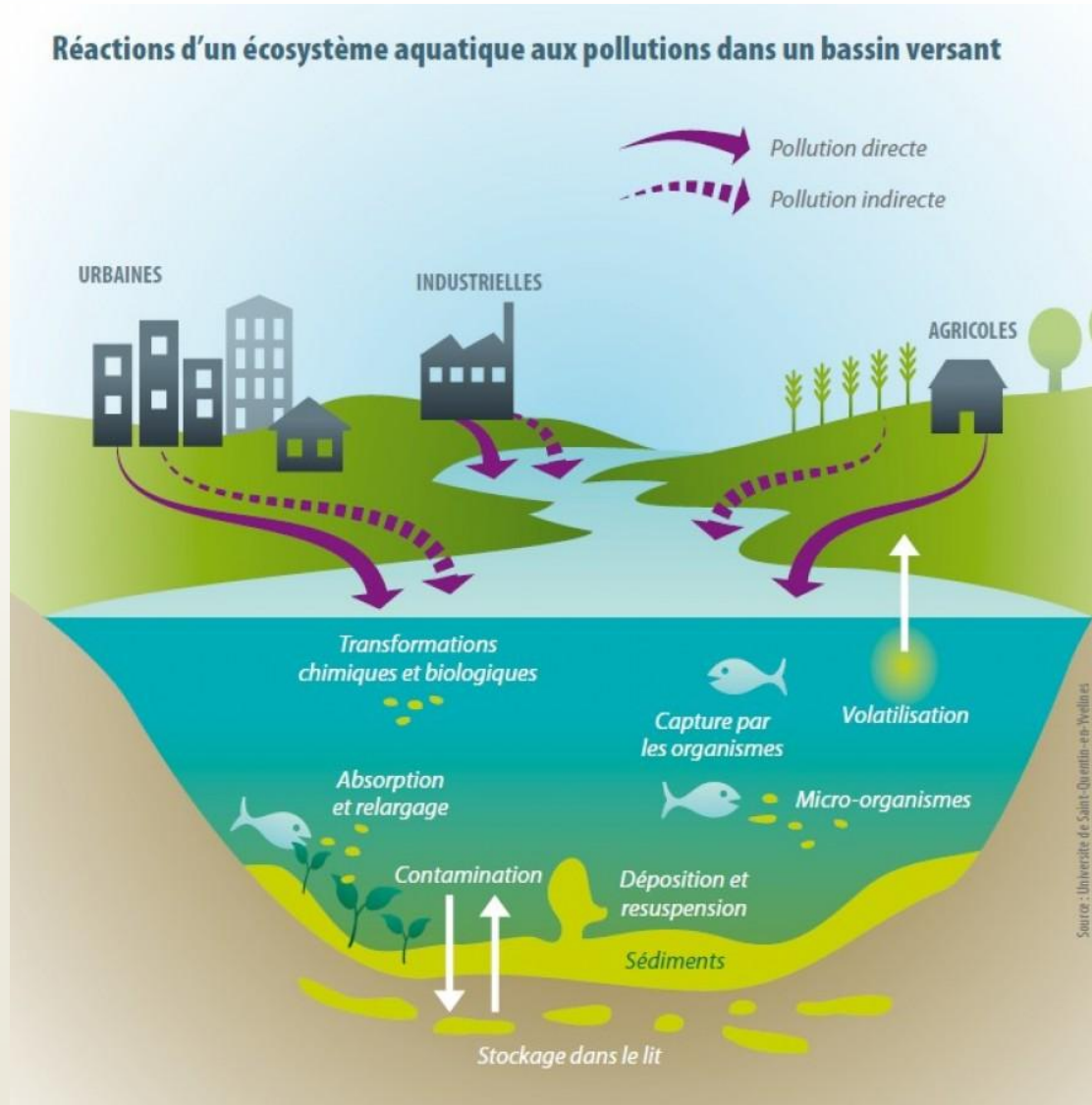
Ondine Thouard¹, Émilie Lance^{1,2}, Claudia Cosio¹, Alain Geffard¹, Aurélie Bigot-Clivot¹, Iris Barjhoux¹, Melissa Palos-Ladeiro¹, Benjamin Marie², Isabelle Bonnard¹, Laurence Delahaut¹, Pierre Labadie³, Hélène Budzinski³, Édith Parlanti³

¹ Université de Reims Champagne-Ardenne, Université Le Havre Normandie, INERIS, Normandie Univ, UMR-I 02 SEBIO, Reims, France

² Muséum national d'Histoire naturelle UMR 7245 CNRS-MNHN MCAM Équipe Cyanobactéries, Cyanotoxines et Environnement, PARIS, France

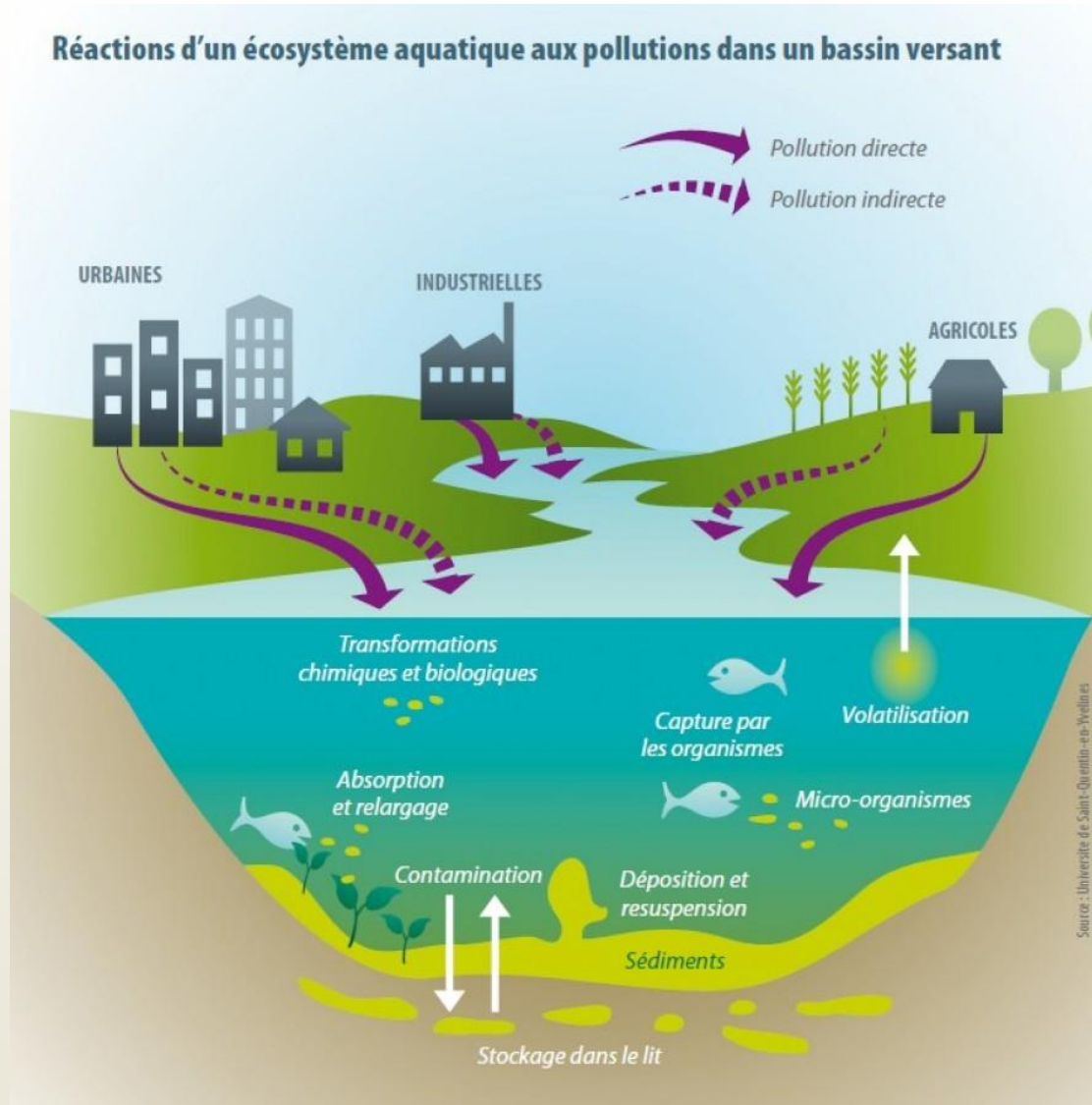
³ UMR 5805 EPOC Équipe LPTC, Université de Bordeaux, Talence, France

Introduction – Pollution des masses d'eau



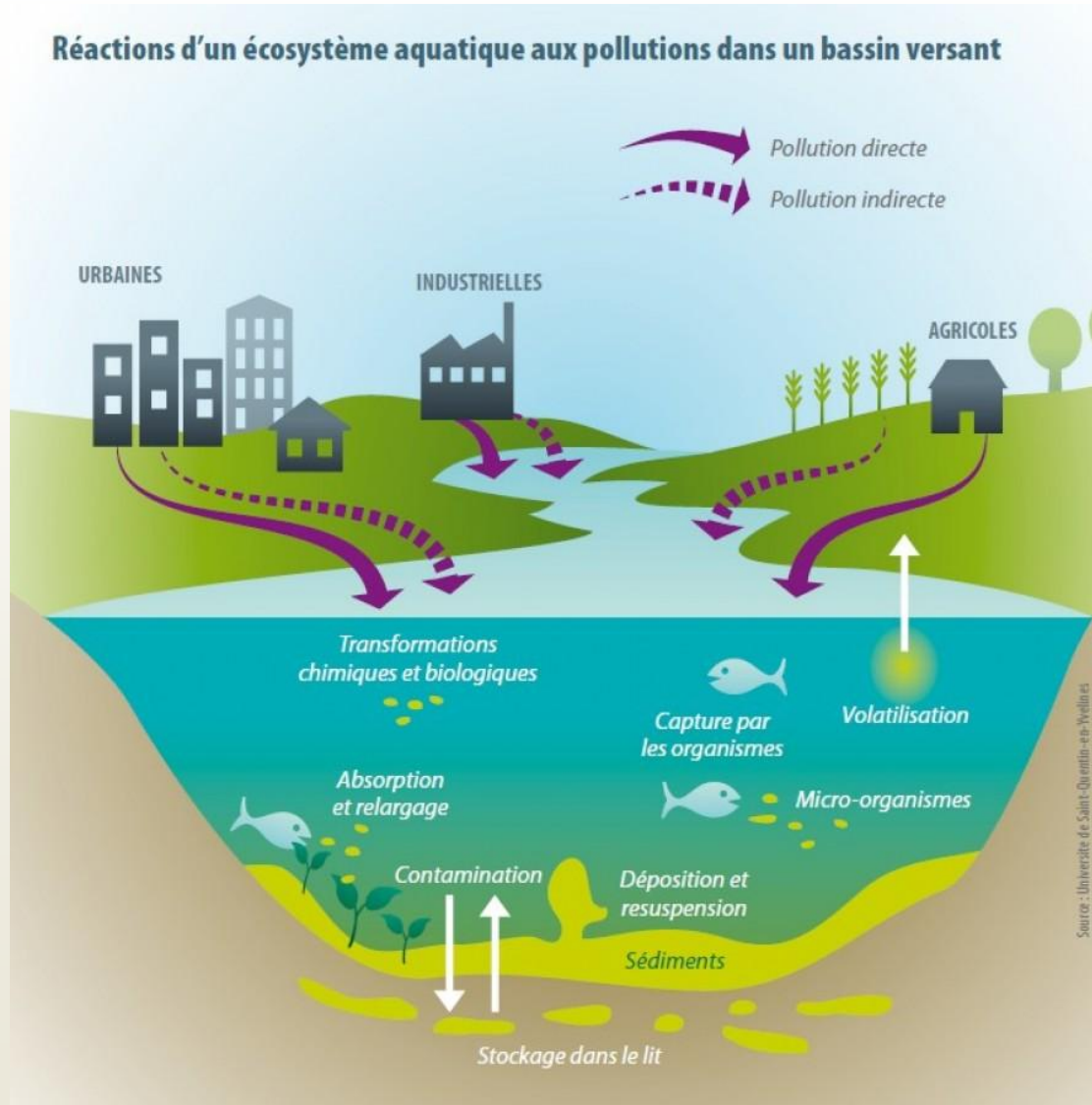
- Masses d'eau douce = **réceptacle final des contaminations continentales**

Introduction – Pollution des masses d'eau



- Masses d'eau douce = **réceptacle final des contaminations** continentales
- Pollutions *Directes* (ponctuelles) ou *Indirectes* (diffuses)

Introduction – Pollution des masses d'eau

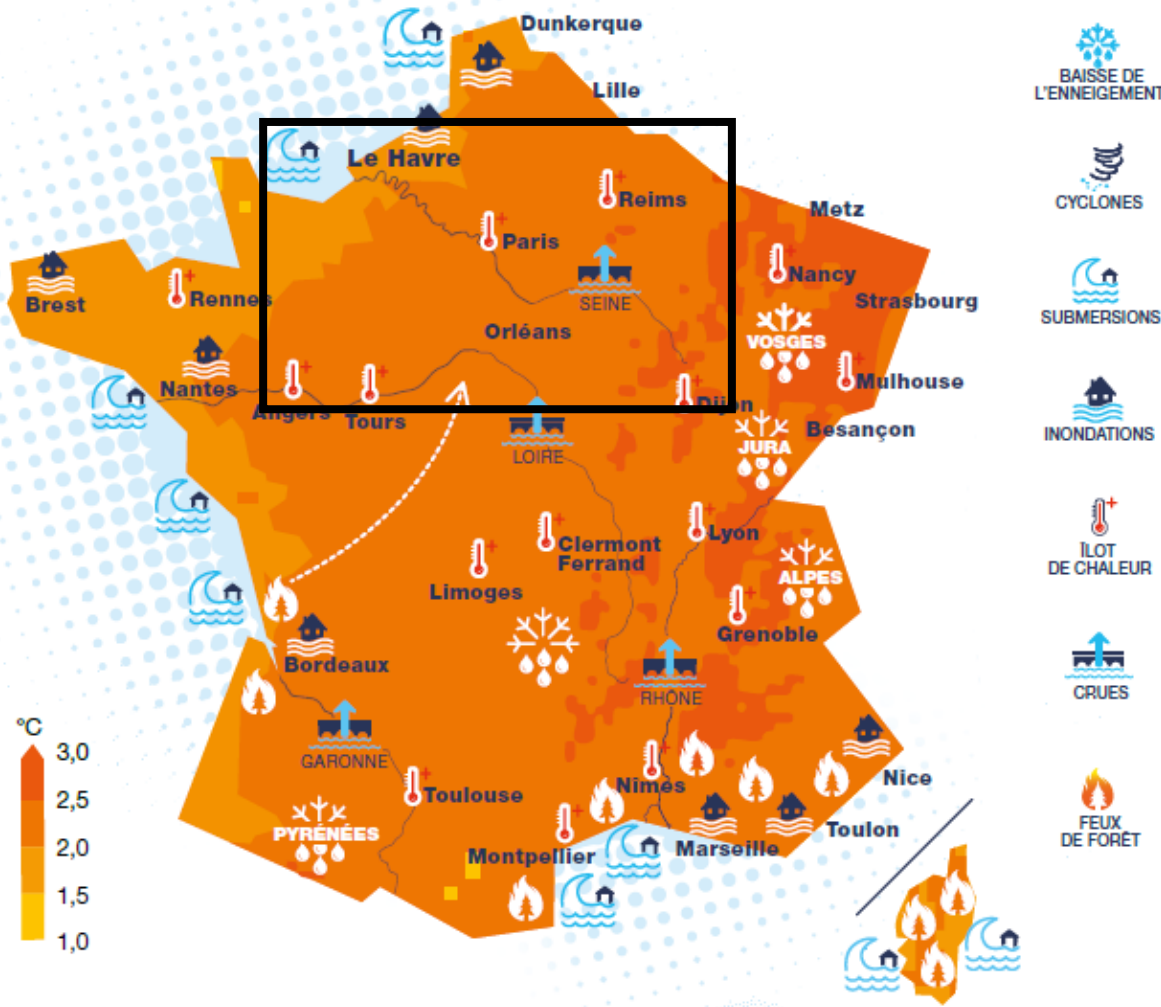


- Masses d'eau douce = **réceptacle final des contaminations** continentales
- Pollutions *Directes (ponctuelles)* ou *Indirectes (diffuses)*
- Différents types de contaminants : chimiques (de synthèse ou naturels) & biologiques

Introduction – Impact du dérèglement climatique

CONSÉQUENCES POUR LA FRANCE

Carte des impacts observés ou à venir d'ici 2050

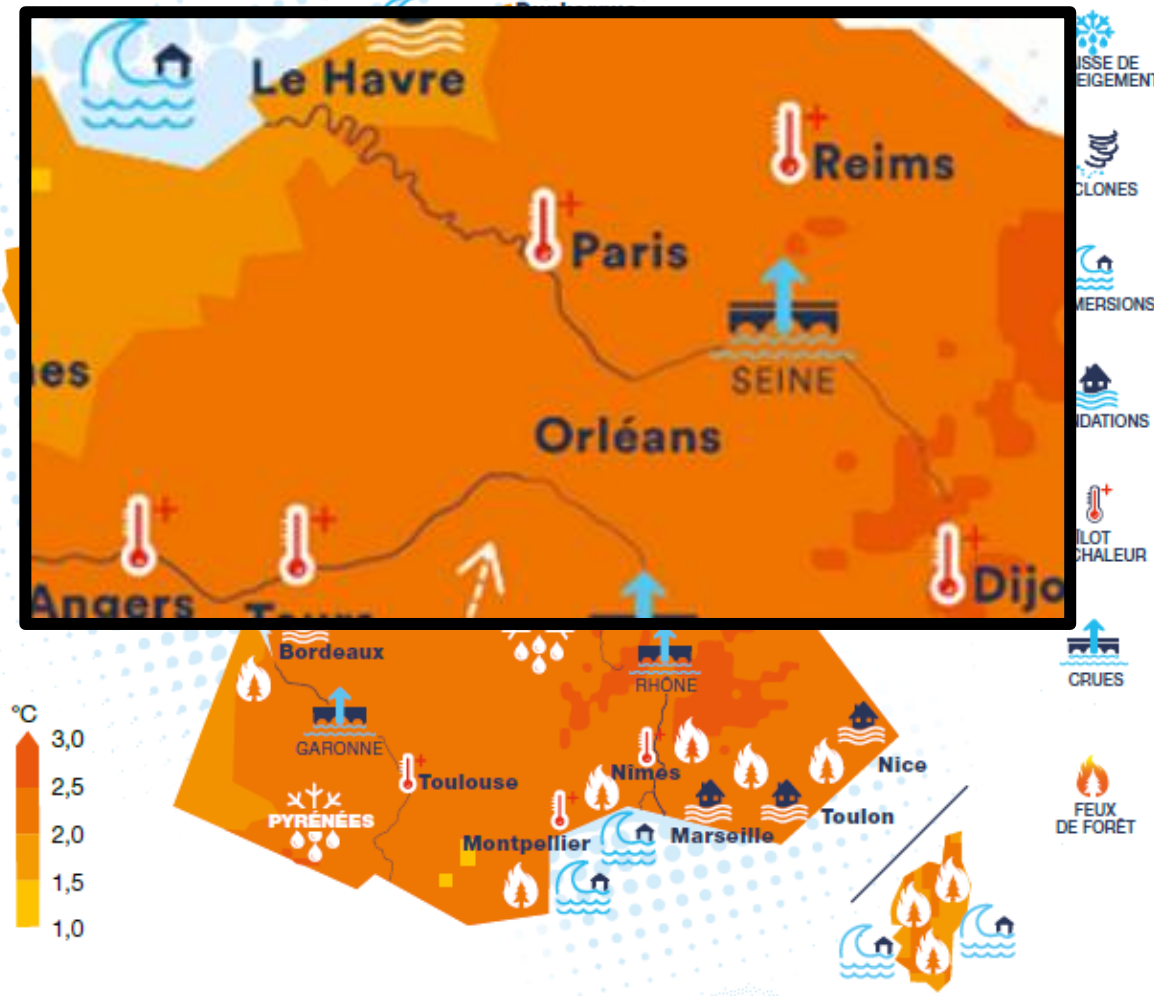


- Impact du dérèglement climatique : montée en puissance des **événements climatiques (= météorologiques) extrêmes**

Introduction – Impact du dérèglement climatique

CONSÉQUENCES POUR LA FRANCE

Carte des impacts observés ou à venir d'ici 2050



- Impact du dérèglement climatique : montée en puissance des **événements climatiques (= météorologiques) extrêmes**

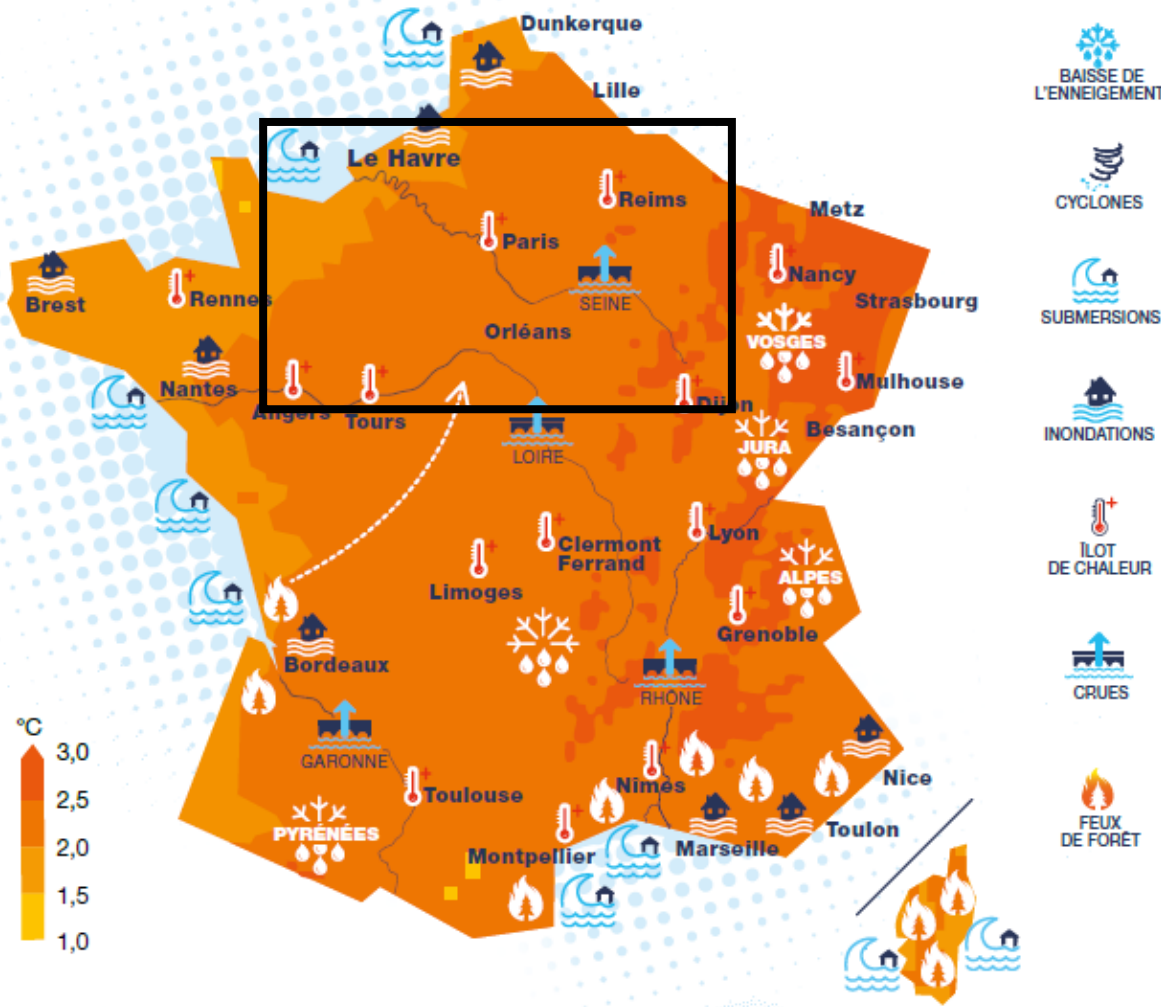
Bassin versant de la Seine :

- Amont : augmentation des périodes de canicule (hausse de T° moyenne), augmentation du niveau d'eau
- Aval : augmentation du risque d'inondations et de submersion

Introduction – Impact du dérèglement climatique

CONSÉQUENCES POUR LA FRANCE

Carte des impacts observés ou à venir d'ici 2050



- Impact du dérèglement climatique : montée en puissance des **événements climatiques (= météorologiques) extrêmes**

Bassin versant de la Seine :

- Amont : augmentation des périodes de canicule (hausse de T° moyenne), augmentation du niveau d'eau
- Aval : augmentation du risque d'inondations et de submersion
- *Modification de l'hydrologie sur des temps plus ou moins longs*
- *Impact sur la mobilité et le devenir des polluants ?*

Introduction – Utilisation d'espèces sentinelles



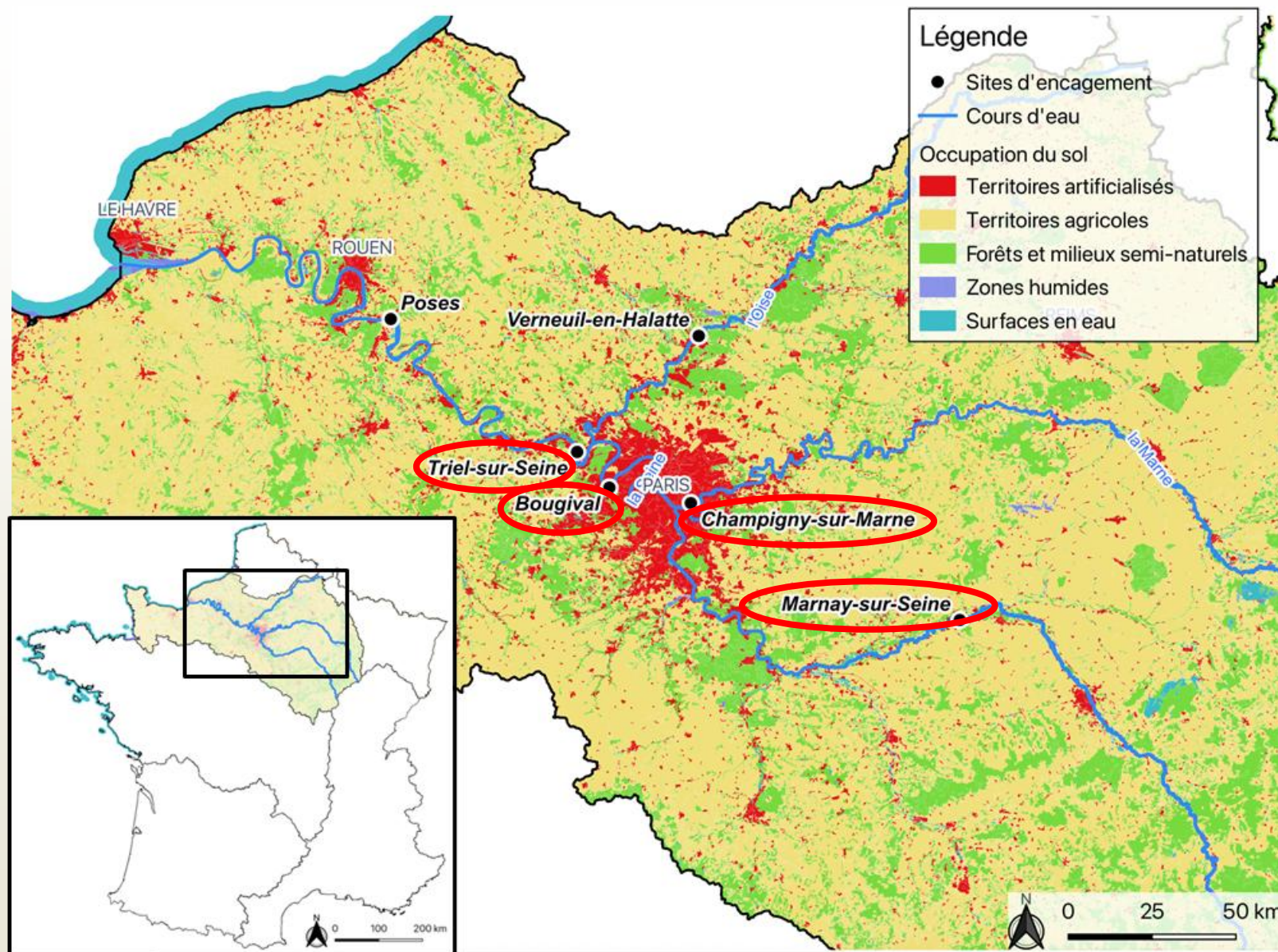
- ➡ *Dreissena polymorpha* (Mollusque bivalve)
- ➡ Espèce originaire de la mer Caspienne ^[1]
=> largement retrouvée dans le bassin de la Seine ^[2]
- ➡ Organisme sessile lamellibranche ^[3]
- ➡ **Bioaccumulation** grâce aux **capacités de filtration** ^[3] à la fois des contaminants chimiques ^[4] et biologiques ^[3,5]



Introduction – Programme

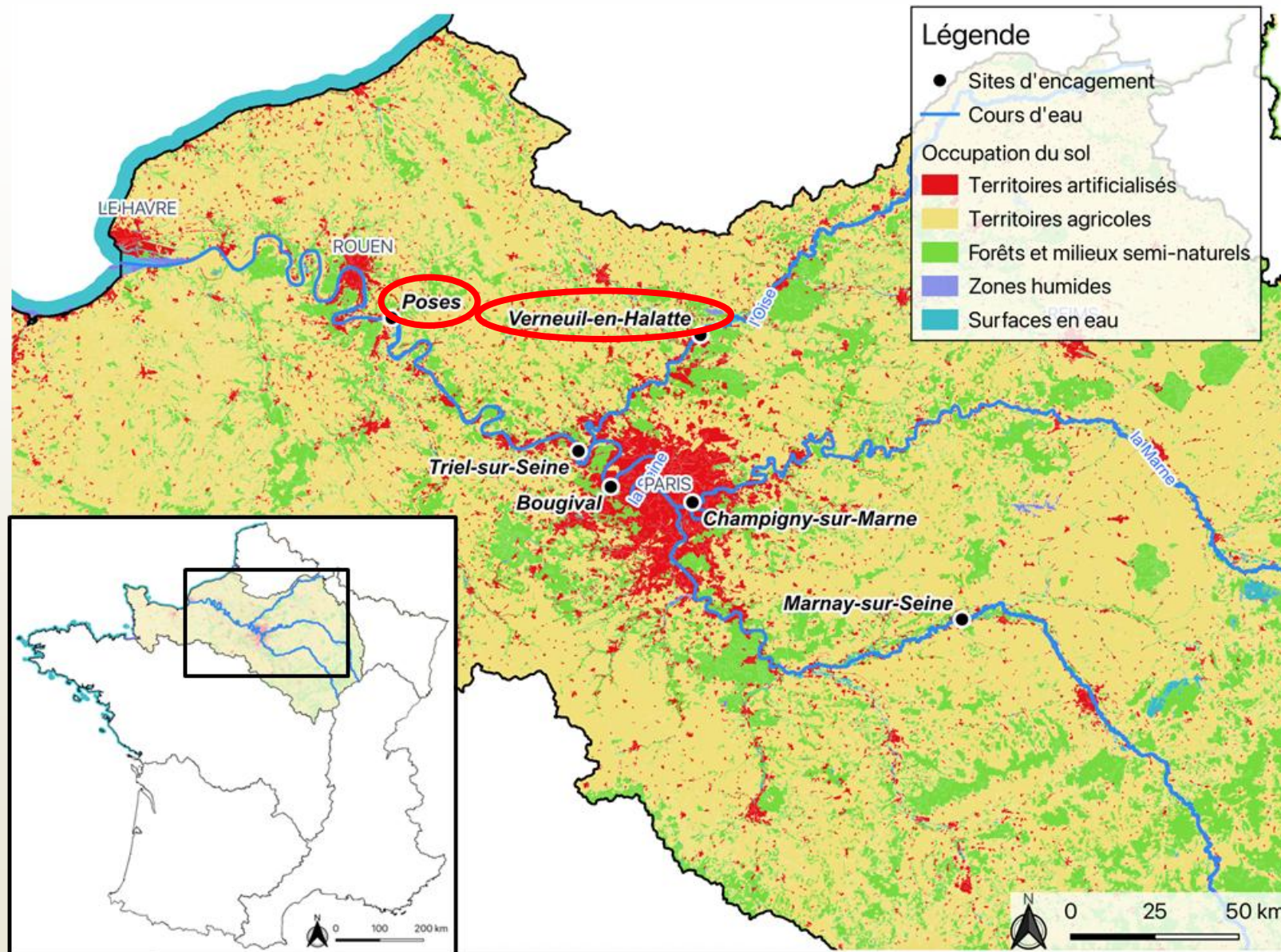
- Qualité de la Dreissène en tant que bioindicateur de la contamination des masses d'eau^[1]
- Biosurveillance active : transplantation (=encagement) d'individus d'une population mère (Lac du Der, 48.57596, 4.757973) sur une période fixée
 - *Campagnes classiques : Automne 2025 et Hiver 2026*
 - *Campagnes évènements climatiques extrêmes « orages » (étés 2026 et 2027)*

Matériel et Méthode



- Quatre sites historiques du PIREN :
 - Marnay sur seine **MAR**
 - Champigny sur Marne **CHA**
 - Bougival **BOU**
 - Triel sur Seine **TRI**

Matériel et Méthode

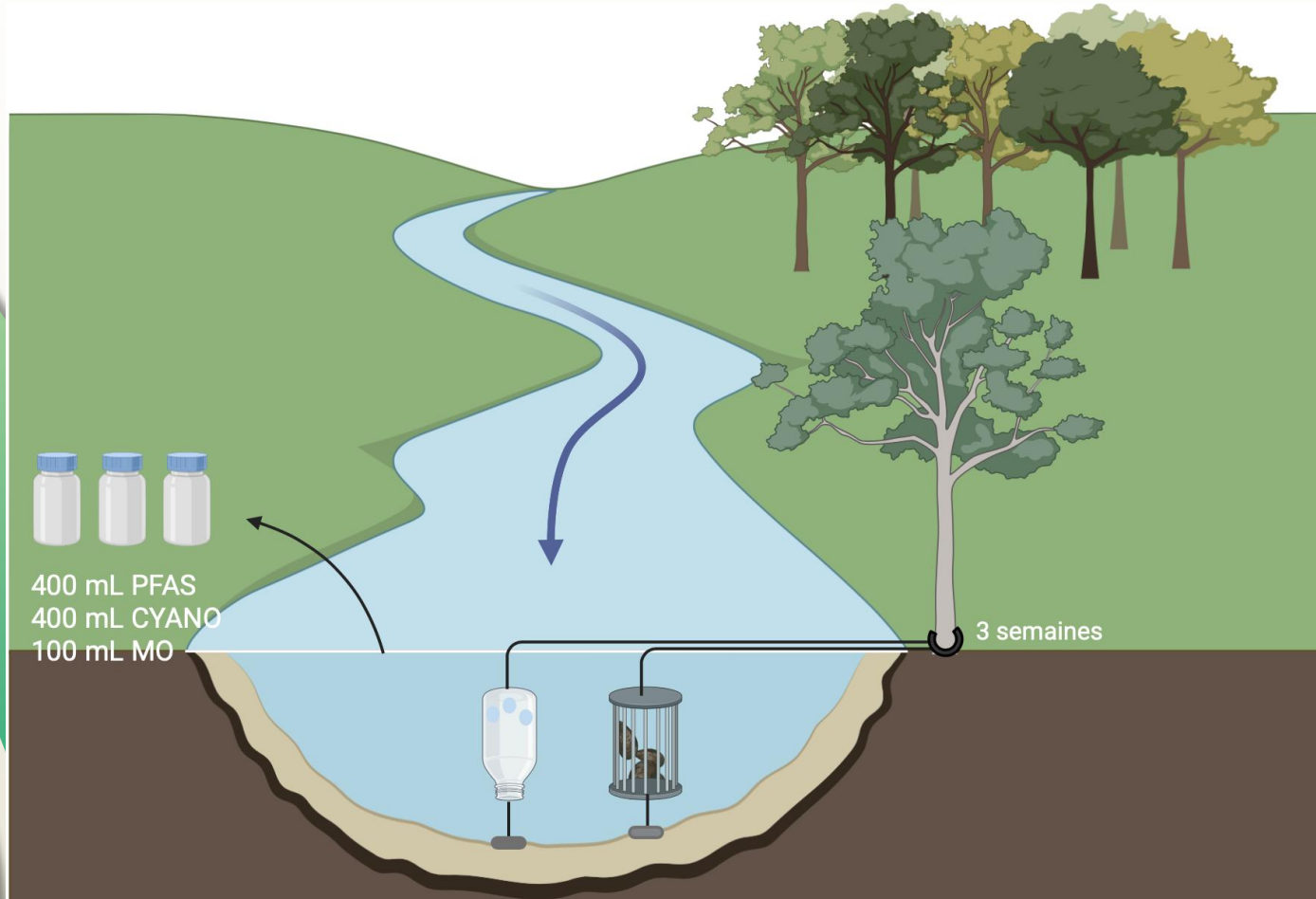


➡ Deux sites ajoutés aux sites historiques:

➡ Poses **POS**

➡ Verneuil-en-Halatte **VER**

Matériel et Méthode – Campagnes classiques



- Pour chaque site, 3 semaines :
 - Cage de 70 à 80 dreissènes de calibres différents (1-2m de profondeur)
 - Piège à particules en suspension (30-100 cm de profondeur)
- Prélèvements d'eau en plus

Matériel et Méthode – Campagnes classiques



Dreissena polymorpha

- Quantification Hg total et MeHg
- Quantification cyanotoxines (MC)
- Quantification PFAS, HAP, PCB



Prélèvements d'eau

- Quantification cyanotoxines (MC)
- Quantification PFAS, HAP, PCB
- Caractérisation des Matières Organiques Dissoutes (MOD)



Particules en suspension

- Quantification PFAS, HAP, PCB
- Quantification Hg

Résultats - Campagnes classiques



Dreissena polymorpha

- Quantification Hg total et MeHg
- Quantification cyanotoxines (MC)
- Quantification PFAS, HAP, PCB



Prélèvements d'eau

- Quantification cyanotoxines (MC)
- Quantification PFAS, HAP, PCB
- Caractérisation des Matières Organiques Dissoutes (MOD)



Particules en suspension

- Quantification PFAS, HAP, PCB
- Quantification Hg

Résultats: Cyanotoxines

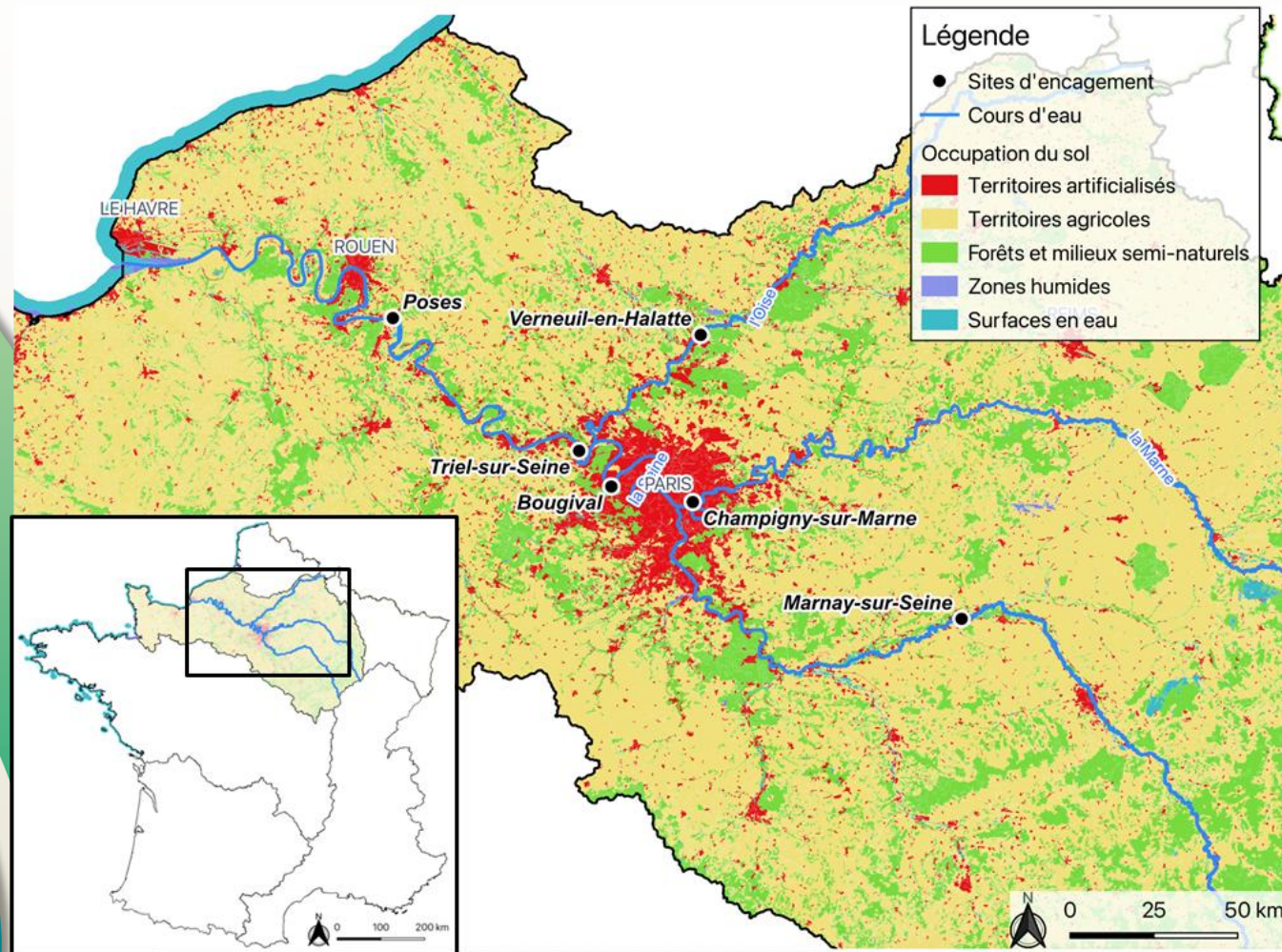
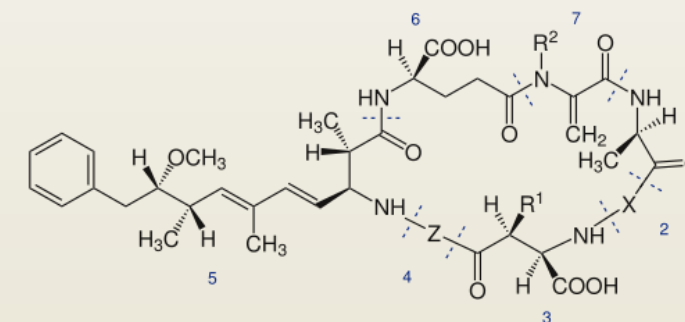


Tableau : Concentration en microcystines ($\mu\text{g eq. MC-LR/L}$) dans le phytoplancton (filtré à $1\mu\text{m}$)

	Oct 2025	Nov 2025	Fev 2026	Mar 2026
MAR	0,296	LD	LD	LD
CHA	LD	LD	LD	LD
BOU	LD	0,007	LD	0,010
TRI	LD	LD	0,025	LD
POS	LD	NA	LD	NA
VER	0,401	LD	LD	LD



Résultats: Cyanotoxines

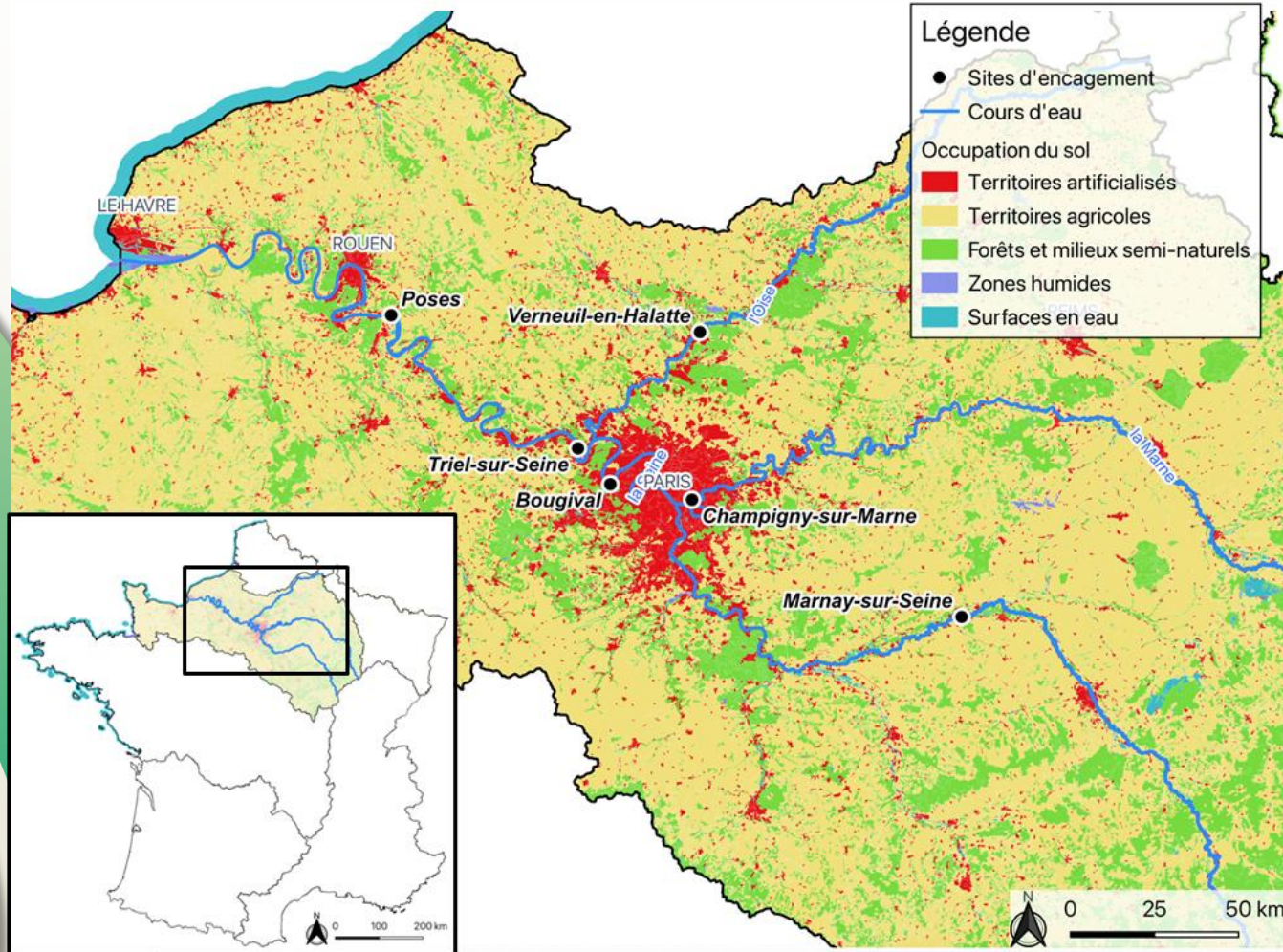


Tableau : Concentration en microcystines ($\mu\text{g eq. MC-LR/L}$) dans le phytoplancton (filtré à $1\mu\text{m}$)

	Oct 2025	Nov 2025	Fev 2026	Mar 2026
MAR	0,296	LD	LD	LD
CHA	LD	LD	LD	LD
BOU	LD	0,007	LD	0,010
TRI	LD	LD	0,025	LD
POS	LD	NA	LD	NA
VER	0,401	LD	LD	LD

Microcystines résiduelles de l'été ?

Développements faibles et localisés de cyanobactéries ?

Résultats: Cyanotoxines

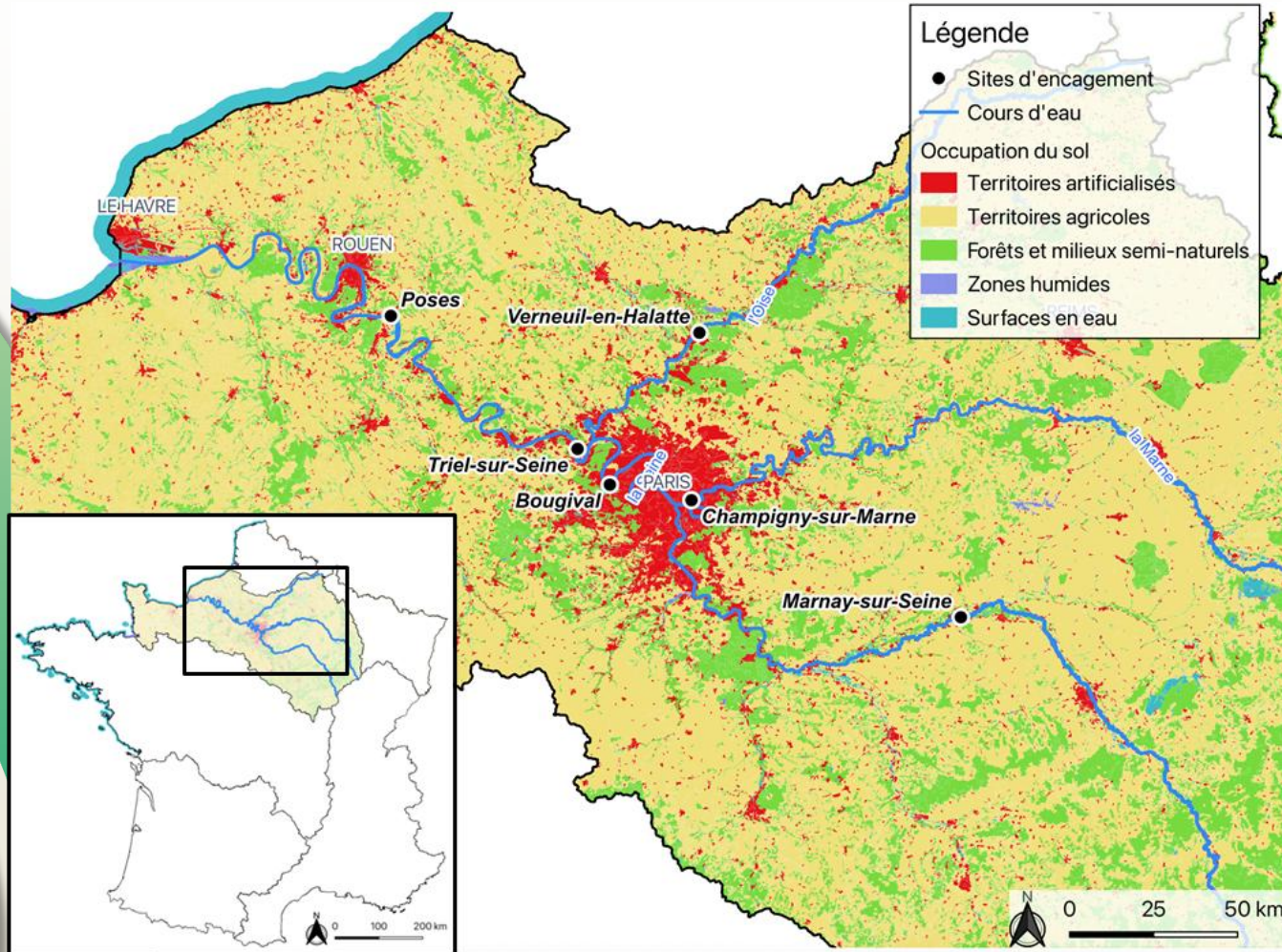


Tableau : Concentration en microcystines ($\mu\text{g eq. MC-LR/L}$) dans le phytoplancton (filtré à $1\mu\text{m}$)

	Oct 2025	Nov 2025	Fev 2026	Mar 2026
MAR	0,296	LD	LD	LD
CHA	LD	LD	LD	LD
BOU	LD	0,007	LD	0,010
TRI	LD	LD	0,025	LD
POS	LD	NA	LD	NA
VER	0,401	LD	LD	LD

Microcystines résiduelles de l'été ?

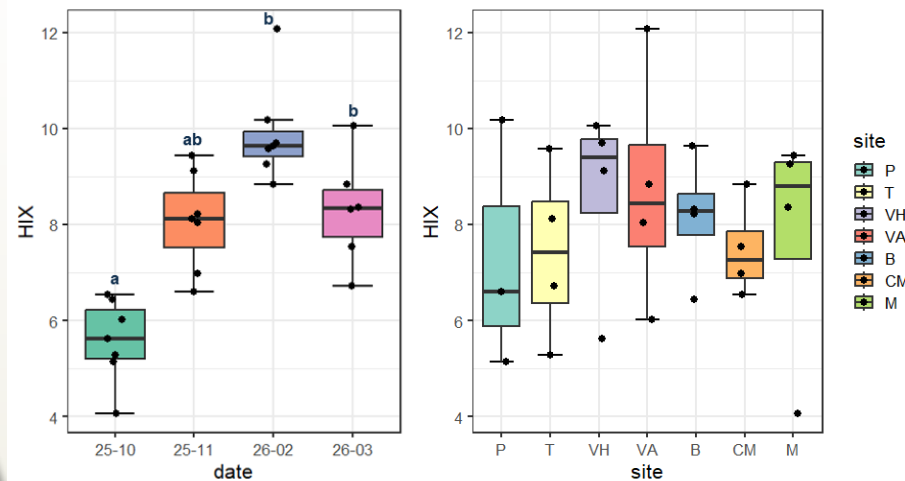
Développements faibles et localisés de cyanobactéries ?

Bioaccumulation de cyanotoxines dans les glandes digestives de *D. polymorpha* ?

Résultats Caractérisation de la matière organique dissoute (MOD)

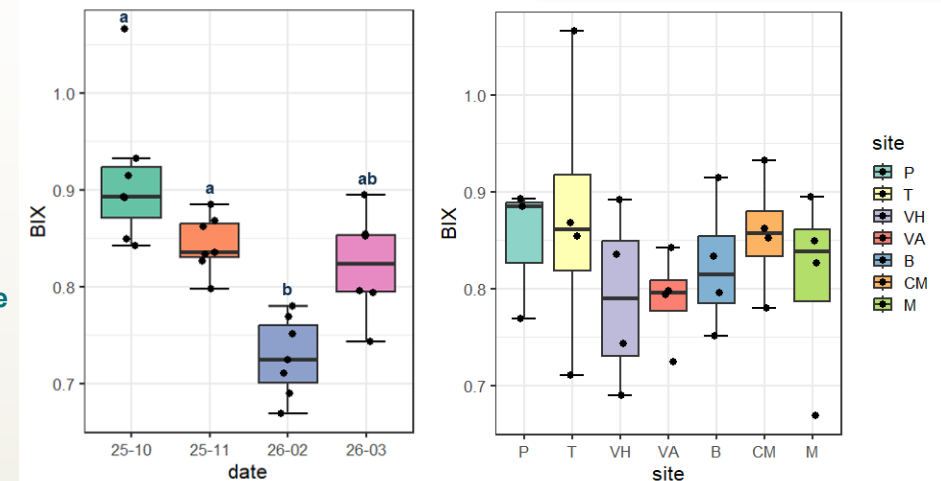
Propriétés de fluorescence: indices de qualité de la MOD

► HIX (indice d'humification)



- HIX faible (5-10) : caractère aromatique relativement faible
- Variabilité saisonnière (min en octobre - max en février)
- Variabilité du caractère aromatique au cours de l'encagement

► BIX (indice d'activité biologique)

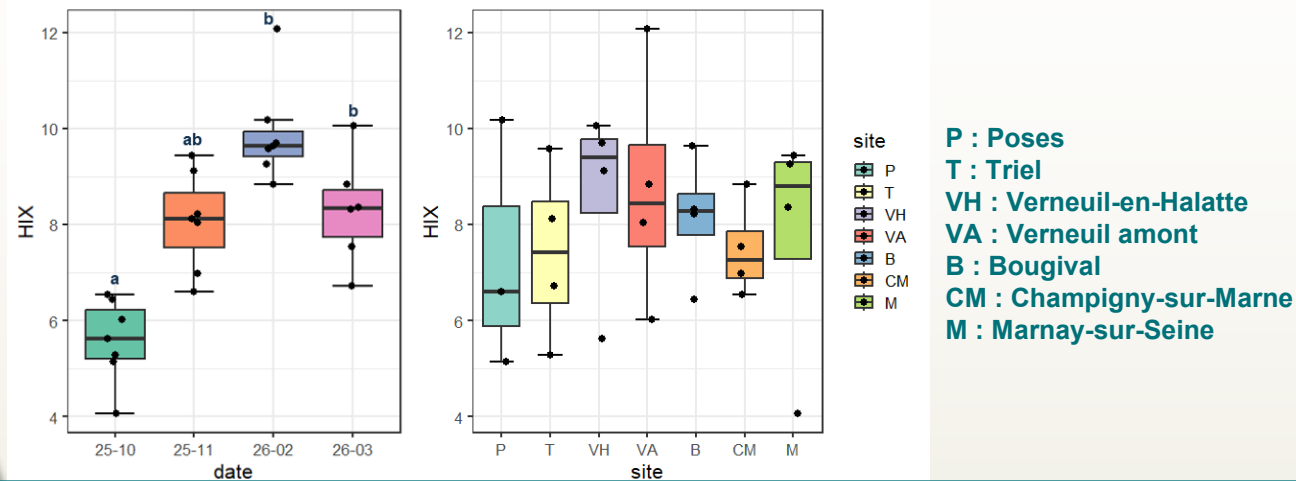


- BIX élevé (0.7-0.9) : activité biologique relativement forte
- Variabilité saisonnière (min en février - max en octobre)
- Variabilité du caractère autochtone récent au cours de l'encagement

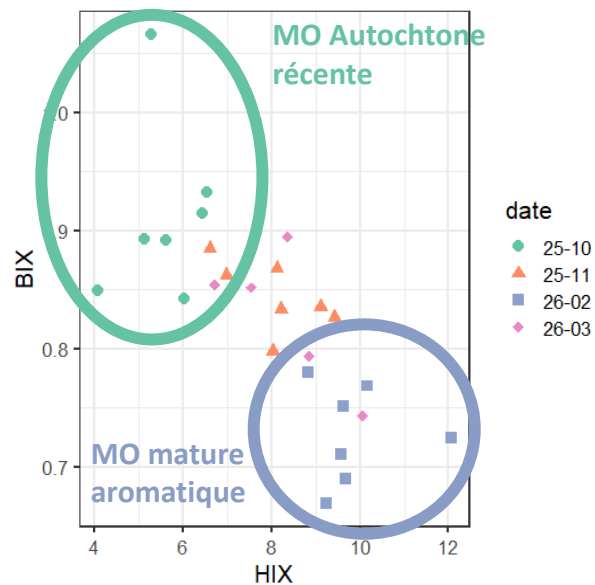
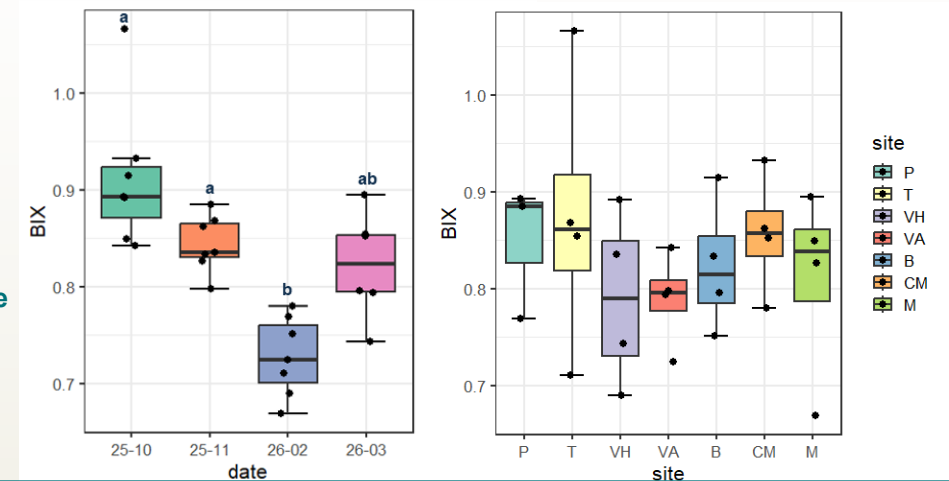
Résultats Caractérisation de la matière organique dissoute (MOD)

Propriétés de fluorescence: indices de qualité de la MOD

► HIX (indice d'humification)



► BIX (indice d'activité biologique)

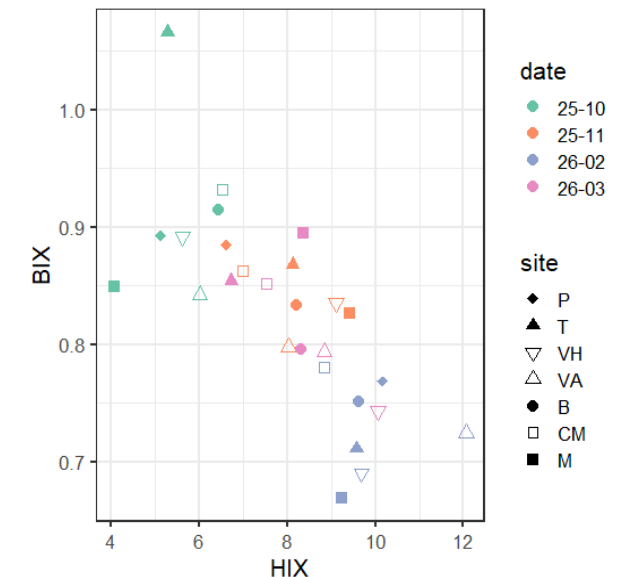


■ Grande variabilité saisonnière des indices de qualité de la MOD

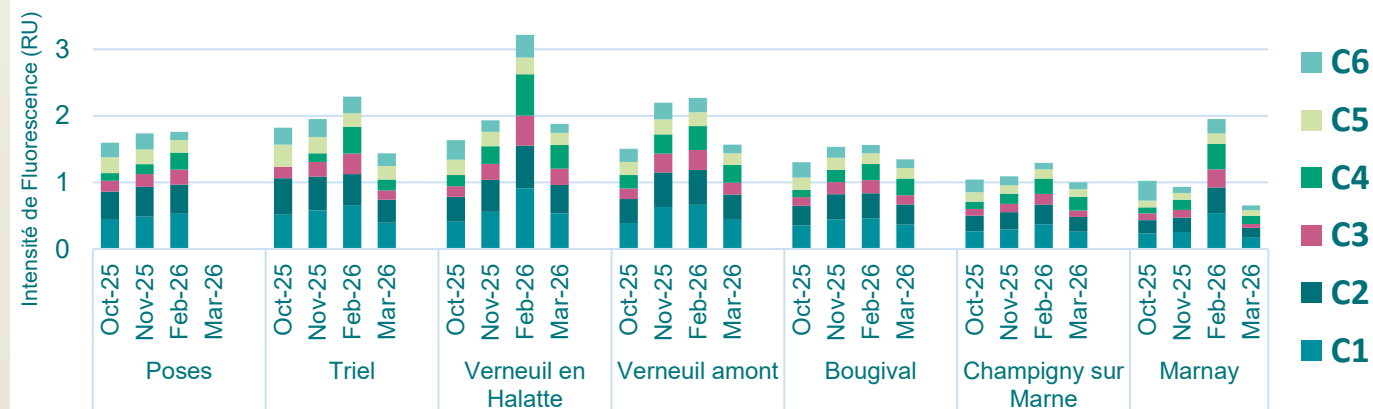
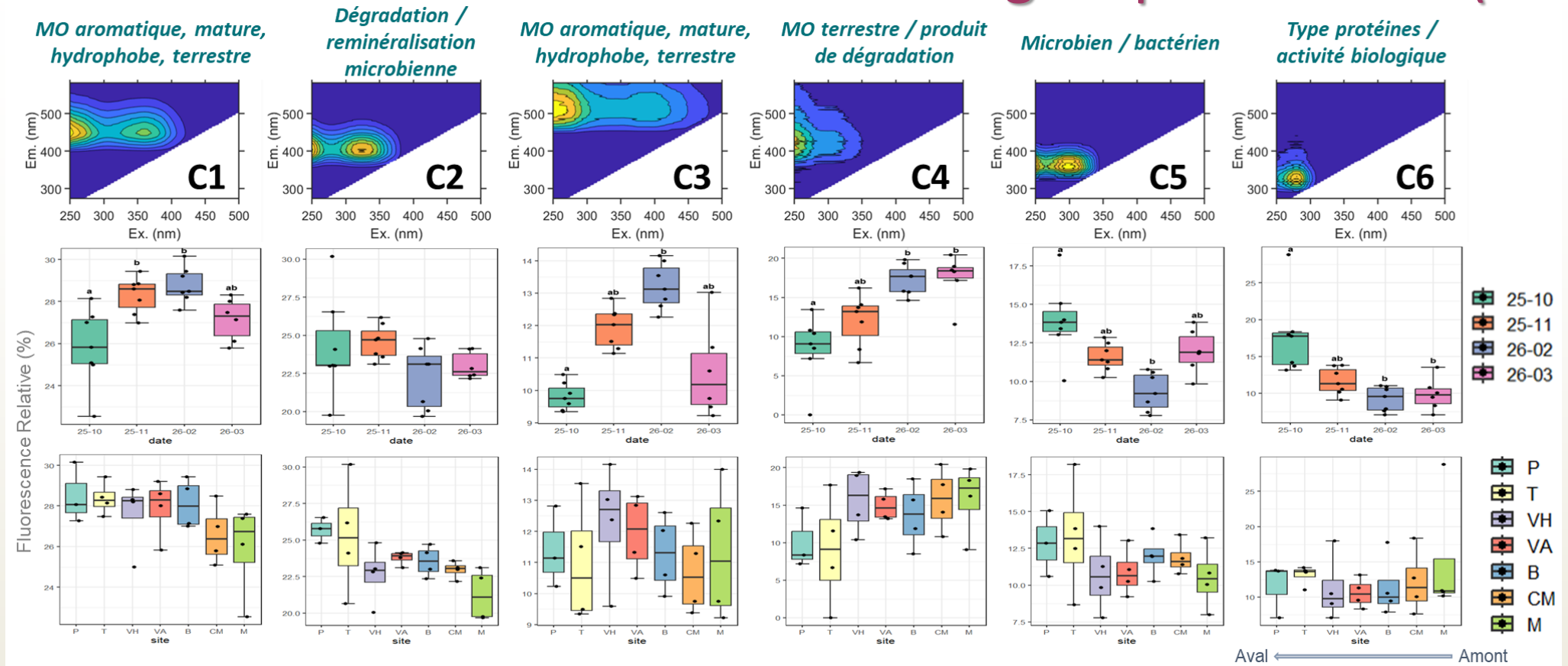
■ Axe Seine MBTP:

➤ Caractère aromatique, mature de la MOD plus fort à Marnay

➤ Activité biologique plus élevée à Triel (grande variabilité) et Poses



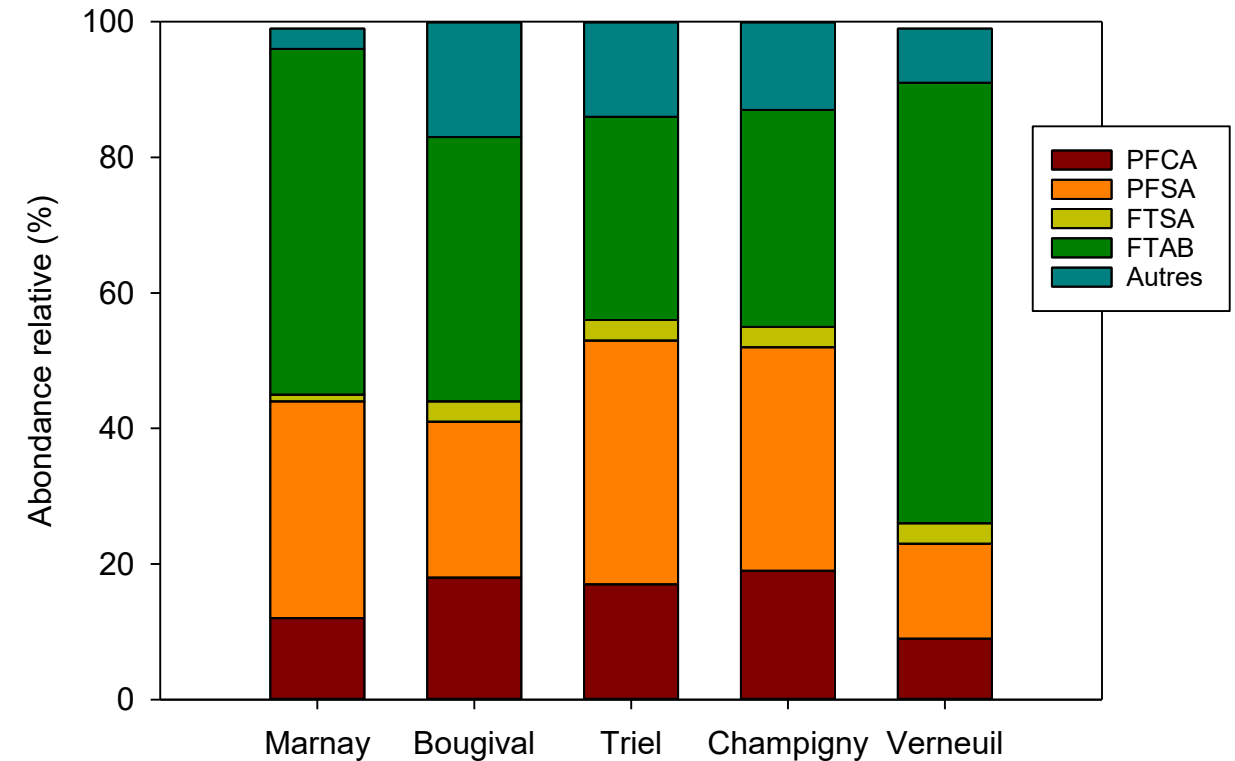
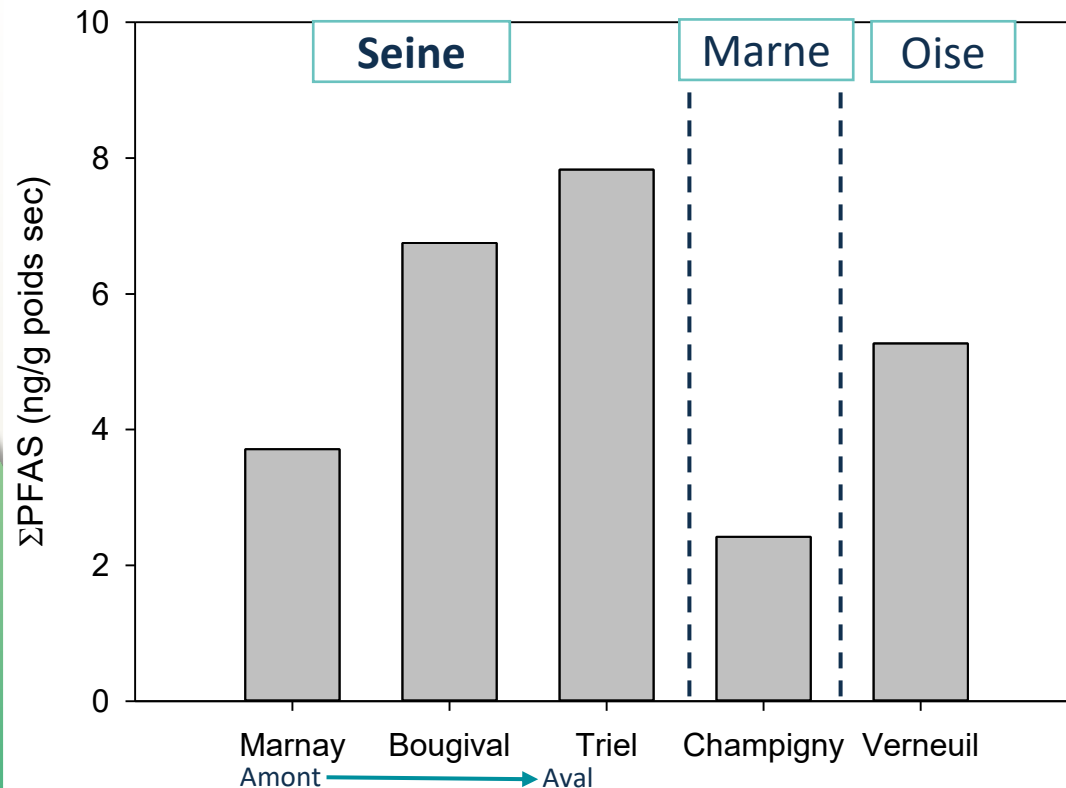
Résultats Caractérisation de la matière organique dissoute (MOD)



➡ Variabilité spatio-temporelle des sources, transformations et concentrations de la MOD fluorescente

Résultats Contamination chimique des MES

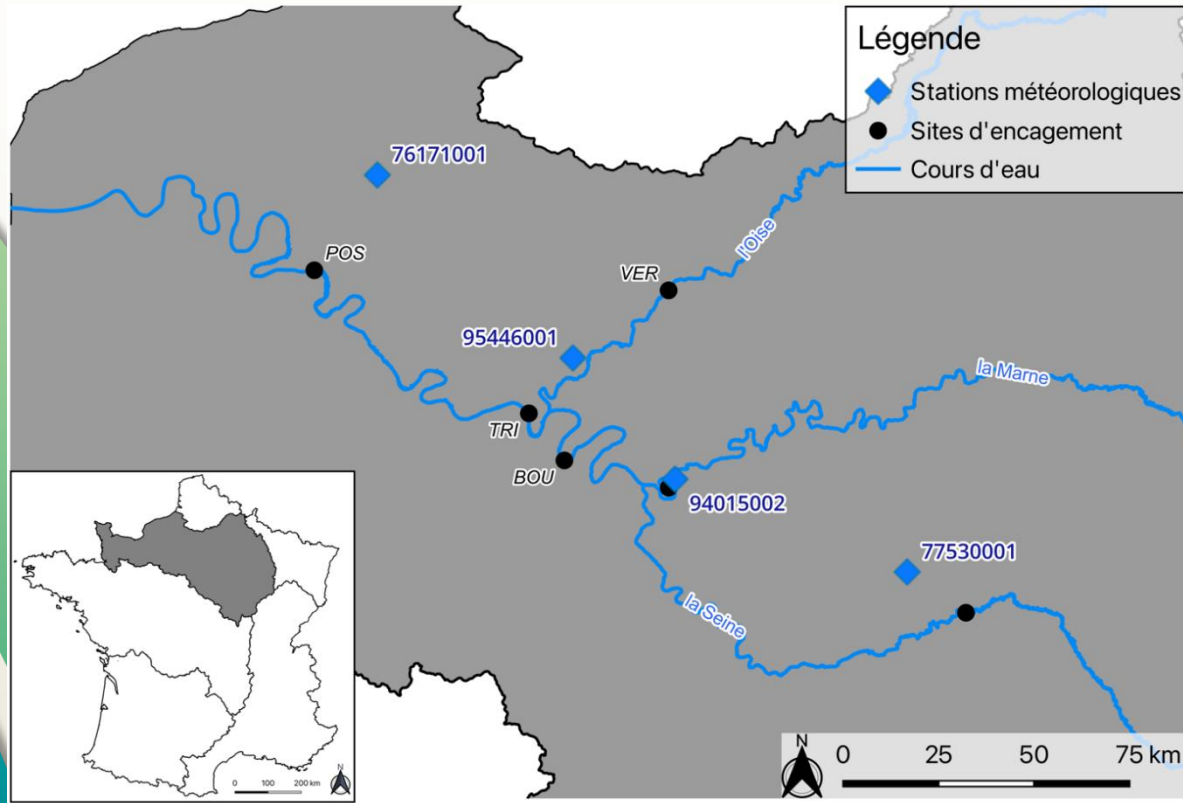
Premiers résultats : PFAS, Campagne 1



- **Gradient** amont-aval sur l'axe fluvial, en lien avec sources/apports
- Profil moléculaire globalement **dominé par les FTAB**, employés dans les mousses anti-incendie AFFF
- **Résultats cohérents** avec les travaux exploratoires de la phase précédente
- Premières données pour l'Oise dans le contexte PIREN-Seine ; pas de signature FTSA = lien avec arrêt activités Chemours à Verneuil ?

A venir – Événements climatiques extrêmes

Prise en compte des *précipitations maximales*

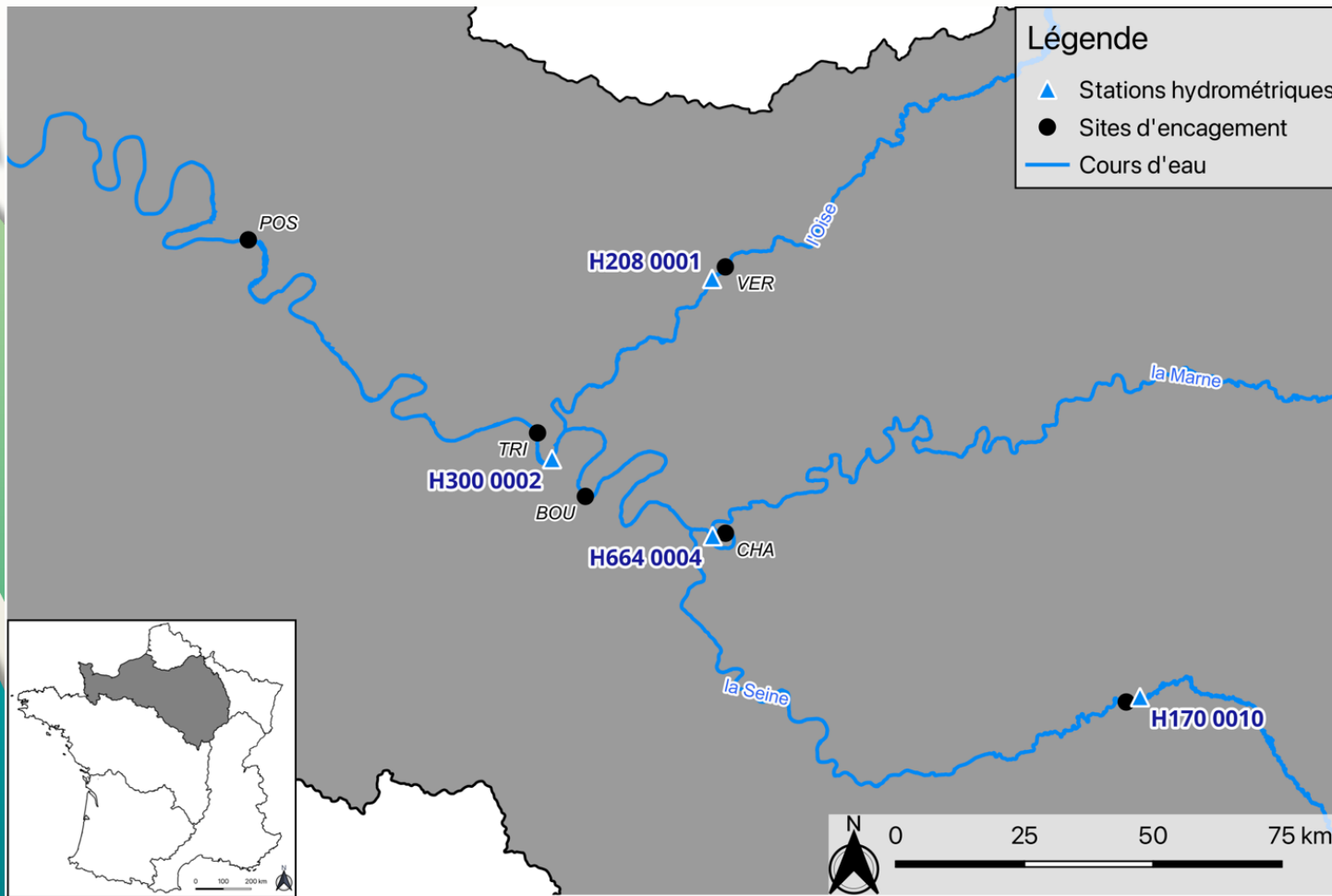


Année	Précipitations maximales			
	MAR	CHA/BOU/T RI	POS	VER
2024	46,2 Sept	118 Aout	66,6 Juil	105 Oct
2023	30,3 Aout	28 Mars	27 Nov	24,4 Sept
2022	43,3 Avril	36,2 Avril	20,6 Janv & Sept	32,4 Avril
2021	42,3 Juil	NA	29 Oct	33,6 Juin
2020	32,9 Mai	NA	25 Aout	20,6 Mars

Précipitations maximales majoritairement en **période printanière à estivale**

A venir – Événements climatiques extrêmes

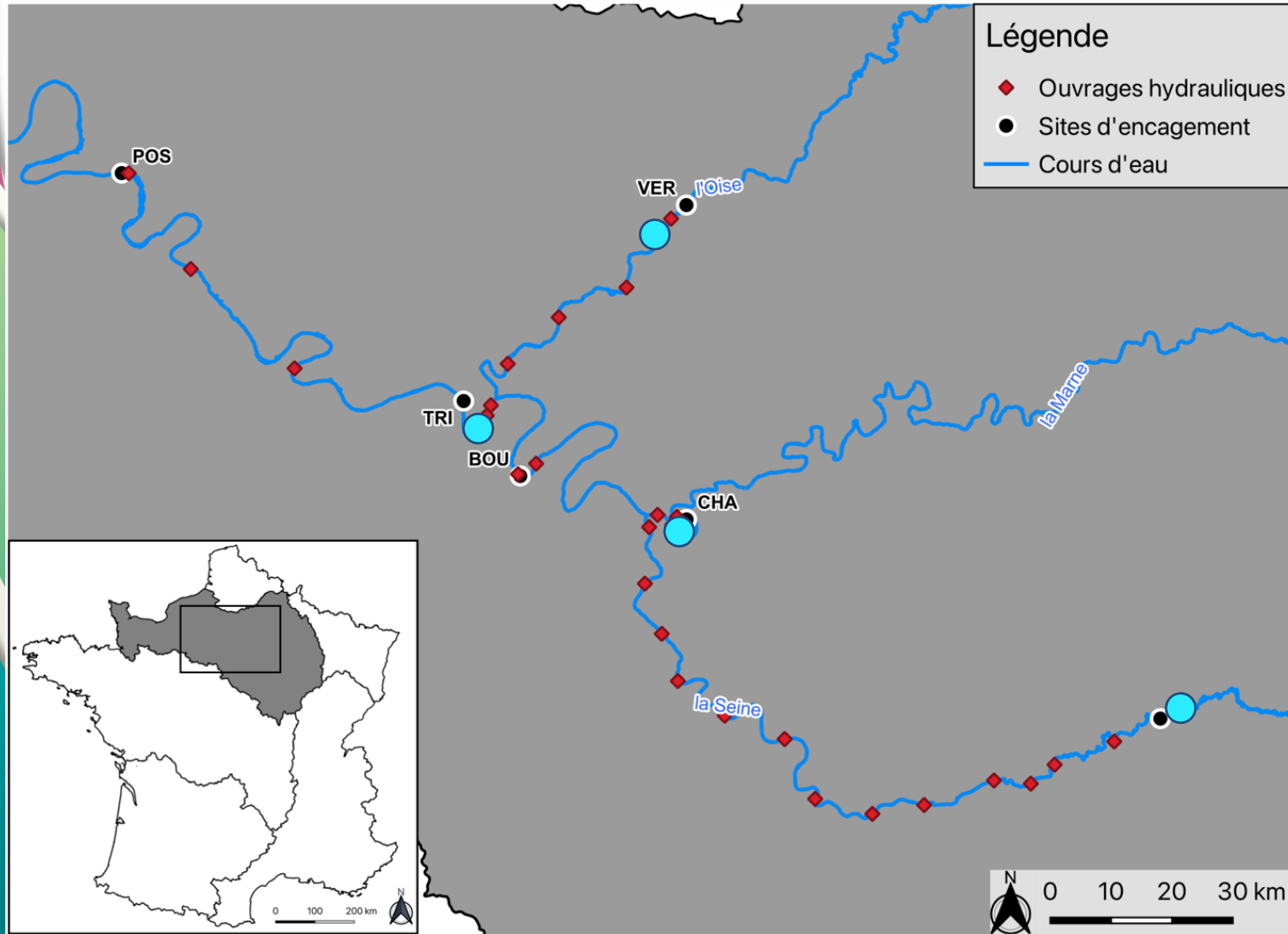
*Prise en compte des **variations de débits (2020-2024)***



Fortes **variabilités spatiales** sur chaque année entre les points (maximum sur les sites BOU et TRI)

A venir – Événements climatiques extrêmes

Prise en compte des *variations de débits (2020-2024)*



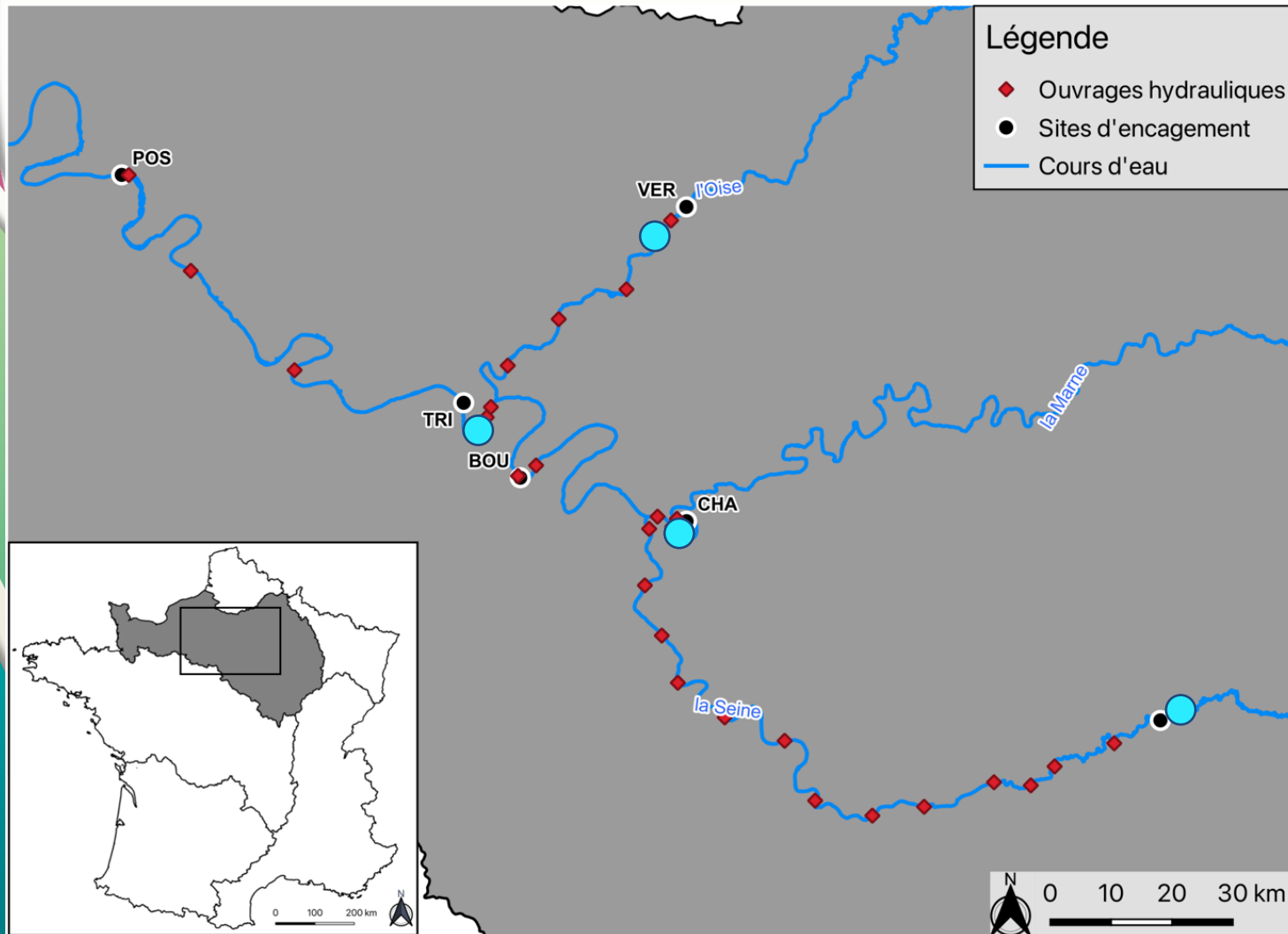
Fortes **variabilités spatiales** sur chaque année entre les points (maximum sur les sites BOU et TRI)

Nombreuses perturbations des débits naturels

Débits minimums entre **mai et octobre**

A venir – Événements climatiques extrêmes

Prise en compte des *variations de débits (2020-2024)*



Fortes **variabilités spatiales** sur chaque année entre les points (maximum sur les sites BOU et TRI)

Nombreuses perturbations des débits naturels

Débits minimums entre **mai et octobre**

Période ciblée : début d'été
=> **Débits faibles et fortes précipitations potentielles**

A venir – Événements climatiques extrêmes



Dreissena polymorpha

- Quantification Hg total et MeHg
- Quantification cyanotoxines (MC)
- Quantification PFAS, PCB, HAP
- **Quantification des contaminants biologiques fécaux (virus & protozoaires)**



Prélèvements d'eau

- Quantification cyanotoxines (MC)
- Quantification PFAS, HAP, PCB
- Caractérisation des Matières Organiques Dissoutes (MOD)



Particules en suspension

- Quantification PFAS, PCB, HAP
- Quantification Hg

Merci pour votre attention

Bibliographie

- Dölle, K., & Kurzmann, D. E. (2020). The Freshwater Mollusk *Dreissena polymorpha* (Zebra Mussel) - A Review: Living, Prospects and Jeopardies. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 1–17. <https://doi.org/10.9734/ajee/2020/v13i23017>
- Haubrock, P. J., Soto, I., Kourantidou, M., Ahmed, D. A., Serhan Tarkan, A., Balzani, P., Bego, K., Kouba, A., Aksu, S., Briski, E., Sylvester, F., de Santis, V., Archambaud-Suard, G., Bonada, N., Cañedo-Argüelles, M., Csabai, Z., Datry, T., Floury, M., Fruget, J. F., ... Cuthbert, R. N. (2024). Understanding the complex dynamics of zebra mussel invasions over several decades in European rivers: drivers, impacts and predictions. *Oikos*, 2024(4). <https://doi.org/10.1111/oik.10283>
- IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- Kraak, M. H., Th Scholten, M. C., M Peeters, W. H., & Chr de Kock, W. (1991). Biomonitoring of Heavy Metals in the Western European Rivers Rhine and Meuse Using the Freshwater Mussel *Dreissena polymorpha*. In *Emironmental Pollution* (Vol. 74).
- Lance, E., Lepoutre, A., Brient, L., Maurin, N., Guillon, E., Geffard, A., & Amon-Moreau, D. (2025). Survey of Microcystin-Producing Cyanobacteria in French Lakes of Various Trophic Status Using Environmental and Cyanobacterial Parameters and an Active Mussel Biomonitoring. *Toxins* , 17(5). <https://doi.org/10.3390/toxins17050245>
- Le Guernic, A., Palos Ladeiro, M., Boudaud, N., do Nascimento, J., Gantzer, C., Ingland, J. C., Mouchel, J. M., Pochet, C., Moulin, L., Rocher, V., Waldman, P., Wurtzer, S., & Geffard, A. (2022). First evidence of SARS-CoV-2 genome detection in zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Journal of Environmental Management*, 301. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113866>
- Lepoutre, A., Grilot, T., Jean, S., Geffard, A., & Lance, E. (2020). Free or protein-bound microcystin accumulation by freshwater bivalves as a tool to evaluate water contamination by microcystin-producing cyanobacteria? *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103426>
- Palos Ladeiro, Bigot-Clivot, Geba, Le Foll, Le Guernic, et al. 2019. Mollusc Bivalves as Indicators of Contamination of Water Bodies by Protozoan Parasites. *Encyclopedia of Environmental Health*, Elsevier, pp.443-448,, [10.1016/b978-0-12-409548-9.10979-0](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.10979-0). [hal-02434903](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02434903)
- Palos Ladeiro, M., Armengaud, J., Bellanger, X., Marconi, A., Bonnard, I., Boudaud, N., Dedourge-Geffard, O., do Nascimento, J., Gantzer, C., Lortholarie, M., Miotello, G., Pible, O., Guérin-Rechdaoui, S., & Geffard, A. (2025). Contribution of zebra mussel in active biomonitoring to assess a discharge impact into the Seine. *TSM Numéro 1/2*.
- SDES, 2022. Les effets du changement climatique en France - Synthèse des connaissances en 2022 (2022). [Publié le 21/12/2022]. [Consulté le 16/06/2026]. Disponible à l'adresse : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-effets-du-changement-climatique-en-france-synthese-des-connaissances-en-2022>
- Simonovic, S. P. (2002). World water dynamics: Global modeling of water reources. *Journal of Environmental Management*, 66(3), 249–267. <https://doi.org/10.1006/jema.2002.0585>