

Avec le soutien de :



COLLOQUE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Du 15 au 17 février 2023
à l'ENSEGID - Bordeaux INP

Suivi expérimental des apports souterrains sur la Touques (Normandie, France) sur une longue durée

Nelly MOULIN¹, Zahra THOMAS¹, François ROUAULT¹, Hugo LE LAY¹, Bruno DARDAILLON², Frederic GRESSELIN²

¹Institut Agro **Rennes**-Angers

²DREAL Normandie, Caen



Contexte

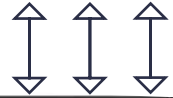
- Projet QUAntification et cartographie des Echanges nappe-rivière en Seine-Normandie (QUAE)
- Objectif: cartographier et quantifier les apports de nappes dans le fleuve de la Touques
 - Touques = forte influence des eaux de nappe
(*cf présentation Frederic GRESSELIN*)
 - Comment identifier et comprendre les interactions nappe-rivière?



Contexte

Conditions atmosphériques

- Radiations solaires
- Température de l'air (T_{air})
- Humidité / Vitesse du vent
- Précipitations
- Changements de phase (évaporation, condensation, gel, fonte)



ZH

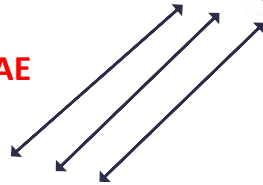
Hydrologie

- Température de l'eau (T_{eau})
- Volume d'eau
- Pente et turbulence
- Débits entrant et sortant
- Friction avec le lit

Géomorphologie

- Ensoleillement
- Végétation riparienne
- Nature du lit
- Orientation du canal
- Latitude / altitude

QUAE



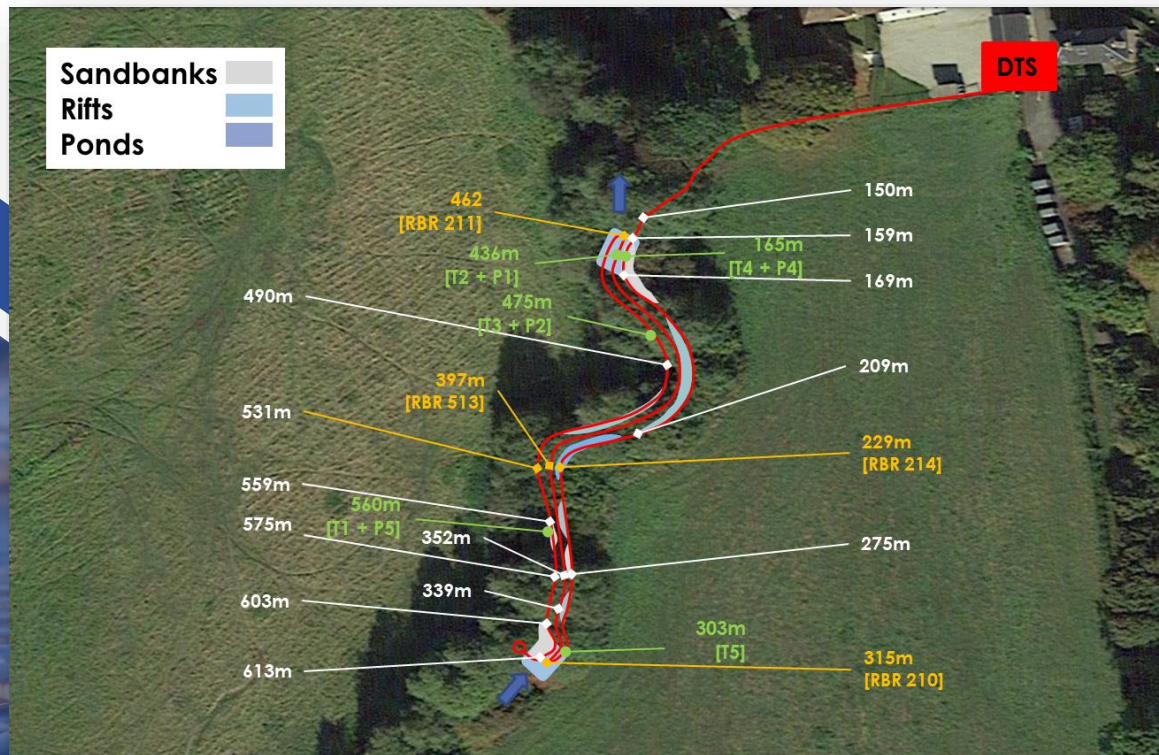
Échanges avec le lit

- Exfiltrations de nappe
- Recirculations hyporhéiques
- Conduction

Contexte milieu physique



Mesure de T_{eau} par fibre optique



Installation: Novembre 2021
Démontage: Novembre 2022
Mode: double ended
Pas de temps: 30min

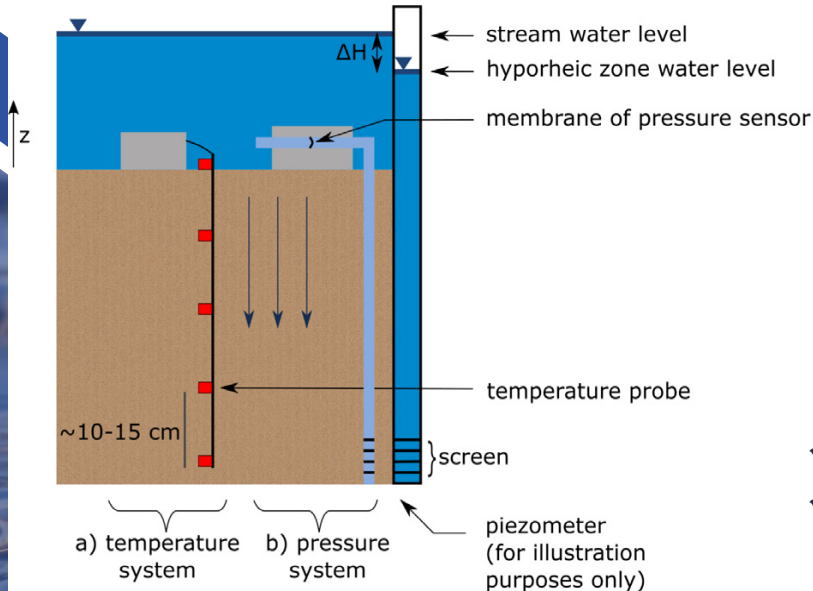
Fibre optique: mesure de température sur 450m

RBR: mesure de température de référence

MOLONARI: pression différentielle nappe-rivière

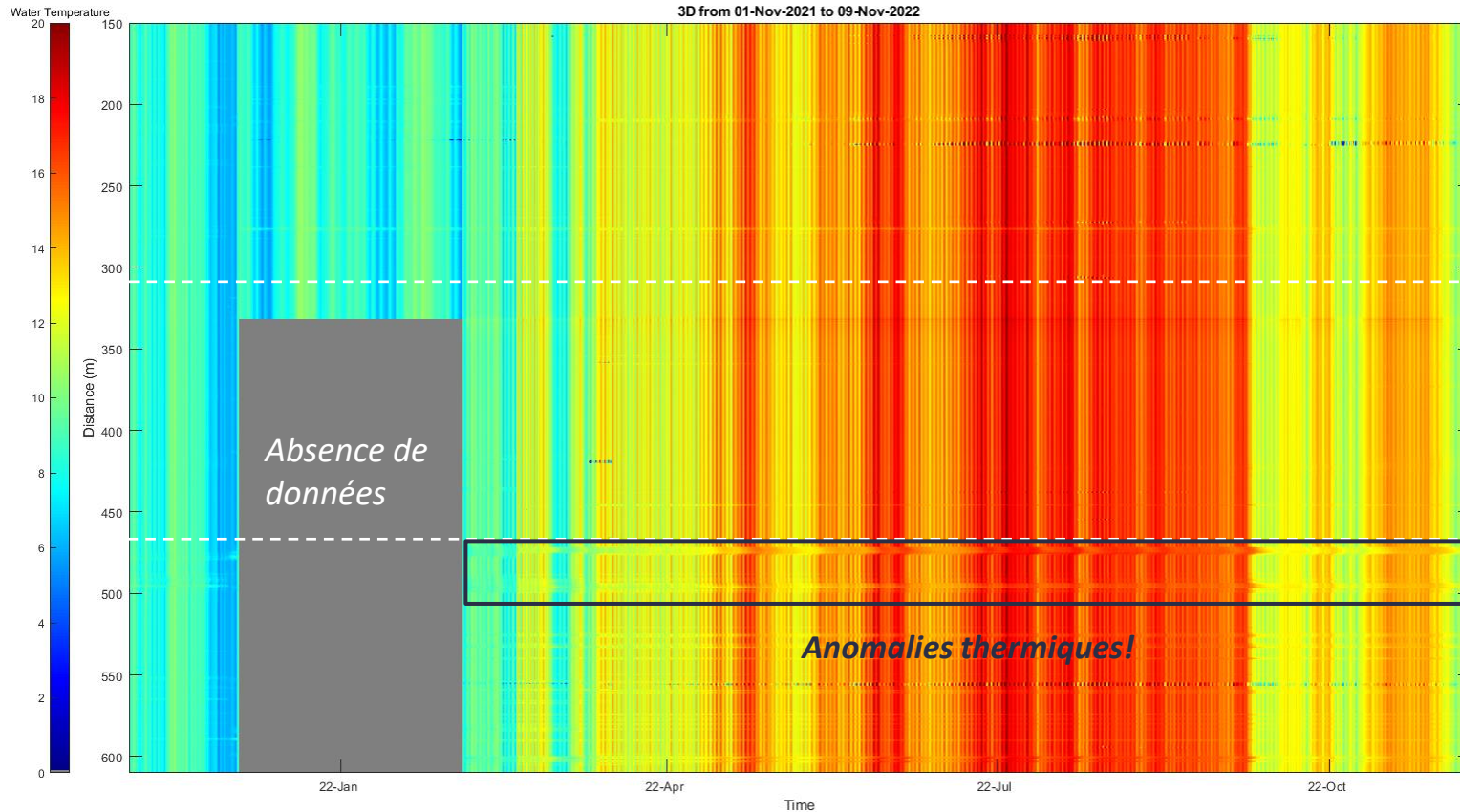
Gradient de P° et de T_{eau} dans la zone hyporhéique (MOLONARI)

- Développé par Cucchi et al. (2017) pour alimenter le modèle GINETTE
- Dispositif de suivi de températures verticales et de pression différentielle

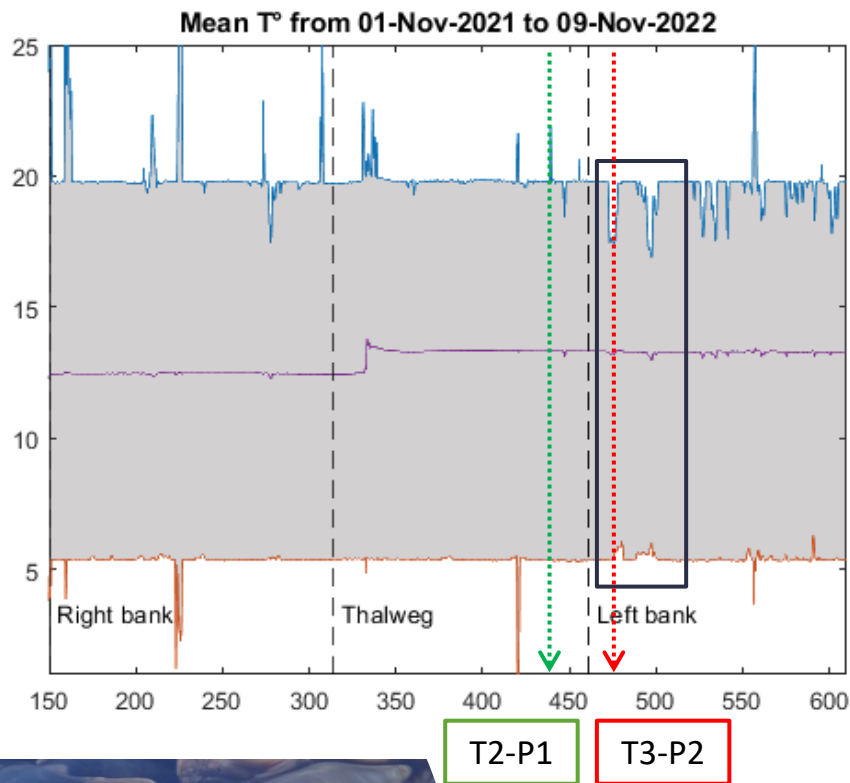


- ✓ 1 mesure de pression (P°) différentielle nappe-rivière
- ✓ 4 mesures de températures verticales dans la zone hyporhéique

Cartographie HF spatiale et temporelle de T_{eau}



Détection d'anomalies thermiques

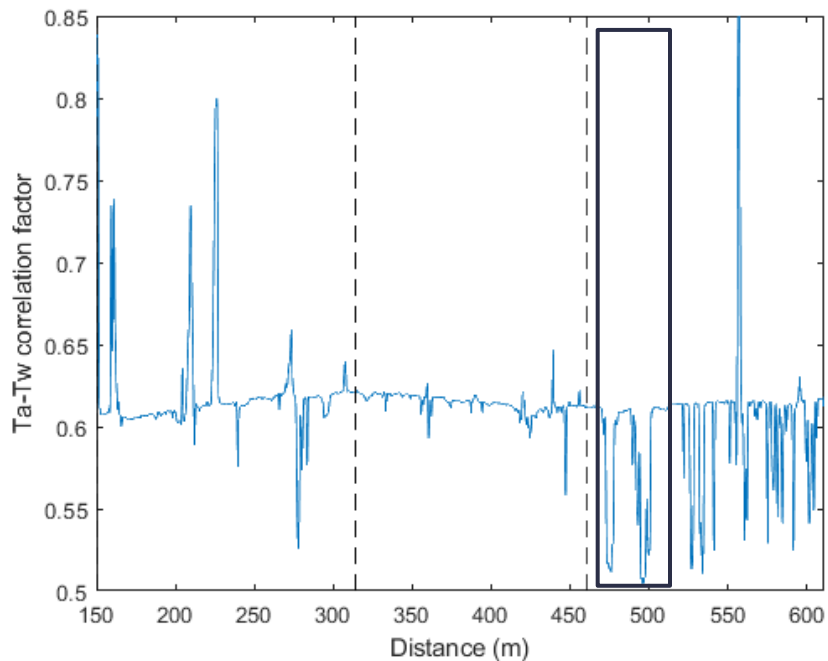


- Moyenne temporelle le long de la fibre.
- Pics extrêmes → fibre hors de l'eau mesure de la température de l'air.
- Mise en évidence d'anomalies thermiques « tamponnées ».
- Identification d'emplacements pour dispositifs MOLONARI.

T2-P1 : site de référence

T3-P2: site avec
anomalie thermique

Détection d'anomalies thermiques

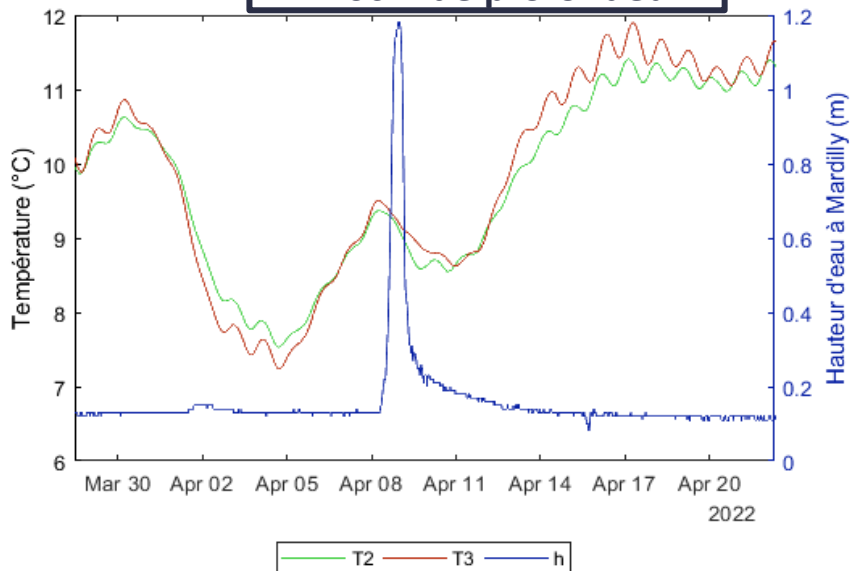


Corrélation T_{air} par rapport à T_{eau} moyenne sur l'année

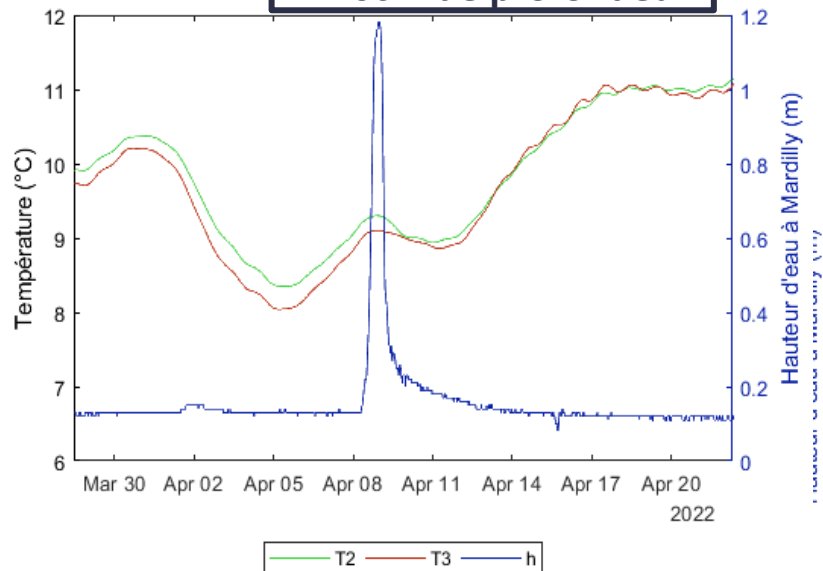
- Pics « positifs »: fibre hors de l'eau en basses eaux
- Pics « négatifs »: amortissement de la réponse T_{eau} par rapport à T_{air}

MOLONARI: températures verticales

A 10cm de profondeur



A 40cm de profondeur



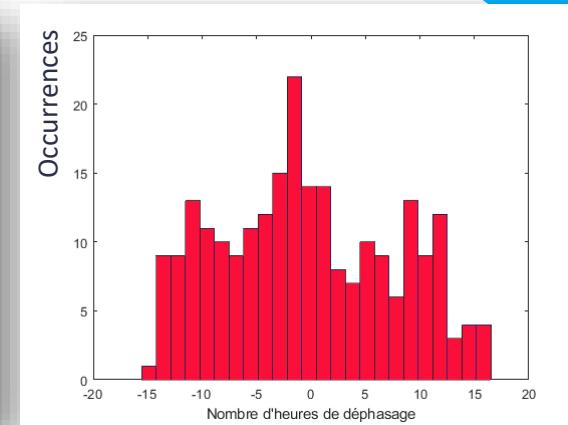
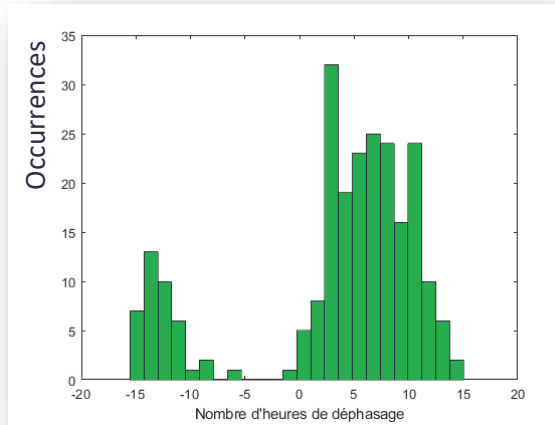
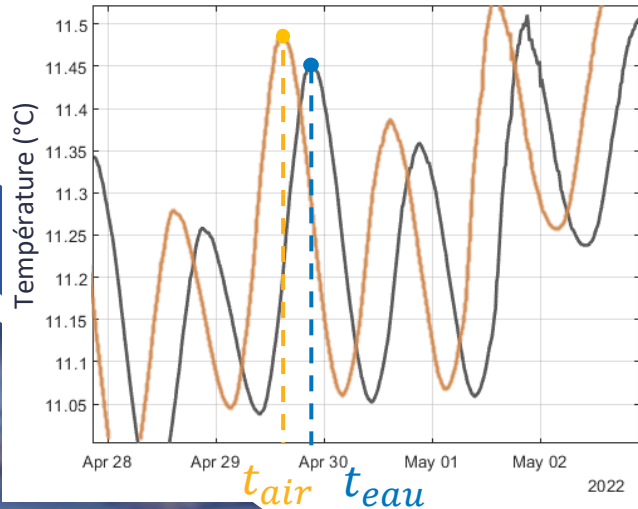
Après une crue

Site T2: reprise du suivi de T_{air} par T_{eau} très rapide

Site T3: délais plus long avant remontée en température (entre 4h et 6h)

Déphasage des signatures thermiques

$$\text{Déphasage } \Delta t = t_{\text{eau}} - t_{\text{air}}$$

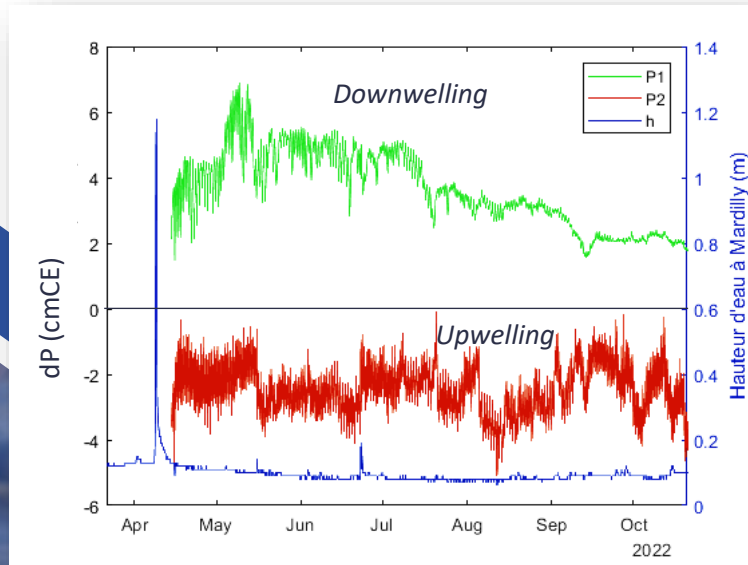


Site T2: majorité des déphasages entre T_{air} et T_{eau} entre 3h et 8h

Site T3: grande dispersion des valeurs

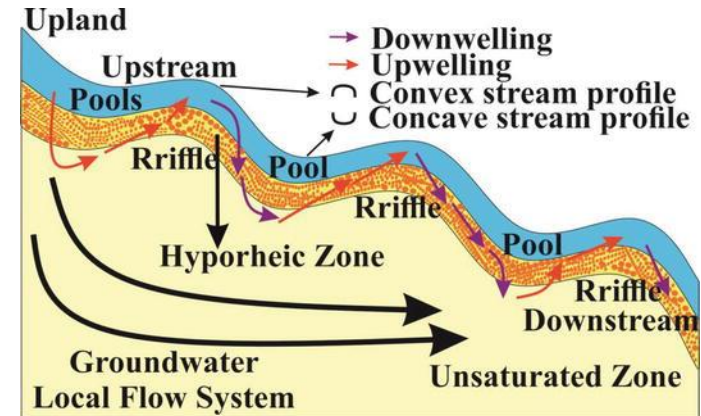
→ Site T3 moins sensible aux variations journalières climatiques

MOLONARI: Pression différentielle (dP)



Différence de hauteur d'eau équivalente entre 2 sites:

- Site de référence : valeurs positives
→ pression plus importante côté rivière
- Site avec anomalie: valeurs négatives
→ pression plus importante côté nappe



Akhtar et al (2020)

Confirmation d'arrivées d'eau de nappes
→ Calcul de flux verticaux possible

Conclusion et perspectives

- ✓ Dispositif fibre optique installé et maintenu en fonctionnement pendant 1an
 - ✓ Zones d'apport d'eaux souterraines identifiées
 - ✓ Différents points d'arrivée d'eau + références instrumentés avec dispositifs MOLONARI
-
- ❖ Comparaison de différents modèles de flux verticaux (Ginette, 1DTempPro, Vflux) sur les points MOLONARI
 - ❖ Extrapolation des flux verticaux sur l'ensemble du site mesuré par fibre optique
 - ❖ Prédiction de la température de l'eau à partir de la température de l'air → associer la prédiction d'échanges thermiques
 - ❖ Proposer des scenarii d'évolution de la répartition des points froids avec les scenarii de changements climatiques

Merci pour votre attention!



Remerciements:

Florent Guibert, DREAL Normandie, Caen
Pascal PICHELIN, Institut Agro, Rennes
La mairie de Mardilly, Mardilly
Agnès Rivière, Geosciences, Fontainebleau
Le pôle ANATER, UMR SAS, Rennes

