

## **CR réunion démarrage projet ThermieFRance, 4-5 septembre 2025, INRAE RiverLy, Lyon**

Rédaction : F. Moatar, G. Bouleau, G. Grenouillet

### **41 participants, voir liste des participants en annexe**

**Présentation du programme OneWater et de l'Appel à projets Wall-Free Lab (Th. Datry).** Présence Kamilia Latamna, chargée de communication OneWater et cheffe de programme, Lucie Salomon en visio

Principaux points à retenir :

- Associer l'ANR à chaque réunion plénière (annuelle) du projet
- Importance de la synthèse interdisciplinaire du projet
- Volet formation très important dans le projet, pour les docs, masters, à ouvrir à la communauté OneWater. H2O est impliqué à la fois dans ThermieFrance et PEPR OneWater
- Les thèses en lien avec OneWater, peuvent être labélisées OneWater
- Chaque 4<sup>e</sup> vendredi de chaque mois sur Zoom de 10h à 12h, les membres du codéfis et interdéfis se réunissent pour partager les avancées des projets, les évènements et autres sujets pertinents. (pour resp. projet et formation)
- 12-13-14 janvier réunion PEPR OneWater en présentiel à Paris pour échanger autour de plusieurs sujets clés, parmi lesquels : le lancement de la phase 2 des PC du programme, un point d'étape sur les mesures prises 6 mois après l'évaluation à 3 ans par le jury international (et la préparation du rapport à 12 mois demandé par le jury international), les actions à mener avec un point sur le volet consacré à la formation. Les responsables du projet ThermieFrance sont conviés.
- Forum docs et post-docs OneWater, à envoyer la page trombinoscope complétée pour les doctorants, post-docs ThermieFrance et labélisés
- Concernant les règles de communication. Pour les diffusions d'information relatives au projet (recrutement, actualité, évènement), merci d'informer l'équipe OneWater. OneWater peut aussi relayer des publications sur les réseaux sociaux. Sur les publications, présentations et communications du projet ThermieFrance, doivent être présents :
  - - la référence ANR du projet Thermie (ANR-24-PEXO-0002)
  - - la Mention de France 2030
  - - le logo de France 2030
  - - La mention « Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence ANR-24-PEXO-0002 dans le cadre du programme national de recherche OneWater – Eau Bien Commun »
- Ces mentions devront enfin être intégrées à nos publications scientifiques, notamment dans HAL : PEPR\_ONEWATER ([https://hal.science/PEPR\\_ONEWATER/](https://hal.science/PEPR_ONEWATER/))

### **Contexte et objectifs projet**

On a longtemps pensé que la température de l'eau pouvait être approximée efficacement par la température de l'air. En réalité ce n'est pas suffisant du fait des différences de température entre eaux de surface et eaux souterraines, entre deux affluents, entre l'amont et l'aval d'un rejet chaud et des différences de connectivité entre ces eaux selon les lieux. La ripisylve (refroidissement) et les seuils (réchauffement) ont aussi des effets. Du coup important de varier l'étude des échelles spatio-temporelles. Les eaux chaudes l'hiver et les eaux froides l'été peuvent constituer des refuges thermiques pour les espèces aquatiques, principalement les poissons. Favoriser ces refuges et bien évaluer que ce sont des refuges (cf papier de Meija et al. Global Change Biology) permet d'augmenter

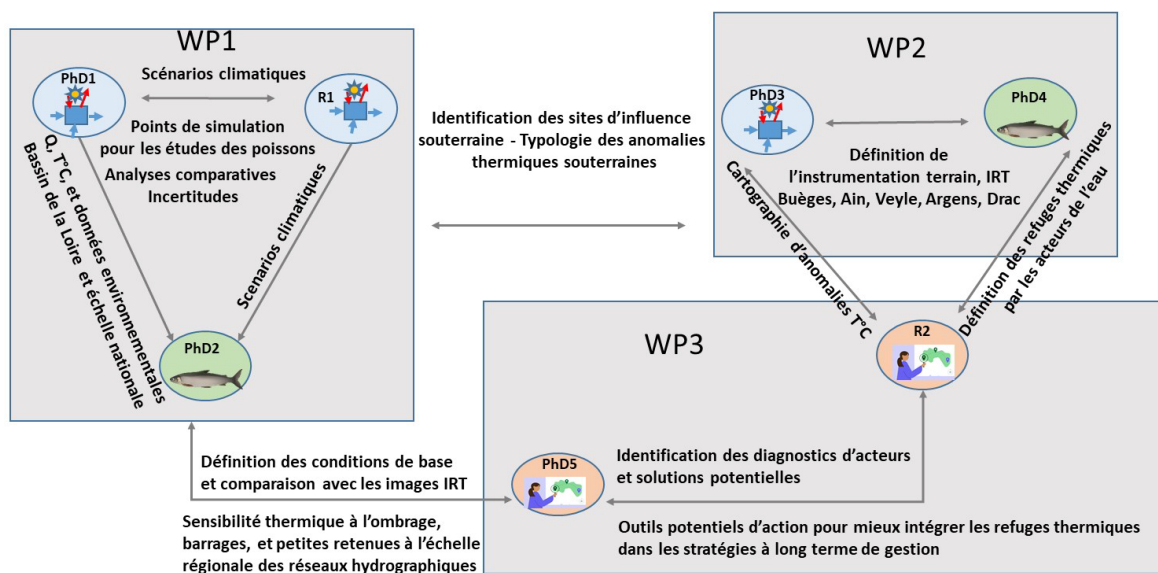
la résilience des espèces au changement climatique, à l'échelle des BV, et à l'échelle nationale. La question générale de ce projet n'est pas de savoir si la température de l'eau va augmenter ou pas, mais plutôt de combien elle va augmenter et où, quelle sera sa variabilité et quelles seront les incidences écologiques et socio-environnementales de cette variabilité.

## Organisation du projet

**WP1 : Evolution actuelle et projections futures des régimes thermiques**, hydrologiques et des réponses des communautés piscicoles aux échelles régionales et nationales : une thèse en modélisation physique, hydrologique, thermie GRSD-TNET (PhD1, Jean-Christophe Duffet, Hycar, INRAE), une thèse en modélisation de la distribution des espèces piscicoles sous changement climatique (PhD2, recrutement en cours à CRBE, Toulouse) et un postdoc (R1, en 2026 ou 2027) sur la modélisation thermique à l'échelle nationale (changement d'échelle bassin Seine) en intégrant les flux de chaleur des aquifères et les activités anthropiques (prélèvements, barrages) (ORCHIDEE-CaWaQs, ISBA-CTRIP).

**WP2 : Les refuges thermiques.** Il s'agit d'anomalies thermiques froides et chaudes qui sont utilisées par les poissons pour leur thermorégulation, bénéfiques adaptatifs. Une thèse en sciences physiques (hydrogéologie, géomorphologie) (PhD3, Enzo Bronnec-Castanet, BRGM Montpellier) et une thèse en écologie et physiologie (PhD4, recrutement à Recover, Aix en 2026).

**WP3 : Scénarios possibles** pour atténuer les impacts du CC sur les poissons en jouant sur les refuges (ombrage local) et sur les actions qui modifient la température moyenne (ombrage à plus grande échelle, gestion des retenues, arasement de seuils), en lien avec les acteurs. Analyse des scénarios : une thèse (PhD5) et un post-doc en SHS (R2)



## Relevé de décisions WP1. Echelle bassin, Echelle nationale

- 3 types de couplages de modèles (réservoirs, base physique, mixtes) : 1) GRSD-TNET (PhD1, échelle nationale, tests bassin Loire, Saône, Seine) ; 2) ORCHIDEE-CaWQs (Seine) ; 3) ISBA-CTRIP (échelle nationale) ; Travailler en synergie pour échanger données, formalismes, projections, incertitudes, et avec la thèse en modélisation des espèces piscicoles.

- Coordonner les formalismes et les données pour les échanges nappe rivière : formalismes bassin Seine, AQUATHERMIE, TIGRE2
- Besoin d'échanger entre modélisateurs sur les données d'entrée, les formalismes des différents modèles ; Besoin de bases de données végétation (hauteur, localisation, voir Lidar, MNE/MNS) ; Intégration des impacts anthropiques (au moins sur qqs sites)
- Interroger les producteurs de données de températures (eaux de surface- TIGRE2 et souterraines- BRGM) sur la possibilité de les partager avec les chercheurs du projet ThermieFrance.
- Questions sur le timing de la disponibilité des données physiques, notamment pour la thèse écologie ; Pour la modélisation des espèces piscicoles, disponible tout de suite deux bases de données de températures de l'eau simulées à l'échelle des réseaux hydrographiques : 1) échelle France, réseau RHT, températures moyennes max sur 30 et 7 jours consécutifs les plus chaud (2009-2018) (*Beaufort et al, 2020*), simulées par 3 types de modèles (Random forest, réseaux de neurones, régression multiple). Les variables explicatives – caractéristiques des bassins – peuvent être disponibles, mais déjà intégrées dans les modèles ; 2) échelle bassin de la Loire, températures de l'eau journalières simulées par le modèle TNET à base physique et débits journaliers simulés par le modèle EROS (1963-2019 ; avec forçages atmosphériques SAFRAN ; 2005-2100 avec projections climatiques scénarios 4.5 et 8.5 et 3 modèles climatiques (sec-très chaud ; intermédiaire ; humide et chaud) (*Syedhashemi et al, 2022*). Ces simulations ont déjà été utilisées dans la thèse de Coline Picard (dir. A. Maire) sur des modèles explicatifs d'abondance des poissons et macroinvertébrés. Attention, ces modèles ne prennent pas en compte les seuils, barrages, prélèvements.
- Echelle France, thèse de Marion Moussay (financement OFB), pourrait produire des nouvelles métriques spatialisées à l'échelle France en 2026 (ex. températures moyennes minimales, autres métriques à discuter avec l'équipe des biologistes du WP1 et WP2 ; à partir de la base TIGRE1 et modèles Beaufort et al, 2020 ou la nouvelle base de données TIGRE2 et nouveaux modèles, variables explicatives. A voir quelle information « débits » à introduire dans ces modèles. Il serait intéressant de travailler avec les débits simulés (ex. GRSD, projet Explore) dans les 4000 points et les redistribuer en fonction de la taille des bassins versants sur le réseau BDTopage ou RHT. Avantage, on peut produire des projections futures pour certaines métriques de température de l'eau en fonction des projections débits et température de l'air (Explore2 pour aller vite). Cependant, une première phase de critique de la base TIGRE2 (5000 stations, mais hétérogènes) est nécessaire.
- La thèse écologie (PhD2) utilisera les données OFB poissons, prises sur les 20 dernières années, distribution d'espèces avec avancées sur connectivités des sites (limites de dispersion des espèces) et modèles des taux de colonisation et d'extinction en intégrant les facteurs environnementaux comme le climat. Permet de projeter la dynamique des modifications d'aires de répartition des espèces. On reboucle avec les données physiques, si des écarts existent entre modélisations écologiques et données de terrain.
- Les réunions mensuelles du WP (par groupe disciplinaire ou en interdisciplinaire) avec l'ensemble des chercheurs impliqués sont nécessaires, même si les thèses/ post-docs démarrent plus tard.

### Relevé décisions WP2. Echelle locale

- **PhD3** (démarrage novembre 2025) : Typologie et dynamiques des refuges thermiques selon l'origine des eaux souterraines. Instrumentations déjà existantes sur certains sites (Argens, Drac, Veyle ..) ; Modélisation numérique des écoulements et échanges de chaleur, influant potentiellement l'exploitation des données d'imagerie infrarouge.

- Phd4 (démarrage septembre 2026) : utilisation des habitats thermiques pour les poissons, en se concentrant sur les refuges froids estivaux dans l'Ain et les refuges chauds hivernaux à la confluence Buèges, Herrault, avec un modèle DEB pour comprendre les avantages adaptatifs. Site particulier de la Buèges qui apporte des eaux froides dans l'Hérault l'été et des eaux chaudes l'hiver, mais ceci est une hétérogénéité thermique de confluence, pas en lien avec les nappes. Les piscivores (loutres et oiseaux) bénéficient d'accumulation de cyprinidés dans des refuges chauds l'hiver. Si réchauffement, modification / facilité de nourrissage pour les piscivores l'hiver. Budget énergétique. Sur l'O2, la diffusion de l'O2 augmente avec la température, donc certes on perd en concentration, mais en partie compensé. Des adaptations possibles par le métabolisme des mitochondries. Biblio pas claire si O2 a un réel impact sur les performances des poissons si on n'est pas dans des anoxies très fortes. Quid de l'effet du stade de développement des poissons ? quid de la variabilité intraspécifique. Végétation peu d'effet sur la température moyenne dès que la largeur du cours d'eau ou canal dépasse 20 m, donc très peu d'effet sur la moyenne, mais des microhabitats thermiques locaux.
- Approche de l'hétérogénéité spatiale des habitats thermiques et présence poissons. Idéalement modèle 3D et poissons individuel. RiverLy l'a fait sur la centrale du Bugey. Mais c'est très lourd, qqs espèces sur un site, 16 km de câbles dans le Rhône... Ici, plusieurs sites côté physique dans l'espace et dans le temps. Et répartition spatiale des poissons et dans le temps. => avoir au moins un tronçon commun où les Hydrogéologues et morpho connaissent (possibilité Drac, Veyle, Ain ...), et où les écologues connaissent un peu la variation des communautés de poisson (possibilité Ain arrivée d'eau froide été, Buèges affluent Hérault) => convergence sur le site de l'Ain dans la thèse d'Enzo (PhD3). AESN : bassin de l'Orgeval : l'été des aquifères = mars, des écarts entre rive droite et gauche, décalage important / Ain.

### Relevé de décision WP3

- Tester des scénarios pour atténuer les amplitudes de température et augmenter la résilience thermique des tronçons fluviaux. Impliquer les gestionnaires dans le processus de production de connaissance. Coproduire sur les solutions potentielles. Quantifier des bénéfices, aller vers des solutions. Reboiser ? Quand ? où ? seuils sur la Saône hyper sensible à l'échauffement : autre levier, retirer les seuils ... Thèse 5 (**PhD5**) : définir des conditions initiales, des stratégies de reboisement, la préservation de l'hétérogénéité thermique (en réduisant les prélèvements dans les nappes), effet des seuils et barrages. Sortie du modèle Tnet et confrontation avec sorties terrain, Imagerie IRT. La thèse visera à identifier des scénarios pour atténuer les effets de l'augmentation de température via la préservation de refuges thermiques ou l'atténuation de l'augmentation moyenne de la température du chenal lors des pics de chaleur estivaux. Le post-doc et le master : préparer la discussion de ces scénarios avec des enquêtes en amont et conditions de discussion et de coproduction de cartes.
- Postdoc : que pensent les acteurs de ces augmentations de température en rivières et de la production de données, promotion d'un forum hybride et d'une approche participative. Il semble pertinent de positionner le postdoc en début de projet sans attendre le démarrage de la thèse sur les solutions. Enquête auprès de 20 fédés les plus expertes et quelques acteurs GEMAPI, pour partager attentes et inquiétudes à la mise en place d'un espace de commune mesure et ses équivalences. **Intérêt à trouver complément de financement d'un an pour un post doc de deux ans, pour qu'il participe aux deux forums. Avec complément EUR (fiche action à rédiger et à porter par EVS/Fabrice)**
- **Forum hybride** : attention pour beaucoup de chercheurs et gestionnaires ce terme signifie arène de négociation avec le grand public pour l'acceptabilité des solutions. Il vaut mieux parler de **groupe d'experts** comprenant scientifiques académiques du projet et experts des fédés et des

structures gemapi. forums hybrides = pas négociation et acceptation sociale, mais partage d'info et apprentissage commun entre experts pour se mettre d'accord sur une future cartographie commune des motifs froids / refuges potentiels. Conditions, compréhension de la précision disponible et partage aussi des craintes et opportunités sur le partage.

#### Trois groupes d'experts à programmer :

**Année 1** : réunion d'échange **échelle nationale** sur les enjeux de constitution d'un espace de commune mesure sur la T° moyenne et sur les refuges potentiels/motifs froids. Ces données iront-elles à la recherche / à la statistique publique ?

**Année 2** : confrontation des savoirs sur les refuges connus des fédés et détectés par des campagnes IRT (environ 25 tronçons fluviaux connus en France), **échelle France entière avec des focus sur les zones connues** par les deux types d'expertise. => production de cartes communes et décision sur la complémentarité de ces données selon leurs sources.

**Année 3** : discussion sur les solutions. Partager les connaissances sur les états thermiques, les drivers. Et sur les solutions à envisager avec des acteurs différents: reste encore à préciser l'échelle France entière ou bien en ciblant un terrain (Ça peut compléter un forum local mais si on n'a qu'un forum, il faut qu'il soit national pour le projet) qui aurait pu être exploré en amont par une grappe de master ? A préciser aussi les personnes concernées. Ce sont potentiellement tous les utilisateurs de l'eau car dès qu'on pompe ou qu'on rejette cela a un effet sur la température de l'eau. Exemple de solutions : lâchers de barrages, ripisylve, suppression seuils, augmentation débit réservé, renoncer aux migrants, remplacement des petites retenues par zones humides, rivières intermittentes, mieux pour l'écologie ?

#### Formation avec l'aide de H2O Lyon

- Des modules intensifs 3 classes à distance et mise en situation sur le terrain (définis dans le projet). En lien avec Onewater. ; un module de formation doctorale. => pourraient faire une synthèse à transmettre aux acteurs du 3<sup>ème</sup> forums hybrides ; **Plutôt en 2027 ; voir les solutions de financement de ces formations par les acteurs de l'eau (ex. AESN)**
- Masters : grappe de 3-5 masterants. Réponse interdisciplinaire à la problématique. Avec partenaires socioéconomiques. Cofinancé par le partenaire ou un projet de recherche appliqué. AMI en hiver pour des sujets. Etudiants mS IWS ou autres universités. Mise en œuvre avec projet tutoré au premier semestre et stage ensuite. Plusieurs pistes : 1) Sur la Dordogne où il y a un cluster opérationnel dimension thermie nappe au printemps 2026, la question se pose de l'associer au projet. 2) Echelle nationale WP1 : étudiant physique machine learning sur la critique des données, localisation piézos-rivières, échanges nappe-rivières, ; modèles pour les communautés ; SHS – discussions mesure de la température – voir avec OFB, Ministère; 3) Sujet proposé par l'association des fédérations de pêche Provence Alpes-cotes d'azur

#### Futures réunions

- Réunion avec l'ANR, représentants établissements/labos
- Une réunion mensuelle par WP en visio (même 1h, important pour la dynamique du WP, et les interactions entre disciplines). FM en copie
- Trois réunions annuelles pour le projet (printemps, avant été, fin automne) dont une en présentiel (avec les acteurs, à priori en septembre 2026). A voir si organisation dans une ville différente, ou l'on garde Lyon

## Questions diverses

Santé des poissons : pas de consensus sur les cycles des virus et des parasites : parfois ça favorise, parfois ça défavorise, des émergences. On ne va pas sauver les poissons, on augmente leurs chances. Avec le modèle DEB on pourra regarder leur état de santé / trophique. Hôte/parasite : le parasite ne tue pas son hôte, mais le refuge en revanche c'est blanc / noir.

Fédé : attention, les anomalies thermiques soit-disantes favorables pour des espèces ne le sont pas si il n'y a pas le débit nécessaire ou pas l'oxygène dissous. Il faut regarder aussi l'abondance au-delà de la présence absence.

Besoins de demander aux acteurs leurs infos sur les changements d'usage des acteurs. Nouvelles installations. Grands changements d'occupation du sol. Prime pour nouvelles essences : noisetiers. Stockage d'hydrogène, grandes routes.

EAWAG en Suisse ont mis à disposition des données températures sur les lacs, retours d'expérience à aller chercher.

Les SDAGE intègrent déjà les effets observés du CC. Avec le projet France thermie on va avoir des informations complémentaires sur l'évolution des masses d'eau en bonne qualité. EDL = aussi analyse des pressions et analyse du risque intègre le risque de dégradation du bon état sur RMC, pas sur LB.

## Références bibliographiques citées

Beaufort A., Diamond J., Sauquet E., Moatar F. (2022). Spatial extrapolation of stream thermal peaks using heterogeneous time series at a national scale. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26 (13), 3477-3495, <https://dx.doi.org/10.5194/hess-26-3477-2022>

Mejia, F. H., Ouellet, V., Briggs, M. A., Carlson, S. M., Casas-Mulet, R., Chapman, M., Collins, M. J., Dugdale, S. J., Ebersole, J. L., Frechette, D. M., Fullerton, A. H., Gillis, C.-A., Johnson, Z. C., Kelleher, C., Kurylyk, B. L., Lave, R., Letcher, B. H., Myrvold, K. M., Nadeau, T.-L. ... Torgersen, C. E. (2023). Closing the gap between science and management of cold-water refuges in rivers and streams. *Global Change Biology*, 29, 5482–5508. <https://doi.org/10.1111/gcb.16844>

Syedhashemi H., Moatar F., Vidal J.-P., Thiéry D. (2023). Past and future discharge and stream temperature at high spatial resolution in a large European basin (Loire basin, France). *Earth System Science Data*, 15 (7), 2827-2839, <https://dx.doi.org/10.5194/essd-15-2827-2023>

## Annexe – liste des participants

- Flora Branger, Chercheure INRAE, modélisation hydrologie distribuée, RiverLy, Lyon
- Florentina Moatar, resp. projet, INRAE, hydrologue, spécialiste de la température, RiverLy, Lyon
- Thierry Oberdorff, chercheur IRD, écologie des communautés, indicateur poisson il y a 30 ans, CRBE, Toulouse,
- Jérôme Béliard, chercheur INRAE, écologie des communautés de poissons, Hycar, Antony, Paris
- Jean-Christophe Maréchal, hydrogéologue, UMR G-EAU, sources karstiques, G-Eau, Montpellier
- Alienor Jeliakov, INRAE, changement de distribution des poissons, HYCAR, Antony, Paris
- Hervé Piégay, CNRS, géomorphologie fluviale, hétérogénéité thermique en cours d'eau par télédétection, EVS, Lyon
- Yann Voituron, professeur, biologiste, écologie thermique, ectothermes, physiologie, Univ. Lyon 1
- Isabelle Costaz-Puyou, chargée mission GRAIE, milieu aquatique, Saône
- Bertrand Decharme, CR CNRS, météoFrance, échelle globale et continentale, avec Simon Munier échelle France
- Thibaut Feret, Agence Eau Adour Garonne, pour le groupe national thermie, intérêt pour les nouvelles mesures
- Sonia Decker, AESN, référente pour le PIREN Seine, intérêt pour des solutions
- Agnès Rivière, chercheuse mines de Paris et Métis, modélisation de la température, géophysique, échanges nappe-rivière

- Gabrielle Bouleau, chercheuse INRAE, sciences politiques, LISIS, Paris
- Martin Daufresne, chercheur INRAE, écologie thermique, population, habitat thermique, UR Recover, Aix-en-Provence
- Jérémy Don, Fédération nationale de la pêche en France, poissons têtes de réseau hydrographique, Paris
- Adeline BLARD-ZAKAR, OFB, surveillance thermique nationale des cours d'eau, BD sur thermie cours d'eau et plans d'eau
- Nicolas Lamouroux, chercheur INRAE, débit écologique, habitat physique + habitat thermique, RIVERLY, Lyon
- Gaël Grenouillet, resp. formation ThermieFrance, changements globaux et communautés piscicoles, CRBE, Toulouse
- Nicolas Poulet, chargé mission recherche OFB, biodiv continentale, thermie-biologie, RNT en 2008, Vincennes
- Hanieh Seyedhashemi, ing. EDF, modélisation de la température des cours d'eau, R&D LNHE Chatou
- Anthony Maire, ing. EDF, incidence température sur milieu aquatique, biologie, R&D LNHE Chatou
- Arnaud Sentis, chercheur INRAE, biologie intégrative, physiologie, interaction trophiques, Recover, Aix-en-Provence
- Véronique Gouraud, Ing. EDF impact écologique des débits réservés et éclusées, R&D LNHE Chatou
- Adrien Selles, chercheur BRGM, hydrogéologue, UMR G-Eau, Montpellier
- Marion Moussay, doctorante modélisation statistique des températures, UR RiverLy, dir. F. Moatar/A. St-Hilaire (Canada)
- Enzo Bronnec-Castanet, doctorant ThermieFrance, WP2, anomalies thermiques, BRGM Montpellier/EVS Lyon
- Guillaume Hevin, IR INRAE, développement couplage de modèles hydrologique et thermique, ripisylve, RiverLy, Lyon
- Jean Marçais, chercheur INRAE, modélisation hydro(geo)logique, contribution des aquifères aux rivières, RiverLy, Lyon
- Alban deLavenne, CR INRAE, modélisation couplage hydrologique et thermique, Hycar, Antony
- Jean Christophe Duffet, doctorant ThermieFrance, WP1, couplage modèle GRSD et un modèle thermique, dir. A.deLavenne/F. Moatar
- Jean Pierre Faure, fédé pêche Rhône, intéressé aux données thermiques depuis 20 ans, Lyon
- Fabio Terena, Post doc Projet Europeen EDF/RiverLy, modélisation habitat physique et thermique, UR Riverly
- Stéphane Stroffek, AERMC, métrologie, effet écologique, incidence sur les usages et effet sur les équilibres écologiques,
- Julie Jeanpert, AERMC, contribution des nappes souterraines à la température des cours d'eau, Lyon
- Maxence Forcellini, Ing. Rech. INRAE, méthodes à transposer des poissons vers les invertébrés, Riverly, Lyon
- Thibault Letertre, ARBE Région Sud, PACA, gestionnaires de milieux aquatiques, découvrir le projet et comment mobiliser les gestionnaires
- Ethel Verdier-Bremaud, Ministère, DEB, suivi thermie au niveau national
- Laetitia Buisson, MdC, Univ. Toulouse, thermie sur poisson et changement climatique il y a qqs années, CRBE, Toulouse
- Claire-Lise Meyer, chargé de mission H2O Ecole Universitaire de recherche des sciences de l'eau et des hydrosystèmes, Lyon
- Gersende Frenandes, post-doc OneWater, PC6, solutions fondées sur la nature, RiverLy
- Delphine Ruiz, directrice technique, Association Fédérations de Pêche, Provence –Alpes Cotes d'Azur,