

Fiche projet Accord Cadre ZABR – Agence de l'eau

2022- GESFON - *Evaluation des conséquences de mesures de gestion sur le fonctionnement d'un écosystème lacustre modèle (lac de Chavoley), à l'aide d'une approche multi-échelle et d'outils innovants*

INTITULE DU PROJET : Evaluation des conséquences de mesures de gestion sur le fonctionnement d'un écosystème lacustre modèle (lac de Chavoley), à l'aide d'une approche multi-échelle et d'outils innovants

Responsable scientifique du projet :

- **Nom :** ETIENNE
- **Prénom :** David
- **Organisme du contact :** Univ. Savoie Mont Blanc - CARRTEL
- **Fonction :** Maître de Conférences
- **Courriel :** david.etienne@univ-smb.fr

EQUIPES DE RECHERCHES ZABR CONCERNEES et CONTACT SCIENTIFIQUE DE L'EQUIPE

CARRTEL, USMB, David ETIENNE (Maître de Conférences, David.Etienne@univ-smb.fr) ; Emilie LYAUTEY (Maître de Conférences, Emilie.Lyautey@univ-smb.fr)

CARRTEL, INRAE, Didier JEZEQUEL (Maître de Conférences en délégation INRAE, Didier.Jezequel@inrae.fr) ; Jean GUILLARD (Jean.Guillard@inrae.fr) ; Viet TRAN-KHAC (viet.tran-khac@inrae.fr)

EDYTEM, USMB, Emmanuel NAFFRECHOUX (Professeur, Emmanuel.Naffrechoux@univ-smb.fr)

AUTRES PARTENAIRES

- **Recherche :** Caractérisation acoustique des flux de bullage

ISTERRE, USMB, Jean VANDEMEULBROUCK (Maître de Conférences, Jean.Vandemeulebrouck@univ-smb.fr)
– *Accord de principe, implication sur fonds propres*

Laboratoire G-Time, Université Libre de Bruxelles, Corentin CAUDRON (Assistant Professor, corentin.caudron@gmail.com) – *Accord de principe, implication sur fonds propres*

- **Institutionnel :** Expertise et relais locaux sur le site d'étude

Conservatoire d'Espaces Naturels Rhône-Alpes (Antenne de l'Ain)

THEMATIQUE NATURE ET OPERATION

- Thématique : Etude recherche et réseau de suivi
- Nature du projet : Etude générale et recherche
- Type d'opération : Recherche et innovation
- **Intitulé de l'opération :**

LOCALISATION DU PROJET :

- **Commune principale et numéro INSEE :** à compléter
- **Sous bassin versant**
- **Nom du cours d'eau**
- Contrat (si intégré dans un contrat de rivière, un SAGE ou un autre contrat avec l'agence de l'eau)

RESUME DU PROJET GLOBAL

Résumé : Les gestionnaires nationaux (OFB) et locaux (CEN, Communautés de Communes, ...) des milliers de lacs en France s'appliquent à évaluer l'état trophique et fonctionnel de leurs systèmes lacustres pour déterminer des actions de gestion locales qui pourraient rétablir le « bon » fonctionnement écologique de ces milieux. Toutefois, définir la priorisation de ces actions de gestion et leurs impacts réels sur la dynamique trophique et le cycle du carbone dans les écosystèmes aquatiques reste difficile à évaluer et limite les réponses techniques que les scientifiques peuvent apporter au cours des dialogues auprès des gestionnaires des milieux aquatiques. En effet, l'impact de ces actions de gestion appliquées à l'échelle des bassins versants (modifications des usages des sols et des pratiques agricoles) et d'ingénierie au sein de la masse d'eau (soutirage hypolimnique et/ou aérateurs-bulleurs) sont souvent difficiles à appréhender du fait des phénomènes de résilience et d'hystérésis induisant des temps de « réponses » pouvant varier selon les caractéristiques des écosystèmes (superficie, profondeur, temps de résidence des eaux, ...). Une meilleure compréhension du rôle de ces modifications locales (volontaires ou historiques) sur les processus trophiques, les transferts en nutriments et en carbone est ainsi nécessaire pour offrir aux multiples gestionnaires des perspectives quant à la pertinence des actions de gestion sur les milieux lacustres.

Pour cela, le projet proposé s'intéressera à (i) caractériser les apports actuels au lac, à travers l'estimation des flux de nutriments de l'affluent principal et de matière organique de la zone humide connectée à l'écosystème en période de hautes eaux, (ii) mieux décrire le fonctionnement actuel du lac en lien avec la dynamique de l'anoxie des couches profondes de la colonne d'eau, les dynamiques spatiales et temporelles des flux de carbone, et notamment de CH₄ en lien avec la diversité des acteurs microbiens en jeu et (iii) évaluer les conséquences des changements d'usage des sols du bassin-versant et de la mise en place d'un pompage hypolimnique dans l'état trophique de la masse d'eau. Ce projet combinera des suivis en continu, des campagnes ponctuelles et une approche rétro-observation. Le déploiement d'outils innovants sera réalisé au cours de ce projet (hydrophones et drone acoustique, prototypes de préleveurs osmotiques et de chambres flottantes à capteurs à haute fréquence pour la détermination des flux de CO₂ et CH₄ à l'interface eau-air). L'ensemble des acquis permettra de valider les approches développées afin de les déployer sur d'autres écosystèmes lacustres.

ENCART 2022-GESFON-USMB : David ETIENNE

- **Deux équipes de l'USMB sont impliquées dans le projet : CARRTEL-USMB** (D. ETIENNE) sera en charge de la coordination et l'animation du projet (organisation des réunions, planification et réalisation des campagnes d'échantillonnage, centralisation des données et production des livrables). CARRTEL réalisera l'ensemble des analyses de l'approche paléo-limnologique (D. ETIENNE) et des analyses sur les communautés d'archées et de bactéries dans les sédiments (E. LYAUTEY). **EDYTEM-USMB** (E. NAFFRECHOUX) aura la responsabilité des analyses chimiques du bilan des apports en nutriments au lac.

ENCART 2022-GESFON-INRAE : Didier JEZEQUEL

- **Tache de l'équipe dans le projet : CARRTEL-INRAE** sera en charge des mesures de GES à l'interface eau-air en zone littorale et profonde, des profils *in situ* (sondes multi-paramètres), du suivi

du niveau du lac, de la température (D. JEZEQUEL) et de l'oxygène dissous (V. TRAN-KHAC), et du déploiement des outils acoustiques pour étudier la variabilité spatiale et temporelle de la contribution du bullage aux émissions de GES à l'atmosphère (J. GUILLARD).

CONTEXTE SCIENTIFIQUE :

Contexte général : Les lacs jouent un rôle important dans le cycle global du carbone en recevant, transformant, stockant, émettant et transportant celui-ci (Tranvik *et al.* 2009). Le stockage permanent de carbone (piégé dans les sédiments) a augmenté depuis un siècle à l'échelle globale, principalement du fait de l'eutrophisation des masses d'eau engendrée par les activités humaines (« *cultural eutrophication* » ; Anderson *et al.* 2020 ; Regnier *et al.* 2022). En effet, malgré de nombreux efforts d'assainissement des eaux de surface et d'actions de gestion ayant induit la ré-oligotrophisation de certains systèmes emblématiques (*e.g.* lacs d'Annecy, du Bourget, de Constance), une multitude de lacs continuent à subir ces processus d'eutrophisation induisant une dégradation des conditions d'oxygénation dans la zone profonde (Jenny *et al.* 2014) et une accumulation du carbone en zone benthique modulée par les impacts sur la structure biologique, la productivité et le fonctionnement trophique des lacs (Jeppesen *et al.* 2000). Du fait des effets du réchauffement climatique actuel et de la dégradation des conditions trophiques, il est anticipé que les émissions par les lacs de gaz à effet de serre (GES) puissent augmenter dans les prochaines décennies puisqu'ils sont des émetteurs potentiellement importants de carbone vers l'atmosphère, à la fois sous forme de méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone (CO₂) (Prairie *et al.* 2018). Toutefois, le bilan carbone des lacs est encore mal connu et sous-documenté (Hanson *et al.* 2014) entre des fonctions soit de sources ou de puits de carbone, puisque les lacs peuvent d'une part fixer le C_{inorg} (CO₂ atm) par photosynthèse, et d'autre part minéraliser le C_{org} provenant de sources autochtones et allochtones (production de CO₂ et CH₄).

Contexte ZABR :

- **Thématique ZABR :** Flux polluants, Écotoxicologie, Écosystèmes (FPÉE)
- **Site Atelier ou Observatoire ZABR :** hors site ZABR

Le lac de Chavoley (Ceyzérieu, Ain) couvre une faible superficie (13,4 ha) sur une profondeur maximale d'environ 15 m. Son bassin versant (87 ha) est très faiblement urbanisé et occupé par des forêts de feuillus et des zones agricoles (prairies pâturées, champs). Le lac appartient à un regroupement de propriétaires privés (SCI Lac de Chavoley) déléguant sa gestion depuis 2004 au Conservatoire des Espaces Naturels de l'Ain (CEN Ain). Des études limnologiques, paléo-limnologiques et biologiques récentes démontrent que ce lac monomictique (1) est eutrophe (et non « référentiel »), présente (2) une anoxie/hypoxie pérenne des couches profondes de la colonne d'eau, (3) une accumulation importante de matière organique dans le compartiment sédimentaire, (4) un transfert déficient de cette matière organique dans le réseau trophique, et (5) de fortes concentrations de méthane dans la colonne d'eau et le compartiment sédimentaire.

- **Besoin de connaissance Agence de l'eau :** Restauration et fonctionnement physique

FINALITE ET ATTENDUS OPERATIONNELS :

- **Objectifs scientifiques :**

Q1 – Quantifier les flux en nutriments actuellement transférés au lac : Les conditions trophiques actuelles du lac de Chavoley ne sont *a priori* pas concordantes avec les faibles densités de population et de superficies en terres agricoles sur le bassin versant, qui pourraient induire des transferts de nutriments vers la masse d'eau soutenant l'enrichissement trophique. Ceci pose la question du bilan actuel des flux d'apports de nutriments (C, N, P) vers le lac par le tributaire, les apports diffus et le recyclage interne de Phosphore. Le projet devrait permettre de définir (1) s'il existe des flux de nutriments conséquents vers le lac soutenant la production primaire ou si (2) les apports des tributaires sont faibles et donc que les conditions trophiques actuelles sont potentiellement « héritées » et maintenues notamment par du relargage de P en zone profonde.

Q2 – Caractériser les conséquences des conditions trophiques actuelles sur le fonctionnement lacustre : Il existe une forte hétérogénéité spatiale (zone littorale vs. profonde) et temporelle (quotidienne et saisonnière) de la production et des émissions potentielles de GES à l'atmosphère, qui sont conditionnées (1) par les changements de pression, de température et d'oxygénation de la masse d'eau, (2) par des

modifications de quantité et de qualité du C_{org} disponible à l'interface eau-sédiment et (3) par la diversité, l'abondance et l'activité des acteurs microbiens intervenant dans le cycle du carbone et plus particulièrement du méthane. Appréhender cette variabilité spatiale, temporelle et biologique est une des clés pour parvenir à dresser un bilan carbone, le plus cohérent possible, afin de déterminer le rôle de puit ou de source de ce système lacustre présentant ces conditions trophiques, mais également de déterminer si le fonctionnement du lac évolue au cours du temps, alternant entre des phases de plus fortes émissions de CO_2 et/ou de CH_4 , et de déterminer les facteurs de contrôle associés à ces changements.

Q3 - Déterminer les conséquences des changements d'usages et des mesures de gestion passées sur l'état trophique lacustre : L'approche paléo-limnologique rapide précédemment réalisée sur ce lac démontre un état écologique actuel non « référentiel » et établi depuis plusieurs décennies, sans déterminer ni les facteurs, ni la temporalité exacte des processus qui ont induit cette eutrophisation rapide. Les approches diachroniques basées sur le potentiel d'archivage des sédiments lacustres permettent de retracer les évolutions du fonctionnement lacustre (oxygénation, production primaire) mais également des usages des sols, et donc des transferts de nutriments théoriquement associés, qui ont pu induire l'état trophique lacustre. Cette approche offrira une évaluation *a posteriori* des dynamiques "historiques" et des actions de gestion sur la dynamique trophique et fonctionnelle de ce système.

- **Attendus opérationnels**

- Déploiement de méthodes innovantes pour évaluer l'hétérogénéité spatiale et temporelle des émissions de gaz à effets de serres pouvant être déployée sur des lacs aux contextes (trophiques, géologiques) différents en Rhône-Alpes
- Approche paléo-limnologique d'évaluation *a posteriori* des actions de gestion sur la dynamique trophique et fonctionnelle des lacs pouvant être déployée sur des lacs ayant fait l'objet d'actions de gestion spécifiques pour évaluation
- Validation d'outils hydro-acoustiques pour la caractérisation de la temporalité et des zones d'émission de GES
- Création d'un bilan trophique et fonctionnel complet du lac fournissant un état initial pour évaluer par la suite l'impact des futures actions de gestion sur ce système lacustre

DESCRIPTIF DETAILLE :

- **Méthodologie**

- **Actions Q1 :** Le tributaire principal localisé à l'ouest du lac (source du lavoir) sera équipé d'un préleveur automatique avec un prélèvement moyen réfrigéré toutes les semaines (250 mL toutes les 4h par temps sec ; 250 mL toutes les heures durant la montée et la descente de crue) sur lesquels seront mesurés le débit et quantifiés les principaux composés d'intérêt (MEST/MESO, COD, N Kjeldahl, NH_4^+ , NO_3^- , P_{tot} , PO_4^{3-} , Absorbance UV 200 à 400 nm), afin de dresser un bilan des flux de nutriments entrants dans le lac de Chavoley. Le lac est également connecté au nord, en période de hautes eaux, à une zone marécageuse pouvant également contribuer à des apports de C_{org} au système lacustre dans une proportion qui est aujourd'hui non déterminée. Ces apports seront évalués par de multiples carottages courts dans cette zone du lac pour déterminer la quantité et qualité de la MO qui s'est accumulée dans ce secteur du fait de transferts particuliers lors des périodes de connexion lac-marécage.
- **Actions Q2 :** La première action sera d'équiper le lac d'une chaîne de thermistors et oxymètres placés en zone centrale afin de mesurer en continu ces paramètres classiques de la colonne d'eau, en vue d'appréhender la stratification de la colonne d'eau et l'étendue des conditions d'anoxie. Le traitement des chroniques haute fréquence (10 min) d'oxygène dissous par la méthode des courbes journalières (Odum 1956 ; Escoffier *et al.* 2018) permettra d'en déduire le fonctionnement trophique du lac (hétérotrophie vs. autotrophie). Le recyclage interne du phosphore sera appréhendé par des déterminations de flux de P à l'interface eau-sédiment au moyen de la technique des chambres benthiques/incubation de carottes. La variabilité spatiale et temporelle de la contribution du bullage aux émissions de GES à l'atmosphère sera évaluée à l'aide d'outils acoustiques (hydrophones et drone équipé d'un sondeur acoustique) pour lesquels des campagnes journalières ou mensuelles ont déjà été réalisées sur le lac de Chavoley. Les flux de GES à l'interface eau-air seront déterminés en zone littorale et profonde durant plusieurs jours/semaines, sur les zones de bullage identifiées par les outils acoustiques, au moyen de chambres de mesures automatisées actuellement développées et dont nous pourrions bénéficier dès les premiers déploiements.

Le niveau du lac sera suivi au moyen d'un limnigraphe, ainsi que la pression atmosphérique et le vent afin de prendre en compte ces paramètres de forçage sur les émissions de GES. En parallèle de ces campagnes de mesures de flux de GES, la diversité des acteurs microbiens présents à l'interface eau/sédiment sera évaluée par des approches génomiques (ADN) ciblant les communautés archées et bactériennes totales (gènes codant l'ARNr 16S), ainsi que les communautés méthanogènes (via le gène *mcrA* codant la méthyl coenzyme M réductase) et méthanotrophes (via le gène *pmoA* codant la méthane monooxygénase particulaire) afin de déterminer la relation entre la diversité et l'abondance des acteurs et les productions / émissions en zone benthique (Lyautey *et al.* 2021a ; Lyautey *et al.* 2021b ; Tardy *et al.* 2021 ; Tardy *et al.* soumis). Enfin, un préleveur osmotique (Jannasch *et al.* 2004) sera déployé pendant plusieurs mois dans la colonne d'eau afin de suivre la dynamique des concentrations de méthane dissous (Lapham *et al.* 2013 ; Marcek *et al.* 2021).

- **Actions Q3 :** L'approche paléo-limnologique bénéficiera de l'étude rapide précédemment réalisée (Etienne *et al.* 2020) puisqu'elle a fourni un cadrage chronologique précis de la séquence sédimentaire pour les 150 dernières années, avec une précision temporelle de ± 2 ans. La reconstitution des changements d'usage des sols sera évaluée via des approches paléoécologiques classiques (pollens, ascospores fongiques) combinées à des approches moléculaires (ADN sédimentaire bactérien) permettant une évaluation à l'échelle du bassin versant de la dynamique végétale et des activités agro-pastorales (Etienne *et al.* 2015 ; Doyen and Etienne 2017). En parallèle, la dynamique trophique sera déterminée en reconstituant les communautés phytoplanctoniques via des approches ADN sédimentaire (analyses qPCR), des quantifications de pigments photosynthétiques (mesures HPLC), ainsi qu'une caractérisation de la matière organique (MO) archivée (C:N, $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$; Belle *et al.* 2016a). Finalement, le dénombrement et l'identification des communautés de Chironomideae dans les sédiments lacustres permettra de reconstituer les conditions d'oxygénation de la zone profonde ainsi que l'efficacité du recyclage de la MO dans le réseau trophique (Belle *et al.* 2016b).

LIVRABLES :

- Organisation de 2 réunions de pilotage avec l'ensemble des parties prenantes (scientifiques, gestionnaires de sites et agence de l'eau)
- Création d'une page web décrivant le projet GESFON sur le site web du CARTELE
- Rédaction et diffusion d'un rapport décrivant les objectifs, les résultats et les perspectives scientifiques et opérationnelles
- Rédaction et diffusion d'une fiche synthétique ZABR
- Référencement des métadonnées générées dans la base MetaZABR
- Organisation d'une réunion de restitution avec l'ensemble des parties prenantes (scientifiques, gestionnaires de sites et agence de l'eau)

DUREE DU PROJET : 2 ans

- **Date de début :** Janvier 2023
- **Date de fin :** Décembre 2024

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON N.J., HEATHCOTE A.J., ENGSTROM D.R., GLOBOCARB DATA CONTRIBUTORS (2020) Anthropogenic alteration of nutrient supply increases the global freshwater carbon sink. *Science Advances* **6** (16), <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw2145>
- BELLE S., VERNEAUX V., MILLET L., ETIENNE D., LAMI A., MUSAZZI S., REYS J.-L., MAGNY M. (2016a). Climate and human land-use as a driver of Lake Narlay (Eastern France, Jura Mountains) evolution over the last 1200 years: implication for methane cycle. *Journal of Paleolimnology*, <https://doi.org/10.1007/s10933-015-9864-0>
- BELLE S., MILLET L., VERNEAUX V., LAMI A., ETIENNE D., MURGIA L., PARENT C., MUSAZZI S., GAUTHIER E., BICHET V., MAGNY M. (2016b). 20th century human pressures drive reductions in deepwater oxygen leading to losses of benthic methane-based food webs. *Quaternary Science Reviews* **137**, 209-220.
- DOYEN E., ETIENNE D. (2017). Ecological and human land-use indicator value of fungal spore morphotypes and assemblages. *Vegetation History and Archaeobotany* **26**, <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0599-2>
- ESCOFFIER N., BENSOUSSAN N., VILMIN L., FLIPO N., ROCHAR V., DAVID A., METIVIER F., GROLEAU A. (2021) Estimating ecosystem metabolism from continuous multi-sensor measurements in the Seine River. *Environmental Science and Pollution Research* **25**, 23451-67.

- ETIENNE D., DESTAS M., LYAUTEY E., MARTIR., RUFFALDI P., GEORGES-LEROY M., DAMBRINE E., TOPP E. (2015). Two thousand-year reconstruction of livestock production intensity in France using sediment-archived fecal *Bacteroidales* and source-specific mitochondrial markers. *The Holocene*, 25: 1384-1393. <https://doi.org/10.1177/0959683615585836>
- ETIENNE D., MILLET L., RIUS D. (2020) *Diagnostic paléo-limnologique rapide du lac de Chavoley - Cadastre chronologique de la séquence sédimentaire*. Rapport d'étude CEN Rhône-Alpes, 13 p.
- HANSON P., BUFFAM I., RUSAK J., SATNLEY E., WATRAS C. (2014) Quantifying lake allochthonous organic carbon budgets using a simple equilibrium model. *Limnology and Oceanography* 59, <https://doi.org/10.4319/lo.2014.59.1.0167>
- JANNASCH W., WHEAT C.G., PLANT J.N., KASTNER M., STAKES D.S. (2004) Continuous chemical monitoring with osmotically pumped watersamplers: OsmoSampler design and applications. *Limnology and Oceanography : Methods* 2, 102-113.
- JENNY J.-P., ARNAUD F., ALRIC B., DORIOZ J.-M., SABATIER P., MEYBECK M., PERGA ME. (2014) Inherited hypoxia : A new challenge for reoligotrophicated lakes under global warming. *Global Biogeochemical Cycles*, <https://doi.org/10.1002/2014GB004932>
- JEPPENSEN E., JENSEN J.P., SØNDERGAARD T. L., LANDKILDEHUS F. (2000). Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater biology* 45 (2), <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00675.x>
- LAPHAM L.L., WILSON R.M., RIEDEL M., HOLMES M.E. (2013) Temporal variability of in situ methane concentrations in gas hydrate-bearing sediments near Bullseye Vent, Northern Cascadia Margin: In Situ Methane Concentrations. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 14 (7), <https://doi.org/10.1002/ggge.20167>
- LYAUTEY E., BILLARD E., TISSOT N., JACQUET S., DOMAIZON I. (2021a) Seasonal dynamics of abundance, structure, and diversity of methanogens and methanotrophs in lake sediments. *Microbial Ecology*, 82:559-571. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01689-9>
- LYAUTEY E., BONNINEAU C., BILLARD P., LOIZEAU J.L., NAFFRECHOUX E., TLLI A., TOPP E., FERRARI B.J.D., PESCE S. (2021b) Diversity, functions and antibiotic resistance of sediment microbial communities from Lake Geneva are driven by the spatial distribution of anthropogenic contamination. *Frontiers in Microbiology*, 12: 738629. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.738629>
- MARCEK H.A.M., LESAK L.F., ORCUTT B.N., WHEAT C.G., DALLIMORE S.R., GEEVES K., LAPHAM L.L. (2021) Continuous dynamics of dissolved methane over 2 years and its carbon isotopes ($\delta^{13}C$, $\Delta^{14}C$) in a small Arctic lake in the Mackenzie Delta. *JBR Biogeosciences* 126, <https://doi.org/10.1029/2020JG006038>
- ODUM H.T. (1956) Primary production in flowing waters. *Limnology and oceanography* 1, 102-117.
- PRAIRIE Y.T., ALM J., BEAULIEU J.J., BARROS N., BATTIN T., et al. (2018) Greenhouse Gas Emissions from Freshwater Reservoirs: What Does the Atmosphere See? *Ecosystems* 21, <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0198-9>
- REGNIER P., RESPLANDY L., NAJJAR R.G., CIAIS P. (2022) The land-to-ocean loops of the global carbon cycle. *Nature*, 603 (7901), <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04339-9>
- TARDY V., ETIENNE D., MASCLAUX H., ESSERT V., MILLET L., VERNEAUX V., LYAUTEY E. (2021) Spatial distribution of sediment archaeal and bacterial communities relates to the source of organic matter and hypoxia – a biogeographical study on Lake Remoray (France). *FEMS Microbiology Ecology*, <https://doi.org/10.1093/femsec/fiab126>
- TARDY V., ETIENNE D., MILLET L., LYAUTEY E. (SOUMIS) Lake littoral areas are underestimated potential source of methane production - a case study from Lake Remoray. Soumis à *Journal of Geophysical Research – Biogeosciences*.
- TRANVIK L.J., DOWNING J.A., COTNER J.B., LOISELLE S.A., et al. (2009) Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnology and Oceanography*, https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2298

PLAN DE FINANCEMENT : Voir le document « *Budget ZABR-2022-GESFON.xls* »

- RAPPELS -

Tout projet ZABR doit répondre à 5 critères : être pluridisciplinaire, entrer dans les problématiques scientifiques de la ZABR, impliquer au moins 2 équipes du GIS ZABR, s'appliquer sur un site ou un observatoire de la ZABR, provenir d'équipes ayant une production scientifique internationale garantissant la valorisation future du travail de recherche. Tous les renseignements sont disponibles sur le site internet de la ZABR. www.zabr.org

Remarque : le critère de site ou d'observatoire peut être levé s'il est démontré : soit que l'action est en lien avec des travaux en cours sur un site ou un observatoire de la ZABR (ex : test d'un outil sur un autre secteur), soit si l'action permet une analyse comparative avec les travaux réalisés sur les sites et observatoires et nécessite de passer à l'échelle du bassin versant du Rhône.

Modalités d'intervention de l'Agence de l'Eau :

Règle générale : une subvention de 50% d'un budget prévisionnel HT

Montant global alloué par l'Agence de l'Eau sur l'accord cadre AE ZABR : 250 k€ à 300 k€/an **Montant global alloué par l'Agence de l'Eau sur l'accord cadre AE ZABR : 250 k€ à 300 k€/an** avec une subvention par projet de 50 k€ à 70 k€ maximum