



**HAL**  
open science

## Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau à l'échelle nationale

D. Rebiere, P.A. Danis

► **To cite this version:**

D. Rebiere, P.A. Danis. Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau à l'échelle nationale. [Rapport de recherche] irstea. 2015, pp.43. hal-02602603


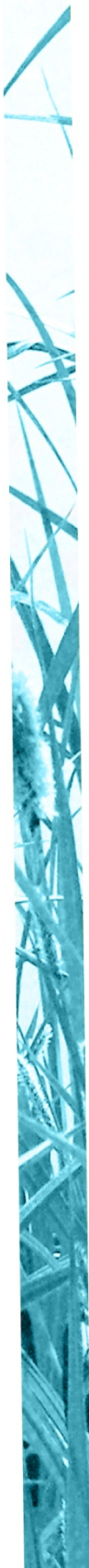
**HAL Id: hal-02602603**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02602603v1>**

Submitted on 16 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau à l'échelle nationale

**Rapport Final**  
**Décembre 2015**

Delphine REBIERE  
&  
Pierre-Alain DANIS

#### Contributeurs

Jean-Michel FOISSY, Julien DUBLON, Delphine LOUPSANS,  
Philippe MOULLEC, Gaël OLIVIER, Tiphaine PEROUX, Thierry  
POINT, Jean-Claude RAYMOND, Sylvain RICHARD, William  
SREMSKY, Baptiste TESTI, Jordi PRATS et des SD 05/83/38

## Les auteurs

---

### **Delphine REBIERE**

Irstea, UR HYAX, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

### **Pierre-Alain DANIS**

ONEMA, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

## Les contributeurs

---

### **Jean-Michel FOISSY**

ONEMA, DIR Méditerranée, Unité connaissance d'Aix en Provence, F-13547 Aix-en-Provence, France

### **Julien DUBLON**

Irstea, UR HYAX, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

### **Delphine LOUPSANS**

ONEMA, DCIE, F-94300 Vincennes, France

### **Philippe MOULLEC**

ONEMA, SD des Hautes-Alpes, F-05200 Embrun, France

### **Gaël OLIVIER**

ONEMA, DIR Auvergne-Limousin, F-63370 Lempdes, France

### **Tiphaine PEROUX**

Irstea, UR HYAX, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

### **Thierry POINT**

Irstea, UR HYAX, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

### **Jean-Claude RAYMOND**

ONEMA, Unité spécialisée milieux lacustres, F-74200 Thonon-les-Bains, France

### **William SREMSKY**

ONEMA, DIR Auvergne-Limousin, F-63370 Lempdes, France

### **Baptiste TESTI**

Irstea, UR HYAX, F-13182 Aix-en-Provence, France

**Jordi PRATS**

Irstea, UR HYAX, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

Les correspondants

---

**Emilie BREUGNOT**

ONEMA, DCIE, Direction générale de l'ONEMA, F-94300 Vincennes, France

**Jean-Marc BAUDOIN**

ONEMA, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

**Bénédicte AUGÉARD**

DAST, Direction générale de l'ONEMA, F-94300 Vincennes, France

**Martin DAUFRESNE**

Irstea, UR HYAX, Pôle Hydroécologie des plans d'eau Onema-Irstea, F-13182 Aix-en-Provence, France

Référence du document

---

Rebière Delphine & Pierre-Alain Danis (2015) : Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau à l'échelle nationale. Rapport final. Convention Onema/Irstea 2015. Pp 42.

<b>Droits d'usage :</b>	<i>accès libre</i>
<b>Couverture géographique :</b>	<i>national</i>
<b>Niveau géographique :</b>	<i>France</i>
<b>Niveau de lecture:</b>	<i>Professionnels, experts</i>
<b>Nature de la ressource :</b>	<i>Document</i>

Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau :  
Rapport final

## Sommaire

<b>Sommaire .....</b>	<b>4</b>
<b>Résumé .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Introduction générale .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Guide méthodologique : Protocole pour la réalisation de dispositifs de suivi pérenne de la température des plans d'eau .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Priorisation des lacs à équiper dans le cadre du réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Introduction .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Matériel &amp; méthodes .....</b>	<b>9</b>
3.2.1 Conception du questionnaire .....	9
3.2.2 Codage des réponses aux questions .....	10
3.2.3 Approches statistiques .....	11
<b>3.3 Résultats .....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Bilan général .....	12
3.3.2 Notation des lacs .....	19
<b>3.4 Liens avec la modélisation thermodynamique &amp; classification de Lewis .....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Discussion/conclusion .....</b>	<b>22</b>
<b>4. Conclusion générale .....</b>	<b>22</b>
<b>5. Bibliographie .....</b>	<b>23</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>24</b>

## Résumé

Le projet de développement d'un protocole pour la mise en place d'un réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau arrive à terme. Suite au test du protocole en conditions réelles sur 9 sites pilotes sur la période 2013/2014, un guide méthodologique (Rebiere, Peroux, Dublon et Danis, 2015) de réalisation des dispositifs de suivi a été rédigé et est présenté dans ce rapport (§2).

Il est difficilement envisageable d'équiper l'ensemble des plans d'eau du territoire dans le cadre du réseau du fait des contraintes financières liées à la mise en œuvre des programmes de surveillance nationaux. Les sites à équiper ont été priorisés selon leurs enjeux environnementaux et socio-économiques par l'intermédiaire d'un questionnaire, envoyé le premier trimestre 2015 aux principaux acteurs de l'eau en France. Ce travail fait l'objet de la seconde partie du présent document.

Malgré le faible taux de retour du questionnaire, 109 plans d'eau ont été proposés par des organismes. Ce rapport décrit une proposition de classement de ces 109 plans d'eau par ordre décroissant de l'« importance » de leurs enjeux afin de permettre une sélection objective des plans d'eau à équiper prioritairement, par exemple par l'ONEMA<sup>1</sup>, dans le cadre d'un potentiel réseau de suivi pérenne. Pour être affinée, cette proposition de classement devra prendre en compte les résultats de classement typologique des plans d'eau réalisée en parallèle par Prats et Danis (2015).

**Mot clés :** plan d'eau, réseau de température, questionnaire, enjeux environnementaux, enjeux socio-économiques.

---

<sup>1</sup> ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

## Abstract

The project of developing a protocol to establish a sustainable network for water bodies temperature comes to its end. After testing the protocol in real conditions upon 9 pilot sites over the 2013/2014 period, a methodological guide (Rebiere et al., 2015) about implementing monitoring devices was written and is presented in this report (§2).

It is hardly possible to equip all the territory water bodies in the network because of financial constraints related to the implementation of national monitoring programs. The sites to be equipped were prioritized depending on their environmental and socio-economic stakes through a questionnaire, sent during the first 2015 quarter to key water stakeholders in France. This work is the subject of this document second part.

Despite the low return rate of the questionnaire, 109 water bodies were submitted by organizations. This report describes a classification proposal for 109 water bodies in descending order of their stakes "importance"; this should allow an objective selection of water bodies to be equipped first, for example by ONEMA, as part of a permanent monitoring network potential. To be refined, this proposed classification will have to take into account the water bodies typological classification results achieved in parallel by Prats and Danis (2015).

**Key words:** water level, temperature network survey, environmental, socio-economic issues.

## 1. Introduction générale

Le changement climatique est une des préoccupations majeures de notre société. Cependant, il n'existe actuellement aucun suivi standardisé de ces effets sur la température des plans d'eau français. Pourtant, les conséquences du changement climatique sur les lacs sont présentées dans de nombreuses études comme, par exemple, une hausse des températures de l'épilimnion notamment en été, des périodes de stratification plus longues et plus stables, des brassages complets moins fréquents et des périodes d'englacement plus courtes (Bayer, Burns et Schallenberg, 2013; Danis et al., 2004; DeStasio, Hill, Kleinhans, Nibbelink et Magnuson, 1996; Livingstone, 2003; Sahoo, Schladow, Reuter et Coats, 2011). Un suivi continu et à long terme de la température des plans d'eau permettra de surveiller leurs évolutions afin d'anticiper des répercussions négatives sur les caractéristiques physico-chimiques (*e.g.* méromixie) et/ou les communautés biologiques (*i.e.* asphyxie ou dépassement de seuils physiologiques pour la reproduction).

C'est pourquoi, l'ONEMA, en partenariat avec Irstea<sup>2</sup> au sein du Pôle ONEMA/Irstea, souhaite mettre en place une surveillance à long terme et en continu de la température de certains plans d'eau, à travers un réseau national. Ce partenariat a donné lieu dès 2009 à la rédaction d'un premier cahier des charges (Rondel, Daufresne et Danis, 2011), au développement d'un outil de caractérisation thermodynamique des plans d'eau (Rondel, Danis et Daufresne, 2012) et au lancement d'une phase de test sur 9 sites pilotes pour optimiser le protocole de suivi (Rebière, Danis, Daufresne, Peroux et Baudoin, 2013). Cette phase de test a été réalisée par le pôle ONEMA/Irstea d'Aix en Provence en collaboration avec les délégations interrégionales (DIR 5, 6 et 8) et les services départementaux (SD 05, 83 et 38) de l'ONEMA.

A l'issue de ces étapes, le protocole de suivi de la température de l'eau en continu et les dispositifs de mouillages ont été optimisés (Rebière, Danis, Dublon, Baudoin et Daufresne, 2014) et un guide méthodologique a été élaboré en 2015 à destination des agents susceptibles d'installer des dispositifs de mouillage (cf. présentation du guide §2 du présent rapport).

Compte tenu des contraintes logistiques et financières évidentes, il paraît pour l'instant impossible d'équiper l'ensemble des plans d'eau du territoire dans le cadre du réseau thermie. Il est donc nécessaire de prioriser les plans d'eau selon, d'une part, leurs enjeux environnementaux (état écologique, biodiversité...), sociétaux et économiques, et d'autre part, le risque que certains plans d'eau subissent des modifications dans leur fonctionnement de mélange donc des répercussions néfastes sur l'équilibre de leur biotope et biocénose. L'évaluation de ces enjeux a été réalisée en 2015 par le biais d'un questionnaire dont la présentation et les résultats de son interprétation sont détaillés dans le §3. L'évaluation du risque de changement de fonctionnement de mélange a été

---

<sup>2</sup> Irstea : Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture



réalisée par une étude de modélisation et de caractérisation thermodynamique détaillée dans le rapport de Prats et Danis (2015). Les résultats de ce dernier ont été pris en compte dans la conclusion de l'interprétation du questionnaire ().

Ce réseau fournira un outil permettant de surveiller l'évolution de la température de plans d'eau et ceci à disposition des gestionnaires comme des scientifiques. L'analyse de ces mesures devrait permettre d'anticiper les répercussions négatives des effets du changement climatique sur leurs caractéristiques physico-chimiques (*e.g.* méromixie) et sur leurs communautés biologiques (*e.g.* asphyxie ou dépassement de seuils physiologiques pour la reproduction). A terme, ce réseau peut potentiellement être intégré à différents réseaux internationaux tels que GLEON ou NETLAKE.

## **2. Guide méthodologique : Protocole pour la réalisation de dispositifs de suivi pérenne de la température des plans d'eau**

La phase de test débutée en 2013 a permis d'apporter des améliorations notoires au protocole originel de suivi pérenne de la température des plans d'eau (Rebière et al., 2013; Rebière et al., 2014). La dernière version de ce protocole est détaillée dans un guide technique (Rebière et al., 2015). Ce guide a pour objectif d'accompagner les utilisateurs dans la mise en œuvre de dispositifs de mouillage et d'enregistrement de la température. Il définit les étapes à suivre successivement lors des campagnes de terrain (installation des dispositifs, récolte des données...) et aborde aussi la gestion des données (contrôle, bancarisation...). Une présentation est également disponible en annexe du guide pour être utilisée lors de la dispense de formations.

## **3. Priorisation des lacs à équiper dans le cadre du réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau**

### **3.1 Introduction**

Pour le lancement du réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau, il est essentiel de proposer une liste de lacs prioritaires à équiper puisqu'il n'est pas possible, ni financièrement, ni techniquement, de suivre l'ensemble des systèmes lacustres. Cette proposition de plans d'eau devra être i) représentative de la diversité nationale, ii) des enjeux environnementaux et socio-économiques, et iii) ciblée vers les systèmes présentant de potentielles évolutions critiques de leur équilibre en réponse aux changements climatiques récents et à venir.

L'évaluation des deux premiers critères est réalisée par l'intermédiaire d'un questionnaire élaboré et envoyé le premier trimestre 2015 aux principaux gestionnaires des plans d'eau. Ces deux critères seront développés dans cette partie. Le troisième critère a été traité dans Prats et Danis (2015) dont les conclusions seront intégrés à celles du présent rapport.

## 3.2 Matériel & méthodes

### 3.2.1 Conception du questionnaire

Ce questionnaire a été élaboré en collaboration avec Delphine LOUPSANS (service DAST ONEMA). Il est constitué de 10 questions nécessitant un temps de réponse avoisinant les 15 minutes. Les questions y sont de différents types (Tableau 1, Annexe 1) :

- **ouverte** : texte libre ;
- **fermée à choix unique** : une seule réponse parmi une liste d'au moins deux items ;
- **fermée à choix multiples** : plusieurs réponses parmi une liste d'au moins deux items ;
- **ordonnée** : hiérarchie des réponses ;
- **numérique** : réponse chiffrée.

**Tableau 1. Liste des 10 questions du questionnaire et leur type (le questionnaire au format original est présenté en annexe 0.1).**

Question	Type	
1 Identité du service	ouverte	
2 Êtes-vous concernés par les plans d'eau dans le cadre de vos missions ?	fermée à choix unique	
3 Est-ce que la problématique thermique des plans d'eau est importante pour vous ?	fermée à choix unique	
4 Quelle est, selon une échelle de 1 à 10 où 1 représente un temps infime et 10 la totalité de votre temps de travail, veuillez préciser la part du temps de travail de votre service affectée aux missions sur les plans d'eau ?	ordonnée	
5 Citez au maximum 3 plans d'eau (précisez la commune) que vous aimeriez suivre d'un point de vue thermique en complétant si possible le tableau suivant. Précisez si ces lacs sont représentatifs de la diversité des plans d'eau de votre territoire ou bien singuliers et en quoi ils le sont (lignes 4 et 5 du tableau).	Plans d'eau DCE	fermée à choix unique
	Type de plan d'eau	ouverte
	Représentativité du plan d'eau	fermée à choix unique
	Commentaires	ouverte
6 Veuillez remplir si possible le tableau ci-dessous relatif à des informations d'ordre général pour les 3 plans d'eau cités à la question 5.	Profondeur maximale	numérique
	Présence de marnage	fermée à choix unique
	si oui précisez l'amplitude du marnage	numérique
	Présence de fort vent	fermée à choix unique
	Navigation	fermée à choix multiple
	Période de gel	fermée à choix unique
7 Veuillez remplir si possible le tableau ci-dessous relatif à la présence de suivis thermique (actuels ou passés) et la classe thermo-mictique selon la typologie de Lewis (cf. schéma) pour les 3 plans d'eau cités à la question 5.	Risque de vandalisme	ordonnée
	Suivi thermique	fermée à choix unique
	Périodes des suivis	ouverte
	Type de suivi	fermée à choix unique
	Zone des suivis	ouverte
8 Veuillez remplir si possible le tableau ci-dessous relatif aux usages socio-économiques et aux enjeux environnementaux rencontrés sur les 3 plans d'eau cités à la question 5.	Commanditaires des suivis	ouverte
	Classification thermo-mictique de Lewis	fermée à choix unique
	Usages socio-économiques	fermée à choix multiples
	Enjeux environnementaux	fermée à choix multiples (ouverte pour les précisions)

<b>9</b>	Parmi ces 3 plans d'eau, certains font-ils l'objet de suivis scientifiques (hors DCE)? Si oui, veuillez compléter si possible le tableau ci-dessous.	suivi scientifique	fermée à choix unique
		Type de paramètres suivis	ouverte
		Date des suivis	ouverte
		Type des suivis	ouverte
		Fréquence des suivis	ouverte
		Durée des suivis	ouverte
		Responsable des suivis	ouverte
<b>10</b>	Avez-vous des attentes particulières sur un réseau de suivi pérenne de la température de l'eau des plans d'eau comme proposé par l'ONEMA ?		ouverte

Le questionnaire a été envoyé par courriel le vendredi 19 juin 2015 avec un retour des réponses fixé au 30 juillet 2015, accompagné par une note explicative (Annexe 2).

Son objectif principal était de faire un état des lieux des enjeux environnementaux et des usages sur les plans d'eau à l'échelle de la France. Pour cette raison, les principaux acteurs de l'eau ont été ciblés. Afin de ne pas biaiser d'un point de vue spatial les résultats du questionnaire, il a été envoyé aux structures qui sont présentes sur l'ensemble du territoire à savoir les Agences de l'Eau, l'ONEMA, les Offices de l'Eau, les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Agriculture et du Logement (DREAL), les Fédérations pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (FPPMA) et des établissements porteurs des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (Sage). Ces structures participent à la gestion des plans d'eau et/ou au développement de leurs connaissances. Il est à noter que les différentes structures n'ont pas la même échelle d'action, certaines sont interdépartementales voire régionales (Agence de l'Eau, Office de l'Eau, ONEMA, DREAL) alors que d'autres sont locales (FPPMA, SAGE).

### Classification de Lewis

Le schéma théorique de la classification de Lewis joint au questionnaire a permis d'avoir une idée de type de fonctionnement des plans d'eau en question. Or cette information reste approximative car l'origine de cette réponse n'a pas été demandée et peut être très variable (analyse de données anciennes ou de données récentes, expertise, littérature...). Les travaux réalisés en parallèle à cette étude sur la modélisation des plans d'eau ont apporté des précisions sur la classification de ces plans d'eau dont les détails sont discutés dans Prats et Danis (2015).

#### 3.2.2 Codage des réponses aux questions

Les données collectées ont été saisies dans un tableur Excel où chaque ligne correspond à un plan d'eau et chaque colonne à une variable (question ou partie de question). Dans le but d'appliquer des traitements statistiques sur ces données, elles ont été codées (Annexe 3) par un codage dépendant de la nature des questions :

- **questions numériques** : la valeur est directement saisie ;
- **question fermée à choix unique** : les modalités de réponse sont numérotées et seul le numéro de la modalité choisie est saisi ;

- **question fermée à choix multiples** : il existe autant de questions à choix unique que de modalités de réponse. Ces questions sont donc codées par autant de colonnes que de modalités de réponse. Chaque colonne contiendra la valeur 1 ou 0 selon que le répondant a coché ou non cette modalité ;
- **question ordonnée** : les modalités sont numérotées de 1 à 10 ;
- **question ouverte** : si les réponses sont proches entre les divers questionnaires, il est possible de créer des modalités et de faire un codage identique aux questions fermées à choix unique ou multiple.

Les réponses manquantes sont codées par '99'. Les informations manquantes ont été dans la mesure du possible complétées par les données de la base 'PlanEau' du Pôle ONEMA/Irstea à Aix-en-Provence. Si une case n'est pas remplie car la question précédente implique qu'il n'est pas possible de répondre on met '9' (e.g. à la question 8, si la case 'site classé/protégé' n'est pas coché, la colonne 'précisez' sera codée en '9').

Les questions se répartissent selon 4 catégories en fonction de l'utilisation qui peut être faite des réponses :

- **explicative** : critères qui servent à calculer le score des plans d'eau ;
- **supplémentaire** : autres critères qui servent à prioriser les plans d'eau ;
- **profil répondant** : critères qui servent à l'analyse du profil des répondants ;
- **complémentaire** : critères qui ne sont pas utilisées pour choisir les plans d'eau mais qui apporteront des informations utiles pour configurer les mouillages (e.g. présence de vent ou de marnage).

L'annexe 3 liste les catégories associées à chacune des questions.

Les questions ouvertes n'ont pas été codées car elles présentent une forte hétérogénéité dans les réponses et, donc, ont été mises dans la catégorie 'complémentaire'. En revanche, le type d'organisme (question 1), le type de plan d'eau (question 5) et la zone des suivis thermiques ont pu être codés car les réponses sont similaires entre les répondants (Annexe 3).

Des usages socio-économiques et des enjeux environnementaux ont été ajoutés suite au dépouillement des questionnaires car ils n'avaient pas été proposés (e.g. écrêtages des crues et soutien d'étiage).

### 3.2.3 Approches statistiques

#### Bilan général des questionnaires

Ce volet a été analysé à l'aide de traitements statistiques uni ou bi-variés afin de caractériser les taux de retours des questionnaires, les profils des répondants ou les plans d'eau. Le logiciel utilisé est *Excel* 2010.

#### Notation des lacs

Une note a été attribuée à chacun des plans d'eau qui apparaît dans les réponses. Cette note a été obtenue par la somme des modalités des questions explicatives : usages

socio-économiques (n = 10), enjeux environnementaux (n = 8), suivi thermique et scientifique (n = 2). Le même poids a été accordé aux différentes modalités. La variation théorique du score s'échelonne de 0 à 20.

Nous proposons une liste de 10 plans d'eau pour la première année du lancement du réseau. En fonction du retour d'expérience, ce nombre pourra augmenter les années suivantes. Pour définir ces 10 systèmes, nous allons utiliser les critères listés ci-dessous par ordre de priorité :

- les scores les plus élevés ;
- 2 plans d'eau par grands types (retenue, lac naturel, lac artificiel, étang naturel ou pas et lagune) ;
- les 2 plans d'eau ne doivent pas appartenir à un même grand type de la classification thermo-mictique de Lewis (si précisée) : monomictique, dimictique et polymictique ;
- les 2 systèmes doivent avoir des profondeurs maximales d'ordres de grandeur différents si possible ;
- 1 plan d'eau par modalité de représentativité si possible.

Les lacs ayant un risque de vandalisme fort sont écartés de la liste car le risque de perte de matériels et donc de données est trop élevé (Rebière et al., 2014).

Les analyses sont faites avec le logiciel R (Ihaka et Gentleman, 1996).

### 3.3 Résultats

#### 3.3.1 Bilan général

##### ***Taux de retours et profil des répondants***

Le questionnaire a été envoyé à 329 personnes ce qui représente 289 structures différentes (Figure 1). Plus de la moitié des questionnaires a été envoyée aux structures porteuses des SAGE<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

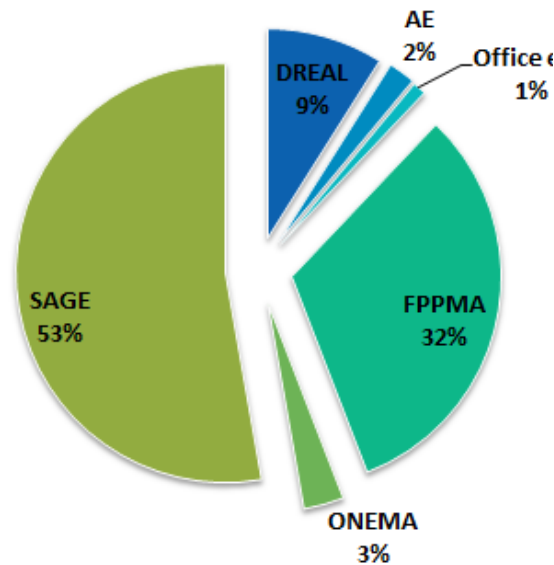


Figure 1. Répartition des questionnaires selon les grands types de structures. (DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Agriculture et du Logement, ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, FPPMA: Fédération pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques, SAGE : Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux).

Sur les 289 structures sondées, 44 ont proposé des plans d'eau à équiper. Pour deux d'entre elles, nous avons reçu 2 questionnaires provenant de services distincts soit 46 répondants. De plus, 5 structures ont renvoyé un mail en précisant qu'aucun lac n'était sur leur territoire ou n'avait pas les connaissances pour répondre. Ainsi, le taux de réponses est particulièrement faible (17 %). Cette tendance est valable quel que soit le type d'organisme (Figure 2).

Sur les 46 répondants, tous sont confrontés aux plans d'eau dans le cadre de leurs missions. Seul 4 d'entre eux ne traitent pas la problématique thermique comme une priorité. Concernant le temps de travail consacré aux missions sur les plans d'eau, la modalité 3 (i.e. ~30%) est la plus représentée (Figure 3). Les répondants des SAGE et des FPPMA présentent une grande variabilité de leurs temps de travail.

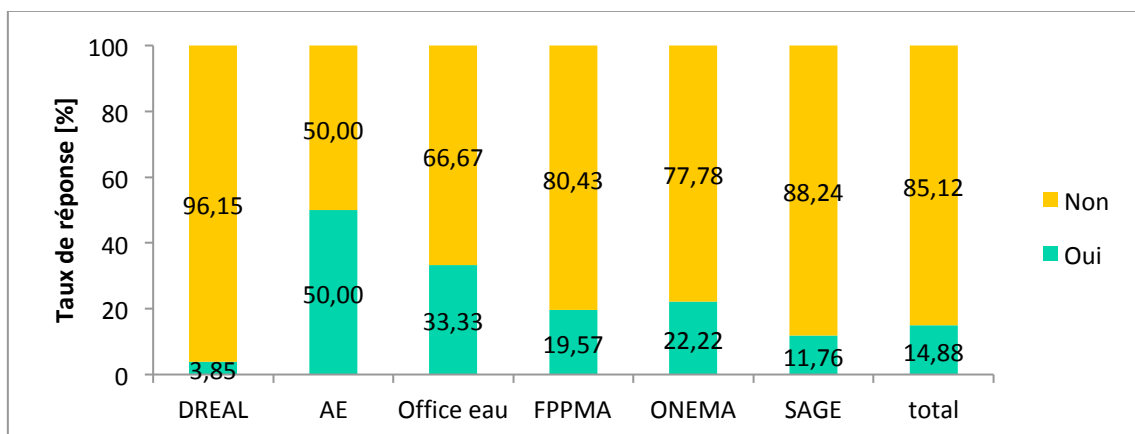


Figure 2. Taux de réponses au questionnaire par type d'organisme (DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Agriculture et du Logement, ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, FPPMA: Fédération pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques, SAGE : Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux)

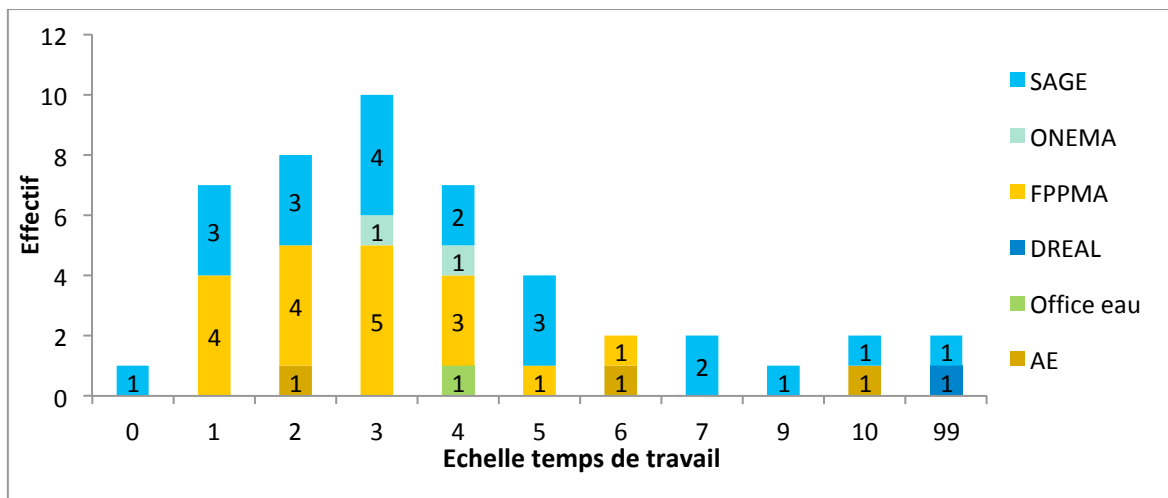


Figure 3. Répartition (en effectif) par type d'organisme du temps de travail selon une échelle de 1 à 10 où 1 représente un temps infime et 10 la totalité de votre temps de travail et 99 pas de réponse.

### Informations générales sur les plans d'eau

En dépit du faible taux de réponses, 109 plans d'eau différents ont été proposés pour être intégrés dans le futur réseau pérenne de température, dont 5 ont été proposés par différents répondants : lac d'Aiguebelette (73), lac du Salagou (34), étang de la Rincerie (53), lac de Rouffiac-en-Périgord (24) et l'étang de Moulin Neuf (29). Sur ces 5 plans d'eau, certaines réponses diffèrent selon l'organisme (Annexe 4), ce qui peut induire des scores différents.

Sur les 109 plans d'eau proposés, la majorité est DCE (61). De plus, la moitié des systèmes sont des retenues (Figure 4). Le reste est composé majoritairement par des plans d'eau artificiels (hors retenues, 23 %) et des lacs naturels (13 %) (Figure 4). Les autres types, étang (6%) et lagune (5%), sont faiblement représentés (Figure 4).

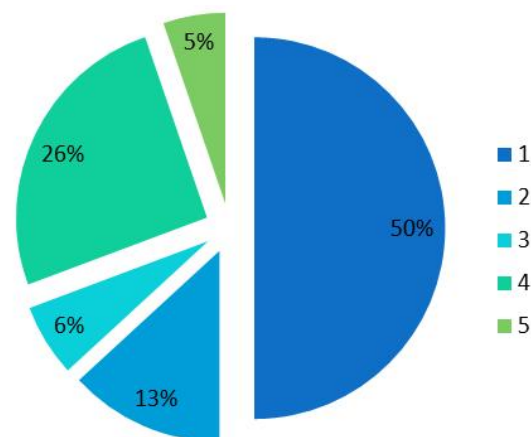
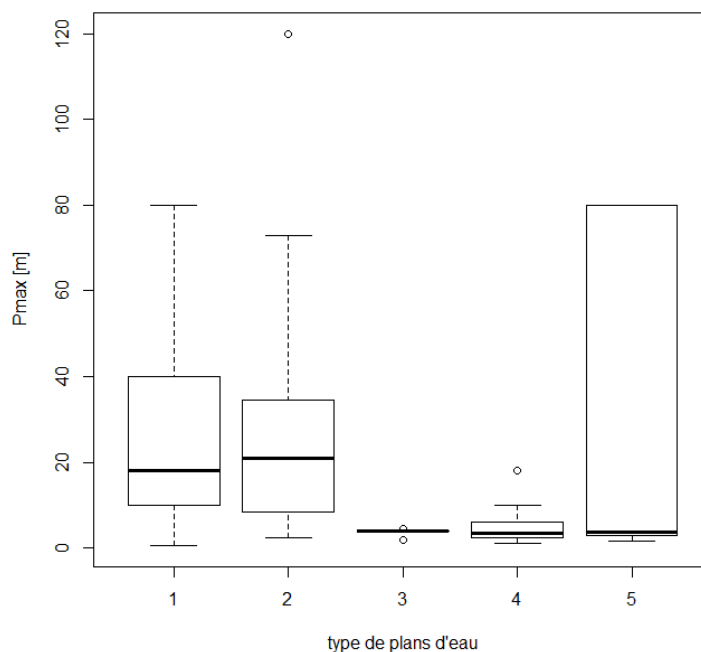


Figure 4. Répartition des 109 plans d'eau par grands types avec 1 : retenue, 2 : lac naturel, 3 : étang (naturel ou pas), 4 : artificiel, 5 : lagune.

Les profondeurs maximales des retenues (0,5 à 80 m), des lacs naturels (2,5 à 120 m) et lagunes (1,50 à 80 m) sont caractérisées par une grande variabilité (Figure 5). Cependant, 50 % des lagunes ont une profondeur maximale inférieure à 11 m (Figure 5). Les étangs et les lacs artificiels ont, à l'inverse, une très faible variabilité et leur profondeur maximale n'excède pas les 10 m (Figure 5).

La distribution des profondeurs maximales des 109 plans d'eau proposés balaye la gamme de celle des systèmes issus de la base plan d'eau nationale pour les types en commun (retenue, lac naturel et artificiel) (Figure 6).

D'après les réponses au questionnaire (question n°5), les plans d'eau proposés sont en général majoritairement représentatifs des masses d'eau de chaque territoire quel que soit le type (Figure 7). Par contre, pour les retenues il y a autant de plans d'eau singuliers que représentatifs.



**Figure 5. Distribution de la profondeur maximale en mètre par type des 109 plans d'eau avec 1 : retenue (n = 54), 2 : lac naturel (n = 14), 3 : étang (naturel ou pas) (n = 7), 4 : artificiel (n = 28), 5 : lagune (n = 6).**



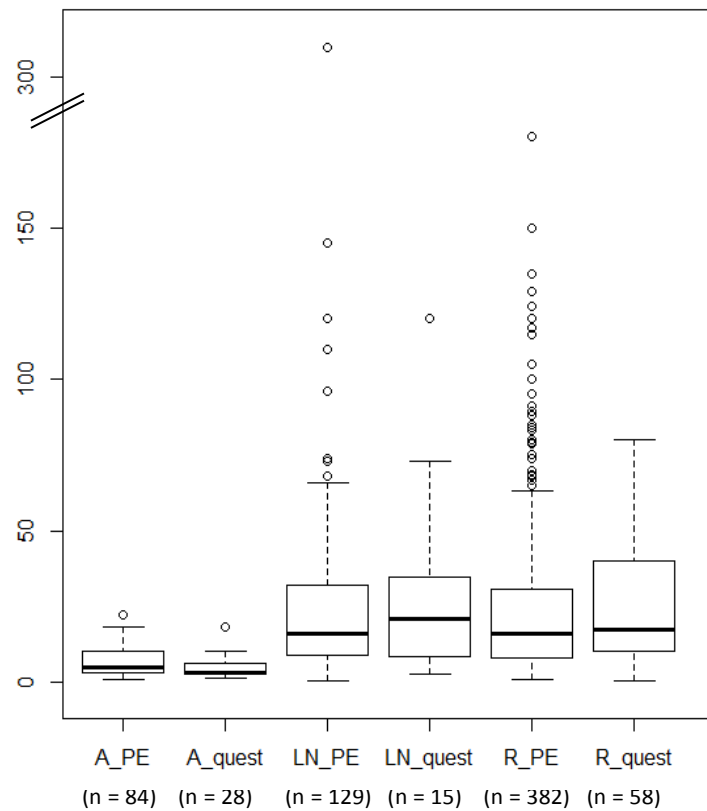


Figure 6. Comparaison de la distribution de la profondeur maximale par type (A : artificiel, LN : lac naturel, R : retenue) entre les plans d'eau issus du questionnaire (quest) et ceux de la base plan d'eau nationale (PE).

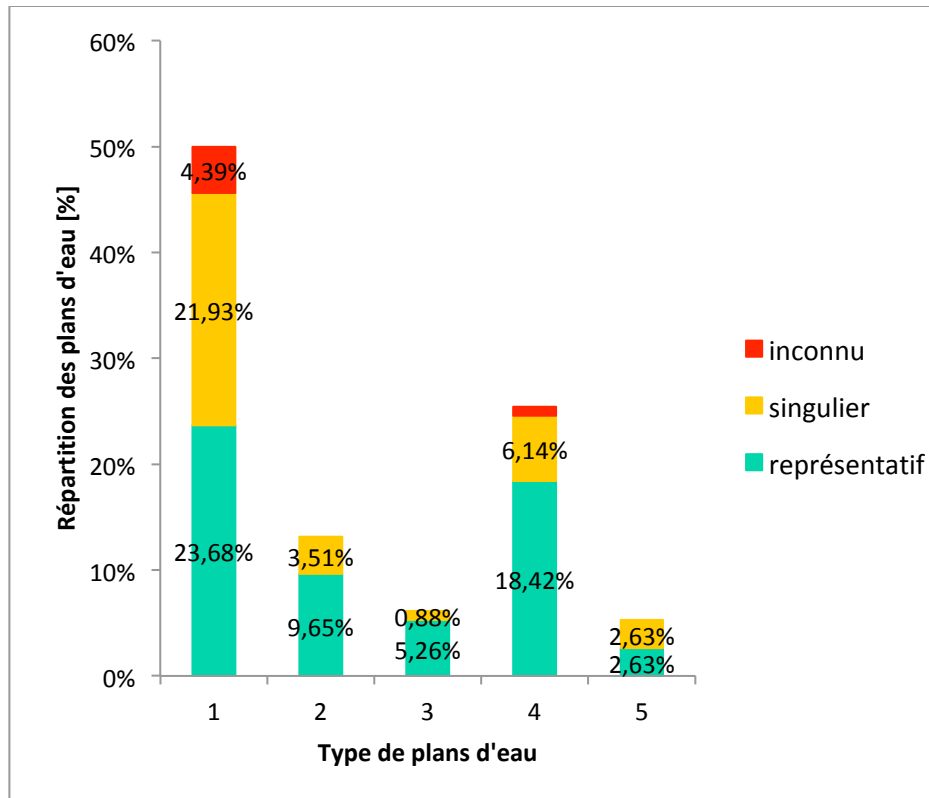


Figure 7. Répartition des 109 plans d'eau selon leur représentativité par type avec 1 : retenue (n = 54), 2 : lac naturel (n = 14), 3 : étang (naturel ou pas) (n = 7), 4 : artificiel (n = 28), 5 : lagune (n = 6).

L'objectif initial du questionnaire était de couvrir l'ensemble du territoire français. Or, les lacs proposés sont répartis sur 43 départements sur les 101 que compte la France (Figure 8 pour la métropole). Il est à noter que certaines structures ont des compétences plus vastes que l'échelle du département. De plus, certains départements comptabilisent plusieurs plans d'eau comme l'Hérault (n = 9), le Maine-et-Loire (n = 7) ou encore la Gironde (n=5). L'objectif atteint est donc qualitativement moindre par rapport à l'objectif initial.

La répartition des plans selon le questionnaire est représentative de celle des plans d'eau issus de la base nationale pour les régions de la Bretagne et du Sud-Ouest, où il existe de fortes concentrations de systèmes (Figure 8). La même tendance est observée pour le Nord-Est, mais pour la faible quantité de plans d'eau (Figure 8). A l'inverse, les régions de l'arc Alpin et du Centre ne sont pas bien représentées suite au questionnaire alors qu'il s'y trouve une concentration élevée de plans d'eau (Figure 8).

Dans les territoires d'outre-mer, seul le barrage de la Manzo a été proposé (collectivité territoriale de la Martinique) sur les 7 que compte la base nationale.

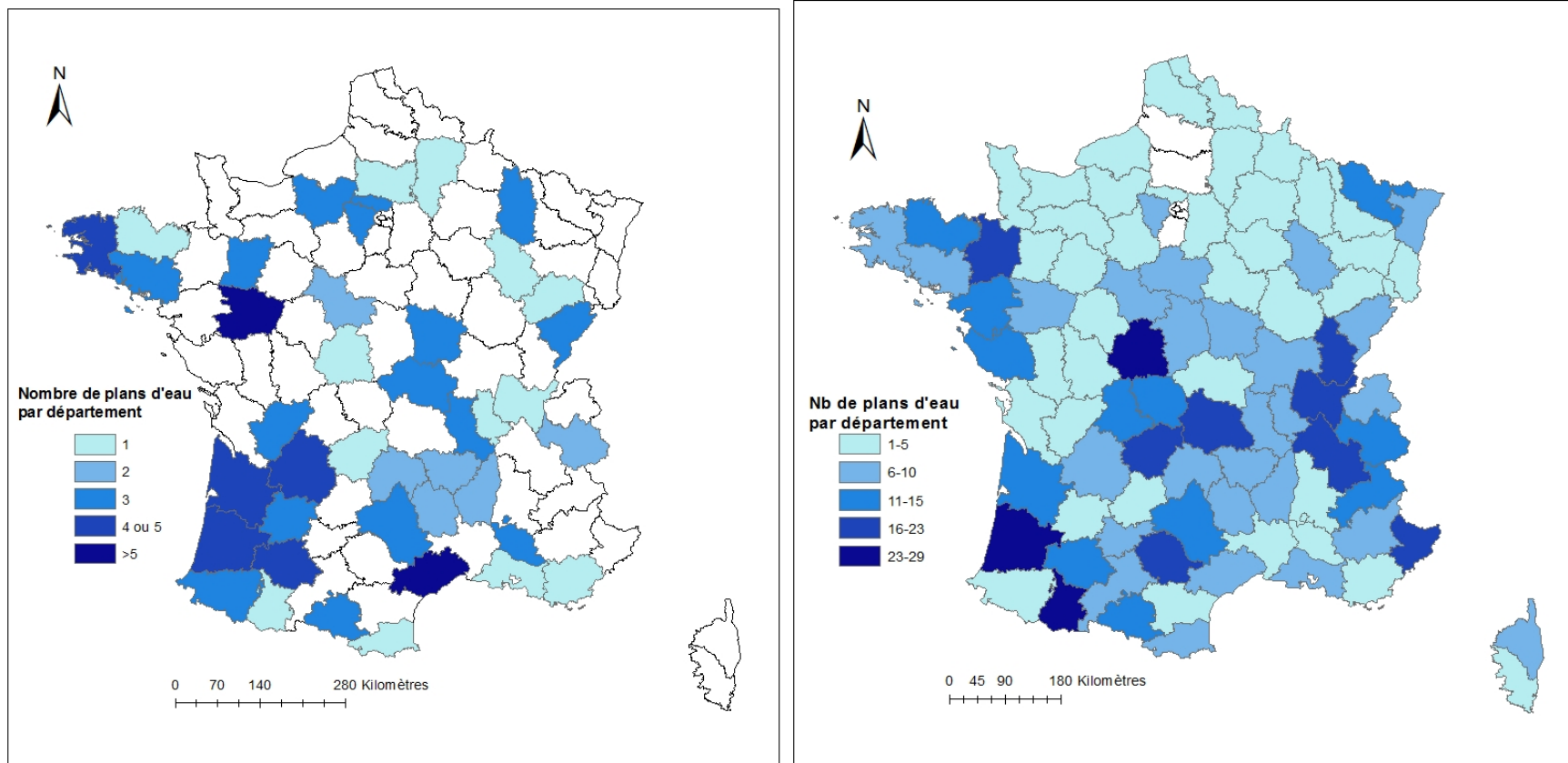


Figure 8. A gauche carte des départements métropolitains où des plans ont été proposés par le biais du questionnaire et à droite carte de répartition des plan d'eau présents dans la base nationale par départements métropolitains (Source : GEOFLA).

### 3.3.2 Notation des lacs

Les scores calculés s'échelonnent de 0 à 10 avec la médiane qui se situe à 4 (Figure 9, Annexe 5) alors que potentiellement la gamme des scores s'étend jusqu'à 20 (§3.2.2).

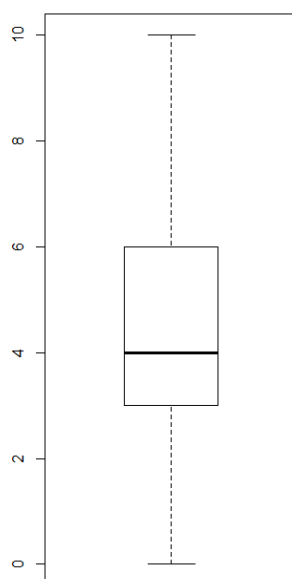


Figure 9. Distribution des 114 scores obtenus pour l'ensemble des 109 plans d'eau.

Les plans d'eau soumis à un risque de vandalisme élevé représentent 15 systèmes parmi les 109. Ceux sont principalement des lacs artificiels (n = 6) ou des retenues (n = 4) dont leur score s'échelonne de 1 à 7 (Tableau 2).

Tableau 2. Scores obtenus par les plans d'eau à fort risque de vandalisme (Obs = n° observation, Dpt = n° du département, Pmax\_m : profondeur maximale exprimée en mètre)

Obs	Plan d'eau	Dpt	DCE	Type_PE	Pmax	Score
1	Etang du Rouillard	78	oui	artificiel	10	3
12	Réservoir de la Mordorée	16	non	étang (naturel ou pas)	4.5	3
16	Lac du Salagou	34	oui	retenue	40	7
21	Gravière de Bas-en-Basset	43	oui	artificiel	3	4
22	Lac de Villefort	48	oui	retenue	70	4
33	Lac d'Aiguebelette	73	oui	lac naturel	73	5
34	Lac de Saint Cassien	83	oui	retenue	55	4
41	Lac d'Aiguebelette	73	oui	lac naturel	72	10
45	Barrage de Montbel	9	oui	retenue	40	7
49	Lac des deux amants	27	oui	artificiel	5	3
50	Etang de Pont Audemer	27	non	artificiel	NA	2
51	Etang de Brionne	27	non	artificiel	NA	2
73	Lac du Salagou	34	oui	retenue	50	8
105	Etang La Paquerie	41	non	artificiel	5	1
106	Etang Le Mouet	41	non	étang (naturel ou pas)	2	1
107	Lac nord Izadia	64	oui	lagune	3.5	5
108	Lac sud Izadia	64	oui	lagune	3	6

Plus de la moitié des lacs naturels et des lagunes est caractérisée par un score assez élevé, respectivement 7 et 8 (Figure 10, Annexe 5). A l'inverse, quasiment 100% des étangs (naturel ou pas) et 50% des systèmes artificiels ont leur score qui n'excède pas les 3 (Figure 10).

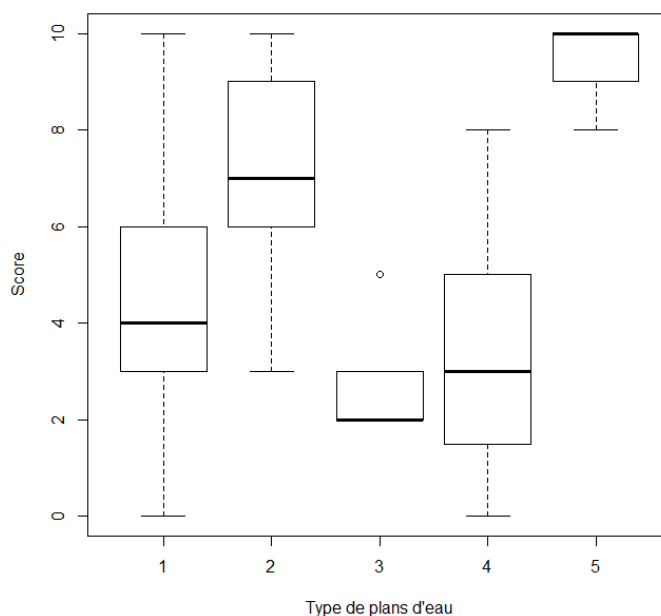


Figure 10. Distribution des scores obtenus pour les 97 plans d'eau n'ayant pas un risque de vandalisme élevé avec 1 : retenue (n = 52), 2 : lac naturel (n = 13), 3 : étang (naturel ou pas) (n = 5), 4 : artificiel (n = 23), 5 : lagune (n = 4).

Au vue des critères pour le choix des plans d'eau à équiper pour le lancement du réseau de température pérenne, un exemple de proposition de plans d'eau est consigné dans le tableau suivant.

Tableau 3. Exemple de proposition de liste des 10 plans d'eau à équiper dans le cadre du lancement du réseau de suivi pérenne de la température (Obs : n° d'observation, Dpt : département, Type\_PE : type de plan d'eau, Represent\_PE : représentativité du plan d'eau, Pmax : profondeur maximale en m, Classif\_Lewis : classification thermo-mictique de Lewis). Pour le codage des modalités de chaque colonne se reporter à l'Annexe 3.

Critères					Caractéristiques des plans d'eau sélectionnés			
Score	Type_PE	Classif_Lewis	Pmax	Represent_PE	Obs	Plan d'eau	Dpt	DCE
10	1	21	20	1	27	Retenue du Drennec	29	1
8	1	3	60	2	19	Complexe d'Eguzon (Chambon)	36	1
10	2	NA	12	1	76	Etang de Carcans-Hourtin	33	1
7	2	3	40	1	109	Lac de Remoray	25	1
5	3	NA	NA	1	29	Etang de Saint Aubin	49	0
2	3	NA	4	2	82	Etang sur cours d'eau avec dérivation		0
8	4	NA	1.5	1	92	Etang du Dordu	56	0
6	4	20	7	2	42	Lac des Eaux bleues	69	1
10	5	20	4	1	69	Etang de Salses-Leucate	66	1
8	5	20	80	2	91	Salines de Villeneuve	34	0

### 3.4 Liens avec la modélisation thermodynamique & classification de Lewis

Pour prioriser les plans d'eau nationaux à équiper dans un possible réseau de suivi en continu de la température, il est non seulement important d'évaluer les enjeux socio-économiques associés aux différents plans d'eau (objet de ce rapport) mais il est également important d'identifier les plans d'eau dont le fonctionnement thermodynamique (dont dépendent en partie les conditions de température et d'oxygénation du milieu, éléments vitaux pour les organismes biologiques) est en limite de stabilité et risquerait d'évoluer dans le contexte des changements climatiques à venir.

Pour cela, une modélisation thermodynamique des plans d'eau à l'échelle nationale a été initiée en 2015 (Prats et Danis, 2015) sur la base de modèles simples afin, dans un premier temps, de tester ces outils et de préciser les efforts de modélisation nécessaires à réaliser en 2016-2018 pour parvenir à :

- reproduire de façon réaliste les évolutions récentes et à venir de la température de surface (épilimnion) et profonde (hypolimnion) des plans d'eau DCE nationaux ;
- disposer d'une connaissance objective du fonctionnement des 480 plans d'eau DCE nationaux (selon par exemple la typologie de Lewis) ;
- évaluer les risques potentiels propres à chaque plan d'eau de changer de type de fonctionnement dans le contexte des changements climatiques à venir ;
- et, à terme, identifier le poids des différentes variables de forçages naturelles (*e.g.* climatologie, hydrologie des bassins-versants...) ou anthropiques (*e.g.* turbinage amont ou aval, marnage...) sur les conditions thermiques et le fonctionnement thermodynamique des plans d'eau ;
- ...

Du fait de la simplicité des modèles utilisés, Prats et Danis (2015) montrent que la simulation de la température de l'épilimnion donne de bons résultats. Par contre, la simulation de la température de l'hypolimnion est beaucoup plus compliquée. Or le fonctionnement thermodynamique d'un plan d'eau est étroitement lié à la répartition verticale de la chaleur et donc à la saisonnalité des écarts de température entre l'épilimnion et l'hypolimnion. La simulation de la température de l'hypolimnion doit être améliorée et nécessite donc l'utilisation de modèles hydrodynamiques mécanistes plus complexes. Enfin, compte tenu de la plus grande proportion de plans d'eau artificiels en France, la prise en compte des modes de gestion hydrologique des plans d'eau est aussi indispensable et potentiellement réalisable grâce à ces modèles plus complexes.

Malgré cela et dans l'attente de la calibration d'outils plus complexes de modélisation, Prats et Danis (2015, §5 Typologie de Lewis) proposent une classification thermodynamique des plans d'eau nationaux grâce à une modification et calibration de la méthodologie proposée par Rondel et al. (2012), et proposent une piste d'identification des plans d'eau à risque sur la base des tendances des évolutions des températures modélisées estivales et hivernales de l'épilimnion, mais ces modélisations doivent être améliorées.

### 3.5 Discussion/conclusion

Le taux de retour des questionnaires est quantitativement faible. Cela peut être expliqué par la période entre l'envoi et la date de retour imposée (19 juin – 30 juillet 2015) qui coïncide avec les congés estivaux et l'absence de mail de relance. Il serait intéressant d'envoyer un courriel aux destinataires du questionnaire qui n'ont pas donné suite afin d'en connaître la raison.

De même, l'objectif initial d'avoir des plans d'eau sur l'ensemble du territoire français n'est pas rempli. En effet, seuls des systèmes sur 43 départements ont été proposés sur les 101 que compte la France. Cependant, un total de 109 plans d'eau a été fourni ce qui d'un point de vue qualitatif est très intéressant.

A partir des questionnaires reçus, 10 plans d'eau peuvent être proposés pour intégrer le réseau de suivi pérenne de la température lors de son lancement par l'ONEMA en plus des sites pilotes de la phase de test. Les années suivantes, les lacs de la liste pourront être équipés au fur et à mesure dans la limite d'un certain nombre de lacs à définir afin que le réseau soit viable d'un point de vue logistique et financier.

## 4. Conclusion générale

Face à un manque manifeste de données en continu de la température des plans d'eau nationaux et au vu des impacts potentiels du changement climatique sur ces systèmes, l'ONEMA a initié dès 2009 une réflexion sur la création d'un réseau de mesures thermiques en plans d'eau. Cela s'est traduit, en 2013, par la réalisation d'une phase de test *in situ* de solutions de mouillage sur 9 lacs. A partir des données recueillies en 2015, le protocole a été optimisé en termes de réalisation des dispositifs, du choix du pas d'espacement et de l'intervalle de mesures. Cela s'est traduit en parallèle à ce rapport par la rédaction d'un guide méthodologique, la rédaction d'un support de formation, la création d'une base de données au format national stockée au Pôle ONEMA/Irstea pour le stockage de données en continu au format SANDRE, une proposition d'une méthodologie de prise en compte des enjeux environnementaux et sociétaux (présent rapport), et du type de fonctionnement thermodynamique et des tendances de température de surface (Prats et Danis, 2015) pour la priorisation des plans d'eau à équiper.

A la suite de ces étapes, le réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau peut être déployé sur le territoire national.

## 5. Bibliographie

- Bayer, T. K., Burns, C. W. et Schallenberg, M. (2013). Application of a numerical model to predict impacts of climate change on water temperatures in two deep, oligotrophic lakes in New Zealand. *Hydrobiologia*, 713(1), 53-71. doi: 10.1007/s10750-013-1492-y
- Danis, P. A., von Grafenstein, U., Masson-Delmotte, V., Planton, S., Gerdeaux, D. et Moisselin, J. M. (2004). Vulnerability of two European lakes in response to future climatic changes. *Geophysical Research Letters*, 31(21).
- DeStasio, B. T., Hill, D. K., Kleinhans, J. M., Nibbelink, N. P. et Magnuson, J. J. (1996). Potential effects of global climate change on small north-temperate lakes: Physics, fish, and plankton. *Limnology and Oceanography*, 41(5), 1136-1149.
- Ihaka, R. et Gentleman, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5, 299-314.
- Livingstone, D. M. (2003). Impact of secular climate change on the thermal structure of a large temperature central European lake. *Climatic Change*, 57(1-2), 205-225.
- Prats, J. et Danis, P.-A. (2015). Optimisation du réseau national de suivi pérenne in situ de la température des plans d'eau : apport de la modélisation et des données satellitaires (p. 95): Pôle Onema-Irstea "Hydroécologie des plans d'eau".
- Rebière, D., Danis, P. A., Daufresne, M., Peroux, T. et Baudoin, J. M. (2013). Mise en place d'un réseau de suivi thermique lacustre à l'échelle nationale :Phase de test (p. 65). Aix-en-Provence: Pôle Onema-Irstea "Hydroécologie des Plans d'eau".
- Rebière, D., Danis, P. A., Dublon, J., Baudoin, J. M. et Daufresne, M. (2014). Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau : Synthèse de la phase de test (p. 54). Aix-en-Provence: Pôle Onema-Irstea "Hydroécologie des Plans d'eau".
- Rebière, D., Peroux, T., Dublon, J. et Danis, P. A. (2015). Guide méthodologique : Protocole pour la réalisation de dispositifs de suivi pérenne de la température des plans d'eau (p. 87). Aix-en-Provence: Pôle Onema-Irstea "Hydroécologie des Plans d'eau".
- Rondel, C., Danis, P.-A. et Daufresne, M. (2012). Typologie thermo-mictique : Application à une classification des lacs français (p. 62). Aix-en-Provence: Pôle Onema-Cemagref "Hydroécologie Plans d'Eau".
- Rondel, C., Daufresne, M. et Danis, P.-A. (2011). Réflexion sur la mise en place d'un réseau de mesure thermique en plans d'eau. (p. 45). Aix-en-Provence: Pôle Onema-Cemagref "Hydroécologie Plans d'Eau".
- Sahoo, G. B., Schladow, S. G., Reuter, J. E. et Coats, R. (2011). Effects of climate change on thermal properties of lakes and reservoirs, and possible implications. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4), 445-456.



## Annexes

**Annexe 1 :** Questionnaire pour une aide au choix d'un échantillon de plans d'eau à équiper dans le cadre de la mise en place d'un réseau national de suivi pérenne de la température des plans l'eau.

**Annexe 2 :** Note explicative accompagnant l'envoi du questionnaire.

**Annexe 3 :** Catégorie et codage de chaque question du questionnaire.

**Annexe 4 :** Liste des questions pour lesquelles les réponses diffèrent entre les organismes répondant pour un même plan d'eau.

**Annexe 5 :** Score obtenu par les plans d'eau sans vandalisme fort. Les plans d'eau sont triés par type (Type\_PE), puis par score décroissant. . En rouge et gras, les 10 plans d'eau proposés pour être équiper dans le cadre du lancement du réseau de suivi pérenne de la température.

**Annexe 1 :** Questionnaire pour une aide au choix d'un échantillon de plans d'eau à équiper dans le cadre de la mise en place d'un réseau national de suivi pérenne de la température des plans l'eau.

À retourner par mail à [delphine.rebiere@irstea.fr](mailto:delphine.rebiere@irstea.fr)<sup>4</sup> avant le **30 juillet 2015**

### 1. Identité du service

NOM : .....

Prénom : .....

Organisme : .....

Service : .....

Fonction : .....

### 2. Êtes-vous concernés par les plans d'eau dans le cadre de vos missions ?

oui       non

### 3. Est-ce que la problématique thermique des plans d'eau est importante pour vous ?

oui       non

**4. Quelle est, selon une échelle de 1 à 10 où 1 représente un temps infime et 10 la totalité de votre temps de travail, veuillez préciser la part du temps de travail de votre service affectée aux missions sur les plans d'eau ?**

.....

<sup>4</sup> Cette adresse courriel n'existe plus.

5. Citez au maximum 3 plans d'eau (précisez la commune) que vous aimeriez suivre d'un point de vue thermique en complétant si possible le tableau suivant. Précisez si ces lacs sont représentatifs de la diversité des plans d'eau de votre territoire ou bien singuliers et en quoi ils le sont (lignes 4 et 5 du tableau).

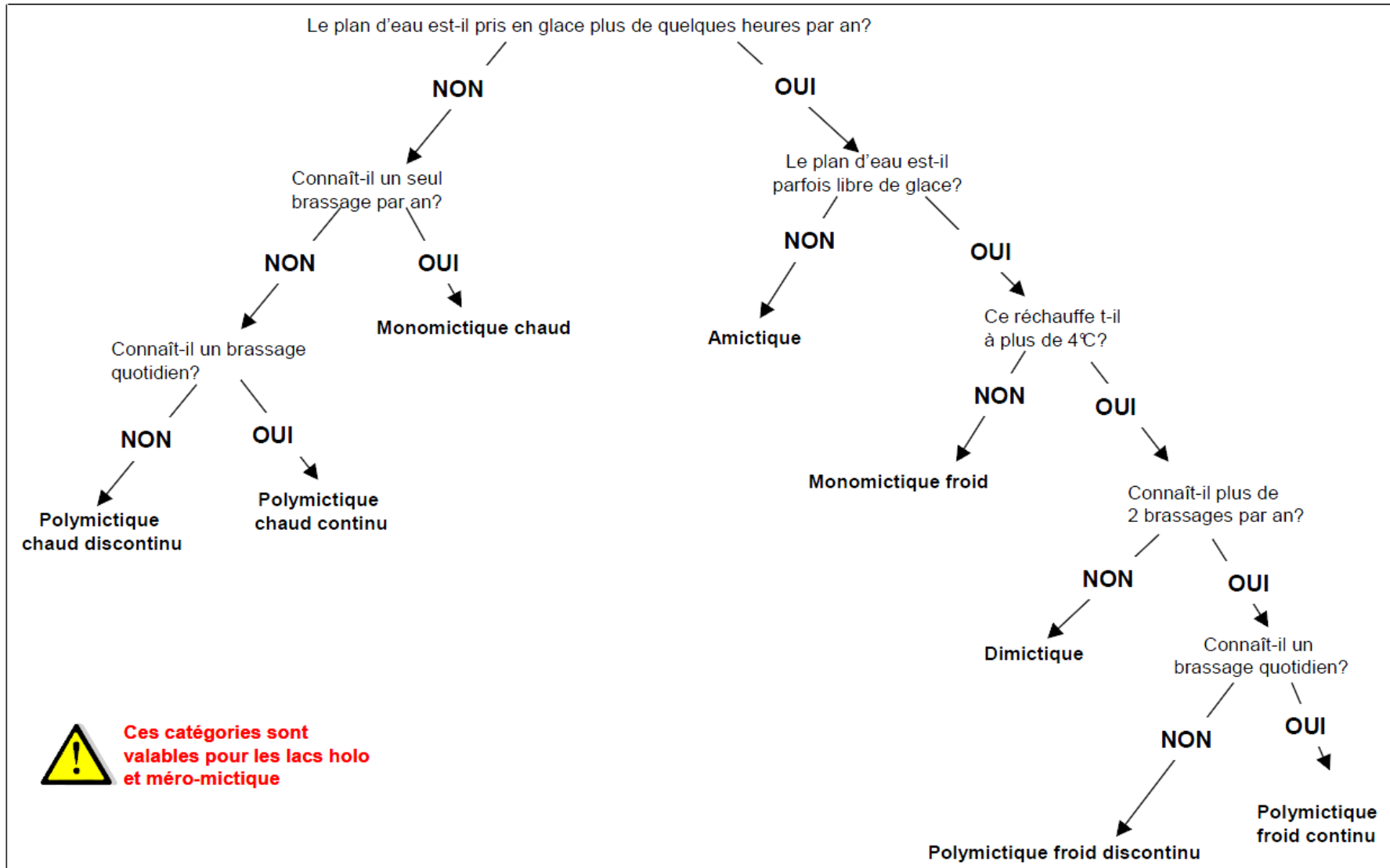
Plans d'eau (commune)	1.....	2.....	3.....
Plans d'eau DCE	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Type de plan d'eau (retenue, lac naturel, étang...)	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
Représentativité du plan d'eau	<input type="checkbox"/> représentatif <input type="checkbox"/> singulier	<input type="checkbox"/> représentatif <input type="checkbox"/> singulier	<input type="checkbox"/> représentatif <input type="checkbox"/> singulier
Commentaires sur ou singularité du lac	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....

**6. Veuillez remplir si possible le tableau ci-dessous relatif à des informations d'ordre général pour les 3 plans d'eau cités à la question 5.**

Plans d'eau	1..... .....	2..... .....	3..... .....
<b>Profondeur maximale (si connue)</b>	.....m	.....m	.....m
<b>Présence de marnage si oui précisez l'amplitude de marnage maximale (si connue)</b>	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non .....m	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non .....m	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non .....m
<b>Présence de fort vent</b>	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
<b>Période de gel</b>	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
<b>Navigation</b>	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> moteur électrique <input type="checkbox"/> moteur thermique	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> moteur électrique <input type="checkbox"/> moteur thermique	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> moteur électrique <input type="checkbox"/> moteur thermique
<b>Risque de vandalisme</b>	<input type="checkbox"/> nul <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> fort	<input type="checkbox"/> nul <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> fort	<input type="checkbox"/> nul <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> fort

**7. Veuillez remplir si possible le tableau ci-dessous relatif à la présence de suivis thermique (actuels ou passés) et la classe thermo-mictique selon la typologie de Lewis (cf. schéma) pour les 3 plans d'eau cités à la question 5.**

Plans d'eau	1.....	2.....	3.....
<b>Suivi thermique</b>	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
<b>Périodes des suivis (même approximatives) (années, fréquences, durées...)</b>			
<b>Type de suivi</b>	<input type="checkbox"/> continu <input type="checkbox"/> ponctuel	<input type="checkbox"/> continu <input type="checkbox"/> ponctuel	<input type="checkbox"/> continu <input type="checkbox"/> ponctuel
<b>Zone des suivis (surface, fond, colonne d'eau entière...)</b>			
<b>Commanditaires des suivis (Agence de l'eau, université...)</b>			
<b>Classification thermo-mictique de Lewis</b>	.....	.....	.....



Classification thermo-mictique de Lewis (1983) d'après Rondel et al., 2012

**8. Veuillez remplir si possible le tableau ci-dessous relatif aux usages socio-économiques et aux enjeux environnementaux rencontrés sur les 3 plans d'eau cités à la question 5.**

Plans d'eau	1.....	2.....	3.....
<b>Usages socio-économiques</b>	<input type="checkbox"/> Eau potable <input type="checkbox"/> Hydroélectricité <input type="checkbox"/> Agriculture <input type="checkbox"/> Baignade <input type="checkbox"/> Pêche <input type="checkbox"/> Pisciculture <input type="checkbox"/> Autre : .....	<input type="checkbox"/> Eau potable <input type="checkbox"/> Hydroélectricité <input type="checkbox"/> Agriculture <input type="checkbox"/> Baignade <input type="checkbox"/> Pêche <input type="checkbox"/> Pisciculture <input type="checkbox"/> Autre : .....	<input type="checkbox"/> Eau potable <input type="checkbox"/> Hydroélectricité <input type="checkbox"/> Agriculture <input type="checkbox"/> Baignade <input type="checkbox"/> Pêche <input type="checkbox"/> Pisciculture <input type="checkbox"/> Autre : .....
<b>Enjeux environnementaux</b>	<input type="checkbox"/> Site classé/protégé <sup>5</sup> précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) patrimoniale (s) <sup>6</sup> précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) en voie d'extinction <sup>2</sup> précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) invasive (s) <sup>2</sup> précisez : ..... <input type="checkbox"/> mesure (s) de restauration précisez : ..... <input type="checkbox"/> attrait paysager et/ou culturel précisez : ..... <input type="checkbox"/> Autre: .....	<input type="checkbox"/> Site classé/protégé précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) patrimoniale (s) précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) en voie d'extinction précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) invasive (s) précisez : ..... <input type="checkbox"/> mesure (s) de restauration précisez : ..... <input type="checkbox"/> attrait paysager et/ou culturel précisez : ..... <input type="checkbox"/> Autre: .....	<input type="checkbox"/> Site classé/protégé précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) patrimoniale (s) précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) en voie d'extinction précisez : ..... <input type="checkbox"/> Espèce (s) invasive (s) précisez : ..... <input type="checkbox"/> mesure (s) de restauration précisez : ..... <input type="checkbox"/> attrait paysager et/ou culturel précisez : ..... <input type="checkbox"/> Autre: .....

<sup>5</sup> Parc National, ENS, Natura 2000, ZNIEFF, RAMSAR, Réserve naturelle de France,...

<sup>6</sup> Espèce terrestre ou aquatique, végétale ou animale

**9. Parmi ces 3 plans d'eau, certains font-ils l'objet de suivis scientifiques (hors DCE)? Si oui, veuillez compléter si possible le tableau ci-dessous.**

Plan d'eau	Suivi(s) scientifique(s)	Types de paramètres suivis <sup>7</sup>	Date des suivis	Type des suivis (ponctuel ou continu)	Fréquence des suivis	Durée des suivis	Responsable des suivis <sup>8</sup>
1.....	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....
2.....	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> non	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....
3.....	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> non	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... ..... .....

**10. Avez-vous des attentes particulières sur un réseau de suivi pérenne de la température de l'eau des plans d'eau comme proposé par l'ONEMA ?**

<sup>7</sup> Oxygène, zooplancton, phytoplancton, suivi piscicole....  
<sup>8</sup> Agence de l'eau, Université....



**Annexe 2** : Note explicative accompagnant l'envoi du questionnaire.

Dossier suivi par :  
Delphine Rebière  
Tél : 04 42 66 99 28  
Mél : delphine.rebiere@irstea.fr

**Objet** : Questionnaire pour une aide au choix d'un échantillon de plans d'eau à équiper dans le cadre de la mise en place d'un réseau national de suivi pérenne de la température de l'eau.

Madame, Monsieur,

Le changement climatique est une des préoccupations majeures de notre société. Cependant, il n'existe actuellement aucun suivi standardisé de ces effets sur la température des plans d'eau. C'est pourquoi, l'ONEMA<sup>9</sup>, en partenariat avec Irstea<sup>10</sup>, réunis au sein du Pôle ONEMA/Irstea, souhaitent mettre en place une surveillance à long terme et en continue de la température de certains plans d'eau, à travers un réseau national.

Ce réseau fournira un outil de mesure aux gestionnaires comme aux scientifiques permettant de surveiller l'évolution de la température de plans d'eau. L'analyse de ces mesures pourra par exemple permettre d'anticiper les répercussions négatives des effets du changement climatique sur leurs caractéristiques physico-chimiques (e.g. méromixie) et sur leurs communautés biologiques (e.g. asphyxie ou dépassement de seuils physiologiques pour la reproduction).

Ainsi, afin d'orienter le choix des plans d'eau à suivre dans ce réseau, nous avons besoin de mobiliser vos connaissances par l'intermédiaire du questionnaire ci-joint. Nous vous saurions gré de bien vouloir faire circuler ce document au sein de vos services.

Ce questionnaire comprend 10 questions nécessitant un temps de réponse avoisinant les 15 minutes. Vous pouvez le retourner par mail à [delphine.rebiere@irstea.fr](mailto:delphine.rebiere@irstea.fr) avant le **30 juillet 2015**. Les réponses seront analysées afin de définir un échantillon de plans d'eau à équiper dans le cadre du réseau de suivi pérenne de la température de l'eau. Les résultats de ces analyses vous seront, bien entendu, restitués par voie numérique.

Comptant sur une importante contribution de vos services à ce questionnaire, veuillez agréer, Madame, Monsieur, mes sincères remerciements et mes salutations les plus cordiales.

Le Directeur du Pôle "Hydroécologie des plans d'eau"

**Jean-Marc BAUDOIN**



<sup>9</sup> Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

<sup>10</sup> Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

**Annexe 3** : Catégorie et codage de chaque question du questionnaire (en italique les usages socio-économiques et enjeux environnementaux ajoutés suite au dépouillement des questionnaires).

Question	Catégorie	Codage										
1	Nom prénom	complémentaire	pas de codage									
	Organisme	profil répondant	1	Agence de l'eau	2	DREAL	3	FPPMA	4	ONEMA	5	SAGE
			6	Office de l'eau								
	Service	profil répondant	pas de codage									
	Fonction	complémentaire	pas de codage									
2		profil répondant	0	non	1	oui						
3		profil répondant	0	non	1	oui						
4		profil répondant	valeur numérique									
5	Plans d'eau DCE	complémentaire	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Type de plan d'eau (retenue, lac naturel, étang...)	supplémentaire	1	retenue	2	lac naturel	3	étang (naturel ou pas)	4	artificiel	5	lagune
	Représentativité du plan d'eau	supplémentaire	1	représentatif	2	singulier						
	Commentaires sur représentativité ou singularité du lac	complémentaire	pas de codage									
6	Profondeur maximale	supplémentaire	valeur numérique									
	Présence de marnage si oui précisez l'amplitude du marnage maximale	complémentaire	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Présence de fort vent	complémentaire	valeur numérique									
	Période de gel	complémentaire	0	non	1	oui	99	ne sais pas				

	Navigation	complémentaire	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Navigation - moteur électrique	complémentaire	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Navigation - moteur thermique	complémentaire	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Risque de vandalisme	supplémentaire	1	nul	2	faible	3	fort	99	ne sais pas		
7	Suivi thermique	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Périodes des suivis	complémentaire	pas de codage									
	Type de suivi	complémentaire	1	continu	2	ponctuel	9	aucun	99	ne sais pas		
	Zone des suivis	complémentaire	1	surface	2	fond	3	colonne d'eau	4	entrée/sortie plans d'eau	9	aucun
			99	ne sais pas pas de codage								
	Commanditaires des suivis	complémentaire	pas de codage									
	Classification thermo-mictique de Lewis	supplémentaire	1	monomictique	10	monomictique chaud	11	monomictique froid	2	polymictique	20	polymictique chaud discontinu
			21	polymictique chaud continu	22	polymictique froid discontinu	23	polymictique froid continu	3	dimictique	4	meromictique
			99	ne sait pas								
8	Eau potable	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Agriculture	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Pêche	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Hydroélectricité	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Activités récréatives	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	Pisciculture	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				
	<i>Biodiversité,</i>	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas				

<i>randonnée</i>							
<i>Ecrêtage des crues et soutien d'étiage</i>	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
<i>Mine d'uranium</i>	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
<i>Conchyliculture</i>	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
Site classé/protégé	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
Site classé/protégé : précision	complémentaire	pas de codage					
Espèce patrimoniale	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
Espèce (s) patrimoniale (s): précision	complémentaire	pas de codage					
Espèce voie d'extinction	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
Espèce (s) en voie d'extinction: précision	complémentaire	pas de codage					
Espèce invasive	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
Espèce invasive: précision	complémentaire	pas de codage					
Mesure (s) de restauration	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
Mesure (s) de restauration: précision	complémentaire	pas de codage					
Attrait paysager et/ou culturel	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
Attrait paysager et/ou culturel: précision	complémentaire	pas de codage					
<i>Zones humides en</i>	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas

<i>amont</i>								
	<i>Introduction d'espèces</i>	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
	<i>Introduction d'espèces: précision</i>	complémentaire	pas de codage					
9	Suivi (s) scientifique (s)	<b>explicative</b>	0	non	1	oui	99	ne sais pas
	Type de paramètres suivis	complémentaire	pas de codage					
	Date des suivis	complémentaire	pas de codage					
	Type des suivis	complémentaire	pas de codage					
	Fréquence des suivis	complémentaire	pas de codage					
	Durée des suivis	complémentaire	pas de codage					
	Responsable des suivis	complémentaire	pas de codage					
10		complémentaire	pas de codage					

**Annexe 4 :** Liste des questions pour lesquelles les réponses diffèrent entre les organismes répondant pour un même plan d'eau (FPPMA : Fédération pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques, DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, SD 24 ONEMA : Service Départemental de la Dordogne de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, EPTB : Etablissement Public Territorial de Bassin)

Lac	Question	Réponse organisme 1	Réponse organisme 2
		<b>Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse</b>	<b>DREAL Rhône-Alpes</b>
<b>Lac d'Aiguebelette</b>	6-vandalisme	3	2
	8- usages socio-économiques : hydroélectricité	0	1
	8-enjeux environnementaux : espèce patrimoniale	0	1
	8-enjeux environnementaux : espèce invasive	0	1
	8-enjeux environnementaux : mesure de restauration	0	1
	8-enjeux environnementaux : attrait paysager et culturel	0	1
		<b>Lannion-Trégor Communauté (service : Comité des bassins versants de la Lieue de Grève)</b>	<b>Lannion-Trégor Communauté (service : Espaces naturels)</b>
<b>Retenue du Moulin Neuf</b>	6-navigation	0	1
	6- vandalisme	1	2
	8- usages socio-économiques : biodiversité, randonnée	1	0
	8-enjeux environnementaux : attrait paysager et culturel	1	0
		<b>FPPMA de l'Hérault</b>	<b>Syndicat Mixte du Bassin du Fleuve Hérault</b>
<b>Lac du Salagou</b>	6- vandalisme	3	2
	8- usages socio-économiques : hydroélectricité	0	1
	8-usages socio-économiques : biodiversité, randonnée	0	1
	8-enjeux environnementaux : espèce patrimoniale	0	1
	8-enjeux environnementaux : mesure de restauration	1	0
		<b>FPPMMA de la Mayenne</b>	<b>Syndicat de Bassin de l'Oudon Sud</b>
<b>Etang de la Rincerie</b>	8-usages socio-économiques : pêche	1	0
	8-usages socio-économiques : écrêtage des crues et soutien	0	1

	d'été		
	8-enjeux environnementaux : site classé et/ou protégé	0	1
	8-enjeux environnementaux : espèce patrimoniale	1	0
	8-enjeux environnementaux : attrait paysager et culturel	0	1
		<b>SD 24 ONEMA</b>	<b>EPTB Dordogne</b>
<b>Lac de Rouffiac en Périgord</b>	1-gel	1	0
	1-navigation	1	0
	7-suivi thermique	0	1
	8-usages socio-économiques : pêche	1	0
	8-enjeux environnementaux : espèce invasive	1	0

**Annexe 5** : Score obtenu par les plans d'eau sans vandalisme fort. Les plans d'eau sont triés par type (Type\_PE), puis par score décroissant. En rouge et gras, les 10 plans d'eau proposés pour être équipés dans le cadre du lancement du réseau de suivi pérenne de la température. (Obs : n° d'observation, Dpt : n° de département, Type\_PE : type de plan d'eau, Represent\_PE : représentativité des plans d'eau, Pmax : profondeur maximale en mètre, Classif\_Lewis : classification thermo-mictique de Lewis). Pour le codage des modalités de chaque colonne se référer à l'Annexe 3.

Critères					Caractéristiques des plans d'eau				
Score	Type_PE	Classif_Lewis	Pmax	Represent_PE	Obs	Plan d'eau	Dpt	DCE	Vandalisme
<b>10</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>Retenue du Drenec</b>	<b>29</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
9	1	21	7	2	24	Retenue de Saint Fraimbault	53	1	2
<b>8</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>Complexe d'Eguzon (Chambon)</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
8	1	22	40	2	20	Complexe de Lavalette	43	1	2
7	1	20	7	1	9	Etang de Pirot	3	1	2
7	1	20	19	2	10	Complexe de Rochebut	3	1	2
7	1	10	19.5	1	40	Lac d'Allement	1	1	NA
7	1	NA	9	2	72	Retenue de Saint-Michel	29	1	1
6	1	21	2	2	4	Retenue du Moulin Neuf	29	1	1
6	1	23	17	2	8	Barrage de Saint Clément	3	0	1
6	1	20	11	1	13	Barrage réservoir de l'Astarac	32	1	2
6	1	20	27	1	39	Retenue de la Manzo	972	1	2
6	1	NA	8.9	1	64	Barrage de Saint-Jean	32	1	2
6	1	23	NA	1	83	Lac de Rouffiac en Périgord	24	0	2
6	1	NA	11	1	95	Lac de Devesset	7	1	1
6	1	NA	48	1	114	Lac de Rouffiac en Périgord	58	1	2
5	1	NA	47.4	NA	5	Retenue de Grangent	42	1	NA
5	1	NA	46	NA	6	Retenue de Villerest	42	1	NA
5	1	NA	30	2	17	Lac de la Raviège	34	1	2
5	1	10	16	1	43	Lac de Labarre	9	0	2
5	1	NA	18	1	63	Lac du Balaing	64	0	2
5	1	NA	5.3	1	97	Etang de Veaux	58	1	2
5	1	NA	12	1	98	Barrage de Saint Agnan	58	1	1
5	1	10	80	1	111	Lac de l'entonnoir	19	1	2
4	1	NA	10.5	2	3	Retenue de Saint Aignan (complexe de Guerlédan)	22	1	2
4	1	20	10	1	14	Lac de Miélan	32	1	2
4	1	20	11	2	15	Lacoste (Lupiac)	32	0	1
4	1	NA	30	2	18	Réservoir d'Avène	34	1	2
4	1	NA	4	1	28	Etang de la Rincerie	49	1	2
4	1	20	79	1	31	Lac de l'Aigle	15	1	2
4	1	20	16.5	2	32	Barrage de Lavaud	16	1	2
4	1	NA	14	2	37	Etang de la Madine	55	1	1



4	1	NA	38	1	47	Réservoir de Pont-de-Salars	12	1	2
4	1	NA	40	1	48	Barrage de Pinet	12	1	2
4	1	10	2	NA	65	Retenue du Moulin Neuf	29	1	2
4	1	22	NA	1	85	Réservoir du bourdeix	24	0	1
4	1	NA	16	NA	96	Lac le Cheylard	7	0	2
3	1	NA	50	2	23	Retenue de Naussac	48	1	2
3	1	21	4	1	25	Etang de la Rincerie	53	1	2
3	1	NA	NA	2	38	Etang de la Sangsue	55	0	1
3	1	10	21	2	44	Barrage du Filheit	9	1	2
3	1	NA	50	1	46	Barrage de Castelnau-Lassouts	12	1	2
3	1	NA	0.5	2	58	Plan d'eau de la Riaille	84	0	2
2	1	NA	NA	2	70	Lac du Moulin de Wallu	2	0	2
2	1	NA	NA	2	71	Lac du Parc aux Dames	60	0	1
2	1	NA	30	1	74	Lac des Olivettes	34	0	2
2	1	NA	10	1	87	Lac du Loubet	47	0	2
2	1	NA	8	2	88	ASL de Lacoutre	47	0	1
1	1	NA	12	1	86	Lac du Moulin d'Arasse	47	0	2
0	1	NA	NA	2	68	Lac de Bourideys	33	0	NA
0	1	NA	NA	2	75	Lac de la Jasse	34	0	NA
0	1	NA	NA	NA	79	Lac de Mesnuls	78	0	NA
<b>10</b>	<b>2</b>	<b>NA</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>76</b>	<b>Etang de Carcans-Hourtin</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>NA</b>
10	2	NA	7	1	77	Etang de Lacanau	33	1	NA
9	2	20	21	1	54	Petit étang de Biscarrosse	40	1	1
9	2	3	29	1	108	Lac sud Izadia	25	1	2
8	2	20	3	1	53	Etang de Léon	40	1	2
7	2	20	23	1	30	Etang de Cazaux-Sanguinet	40	1	2
7	2	20	2.5	1	52	Etang du Blanc	40	1	2
<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>109</b>	<b>Lac de Remoray</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
6	2	3	10	2	66	Lac de Saint Magne	33	0	2
6	2	0	26	2	112	Barrage du Chastang	15	0	2
5	2	NA	12	2	110	Lac de Saint Point	25	1	2
4	2	NA	120	1	62	Lac Bleu	65	1	2
3	2	10	6	2	35	Etang des Aulnes	13	1	2
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>Etang de Saint Aubin</b>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
3	3	NA	NA	1	11	Lac d'Abzac	16	0	1
2	3	NA	4	1	80	étang sur source	NA	0	2
2	3	NA	4	1	81	étang sur cours d'eau SANS dérivation	NA	0	2
<b>2</b>	<b>3</b>	<b>NA</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>82</b>	<b>étang sur cours d'eau AVEC dérivation</b>	<b>NA</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>8</b>	<b>4</b>	<b>NA</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>92</b>	<b>Etang du Dordu</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>6</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>42</b>	<b>Lac des Eaux bleues</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>NA</b>
6	4	NA	3	2	55	Lac du Vesoul	70	1	2

6	4	NA	NA	1	93	Etang de Tronchateau	56	0	1
6	4	NA	2	1	94	Etang du Verger	56	0	2
5	4	NA	NA	1	59	Etang du Moulin de Vallière	95	0	NA
5	4	3	8	1	67	Lac du bousquet	33	1	2
4	4	NA	4	1	36	Etang de Lachaussée	55	1	1
4	4	22	NA	1	84	Etang de Saint estéphe	24	0	1
4	4	NA	6	1	113	Lac de La Crégut	24	0	2
3	4	NA	18	1	56	Plan d'eau Li piboulo	84	0	1
3	4	NA	3.5	2	57	Lac de Beaulieu	84	0	2
2	4	NA	1.2	1	2	Etang de la Horre	52	1	2
2	4	21	2.5	2	26	Lac de la Courbe	53	0	2
2	4	NA	8	1	60	Base de Loisirs de Cergy	95	1	NA
2	4	NA	NA	1	61	Lac d'Enghien	95	0	NA
2	4	10	4.5	2	99	Lac de Pannecièrre	49	0	2
1	4	NA	NA	1	7	Ancienne gravières réaménagées	42	0	NA
1	4	10	2.5	2	100	Etang des Noues	49	0	1
1	4	10	2.5	1	101	Etang de la Coudraie	49	0	1
1	4	10	2.5	1	102	Etang de St Quentin en Mauges	49	0	1
1	4	10	2.5	1	103	Etang de Villedieu la Blouère	49	0	1
0	4	NA	NA	NA	78	Etang de Jouars Pontchartrain	78	0	NA
<b>10</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>69</b>	<b>Etang de Salses-Leucate</b>	<b>66</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
10	5	21	1.5	1	89	Etang de Vic	34	1	2
10	5	20	80	1	90	Etang du Méjean	34	0	1
<b>8</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	<b>2</b>	<b>91</b>	<b>Salines de Villeneuve</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>1</b>



**Onema**  
Hall C – Le Nadar  
5 square Félix Nadar  
94300 Vincennes  
*01 45 14 36 00*  
*www.onema.fr*



***Iristea***  
*Parc de Tourvoie*  
*BP 44*  
*92163 Antony cedex*  
*01 40 96 61 21*  
*www.irstea.fr*