



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0). La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, le numéro de l'article et le DOI.

## Énergies renouvelables et écosystèmes lacustres : risques écologiques potentiels liés au développement des centrales photovoltaïques flottantes

Héctor RODRIGUEZ PEREZ<sup>1,2,3</sup>, Jean-Marc BAUDOIN<sup>1,2,3</sup>, Fanny COLAS<sup>4</sup>, Julien CUCHEROUSET<sup>5</sup>

<sup>1</sup> OFB, DRAS, Service EcoAqua, Aix-en-Provence, France.

<sup>2</sup> INRAE, Aix Marseille Université, RECOVER, 13182, Aix-en-Provence, France.

<sup>3</sup> Pôle R&D ECLA, France.

<sup>4</sup> Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon1, CNRS, ENTPE, UMR 5023 LEHNA, 69622, Villeurbanne, France.

<sup>5</sup> Centre de recherche sur la biodiversité et l'environnement (CRBE). Univ de Toulouse, CNRS, Toulouse, France.

Correspondance : Héctor RODRIGUEZ PEREZ, [hector.rodriguez-perez@ofb.gouv.fr](mailto:hector.rodriguez-perez@ofb.gouv.fr)

***Les projets de centrales photovoltaïques flottantes sont en plein essor, mais on ne connaît pas les conséquences de ces installations sur le fonctionnement écologique des plans d'eau et leur biodiversité. Le Pôle R&D ECLA (Pôle Recherche & Développement Écosystèmes Lacustres)<sup>1</sup> mène diverses actions pour pallier ce manque de connaissance et y contribue à travers trois projets de recherche (SOLAKE, FLOATIX et SOLFLUX).***

### Introduction

La loi Énergie Climat de 2019 vise la neutralité carbone pour 2050 avec une production énergétique décarbonée pour atténuer le réchauffement climatique. La Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2028 présentait l'objectif de doubler la puissance installée des énergies renouvelables électriques par rapport à 2017. Dans ce sens, la loi APER<sup>2</sup> de 2023 propose un cadre légal favorable à l'accélération du développement et de l'implantation des énergies renouvelables.

Les énergies renouvelables (EnR) dépendent des sources d'énergie diffuses comme le soleil et le vent. Au contraire, les technologies de production d'énergie très intensives en carbone sont basées sur des ressources énergétiques fossiles, avec une très haute densité énergétique. Pour compenser cette différence, les centrales de production des EnR ont besoin d'occuper une plus grande étendue de territoire pour obtenir la même production qu'avec les énergies fossiles, ainsi Lovering *et al.* (2022) établissent un ratio 1:5 entre la taille de centrales à gaz et les installations photovoltaïques. L'emprise au sol des instal-

lations photovoltaïques pour une puissance installée de 1 MW d'énergie est estimée entre 1 et 2 ha (Blaydes *et al.*, 2025). Cela représente un des paradoxes principaux des EnR. Alors que les EnRs contribuent à atténuer le changement climatique, une des cinq causes majeures de perte de biodiversité, le changement d'usage des sols qu'elles induisent participe aussi à l'érosion de la biodiversité (Jaureguiberry *et al.*, 2022).

Les centrales photovoltaïques flottantes (PVF) ont été imaginées, dès 2007 en Asie, comme une alternative à l'occupation des sols nécessaire au déploiement du photovoltaïque au sol. En 2023, la puissance installée par les centrales photovoltaïques flottantes a atteint les 7,7 GW au niveau mondial, dont environ 90% en Asie (Selj *et al.*, 2025). Le Japon, la Chine et Taiwan comptent pour 60% du nombre total de centrales installées (Nobre *et al.*, 2024). En 2023, la France est le deuxième acteur européen d'importance par puissance installée, avec un total de neuf centrales recensées (Nobre *et al.*, 2024 ; Selj *et al.*, 2025), et avec de nombreux projets en cours de conception et de construction (photo 1).

1. <https://poleecla.fr/>  
2. Loi no 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables, surnommée loi APER.

Au niveau mondial, les connaissances scientifiques sur les impacts écologiques pour les plans d'eau de l'installation de centrales PVF sont néanmoins très limitées. Ce manque de connaissances, en particulier empiriques, complexifie la régulation de la construction des centrales par les services instructeurs de l'État. Afin d'accompagner les politiques publiques sur la question du PVF, le pôle R&D ECLA s'est saisi de la question des conséquences écologiques pour les plans d'eau dans le cadre de son dernier programme scientifique (2019-2024).

### L'acquisition de connaissances sur les impacts écologiques du déploiement du PVF

Les travaux sur le PVF menés dans le cadre du projet SOLAKE (2020-2025) ont été cofinancés par l'Ademe<sup>3</sup> et réalisés grâce à la mise en place d'un partenariat avec des équipes de recherche externes au Pôle R&D ECLA. Ce projet a été porté par le CRBE<sup>4</sup> en collaboration avec l'UMR LEHNA<sup>5</sup>. Un premier objectif de ce projet était de faire une synthèse de la connaissance scientifique sur le sujet. Le deuxième objectif de ce projet a été l'acquisition des données écologiques sur le fonctionnement des plans d'eau et leur diversité avant et après l'installation de centrales photovoltaïques flottantes en suivant un protocole de type BACI<sup>6</sup>. Initialement, seize lacs de gravière situés dans les vallées de la Garonne et l'Ariège, à proximité de Toulouse, ont été suivis. Huit de ces plans d'eau étaient visés par des projets de déploiement de PVF, et les huit autres ont été choisis comme témoins. Les données acquises incluent la caractérisation physico-chimique des plans d'eau, celle des communautés de producteurs primaires, zooplancton et poissons, le fonctionnement métabolique du plan d'eau (respiration, production primaire, dynamique des gaz à effet de serre) et la caractérisation des réseaux trophiques.

Photo ① – Installation photovoltaïque flottante dans la vallée de la Durance (photo : Héctor Rodríguez Pérez).



3. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

4. Centre de recherche sur la biodiversité et l'environnement.

5. Unité mixte de recherche Laboratoire d'écologie des hydrosystèmes naturels et anthropisés.

6. Acronyme anglais : *Before-After-Contol-Impact*, traduit par « avant, après, témoin et impact ».

7. Office français de la biodiversité.

8. Plateforme expérimentale aquatique de Rennes-Le Rheu :

<https://u3e.rennes.hub.inrae.fr/presentation/organisation/plateforme-pearl>

Le pôle R&D ECLA s'est aussi impliqué dans le prolongement du projet SOLAKE par le projet FLOATIX (2024-2028), financé par l'OFB<sup>7</sup>. Ce nouveau projet a élargi l'équipe de travail en incluant deux équipes INRAE (unité mixte de recherche CARRTEL Thonon-les-Bains et U3E Rennes), dont une incluse dans le pôle, et la société VITO. Les objectifs scientifiques de FLOATIX incluent la poursuite de l'acquisition des données écologiques pour mesurer les effets écologiques de l'installation de centrales PVF à laquelle a été ajoutée la mesure en milieu naturel de leurs effets écotoxicologiques, et la quantification expérimentale en mésocosmes (plateforme PEARL<sup>8</sup>) des effets de deux taux de recouvrement, 25 et 50 %.

Pour compléter ces approches, le projet SOLFLUX (2023-2025), porté par l'UMR LEHNA et le pôle R&D ECLA, et financé par la Compagnie nationale du Rhône via sa filiale CN'Air, est centré sur les impacts des installations PVF sur le cycle du carbone à l'interface entre les écosystèmes aquatiques et terrestres. Le projet vise à quantifier les effets de la modification de la dynamique de la matière organique après l'installation de centrales PVF sur les flux de carbone partant des écosystèmes aquatiques vers les écosystèmes terrestres sous la forme de gaz à effet de serre et d'émergence d'insectes, et l'exploitation de ces insectes par les chiroptères (Vouhé *et al.*, 2025). Pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet, huit lacs de gravière situés dans la vallée du Rhône ont été suivis, dont cinq avec un projet de déploiement de PVF prévu, l'approche méthodologique étant toujours du type BACI.

### Les premiers résultats et les perspectives des projets en cours

Les hypothèses de travail de ces projets sont que l'installation des centrales PVF sur les plans d'eau va limiter fortement l'arrivée de lumière et de vent, avec un effet de diminution significative de la température de l'eau et des échanges entre l'eau et l'air. Le fonctionnement écologique des plans d'eau étant très dépendant de ces trois facteurs physiques, des altérations de diverses magnitudes de processus biologiques sont attendus à tous les niveaux d'organisation biologique (figure ①).

De par leur travail de synthèse, Nobre *et al.* (2023) ont constaté le manque de résultats empiriques publiés sur les conséquences écologiques du déploiement du PVF, ce qui justifie davantage l'investissement du Pôle R&D ECLA sur l'acquisition de connaissances sur le sujet. Une version en français de la synthèse est aussi disponible dans les collections de l'Office français de la biodiversité (Nobre *et al.*, 2025a)

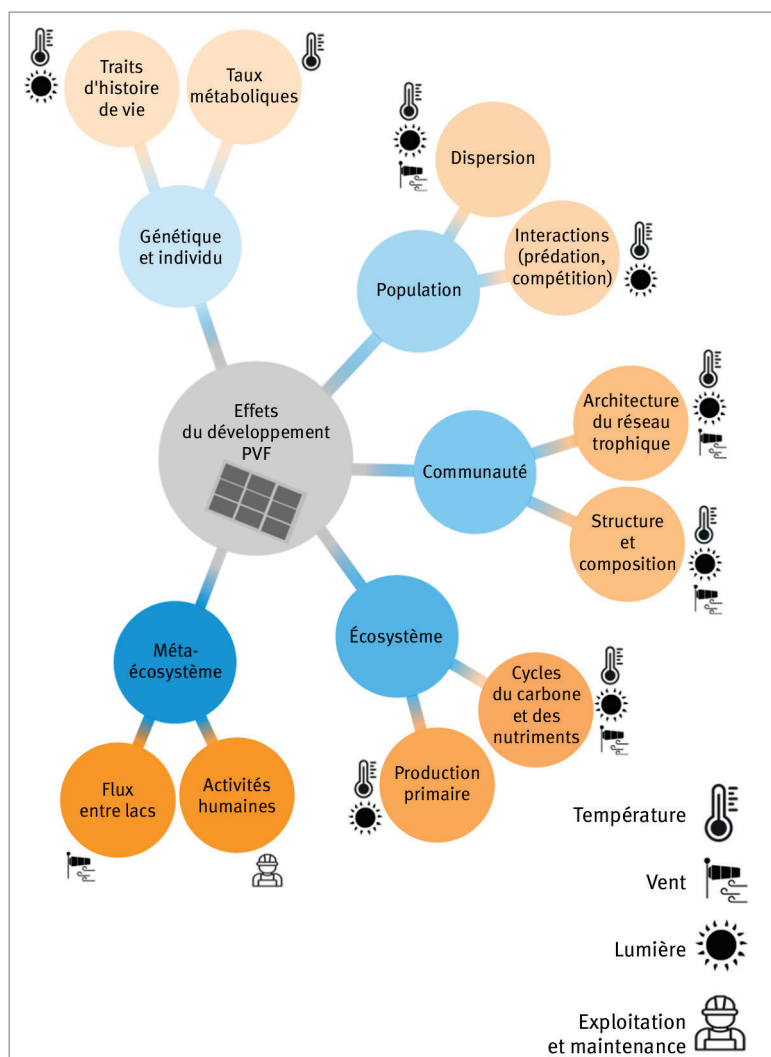
Néanmoins, les résultats empiriques obtenus dans les projets sont limités car le calendrier prévisionnel de constructions de la plupart des centrales PVF a pris du retard, limitant ainsi l'acquisition de données. Pour SOLAKE-FLOATIX (vallées de la Garonne et Ariège), seules quatre centrales PVF existent sur un total initialement prévu de huit. Quant au projet SOLFLUX (vallée du Rhône), la première des centrales prévues devrait voir le jour vers la fin de 2027.

Dans le cadre du projet SOLAKE, il a été mesuré une réduction généralisée et significative de la température pour l'ensemble des plans d'eau équipés des centrales

PVF. La réduction moyenne annuelle de la température mesurée a été de 1,2 °C, par rapport à la température dans les plans d'eau témoin (Nobre *et al.*, 2025b); elle était plus forte (> 2 °C) pendant les périodes les plus chaudes de l'année. Des modifications sur les communautés de producteurs primaires ont également été observées. Ainsi, les communautés de diatomées qui se développent sur les flotteurs sur lesquels les panneaux photovoltaïques sont installés sont moins riches en taxons et plus homogènes que les communautés de diatomées échantillonnées dans la colonne d'eau ou le substrat des plans d'eau (Nobre *et al.*, 2025c). Les analyses des autres paramètres n'ont pas encore permis de dessiner des tendances claires, c'est-à-dire une réponse similaire de tous les sites. Acquis sur une période relativement courte (1-2 années) après l'installation de PVF sur seulement trois lacs, ces résultats n'excluent pas de se mettre en place à moyen terme à la suite des modifications physiques (température et lumière) observées.

La réduction de la température à cause du déploiement des centrales PVF a été attestée (Nobre *et al.*, 2025b) et l'étude des conséquences sur les processus écologiques et la biodiversité sont en cours. Il faut désormais concentrer des efforts de recherche sur les conséquences de la réduction de la lumière et du vent pour la biodiversité et le fonctionnement des plans d'eau. Les résultats de ces travaux permettront aussi l'apport d'éléments de réflexion clés pour atténuer les impacts écologiques potentiels des centrales PVF dès leur conception, par exemple en ce qui concerne les technologies utilisées (forme de flotteurs, densité de panneaux, distance entre les rangs, etc.) ou encore les caractéristiques des plans d'eau moins favorables pour une installation PVF avec un impact acceptable. ■

**Figure 3** – Altérations potentielles à différents niveaux d'organisation biologique induites par les modifications des facteurs physiques (lumière, vent et température) occasionnées par l'installation de centrales photovoltaïques sur un plan d'eau (modifié à partir de Nobre *et al.*, 2023).



## RÉFÉRENCES

- Blaydes, H., Whyatt, J. D., Carvalho, F., Lee, H. K., McCann, K., Silveira, J. M., & Armstrong, A. (2025). Shedding light on land use change for solar farms. *Progress In Energy*, 7(3), 033001. <https://doi.org/10.1088/2516-1083/adc9f5>
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D. E., Coscieme, L., Golden, A. S., Guerra, C. A., Jacob, U., Takahashi, Y., Settele, J., Díaz, S., Molnár, Z., & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8(45), eabm9982. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>
- Lovering, J., Swain, M., Blomqvist, L., & Hernandez, R. R. (2022). Land-use intensity of electricity production and tomorrow's energy landscape. *PLoS ONE* 17(7), e0270155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270155>
- Nobre, R. L. G., Boulêtreau, S., Colas, F., Azémar, F., Tudesque, L., Parthuisot, N., Favriou, P., & Cucherousset, J. (2023). Potential ecological impacts of floating photovoltaics on lake biodiversity and ecosystem functioning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188, 113852. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113852>
- Nobre, R. L. G., Midaur Rocha, S., Healing, S., Quinfeng, J., Boulêtreau, S., Armstrong, A., & Cucherousset, J. (2024). A global study of freshwater coverage by floating photovoltaics. *Solar Energy*, 267, 112244. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112244>
- Nobre, R., Boulêtreau, S., Colas, F., Azémar, F., Tudesque, L., Parthuisot, N., Favriou, P., & Cucherousset, J. (2025a). *Photovoltaïque flottant : quels impacts potentiels sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes lacustres ?* Office français de la biodiversité. Comprendre pour agir. 16 p. <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-comprendre-agir/photovoltaïque-flottant-quels-impacts-potentiels-biodiversité-fonctionnement>
- Nobre, R. L. G., Vagnon, C., Boulêtreau, S., Colas, F., Azémar, F., Tudesque, L., Parthuisot, N., Millet, P., & Cucherousset, J. (2025b). Floating photovoltaics strongly reduce water temperature : A whole-lake experiment. *Journal of Environmental Management*, 375, 124230. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124230>
- Nobre, R. L. G., Cucherousset, J., Boulêtreau, S., Azémar, F., Parthuisot, N., Colas, F., Millet, P., & Tudesque, L. (2025c). Diatom assemblage colonizing floating photovoltaic floaters are distinct from those in benthic and pelagic compartments of gravel pit lakes. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 426, 10. <https://doi.org/10.1051/kmae/2025006>
- Selj, J., Wieland, S., & Tsanakas, I. (2025). *Floating Photovoltaic Power Plants: A Review of Energy Yield, Reliability, and Maintenance (Report No. T13-31:2025)*. IEA PVPS Task 13. <https://iea-pvps.org/key-topics/t13-floating-pv-plants-review-2025/>
- Vouhé, P., Rodríguez-Pérez, H., Wissel, B., Lengagne, T., Metaireau, A., & Colas, F. (2025). Potential impacts of floating photovoltaics on carbon fluxes across aquatic-terrestrial boundaries. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 426, 13. <https://doi.org/10.1051/kmae/2025005>