

Autosaisine du CNPN, juin 2024

6- LE PHOTOVOLTAÏQUE ET LA BIODIVERSITÉ, page 60 et suivantes

Infos sur les programmes existants français

PIESO : Le Programme de Recherche et Développement PIESO initié en 2014 sur financement de l'Ademe, coordonné par ECO-MED en partenariat avec une équipe de chercheurs de l'IMBE de Marseille et d'Avignon et Total Quadran vient d'aboutir sur la réalisation et la publication de deux documents aujourd'hui incontournables pour la filière des énergies renouvelables :

- PIESO BOOST: Une Boîte à Outils pour l'Optimisation des Suivis écologiques et des Techniques d'intégration de l'Énergie solaire.
- Guide PIESO : un guide technique d'éco-conception des centrales photovoltaïques – un premier guide ERC pour la filière de l'énergie solaire.

Megasol : La plate-forme « Megasol » dispose de 12 MW de puissance photovoltaïque installée. Elle est raccordée au réseau local d'électricité. Megasol est une plateforme de démonstration et d'expérimentation des technologies liées aux grandes centrales solaires. Partenariat avec Urbasolar. Ce projet a pour objectif d'expérimenter de grands démonstrateurs solaires et les smart-grids associées. **Il visera parallèlement à satisfaire les critères d'acceptabilité sociale** et environnementale des futures centrales solaires. Ce parc solaire offrira enfin la possibilité de réaliser un travail expérimental quant à l'intégration « harmonieuse » des centrales solaires au sol dans leur environnement, avec une attention particulière pour analyser les enjeux en milieu forestier.

REMEDE : Le projet REMEDE vise, par l'acquisition de nouvelles connaissances, à produire des recommandations opérationnelles pour permettre aux bureaux d'étude, aux maîtres d'ouvrage, aux services instructeurs et aux collectivités territoriales d'évaluer et de proposer des mesures d'atténuation maximisant la multifonctionnalité et la résilience des milieux.

Le projet REMEDE a permis de montrer un impact très important des panneaux solaires sur un ensemble de variables écologiques (nombre de pollinisateurs, d'interactions plantes-pollinisateurs, la respiration des sols, l'abondance de la mésofaune...). Ces effets peuvent dépendre, selon les variables mesurées, de la région d'implantation de la centrale photovoltaïque et du type de gestion de l'enherbement. En comparaison d'une fauche mécanique, le pâturage ovin affecte également certaines variables écologiques, probablement en réponse à une intensité plus forte et plus fréquente de cette perturbation. A ce stade, nos

résultats suggèrent de tenir compte de la régionalisation des impacts et de la gestion des centrales dans la préconisation des mesures ERC.

Les connaissances acquises alimenteront la rédaction d'un guide d'écoconception des parcs solaires. Ce guide sera rédigé dans le cadre de l'Observatoire des énergies renouvelables et de la biodiversité avec le soutien de l'OFB.

Qui ?

- Aix Marseille Université - UMR Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale
- ECOMED
- Total énergies renouvelables (92), Engie green (92), Urbasolar (34), CVE (13)

Où ? Régions Provence Alpes Côte d'Azur, Auvergne Rhône Alpes, Occitanie et Nouvelle Aquitaine

Démarrage : novembre 2022, Durée : 42 mois, Fin : mai 2026

Encore aucune publication à ce jour.

Impacts sur l'eau

Effets non étudiés

- influence du compactage sur l'infiltration/ruissellement
- pollutions des sols après 10, 20 ou 30 ans d'exploitation (métaux lourds, PFAS, polymères)

Nain, P., & Ancil, A. (2023, June). Per-and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Usage in Solar Photovoltaics. In 2023 IEEE 50th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) (pp. 1-1). IEEE.

Panieri, E., Baralic, K., Djukic-Cosic, D., Buha Djordjevic, A., & Saso, L. (2022). PFAS molecules: a major concern for the human health and the environment. *Toxics*, 10(2), 44.

Impacts sur les phases d'extraction et de transformation

L'extraction a une influence considérable sur la biodiversité : destruction totale des écosystèmes, pollution des terres rejetées et des eaux par les métaux lourds et les produits chimiques.

Le transformation utilise beaucoup d'eau et de produits chimiques.

Impacts des raccordements

S'ils cherchent en général à longer les routes et les chemins, les travaux entraînent des destructions temporaires d'habitat et d'espèces protégées potentiellement présentes, qui ne font qu'insuffisamment l'objet d'investigations poussées. Toutefois, le raccordement d'un grand

nombre de centrales au sein d'une même région peut engendrer des projets de plus grande ampleur, à l'image de ce qui est préfiguré dans les Landes. Un projet de ligne THT aérienne de 65 km de long et d'un poste électrique de 8 à 10 ha est ainsi envisagé à travers le massif des Landes de Gascogne pour raccorder les projets de développement d'énergie renouvelables.

<https://www.debatpublic.fr/landes-de-gascogne-construction-dun-poste-et-dune-ligne-electrique-de-400-000-volts-en-nouvelle#scrollNav-1-4>

<https://www.lpo.fr/la-lpo-en-actions/developpement-durable/energie/lignes-electriques>

Impacts sur la flore

Lors de la phase chantier, les activités de débroussaillage, de compactage et de dévitalisation détruisent tout ou partie de la flore herbacée et toute la flore ligneuse (arbres, arbustes). Ces impacts s'étendent sur une bande de 50 à 100 m autour de la centrale (OLD).

[Pieso, Megasol, Remede](#)

[Armstrong, Alona, Nicholas J Ostle, et Jeanette Whitaker. 2016. « Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling ». Environmental Research Letters 11 \(7\): 074016](#)

L'ombrage accru au sein des centrales photovoltaïques induit une croissance végétale moindre et défavorise les espèces héliophiles. En conséquence, le cortège est davantage composé de poacées, avec moins de fabacées et de plantes entomogames en général.

La moindre activité microbienne du sol a des impacts sur la croissance des plantes. A l'inverse, les espèces sciaphiles (d'ombre) peuvent être favorisées. La compaction des sols liée aux travaux contribue également à une moindre vitalité des plantes.

- Sous les panneaux, la biomasse végétale est réduite d'un facteur 4 par rapport aux inter-rangées du fait de l'ombrage.
- il y a également moins d'espèces différentes
- refroidissement de jusqu'à 5,2° en été sous les panneaux
- plus chaud de 1,7° en hivers sous les panneaux

[Influence de la végétation sur les interactions entre la faune du sol, les plantes et les pollinisateurs : Vers une gestion intégrée aux centrales photovoltaïques, Arnaud Lec'hvien, Thèse Marseille 2025](#)

Les impacts sur la pollinisation de ces plantes sont élevés, avec des variations régionales. Une expérience montre une réduction des interactions plantes pollinisateurs d'au moins 80% en régions PACA et Nouvelle-Aquitaine, ce qui réduit d'autant la fonction écologique de pollinisation. l'impact sur cette fonction écologique doit également faire l'objet d'une mise en oeuvre de la séquence ERC, ce qui n'est pas le cas jusqu'à présent. Si l'enherbement peut rester présent sous les panneaux, une forte réduction de la flore attractive pour les pollinisateurs est souvent observée.

L'étape des travaux active l'émergence d'une flore exotique envahissante, qui est très difficile à éradiquer du fait des pieux portant les panneaux photovoltaïques, qui gênent les interventions. Des expérimentations doivent apporter des solutions pour mettre au point des techniques efficaces d'éradication des espèces exotiques envahissantes (EEE) floristiques afin d'éviter que les centrales photovoltaïques deviennent des zones sources pour ces espèces.

Impacts sur la faune du sol

Choi, Chong Seok, Alexander E Cagle, Jordan Macknick, Dellena E Bloom, Joshua S Caplan, et Sujith Ravi. 2020. « Effects of Revegetation on Soil Physical and Chemical Properties in Solar Photovoltaic Infrastructure ». *Frontiers in Environmental Science*

Aux États-Unis, l'étude d'une centrale photovoltaïque re végétalisée a montré qu'après 7 ans, le cycle des nutriments n'était pas rétabli et que la teneur en carbone et en azote du sol était plus faible. Elle conclut sur l'importance de maintenir la couche arable du sol lors de l'installation des centrales

MEGASOL

En France, des études sont en cours dans le cadre du programme MEGASOL. Elles ont démontré qu'au sein des sols des centrales photovoltaïques, l'activité et la biomasse des microorganismes étaient plus faibles que sur les sites témoins comparables alentours.

Les fonctions écologiques des sols des écosystèmes liés aux sols (stockage du carbone, minéralisation de l'azote, filtration et stockage d'eau, cycle du phosphore et d'autres éléments minéraux, conservation des chaînes trophiques) et à la flore associée apparaissent très altérées.

Le programme REMEDE s'est, par conséquent, aussi donné comme ambition de travailler au dimensionnement de la compensation de ces fonctions.

Lambert, Q., Bischoff, A., Cueff, S., Cluchier, A., & Gros, R. (2021). "Effects of solar park construction and solar panels on soil quality, microclimate, CO2 effluxes, and vegetation under a Mediterranean climate". *Land Degradation & Development*, 32(18), 5190–5202.

Ils ont comparé les sols des centrales avec ceux des écosystèmes semi-naturels dominants à proximité (forêts de pins et maquis) et d'anciens vignobles abandonnés. Les résultats révèlent que la construction des centrales solaires a un impact assez négatif sur la stabilité des agrégats du sol, entraînant une détérioration de la qualité physique du sol. La qualité chimique des sols était semblable dans les anciens vignobles altérés par les intrants (fongicides) et les centrales solaires, mais supérieure dans les forêts de pin et les maquis. Les panneaux ont aussi entraîné une diminution de la température du sol (10%) et des émissions de CO2 liées à la vie des sols (50%).

Impacts sur les insectes

Une partie des centrales photovoltaïques au sol est établie sur des milieux calcicoles très riches en insectes, avec des cortèges originaux attachés à ces espaces, et qui engendrent en particulier régulièrement la destruction d'habitats des espèces protégées suivantes dans les dossiers examinés par

le CNPN : Zygène cendrée, Azuré du serpolet, Damier de la Succise, Diane, Proserpine, Laineuse du prunellier, Criquet hérisson et Magicienne dentelée.

Deschamps J., 2017. Potentialité d'accueil des centrales photovoltaïques pour le Fadet des laïches *Coenonympha oedippus* dans le massif des Landes de Gascogne. Rapport de stage de Master 2 Mention Biodiversité, Écologie et Évolution, parcours « Biodiversité et suivis environnementaux ». Université de Bordeaux. 42 p.

Une étude spécifique menée sur le Fadet des laïches dans le cadre d'un Master 2 sur 9 centrales photovoltaïques du massif landais indique que si l'espèce revient sur les sites en exploitation, les densités y sont plus faibles que sur les sites témoins alentours.

REMEDE

Les résultats indiquent des réductions significatives (30 à 40%) en abondance et en diversité d'insectes pollinisateurs dans les inter-rangs végétalisés, et des réductions très fortes (70 à 80%) sous les panneaux.

—
Il est régulièrement suggéré par les porteurs de projets et leurs bureaux d'étude que la bande d'OLD, en favorisant des végétations rases, devienne attractive pour certains insectes patrimoniaux des pelouses méditerranéennes : il est en tout cas souhaitable que les centrales existantes mettent en place une gestion de leurs OLD et de leurs emprises clôturées qui permette à ces insectes d'accomplir l'ensemble de leur cycle de vie.

Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644-1653.

L'attraction d'insectes aquatiques venus pondre sur les panneaux qu'ils prennent pour une surface aquatique est bien documentée (odonates, éphémères, trichoptères, diptères) et elle est reconnue comme un piège écologique et évolutif.

Avec l'ampleur prise par le développement du photovoltaïque, les insectes ainsi trompés par les surfaces polarisantes des panneaux pourraient constituer une part importante de certaines populations atteintes, avec des conséquences significatives sur leurs populations du fait de diminution de leur reproduction.

Impacts sur les chiroptères

Les projets qui occasionnent le défrichement d'habitats forestiers ou de haies détruisent des arbres gîtes potentiels pour les chiroptères, dont les populations sont globalement en déclin en France, et font disparaître des territoires de chasse importants ainsi que des corridors de vol en suivant des linéaires boisés qui leur permettent de rejoindre d'autres territoires de chasse.

Baudouin, A. Barre, K. et al. In prep

L'étude française trouve que l'activité des chiroptères est 10 fois inférieure à celle des habitats alentours.

Fritz B, Horváth G, Hünig R, Pereszlényi A, Egri Á, Guttman M, et al. (2020) Bioreplicated coatings for photovoltaic solar panels nearly eliminate light pollution that harms polarotactic insects. PLoS ONE 15(12): e0243296. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243296>

L'étude anglaise trouve une activité significativement réduite pour 6 des 8 espèces ou groupes d'espèces étudiées.

<https://auvergne-rhone-alpes.lpo.fr/wp-content/uploads/Guide-pour-une-meilleure-integration-des-enjeux-chiropteres-sur-les-centrales-solaires-photovoltaiques-au-sol-LPO-Aura.pdf>

Les centrales photovoltaïques ont donc un effet de perte d'habitat de chasse pour les chiroptères, ce qui vient s'ajouter aux nombreuses pressions pesant sur ce groupe : urbanisation, rénovations, pollution lumineuse, routes, éoliennes. Un effet d'habituation pourrait avoir lieu pour une partie des espèces à mesure que la centrale est ancienne, mais au moins l'Oreillard gris ne semble pas en bénéficier.

Greif, S., & Siemers, B. M. (2010). Innate recognition of water bodies in echolocating bats. Nature communications, 1(1), 107

Comme les insectes, les chauves-souris peuvent prendre des panneaux photovoltaïques pour une surface en eau, si bien que certaines espèces viennent y chasser (Murin de Daubenton, notamment), et les juvéniles peu expérimentés cherchent à y boire.

Smallwood, K. S. (2022). Utility-scale solar impacts to volant wildlife. The Journal of Wildlife Management, 86(4), e22216.

La mortalité a lieu contre les panneaux et, surtout, contre les clôtures (estimée à 2,5 individus par km et par an aux États-Unis)

Les modules verticaux en agrivoltaïsme pourraient être plus problématiques pour ce groupe.

Impacts sur les mammifères non volants

La **destruction d'habitat** d'espèces, notamment lorsqu'il s'agit de boisements, occasionne des pertes nettes d'habitats de reproduction pour des espèces comme la martre, la genette, le muscardin, etc.

La surface neutralisée par les centrales photovoltaïques **réduit aussi fortement le domaine vital d'espèces plus grandes** et dont l'habitat est déjà fragmenté par les routes et les zones urbaines. C'est le cas des cervidés, mais aussi des carnivores tels que le Loup gris, le Chat forestier, le Lynx boréal, qui ne peuvent transiter par ces zones clôturées.

Impacts sur les oiseaux

Dans la forêt des Landes de Gascogne, les espèces des landes et des clairières forestières (en particulier la Fauvette pitchou, l'Alouette lulu, le Busard cendré et l'Engoulevent d'Europe) sont presque systématiquement concernées par les projets.

Dans les milieux de pelouses et de friches calcicoles, la Pie-grièche écorcheur, la Fauvette grisette, la Fauvette des jardins, la Locustelle tachetée, le Tarier pâtre, la Tourterelle des bois et le Bruant jaune font partie des espèces à enjeux dont l'habitat est le plus fréquemment détruit.

Le Bouvreuil pivoine est également régulièrement concerné, dans les milieux plus frais.

En garrigue et Pinède méditerranéenne, les impacts concernent fréquemment le Circaète Jean-le-Blanc, la Fauvette orphée, le Torcol fourmilier, le Rollier d'Europe, le Guêpier d'Europe, le Bruant ortolan ainsi que des espèces faisant l'objet de Plans Nationaux d'Action, telles que la Pie-grièche à tête rousse ou l'Aigle de Bonelli.

Sur friches agricoles, terrains militaires et aérodromes, les PV entraînent la destruction de l'habitat d'espèces telles que l'Outarde canepetière, les busards, l'Oedicnème criard, la Caille des blés, le Pipit farlouse et les Bruants proyer et des roseaux.

Un impact moins connu est celui lié aux mortalités par collisions. Comme les insectes, les oiseaux peuvent être bernés par la lumière polarisée générée par les panneaux et tentent de venir y boire ou y chasser.

[Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D., Gerringer, M., & Erickson, W. \(2020\). A summary of bird mortality at photovoltaic utility scale solar facilities in the Southwestern US. PloS one, 15\(4\)](#)

Les suivis de mortalité menés sur 13 centrales photovoltaïques en Californie ont conclu à la mortalité de 1,8 oiseaux par MW et par an, ce qui n'est pas négligeable.

[Smallwood, K. S. \(2022\). Utility-scale solar impacts to volant wildlife. The Journal of Wildlife Management, 86\(4\), e22216](#)

Une étude plus récente évalue plutôt à 11,6 oiseaux par MW et par an et explique la différence par des calculs de probabilité de détection des cadavres auparavant surévalués.

[Conkling, T. J. et al. \(2022\). Vulnerability of avian populations to renewable energy production. Royal Society Open Science, 9\(3\)](#)

Il a récemment été montré aux États-Unis qu'une grande partie des oiseaux retrouvés morts dans les centrales photovoltaïques étaient des oiseaux en migration.

A la mortalité liée aux collisions sur les panneaux s'ajoute celle sur les clôtures. Aux États-Unis, elle est estimée à 15 oiseaux par km et par an. A notre connaissance, aucun suivi de mortalité n'est actuellement mis en œuvre en France.

Impacts sur les reptiles

La destruction des habitats complexes, avec mosaïques de ligneux et d'herbacées, de lisières et de zones pierreuses, engendre une perte d'habitats pour les reptiles.

La majorité des reptiles de plaine sont concernés par les projets photovoltaïques, y compris des espèces à Plan National d'Action tel que le Léopard ocellé ou la Tortue d'Hermann, et des espèces méridionales peu courantes comme le Seps strié ou les psammodromes.

Les serpents sont en général mal détectés par les études d'impacts.

Pour la tortue d'Hermann, les travaux dans le Var engendrent une mortalité des individus, peu mobiles, qui, contrairement aux oiseaux et aux chiroptères, n'est pas réduite par adaptation des périodes d'intervention. Cette espèce, très menacée, est difficile à détecter lors des études d'impact, et

l'estimation fiable des densités nécessite souvent de faire appel à des chiens spécifiquement dressés pour cela. De plus, elle est très sensible aux moyens mécaniques de mise en œuvre des obligations légales de débroussaillage.

Impacts sur les amphibiens

La destruction de mares occasionnée par la construction de centrales photovoltaïques est plutôt rare car les maîtres d'ouvrage cherchent à éviter ces habitats. Mais **la destruction des habitats terrestres des amphibiens est généralement sous-estimée** par les projets, du fait de leur faible détection lors des inventaires hors zones humides.

Impacts des centrales PV flottantes

Le principal effet des centrales photovoltaïques flottantes est lié à la réduction de la lumière et de l'intensité du vent à la surface de l'eau. Cela induit de nombreux effets en cascade en matière de température de l'eau, de taux d'oxygène dissous et de cycle de développement des algues et des bactéries, et plus généralement sur les chaînes trophiques dépendantes du phytoplancton et du zooplancton.

[Semitransparent polymer solar cells floating on water: selected transmission windows and active control of algal growth. Luqi Yin, Yao Zhou, Tong Jiang, Yunxiang Xu, Tong Liu, Na Li, Ke Zhou, Liangmin Yu, Cui Guo, Petri Murto and Xiaofeng Xu. J. Mater. Chem. C, 2021, 9, 13132](#)

S'il est certain que les modifications de lumière, de température et de chimie de l'eau engendrent des changements importants des communautés aquatiques, il est compliqué de savoir si cela participe à une plus grande hétérogénéité globale en créant de nouvelles conditions sur certains plans d'eau qui favoriseraient des espèces absentes ou rares ailleurs.

Un plan d'eau fréquenté par des oiseaux d'eau perdra son attractivité pour la majorité des espèces. Les deux projets soumis au CNPN en 2022 et 2023 étaient sur des zones fréquentées par des oiseaux d'eau. La mise en clôture des plans d'eau induit un accès réduit pour la faune terrestre.