

CONSEIL NATIONAL DE LA PROTECTION DE LA NATURE

SÉANCE DU 19 JUIN 2024

DÉLIBÉRATION N° 2024-16

AUTOSAISINE DU CNPN RELATIVE À LA POLITIQUE DE DÉPLOIEMENT DU PHOTOVOLTAÏQUE ET SES IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ

Le Conseil national de la protection de la nature,

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 332-1 et L. 332-2, R. 332-1 et R. 332-9 ;

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 134-2 et R. 134-20 et suivants ;

Vu l'article 52 de la loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages ;

Vu le code des relations entre le public et l'administration, notamment ses articles R. 133-4 à R. 133-14 ;

Vu la loi n°2013-907 du 11 octobre 2013 relative à la transparence de la vie publique, notamment son article 2 ;

Vu le décret n°2017-342 du 17 mars 2017 relatif au Conseil national de la protection de la nature ;

Vu l'arrêté du 27 mars 2022 portant nomination au Conseil national de la protection de la nature ;

Vu l'autosaisine du CNPN n°2022-39 du 28 septembre 2022 relative à la politique de déploiement du photovoltaïque et ses impacts sur la biodiversité ;

Vu l'arrêté du 10 janvier 2023 portant approbation du règlement intérieur du Conseil national de la protection de la nature ;

Entendu la présentation du rapport de Maxime ZUCCA (pilote de l'autosaisine) ;

Table des matières

1-CONTEXTE DE L'AUTOSAISINE DU CNPN SUR LES CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES AU SOL	4
2- SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS DU CNPN	7
3-CONTEXTE LÉGISLATIF ET PLANIFICATION	22
3.1 Contexte européen.....	22
3.2 Contexte français.....	23
3.3 Des politiques inscrites dans un contexte de nécessaire baisse de la consommation.....	24
4- PROCÉDURES ENVIRONNEMENTALES LIÉES AU DÉPLOIEMENT DU PHOTOVOLTAÏQUE	26
4.1 Planification et zones d'accélération des ENR.....	26
4.2 Photovoltaïque et aires protégées.....	28
4.3 Le permis de construire.....	30
4.4 L'évaluation environnementale.....	31
4.5 Deux échelles d'instruction.....	31
4.6 L'avis de la Mission Régionale d'Autorité Environnementale (MRAe).....	32
4.7 Le déclenchement de la demande de dérogation espèces protégées.....	33
4.8 Examen par les CRSPN ou le CNPN.....	36
4.9 Les phases de consultation du public.....	38
5- LE PHOTOVOLTAÏQUE EN FRANCE : RÉPARTITION ET TYPOLOGIE DE PROJETS	39
5.1 Installation de panneaux photovoltaïques dans les espaces semi-naturels et naturels.....	41
5.2 Installation de panneaux photovoltaïques dans les espaces agricoles.....	45
5.3 Installation de panneaux photovoltaïques sur les friches industrielles.....	48
5.4 Installation de panneaux photovoltaïques sur les aérodromes et les terrains militaires.....	51
5.5 L'arrivée du photovoltaïque « flottant ».....	52
5.6 Installation de panneaux photovoltaïques sur les parkings.....	54
5.7 Installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures.....	54
5.8 Installation de panneaux photovoltaïques le long des autoroutes et sur les routes.....	57
5.9 Le photovoltaïque en Outre-mer.....	58
6- LE PHOTOVOLTAÏQUE ET LA BIODIVERSITÉ	60
6.1 Empreinte biodiversité des phases amont.....	60
6.2 Impacts liés au raccordement.....	61
6.3 Impacts sur la flore.....	61
6.4 Impacts sur la faune du sol.....	62
6.5 Impacts sur les insectes.....	63
6.6 Impacts sur les chiroptères.....	64
6.7 Impacts sur les mammifères non volants.....	65
6.8 Impacts sur les oiseaux.....	65

6.9 Impacts sur les reptiles	67
6.10 Impacts sur les amphibiens	67
6.11 Impacts liés aux centrales photovoltaïques flottantes	67
7-LA SÉQUENCE ERC APPLIQUÉE AU PHOTOVOLTAÏQUE AU SOL	69
7.1 Évitement amont et recherche d'alternatives satisfaisantes de moindre impact	69
7.2 Des inventaires de qualité, une base indispensable pour bâtir la séquence ERC	71
7.3 Mesures de réduction	73
7.4 Mesures compensatoires	79
ANNEXES	84
<i>Annexe 1 : Les scénarios d'électrification de RTE et de négaWatt, et les objectifs de l'État</i>	<i>84</i>
<i>Annexe 2 : Incitations économiques actuelles pour l'énergie photovoltaïque.....</i>	<i>87</i>
<i>Annexe 3 - Technologies</i>	<i>88</i>
La nécessaire relocalisation	88
Des innovations en cours.....	89
Le sujet du recyclage	90

1-CONTEXTE DE L'AUTOSAISINE DU CNPN SUR LES CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES AU SOL

Le Conseil National de la Protection de la Nature (CNPN), comme les Conseils Scientifiques Régionaux du Patrimoine Naturel (CSRPN), délivre des avis relatifs aux demandes de dérogations « espèces protégées » émanant notamment des porteurs de projets d'aménagement. Parmi ceux-ci, les projets de déploiement d'énergies renouvelables occupent environ 20% des projets pour lesquels cette dérogation est sollicitée, avec un relatif équilibre numérique entre installations éoliennes et centrales photovoltaïques.

La sortie des énergies fossiles permettant d'atteindre la neutralité carbone constitue un objectif majeur des trois décennies à venir, à l'échelle française comme à l'échelle européenne et mondiale. Le respect de l'Accord de Paris nécessite de réduire la production mondiale de pétrole et de gaz de 3% chaque année jusqu'en 2050¹, tournant confirmé par les États à la suite de la Cop28 à Dubaï en 2023. Cet engagement international confère au développement des énergies renouvelables un défi important : il ne s'agit plus de diversifier les sources d'énergies, mais bien de substituer les énergies renouvelables aux énergies fossiles. Dès lors, le déploiement des énergies renouvelables constitue un objectif nécessaire des politiques publiques environnementales. Dans le cadre de sa mission de conseil sur la prise en compte des espèces et espaces protégés auprès du ministère chargé de l'environnement, et conformément aux recommandations du Plan d'Action sur le photovoltaïque et notamment sa mesure 5², le CNPN se propose d'accompagner cette reconfiguration énergétique en participant à la prise en compte de toutes les dimensions environnementales, notamment le maintien des espèces et de leurs habitats, et la diversité des interactions à l'œuvre dans les écosystèmes. En effet, à l'enjeu climatique s'ajoute celui, croissant, de l'érosion des populations de nombreuses espèces et la simplification des écosystèmes qui en résulte s'accroissent, dans l'hexagone comme dans les outre-mer. La première cause en est la perte de leurs habitats à travers les modifications de l'affectation et de l'usage des sols³.

Concilier ces deux problématiques majeures du XXI^e siècle constitue donc un enjeu crucial autant qu'un défi considérable. La communauté scientifique, en particulier les chercheurs contribuant au GIEC et à l'IPBES⁴, appelle à considérer ces deux enjeux « de pair » et avec la même ambition, point de vue partagé par le Ministère de l'Écologie et de la Cohésion des Territoires⁵. Le CNPN avait déjà alerté sur les conséquences possibles sur la biodiversité du déploiement des éoliennes « offshore » dans son rapport d'autosaisine publié en août 2021⁶.

Au sein du mix énergétique dit « décarboné », toutes les énergies ont des impacts potentiellement élevés sur l'environnement et les écosystèmes : le nucléaire (déchets irréductibles, réchauffement de l'eau...), l'éolien terrestre et marin (mortalités par barotraumatisme ou collision des espèces volantes, pertes d'habitat liées à leur comportement d'aversion), l'énergie hydroélectrique (rupture de continuités pour les sédiments alluviaux et la faune aquatique, artificialisation des débits, ennoiment

¹ Welsby, D., Price, J., Pye, S., & Ekins, P. (2021). Unextractable fossil fuels in a 1.5° C world. *Nature*, 597(7875), 230-234.

² https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/21189_Plan-actions_Photovoltaïque-1.pdf

³ IPBES, 2019. Évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques.

⁴ IPBES & GIEC. 2021. « Biodiversity and climate change workshop report ».

⁵ « *La protection de la nature et la lutte contre le changement climatique vont de pair. Plus que jamais, nous avons besoin de la conservation pour protéger la biodiversité des effets du changement climatique et des activités non durables, et seule une action forte en faveur de la nature peut nous permettre de rester sur la bonne voie pour limiter le réchauffement climatique à 1,5 degré.* » Discours du 7 novembre 2022, Cop27 pour le climat.

⁶ Avis à télécharger ici : <https://www.avis-biodiversite.developpement-durable.gouv.fr/juillet-2021-a274.html>

d'habitats terrestres) et, objet de ce présent rapport, l'énergie photovoltaïque. Des problèmes sociaux et environnementaux résultent également de l'extraction des minerais nécessaires au déploiement de ces différentes sources d'énergies.

Enfin, l'énergie issue de la biomasse, qu'elle provienne des cultures (méthanisation, agro-carburants) ou des produits de la forêt, doit également être déployée avec précaution : cette énergie provient de l'exploitation à grande échelle d'organismes vivants du règne végétal. Les exploitations forestières et agricoles ne sont pas neutres vis-à-vis de la biodiversité (surexploitation des forêts, poursuite de l'intensification agricole, retournement de prairies permanentes pour cultures énergétiques) et en fonction du degré d'intensivité des pratiques, les impacts négatifs peuvent être limités ou, au contraire, problématiques.

Après des débuts timides, l'énergie solaire photovoltaïque connaît un déploiement très soutenu depuis les 10 dernières années. D'abord déployée sur les toitures, cette technologie se développe de plus en plus par des installations au sol. Cette dynamique est encouragée par les appels d'offre publics, les coûts de rachat de l'énergie, les engagements programmatiques régionaux, nationaux et européens et les objectifs législatifs. Des projets aux emprises de plus en plus grandes émergent dans des habitats de prairies, de landes, de forêts, de lacs, de zones humides comme d'espaces agricoles, y compris au sein d'aires protégées⁷. Une tendance au gigantisme et à des empiètements sur les milieux naturels, également constatée au niveau international, soulève aujourd'hui de nombreuses questions.

L'un des inconvénients majeurs de l'énergie photovoltaïque est qu'il s'agit d'une des productions d'énergie qui consomme le plus d'espace, du fait de son faible facteur de charge. Elle est, de plus, intermittente, quoique plus prévisible que l'éolien, et doit donc être complétée par le recours à d'autres sources de production.

Contrairement à l'énergie éolienne terrestre, les effets aux différentes échelles spatiales de cette filière sur la biodiversité, y compris sur ses fonctions et services associés – dont celui de régulation du climat, restent insuffisamment connus des usagers et des décideurs. La taille des projets s'accroît avec aujourd'hui des emprises atteignant parfois 500 ha sur les étangs de Fos-sur-Mer⁸ et même 680 ha (projet *Horizeo* porté par Engie et Neoen en Gironde⁹). Avec cet accroissement de la consommation foncière, des incompréhensions se font jour autour du développement de projets photovoltaïques au sol, sur des écosystèmes forestiers et des zones humides qui constituent autant de puits de carbone et posant des questions de cohérence dans l'application des politiques publiques, y compris pour le paysage : on citera par exemple les projets sur la Montagne de Lure, dans les Alpes de Haute-Provence¹⁰, en forêt jurassienne¹¹ et en Guyane¹².

⁷ Sites Natura 2000 et Parcs Naturels Régionaux

⁸ <https://france3-regions.francetvinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/bouches-du-rhone/fos-sur-mer/cinq-chiffres-pour-comprendre-hyvence-le-projet-qui-prevoit-de-couvrir-de-panneaux-solaires-deux-etangs-de-fos-sur-mer-2939544.html>

⁹ <https://horizeo-saucats.fr/>

¹⁰ https://www.lemonde.fr/planete/article/2024/01/17/opposition-a-un-projet-photovoltaïque-on-veut-faire-de-la-montagne-de-lure-un-petit-sainte-soline_6211172_3244.html

¹¹ <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/jura/dans-le-jura-ils-se-battent-contre-la-construction-d-un-parc-photovoltaïque-en-pleine-foret-2802086.html>

¹² https://www.lemonde.fr/politique/article/2023/04/10/en-guyane-le-village-amerindien-la-centrale-electrique-les-limites-de-l-action-publique_6168954_823448.html

Les professionnels du secteur soutiennent que ces technologies sont peu dommageables à l'environnement : une étude réalisée par ICare Consult et le bureau d'étude Biotope, sur la base des suivis environnementaux réalisés par les développeurs de ces centrales, a été commandée par le Syndicat des Énergies Renouvelables, Enerplan et des collectivités territoriales (Régions PACA, Occitanie et Nouvelle-Aquitaine) et publiée en décembre 2020¹³. Mais en l'absence de protocoles standardisés et d'un jeu de données scientifiquement robuste, les résultats issus de cette étude ne font pas l'objet d'un consensus. De nombreuses études scientifiques validées par les pairs tendent par ailleurs à mettre en évidence la réalité des impacts sur la biodiversité de ces installations énergétiques. En outre, les CSRPN des régions Nouvelle Aquitaine¹⁴, Occitanie¹⁵ et PACA¹⁶ se sont autosaisis du sujet pour participer à ce débat et exposer leurs arguments. Leurs conclusions s'écartent de celles de l'étude d'ICare Consult et de Biotope. La convergence de leurs avis est d'ailleurs à souligner. Le CSRPN Grand Est s'est également autosaisi pour exprimer ses inquiétudes et produire des recommandations argumentées afin de mieux encadrer les projets photovoltaïques dans sa région¹⁷. Enfin, le CSRPN Pays de la Loire vient de publier sa doctrine en la matière¹⁸.

Pour sa part, le CNPN est régulièrement saisi pour avis sur des projets photovoltaïques ayant une incidence sur des espèces protégées dites « de compétence nationale », dont les populations sont menacées d'extinction ou en déclin notable. A l'examen des dossiers traités, le CNPN constate une augmentation substantielle des surfaces d'emprise des projets, comme de leurs impacts écologiques potentiels.

La Stratégie Nationale de Biodiversité 2030 (SNB3) ambitionne, par son action 15, à « renforcer les enjeux de prise en compte de la biodiversité dans les projets d'infrastructures énergétiques »¹⁹. Lors de son discours prononcé à Belfort le 10 février 2022²⁰, le chef de l'État a annoncé l'objectif de 100 GW d'énergie photovoltaïque installée en France à l'horizon 2050. Si l'on s'en tient à cet objectif, il resterait ainsi 80 GW à déployer, et ce déploiement doit se faire dans le respect de l'objectif de la SNB3 et des conclusions des rapports du GIEC et de l'IPBES. En 2023, le Secrétariat général à la planification écologique a toutefois porté à 140 GW l'objectif à horizon 2050, dont 90 GW seraient déployés au sol. La question de la compatibilité de cette ambition avec les programmes de lutte contre l'érosion de la biodiversité se pose²¹.

Après avoir réalisé un état des lieux, le présent rapport d'autosaisine²² propose des recommandations visant à intégrer la conservation de la biodiversité et d'appliquer les textes afférents dans la stratégie de planification et d'aide au déploiement des 80 GW d'énergie photovoltaïque envisagés pour les 25 prochaines années. Ces recommandations incluent l'ajustement de la démarche ERC (« éviter, réduire, compenser »), qui vise l'absence de perte « nette » de biodiversité. Cette somme de réflexions doit, enfin, permettre de partager un état des lieux scientifique et technique du déploiement de l'énergie photovoltaïque en France et de ses impacts sur la biodiversité, favoriser la conduite de recherches complémentaires sur le sujet et encourager un débat sociétal éclairé et le plus objectif possible.

¹³ https://www.syndicat-energies-renouvelables.fr/wp-content/uploads/basedoc/2020_rex_pv_biodiversite_rapport_final_vf.pdf

¹⁴ https://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2021_22_autosaisineenerplan.pdf

¹⁵ https://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/14_avis_etude_pv_biodiversite.pdf

¹⁶ https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/avis_2021-30_-_strategie_-_motion_relative_l_etude_pv_et_biodiversite_signgc.pdf

¹⁷ https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/avis2022-109-photovoltaique_et_biodiversite.pdf

¹⁸ CSRPN Pays de la Loire, 2024. Contribution pour un développement du photovoltaïque au sol, flottant et de l'agrivoltaïsme en Pays de la Loire respectant le principe d'absence de perte nette de biodiversité.

¹⁹ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Cahier-des-fiches-mesures-SNB2030.pdf>

²⁰ <https://www.vie-publique.fr/discours/283773-emmanuel-macron-10022022-politique-de-lenergie>

²¹ Plan « France Nation Verte », juillet 2023

²² Dans sa délibération en session plénière en date du 28 septembre 2022, il a été décidé (à l'unanimité des 24 membres votants présents en séance) une autosaisine sur ce sujet, comme le prévoient le 3° de l'article R. 134-20 du code de l'environnement et l'article 3 du règlement intérieur du CNPN. Cette autosaisine du CNPN s'inscrit dans ses missions de conseil auprès du Ministre auquel il est rattaché.

2- SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS DU CNPN

L'objectif de produire 645 TWh d'électricité à l'horizon 2050 a été rappelé en mars 2024 par Roland Lescure, Ministre délégué à l'énergie, dans le cadre prévu par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC2) de réduction de 40% de consommation d'énergie finale (soit environ 900 TWh à l'horizon 2050 toutes sources d'énergie confondues, contre environ 1600 aujourd'hui). L'énergie solaire, en particulier l'énergie solaire photovoltaïque, constitue l'un des fers de lance de la transition énergétique en France. L'objectif de l'État est d'installer 100 GW (voire 140) d'énergie solaire photovoltaïque à l'horizon 2050. A plus brève échéance, la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2019-2028 fixe l'objectif de 40 GW en 2028, et la Stratégie française pour l'énergie et le climat de 2023 vise un palier de 75 GW en 2035. A la fin de l'année 2023, 20 GW étaient installés en France (Figure 1).

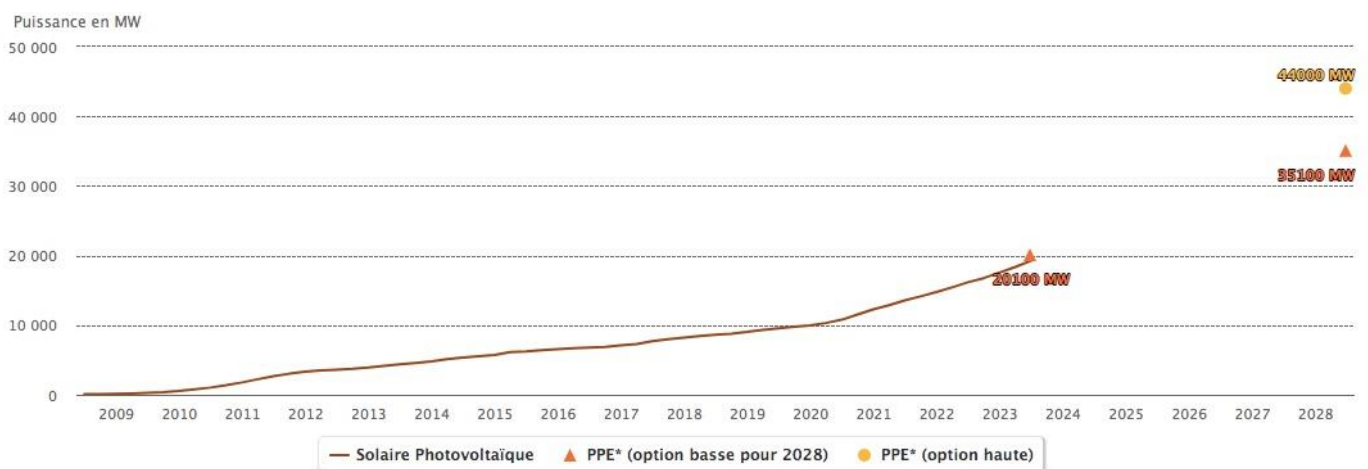


Figure 1. Évolution du parc solaire photovoltaïque en France continentale depuis 2009. Une nette accélération est constatée depuis 2021 et pour la première fois, le seuil des 3 GW installés en une année a été franchi en 2023¹. Source : SDES d'après Enedis, RTE et CRE.

Cette ambition peut et doit être réalisée sans porter atteinte aux écosystèmes. A cette fin, d'importantes évolutions ont été apportées par la loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 d'accélération de la production des énergies renouvelables (dite loi « APER »), en matière d'obligation d'équipement des toitures et des parkings. Toutefois, si elle restreint l'emprise des centrales photovoltaïques en milieu forestier à un maximum de 25 ha par projet et encourage l'agrivoltaïsme²³, elle n'exclut aucun milieu naturel d'un équipement éventuel, même au sein des aires protégées.

Incitées par le prix avantageux de rachat de l'électricité et les encouragements publics, de grandes multinationales énergétiques (TotalEnergie, Engie, EDF renouvelable) se sont tournées vers ce secteur et y côtoient des entreprises en pleine croissance spécialisées dans le photovoltaïque (Valeco, Voltalia, Neoen, Valorem, Arkolia, GLHD, TSE, Boralex...) et de petites sociétés anonymes ou par actions simplifiées, créées pour un projet particulier. L'année 2023 marque un palier important en la matière : l'installation d'énergie photovoltaïque a atteint des records en France, mais surtout en Europe, où elle

²³ Encadré par le décret n° 2024-318 du 8 avril 2024 relatif au développement de l'agrivoltaïsme et aux conditions d'implantation des installations photovoltaïques sur des terrains agricoles, naturels ou forestiers

a dépassé les objectifs stratégiques, et dans le monde, où la capacité renouvelable totale a progressé de 50% en 2023, du fait du photovoltaïque pour les trois-quarts²⁴.

Mais alors que l'ambition répétée par tous les acteurs institutionnels est d'équiper d'abord les zones artificialisées, l'installation de ces centrales sur des espaces naturels et semi-naturels s'amplifie, au point que de nombreux scientifiques alertent les instances publiques sur le risque d'incohérence entre le développement des énergies renouvelables sur des milieux naturels et semi-naturels d'une part et les enjeux de préservation des puits de carbone et de la biodiversité d'autre part²⁵. En France, nombre d'écosystèmes présentant une grande richesse en espèces sont détruits au motif qu'il s'agit d'anciennes carrières, de friches, ou de forêts jugées à faible « enjeu » ou à faible « patrimonialité », ou encore d'espaces agricoles, naturels ou forestiers considérés comme « incultes ».

Cette forte recrudescence de projets empêche une instruction et une évaluation environnementale suffisantes pour tous les dossiers, dans un contexte où les effectifs du Ministère de la Transition Écologique ont fortement décliné, y compris dans les services instructeurs déconcentrés de l'État. La part d'avis favorables tacites émis par les Missions Régionales d'Autorité environnementale atteint 25% pour les centrales photovoltaïques. Pour les bureaux d'étude en écologie qui accompagnent les entreprises, l'activité est actuellement en telle croissance que les compétences viennent à manquer et que les délais d'expertise se tendent. Ils proposent par conséquent des études de qualité très variable, que ce soit en matière d'évaluation des incidences de ces installations sur la faune et la flore ou de proposition de mesures « éviter, réduire, compenser ». Ainsi, malgré des impacts importants sur les écosystèmes corroborés par des résultats issus de la recherche scientifique, seule une très faible part des projets de centrales photovoltaïques au sol ayant nécessité une évaluation environnementale a également fait l'objet d'une demande de dérogation « espèces protégées » (11% en 2022 et 2023) et, donc, de mesures compensatoires associées. Les entretiens avec les services déconcentrés de l'État indiquent systématiquement que les développeurs mandatent les bureaux d'étude avec l'objectif d'éviter d'avoir à demander une dérogation « espèces protégées ». Dans de tels cas, l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité n'est ni discuté, ni vérifié par les instances scientifiques et techniques. Lorsque des dérogations « espèces protégées » sont sollicitées, près des deux-tiers d'entre elles ne passent pas le filtre des exigences législatives et réglementaires en matière de mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser » et de respect des conditions d'octroi, d'après les avis émis par le CNPN. Malgré cela, la quasi-totalité des projets sont autorisés, y compris malgré les avis défavorables des instances de conseil scientifique et technique. Les garde-fous de la législation et de la réglementation sont contournés et ceux inscrits aux appels d'offre de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) sont insuffisants.

Actuellement, il n'existe pas encore en France de dispositif fonctionnel permettant de suivre l'évolution de l'emprise des constructions de centrales photovoltaïques au sol. Aucun acteur n'est en mesure de connaître précisément le nombre d'hectares de forêts, de garrigues ou de pelouses sèches qui préexistaient sur les emplacements des actuelles centrales photovoltaïques à l'échelle nationale. De même, il n'existe pas de « cadastre solaire » fonctionnel à l'échelle nationale pour les toits et les parkings, ce qui complique la planification nécessaire.

²⁴ Rapport de l'Agence Internationale de l'Énergie publié le 11 janvier 2024

²⁵ Voir par exemple Rehbein, J. A., Watson, J. E., Lane, J. L., Sonter, L. J., Venter, O., Atkinson, S. C., & Allan, J. R. (2020). Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. *Global change biology*, 26(5), 3040-3051.

L'incidence de ces aménagements sur la biodiversité est pourtant susceptible d'être élevée en fonction du site choisi. En détruisant les écosystèmes préexistants, ces centrales engendrent une perte d'habitat de nidification et d'alimentation pour les oiseaux ; la disparition d'arbres utilisés par les chauves-souris pour se reproduire, hiberner ou chasser ; un appauvrissement de la flore - tant en quantité qu'en diversité - et des insectes pollinisateurs qui y sont associés ; la mortalité de la petite faune qui s'y trouve lors des travaux, en particulier les reptiles et les amphibiens en phase terrestre. Les panneaux photovoltaïques peuvent également constituer un piège pour les insectes polarotactiques²⁶ qui viennent y pondre ou s'y poser, et peuvent engendrer des collisions avec les oiseaux et les chiroptères. Les clôtures de protection occasionnent des ruptures de continuités écologiques pour les mammifères.

Les mesures de réduction d'impact visant à rendre les centrales photovoltaïques attractives pour la biodiversité sont nécessaires mais généralement insuffisamment menées et souffrent encore d'un défaut d'évaluation de leurs effets. Lorsqu'elles existent, les mesures compensatoires présentent le plus souvent une trop faible ambition et sont sous-dimensionnées par rapport aux impacts résiduels du projet.

Nombre de scientifiques alertent sur la prise en compte des milieux environnants dans le choix des sites d'implantation des projets, l'évaluation de leurs impacts et la conception des centrales. Au contraire, l'implantation de centrales photovoltaïques au sol dans des zones à biodiversité très dégradée peut localement, en métropole, créer de nouveaux refuges pour un certain type de faune et de flore si la conception et la gestion du site sont ambitieuses : c'est ce qui est appelé « éco-voltaïsme ». Toutefois, la gestion écologique des centrales se heurte de manière croissante aux problématiques de risque incendie et à la réglementation afférente, qui impose dans plusieurs départements un entretien très intensif de la végétation en leur sein et des obligations légales de débroussaillage sur des bandes de 50 à 100 m autour des zones clôturées.

Le CNPN s'inquiète par conséquent du déploiement très rapide et non coordonné à l'échelle des territoires du photovoltaïque au sol en raison des impacts que ces projets ont sur la biodiversité. Ces impacts ont été évalués d'une manière qualitative à une époque où ces infrastructures étaient encore peu nombreuses. Le développement accéléré de cette filière de production d'énergie se traduit par une multiplication de centrales à l'échelle de territoires relativement restreints. Actuellement, les acteurs en responsabilité et les scientifiques ne sont pas en mesure d'évaluer les effets additifs ou synergiques de l'extension de l'industrie photovoltaïque sur les populations de certaines espèces ni sur le fonctionnement des écosystèmes auquel elles participent, sachant par ailleurs que d'autres types de projets d'aménagement et de déploiement d'énergies renouvelables se multiplient concomitamment sur ces territoires. Il s'agit là d'un angle mort majeur de la connaissance des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité.

Dans un contexte d'érosion rapide de la biodiversité et de nécessaire respect de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 8 août 2016, de la Stratégie nationale pour les aires protégées, de la troisième Stratégie Nationale pour la Biodiversité et des engagements internationaux de la France en la matière, les alertes du GIEC et de l'IPBES doivent être suivies d'effets : **la lutte contre le changement climatique, et la transition énergétique en particulier, ne doit pas conduire à accélérer le déclin de la biodiversité.** Pour cela, il est capital de privilégier réellement les espaces artificiels dans l'installation de l'énergie photovoltaïque. Ce d'autant plus que les bénéfices

²⁶ Espèces guidées par la polarisation horizontale de la lumière qui se réfléchit sur l'eau

sociétaux sont nettement amoindris par les installations sur milieu naturel : une fois les émissions liées à la construction de la centrale et des panneaux décomptées, c'est entre un quart et un tiers des émissions évitées qu'il faut décompter du fait du défrichement²⁷. Or, plusieurs études suggèrent que l'objectif de 100 GW peut être atteint en mobilisant uniquement des espaces artificiels (toitures, hangars agricoles existants, parkings, routes, etc.). Le respect de la loi APER en matière d'équipement des parcs de stationnement devrait permettre d'installer au moins 20 GW supplémentaires. Alors que les toits comptent actuellement pour la moitié des 20 GW déjà installés en France, moins d'une maison individuelle sur vingt est actuellement équipée.

Suite à son enquête et aux éléments présentés dans ce rapport, le Conseil National de la Protection de la Nature formule 21 recommandations pour l'intégration des enjeux de conservation de la biodiversité et d'application des textes afférents dans le déploiement de l'énergie photovoltaïque en France.

²⁷ Sur la base des données figurant dans les dossiers de demande de dérogation "espèces protégées" reçus en CNPN. Par exemple, pour un projet portant sur 42 ha de chênaies méditerranéennes dans le Var, le calcul apporté par le maître d'ouvrage fait état d'une consommation de CO₂ équivalent évitée de 121000 tonnes pendant les 30 ans de la durée de vie des panneaux, auxquels il faut retrancher 46600 tonnes liées aux travaux et à la conception des panneaux et 22700 tonnes liées au défrichement de la forêt. A terme, le projet permet donc d'éviter 51000 tonnes CO₂eq, soit 1700 t par an.

RECOMMANDATIONS 1 A 8 : POLITIQUES DE DEPLOIEMENT SPATIAL DE L'ENERGIE PHOTOVOLTAÏQUE

Recommandation n°1 : mettre un terme à l'implantation de centrales photovoltaïques au sol dans les aires protégées et les espaces semi-naturels, naturels et forestiers

Le présent rapport explicite la multiplicité et l'importance des incidences des installations photovoltaïques industrielles sur de nombreuses composantes de la biodiversité et sur le fonctionnement des écosystèmes. Il apporte également des éléments sur la possibilité d'atteindre les objectifs nationaux en matière de déploiement de l'énergie photovoltaïque en équipant les espaces artificiels qui le permettent.

En cohérence avec le « *principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable* »²⁸ qui implique, en premier lieu, « *d'éviter les atteintes à la biodiversité et aux services qu'elle fournit* », le CNPN considère que l'autorisation de projets de centrales photovoltaïques au sol sur des espaces naturels ou semi-naturels ne devrait pas être accordée tant que le potentiel de surfaces artificialisées n'est pas épuisé.

Le CNPN recommande par conséquent de cesser le déploiement de centrales photovoltaïques sur les espaces semi-naturels, naturels et forestiers (incluant toutes les zones humides), protégés et non protégés, en raison de leur incidence importante sur la biodiversité, de leur incohérence avec les objectifs d'adaptation et d'atténuation du changement climatique et du risque accru d'incendies. Le CNPN rappelle par ailleurs que les espaces naturels à faible capacité de résilience à la suite de l'altération des sols ou à temps de régénération très long ne sauraient être détruits, car n'étant pas compensables à l'échelle d'un siècle. Le code de l'environnement impose ainsi que si les impacts d'un projet ne peuvent pas être « *compensés de façon satisfaisante, celui-ci n'est pas autorisé en l'état* » (art. L. 163-1).

Pour cela, le CNPN recommande en particulier, et de manière non exhaustive :

- une interdiction réglementaire stricte et durable de construction de centrales photovoltaïques au sol dans toutes les zones de protection forte avérées ou potentielles, relevant des article 2-I et 2-II du décret n°2022-527 du 12 avril 2022 pris en application de l'article L. 110-4 du code de l'environnement et définissant la notion de protection forte et les modalités de la mise en œuvre de cette protection forte (ZPF) ;
- un cadre plus strict pour les appels à projets de la Commission de Régulation de l'Énergie, afin qu'ils se limitent aux projets n'ayant pas d'incidence sur les écosystèmes naturels ou semi-naturels et sur les éco-agrosystèmes producteurs de ressources alimentaires ;
- d'inscrire dans les SRADDET et les PCAET²⁹ la priorité à donner aux zones artificielles jusqu'à leur saturation, en identifiant les puissances minimales à atteindre sur ces espaces de manière cohérente avec les cadastres solaires, et la nécessité de démontrer que ces espaces sont saturés pour toute installation en espace naturel ou semi-naturel.

Le savoir-faire des entreprises concernées doit être orienté vers les installations sur toitures et les ombrières : seules des contraintes plus fortes inciteront l'ensemble des acteurs du secteur à se tourner vers les milieux artificiels, qui impliquent des procédés d'installations adaptés, mais plus profitables pour le collectif et la biodiversité.

²⁸ Article L. 110-1 du code de l'environnement

²⁹ SRADDET : Schéma Régional de développement durable et d'égalité des territoires ; PCAET : Plan Climat-Air-Energie Territorial, qui s'impose aux intercommunalités de plus de 20000 habitants.

Une fois le potentiel des surfaces artificialisées épuisé, s'il s'avère que cela ne suffit pas à atteindre les objectifs régionaux ou nationaux, alors les principes d'évitement en amont détaillés dans le chapitre 7 devront être appliqués : évitement des zones de protection forte (et des zones potentiellement éligibles comme telles), des ZNIEFF de type 1, des sites Natura 2000, des écosystèmes non compensables, des habitats boisés et des zones humides. Les recommandations 2 à 4 détaillent l'évitement spécifique aux espaces qualifiés de dégradés, aux plans d'eau et aux zones agricoles.

Recommandation n°2 : réguler davantage l'installation de centrales photovoltaïques sur les sites qualifiés de « dégradés »

Eu égard aux constats dressés dans la présente autosaisine, la mise en place des centrales photovoltaïques sur des sites qualifiés de « dégradés » prêle à grande confusion. Nombre d'entre eux, extrêmement riches en biodiversité, ont ainsi été détruits – et continuent de l'être – au prétexte de leur passé industriel ou d'une opportunité foncière. Il en va de même pour les prairies aéroportuaires et les terrains militaires, qui constituent fréquemment les derniers habitats relictuels disparus alentours : le rapport coût-bénéfice entre les gains en puissance photovoltaïque installée et l'impact sur la biodiversité est en défaveur de projets qui y sont programmés.

Le CNPN recommande que les notions de friche et de terres incultes soient plus explicites et plus restrictives dans les appels à projet de la Commission de Régulation de l'Énergie, en cohérence avec le décret n°2023-1259 du 26 décembre 2023 précisant les modalités d'application de la définition de la friche dans le code de l'urbanisme, et qu'elles excluent de ces « délaissés » les terrains non bâtis à vocation agricole ou forestière, ou ayant fait l'objet d'un réaménagement écologique ou d'une renaturation. Le degré de végétalisation d'une friche doit faire partie des alertes sur le potentiel d'enjeux de biodiversité.

Le CNPN recommande de n'équiper que les surfaces artificialisées (pistes, parkings, bâtiments) au sein des terrains militaires et aérodromes désaffectés.

En ce qui concerne les bermes routières et autoroutières, qui jouent souvent et paradoxalement le rôle de corridors de biodiversité, leur éventuel équipement doit tenir compte des mesures écologiques mises en place par le gestionnaire, surtout s'il s'agit de mesures règlementaires de réduction d'impact ayant permis l'autorisation de son projet.

Les carrières, décharges et mines doivent faire l'objet d'une remise en état ou d'un aménagement écologique en fin d'exploitation, ce qui est incompatible avec l'équipement en panneaux photovoltaïques. De fait, c'est souvent à la faveur de ces engagements de fin d'exploitation que les projets sont considérés comme pouvant répondre à l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité lors de leur autorisation et sont autorisés sous cette réserve.

Aux Antilles, les espaces non pollués au Chlordécone doivent être systématiquement exclus des projets de centrales photovoltaïques au sol.

Toutes ces réserves doivent être intégrées aux démarches de planification locales et régionales, ainsi qu'aux appels à projet de la Commission de Régulation de l'Énergie.

Recommandation n°3 : développer l'agrivoltaïsme en cohérence avec l'agroécologie, à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation et du territoire

Le CNPN s'inquiète en particulier de l'incidence du décret n° 2024-318 du 8 avril 2024 relatif au développement de l'agrivoltaïsme et aux conditions d'implantation des installations photovoltaïques sur des terrains agricoles, naturels ou forestiers, dont le taux de couverture autorisé à 40% en panneaux photovoltaïques est excessif, et de son incidence sur les zones ayant fait l'objet d'une déprise agricole. Il rappelle que toute installation sur ces espaces s'apparente possiblement à une

destruction d'habitats et d'individus d'espèces protégées. Les prairies permanentes, en particulier si elles sont anciennes de plusieurs décennies ou présentent une diversité florale élevée, doivent être considérées en premier chef au titre de l'évitement. Si elles sont désignées comme « sensibles » (au sens défini dans l'article D. 614-53 du code rural et de la pêche maritime), l'évitement devrait être systématique.

Le CNPN recommande de s'assurer que les projets ne se fassent pas au détriment d'une agriculture agro-écologique diversifiée (y compris en termes de diversité génétique des espèces cultivées et élevées) et au détriment de la biodiversité sauvage, tant au niveau de la parcelle qu'au niveau de l'exploitation. L'agrivoltaïsme ne doit en particulier pas conduire à la disparition de haies, de bandes enherbées, d'espaces en jachère et de prairies permanentes à flore diversifiée.

L'incidence possible des obligations légales de débroussaillage sur les espèces sauvages et les habitats naturels est en particulier à prendre en compte en amont et peut accroître l'empreinte biodiversité d'un projet agrivoltaïque.

Une évaluation des bénéfices environnementaux apportés par des projets conciliant transition agro-écologique et déploiement d'énergie photovoltaïque doit être menée dans le cadre d'un travail dédié.

Le CNPN rappelle que les espaces dits « en déprise agricole » depuis plus de cinq ans sont fréquemment des espaces devenus riches en biodiversité et sont assimilés à des espaces semi-naturels.

Recommandation n°4 : inventorier les plans d'eau susceptibles d'accueillir des projets photovoltaïques

De nombreux plans d'eau, considérés par défaut comme des milieux « dégradés », constituent en réalité un habitat pour de nombreuses espèces souvent rares ou des sites d'hivernage ou de haltes migratoires d'oiseaux d'eau, mais ils sont insuffisamment considérés dans les études qui se concentrent sur les espèces en reproduction locale, négligeant l'importance de ces phases dans le cycle annuel des oiseaux. En conséquence, des pétitionnaires perdent énormément de temps en choisissant des sites selon des critères trop généraux et se retrouvent ensuite face à des enjeux de biodiversité qu'ils avaient sous-estimés. Les sites en eau libre permettant une installation photovoltaïque qui ne soit pas incompatible avec les enjeux de biodiversité sont probablement peu nombreux. Le CNPN recommande qu'un inventaire de tels sites puisse être établi sous le pilotage des CSRPN, à l'aide des connaissances fines qu'ont notamment les associations naturalistes et scientifiques locales des plans d'eau de leur territoire, en se fondant sur leurs enjeux écologiques et objectifs de bon état écologique et chimique des masses d'eau découlant de la Directive Cadre sur l'Eau (2000).

Le CNPN précise que les sites RAMSAR (art. L. 336-2 du code de l'environnement) doivent faire l'objet d'un évitement total, les projets photovoltaïques apparaissant incompatibles avec leur statut dédié à la conservation des oiseaux d'eau et des zones humides, en particulier avec la notion d'« utilisation rationnelle ».

Recommandation n°5 : fixer dans la prochaine programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) un objectif chiffré ambitieux d'énergie solaire sur les bâtiments en 2030 et 2035

Le CNPN considère que l'équipement des toitures individuelles et collectives, commerciales, artisanales, industrielles et agricoles devrait être une priorité dans le déploiement du photovoltaïque en France, sans négliger les bâtiments publics, dans le respect des contraintes de sécurité et des patrimoines architecturaux et paysagers et des réglementations relatives aux Opérations Grands Sites, sites classés et inscrits et de leurs objectifs de gestion.

Alors que la PPE 2019-2028 précisait qu'il faut « *privilégier le développement du photovoltaïque au sol, moins coûteux, de préférence sur les terrains urbanisés ou dégradés et les parkings, en veillant à ce que les projets respectent la biodiversité et les terres agricoles* », le CNPN recommande, pour la prochaine PPE 2024-2035, de faire évoluer cette rédaction par : « *prioriser le développement du photovoltaïque sur les toitures et sur les terrains artificialisés au sol tels que les parkings, en veillant à éviter les projets ayant une incidence sur la biodiversité.* »

Le potentiel total sur les toitures, terrasses (etc.), dépasserait les objectifs de puissance installée et de production. Des études très « conservatrices » en matière de surface de toitures évaluent le potentiel de production des toitures à 125 TWh/an³⁰ (toutefois sans préciser si les contraintes patrimoniales, paysagères ou techniques sont prises en compte). A cela, il faut ajouter les technologies organiques permettant de déployer le photovoltaïque sur les façades et autres structures.

Aujourd'hui, environ 10 GW sont déjà installés sur les toitures alors que seulement une maison individuelle sur vingt est équipée et que la loi APER commence juste à être mise en œuvre pour les toits concernés.

Le CNPN recommande une orientation claire de la prochaine PPE, qui pourrait être d'inciter à équiper au moins une maison résidentielle sur deux à l'horizon 2035, afin de répondre aux enjeux de transition et d'autonomie énergétique, en tenant compte toutefois des enjeux esthétiques et paysagers du patrimoine bâti. Le rythme actuel d'équipement des toitures, bien qu'en forte augmentation au cours des deux dernières années, est encore insuffisant.

Le CNPN recommande de systématiser l'équipement en énergie photovoltaïque (ou en végétalisation) de toutes les nouvelles constructions (y compris à vocation d'habitat individuel) à compter de 2026 et la révision de la norme et du guide Afnor correspondants : l'absence d'équipement serait à justifier (portance, contraintes paysagères, etc.).

Le CNPN recommande de poursuivre et d'amplifier les incitations tarifaires du prix d'achat de l'énergie qui permettent d'accélérer l'équipement de toitures individuelles à des fins d'autoconsommation et les crédits d'impôts.

Il recommande également d'améliorer les dispositifs d'aide existants et de faciliter l'investissement initial qui constitue un frein important.

Recommandation n°6 : fixer dans la prochaine PPE un objectif minimum de 15 GW d'énergie solaire sur les parkings en 2030 et établir un cadastre solaire des parkings

La loi APER du 10 mars 2023 vise à équiper de panneaux photovoltaïques au moins la moitié de leur surface tous les parkings de plus de 1500 m². Le CNPN recommande qu'un objectif associé d'au moins 15 GW figure à l'échéance intermédiaire de la prochaine PPE, l'année 2030, en incitant à dépasser le seuil légal de 50% de la surface de parking à équiper, et à favoriser également les installations sur les parkings de plus petite taille, y compris en copropriétés.

Le CNPN recommande que la surface de 50% concerne bien l'ensemble du parking et non pas uniquement les places de stationnement.

Le cadastre solaire publié en Île-de-France suggère que, pour cette seule région, le potentiel des parkings se situe entre 4 et 5 GW. Afin de mieux planifier la transition énergétique basée sur l'énergie photovoltaïque, des études fines visant à réaliser un cadastre solaire de l'ensemble des parkings à échelle nationale sur la base de ce qui a été réalisé en Île-de-France seraient nécessaires pour la prochaine planification pluriannuelle de l'énergie. La méthodologie en deep learning (apprentissage

³⁰ Bódis, K., Kougias, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N., Szabó, S.: A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union (2019) Renewable and Sustainable Energy Reviews

profond) utilisée pour l'Île-de-France devrait être répliquable à l'ensemble du territoire. Les résultats permettront de revoir en fonction l'objectif de la PPE, notamment à horizon 2035.

Dans les prochaines années, le CNPN recommande que l'équipement des parkings en ombrières photovoltaïques constitue la priorité des installations hors toiture.

Recommandation n°7 : inciter à privilégier l'effort de production aux zones densément peuplées

L'énergie photovoltaïque est celle qui est le plus à même de limiter les inégalités de production énergétiques entre territoires : la ville peut produire une part non négligeable de l'énergie dont elle a besoin, ce qui n'est pas possible avec la majeure partie des autres énergies, à l'exception de la géothermie et de la méthanisation ou la chaleur issue des déchets.

Outre l'équipement massif des toitures, des dispositifs complémentaires innovants devraient être étudiés tels que, par exemple, les ombrières photovoltaïques sur certaines voies des grandes métropoles, en recherchant au maximum les co-bénéfices que peuvent permettre de telles réalisations.

Cette recommandation responsabilise les consommateurs en les incitant à accepter les moyens de production énergétique et devraient les inciter à la sobriété énergétique. Ce point permet aussi de limiter les moyens investis dans les réseaux de transport ainsi que les pertes liées aux distances de transport énergétique.

Recommandation n°8 : modifier les critères de notation dans les appels d'offre publics

Actuellement les appels d'offre de la Commission de Régulation de l'Énergie ont des conditionnalités environnementales insuffisantes et elles nécessitent des définitions plus claires. Le système de notation des projets donne un poids nettement supérieur à la rentabilité économique des projets qu'à leur qualité environnementale. Le CNPN recommande que les critères écosystémiques comptent pour plus de la moitié de la note.

RECOMMANDATIONS 9 à 12 : REGLEMENTATION, INSTRUCTION ET EVALUATION DES PROJETS

Recommandation n°9 : soumettre à autorisation au titre de la réglementation « ICPE » les centrales photovoltaïques au sol de plus de 1MW

Les projets de centrales photovoltaïques au sol ne font pas l'objet d'une procédure au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ils répondent pourtant aux conditions de l'article L. 511-1 du code de l'environnement qui prévoit d'y soumettre les installations « *qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation économe des sols naturels, agricoles ou forestiers, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.* »

L'essor important de l'agrivoltaïsme, l'emprise spatiale croissante des projets - certains atteignant plusieurs centaines d'hectares -, les conséquences importantes des centrales photovoltaïques sur la biodiversité qui sont détaillées dans ce rapport d'autosaisine et les risques incendies constituent des conditions nécessaires et suffisantes pour le classement ICPE.

Le CNPN recommande ainsi de soumettre à autorisation au titre de la réglementation des ICPE les installations photovoltaïques de production d'électricité d'une puissance égale ou supérieure à 1 MWc, à l'exception des installations en toiture ainsi que celles sur ombrières situées sur des aires de stationnement.

Recommandation n°10 : améliorer le processus d'instruction des dossiers

Aujourd'hui, la dynamique de dépôt de projets et le rythme d'installation des centrales photovoltaïques au sol sont tels que les administrations n'ont plus la capacité de garantir des instructions permettant une attention élevée en matière d'environnement et de respect des réglementations.

Il en va de même au sein des Missions Régionales d'Autorité Environnementale, qui rendent environ 25% d'avis favorables tacites sur les projets photovoltaïques.

Un renforcement des capacités d'instruction et des moyens de fonctionnement des instances consultatives apparaît indispensable pour endiguer l'afflux de demandes et permettre de respecter les exigences réglementaires et législatives.

Une diminution du taux de rotation des instructeurs doit également être un objectif pour améliorer l'efficacité de l'instruction, tout comme une formation adaptée.

Un cadre plus clair concernant les zones d'exclusions du photovoltaïque au sol faciliterait l'instruction de nombreux dossiers.

Recommandation n°11 : clarifier la procédure de déclenchement de la demande de dérogation espèces protégées

Malgré une modification significative des conditions d'habitats pour les espèces protégées pouvant porter atteinte à l'état de conservation des populations en place, la non-application du régime strict de protection des espèces protégées et les conditions à sa dérogation inscrites aux articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'env. est régulièrement constatée. Cette tendance s'est renforcée depuis l'avis du Conseil d'État n° 463563 du 9 décembre 2022, « Association Sud-Artois pour la protection de l'environnement et autres ». Toutefois, d'une DDT ou d'une DREAL à l'autre, les interprétations de cet avis diffèrent. Il implique en particulier que les mesures d'évitement et de réduction apportent des garanties d'effectivité suffisantes et permettent de diminuer effectivement le risque, avec un éventuel réajustement en cours de fonctionnement, fondé sur des bilans intermédiaires d'effets sur les espèces protégées transmis à l'administration qui devrait pouvoir imposer des mesures d'atténuation (v. en ce sens CE, 8 juillet 2024, LPO, req. n° 471174).

L'identification, en amont de l'instruction des projets, des mesures d'évitement et de réduction faisant l'objet de « garanties d'effectivité » reconnues, doit être réalisée, qu'il s'agisse des centrales photovoltaïques au sol comme plus généralement pour chaque typologie de projets.

De même, des inventaires d'état initial insuffisants engendrent une minimisation des impacts et permettent à de nombreux projets de voir le jour avec des mesures ERC peu ambitieuses.

Le CNPN recommande ainsi la réalisation d'un référentiel technique commun à tous les services instructeurs, ajusté pour tenir compte des différences géographiques, visant à faciliter l'instruction en :

- Définissant les pressions minimales d'inventaires à mener, détaillées en fonction de la surface du projet, des types d'habitats concernés et de la zone géographique, pour chaque groupe taxonomique.

- Détaillant, sur la base des connaissances scientifiques et des retours d'expérience, ce qui permet de qualifier « d'effectives » des mesures d'évitement et de réduction, et ce qui ne permet pas de les définir comme telles.

Un tel travail pourrait entrer dans les missions de l'UMS Patrimoine ou de l'OFB, avec consultation du CNPN.

Le CNPN recommande également que les Missions Régionales d'Autorité Environnementale se prononcent plus systématiquement sur la nécessité, pour les porteurs de projet, de demander une dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées, en appui aux services instructeurs de l'État.

Recommandation n°12 : améliorer l'information du public

Actuellement, l'information concernant les projets d'aménagement est difficile à obtenir. Le CNPN recommande de faciliter le cheminement au sein des sites internet des préfectures de Département et de Région pour que le public ait un accès facilité vers les projets en cours de consultation, et vers les décisions préfectorales prises.

Le CNPN demande également que ses avis, ainsi que ceux des CSRPN, soient systématiquement inclus à l'enquête publique, impliquant que ces conseils scientifiques et techniques soient donc consultés en amont.

Certaines préfectures ont pris l'initiative de cartographier les centrales photovoltaïques réalisées et en projet (ex. Préfecture des Landes). La mise en ligne sur Géoportail d'une carte de l'ensemble des centrales photovoltaïques au sol serait souhaitable.

RECOMMANDATIONS 13 à 15 : MISE EN ŒUVRE DE LA SEQUENCE ERC

Recommandation n°13 : Mettre en œuvre les meilleures techniques disponibles permettant de réduire efficacement l'impact des centrales photovoltaïques

En cas d'implantation sur des sols non artificialisés, les principes de l'« éco-voltaïsme », désormais définis dans la littérature scientifique, doivent être déclinés aux centrales, tant en termes :

- d'implantation, comprenant le choix des sites à équiper (la nature intrinsèque du site et sa connectivité avec des milieux naturels adjacents pouvant avoir des effets sur la biodiversité au sein de la centrale et à sa périphérie) et la définition de leur surface totale, dans un objectif de meilleur compromis possible entre production énergétique, préservation de la biodiversité et/ou production alimentaire (la nature, l'ampleur et l'intensité des incidences des centrales sur la biodiversité augmentant avec leur emprise) ;
- de design de la centrale (forme et plan de masse ; nature, dimensions et densité des panneaux ; périmètre clôturé ; plan et gestion des autres emprises, dont fossés d'enterrement des câbles, pistes de circulation des engins, plateformes techniques, bases vie, etc.) ;
- d'ambition concernant l'écosystème au sein de la centrale, Obligations légales de débroussaillage (OLD) comprises (définition de la trajectoire souhaitée – et donc des habitats et/ou de la végétation à maintenir, restaurer) ;

- de gestion conservatoire du site (entretien de l'ensemble des emprises et dispositifs dans un souci de moindre impact pour la faune et la flore présentes).

L'éco-voltaïsme suppose également l'absence de tous terrassements (décapage des sols, aplanissement du site) au sein des emprises de la centrale et des bandes OLD.

Les conditions de la qualification des centrales photovoltaïques au sol en zone exclue de la comptabilité de l'artificialisation doivent, de fait, constituer systématiquement le minimum requis en matière de hauteur de panneaux, de largeur de l'inter-rang, de revêtement des pistes, de type d'ancrage au sol, de maintien des fonctions écologiques du sol et de continuité de la végétation existante.

La perméabilité des clôtures à la moyenne et petite faune, et leur mise en visibilité, doivent être assurées en s'appuyant sur la démarche pas-à-pas et les recommandations techniques issues du guide de X-AEQUO récemment paru³¹.

La gestion des sols, des ruissellements superficiels, des écoulements de sub-surface et de la végétation, doit permettre de maintenir au maximum les fonctions écologiques des sols et plus globalement des habitats concernés par les emprises de la centrale. Il importe notamment de rechercher et tester des solutions de conciliation entre les mesures de protection contre les incendies et celles de préservation de la biodiversité, certaines mesures anti-incendie conduisant à maintenir au sol une végétation rase - et donc peu biogène - aux périodes initialement les plus favorables au développement de la flore et de la faune.

Des micro-habitats favorables aux espèces sauvages peuvent être installés au sein des centrales existantes, notamment sur leurs bordures.

La mise en œuvre des OLD doit cibler des espèces susceptibles d'en bénéficier et mettre en place un plan de gestion approprié.

Recommandation n°14 : planifier par les territoires et rendre plus efficace la compensation de l'impact des centrales photovoltaïques au sol

L'expérience des dossiers examinés en CNPN met en évidence la faiblesse de l'ambition des mesures compensatoires actuellement proposées – dans les rares cas où l'implantation de la centrale photovoltaïque est passée par une procédure de demande de dérogation espèces protégées. Cela s'explique par des délais souvent contraints et par la difficulté généralement sous-estimée par les maîtres d'ouvrage que revêtent la recherche de sites, leur sécurisation foncière puis leur restauration écologique. Un grand nombre de mesures n'ont qu'une faible additionnalité écologique, mais sont validées face à ce principe de réalité.

Le gouvernement a souhaité favoriser la compensation par l'offre, en faisant évoluer les « Sites Naturels de Compensation » (SNC) en « Sites Naturels de Compensation, de Restauration et de Renaturation » (SNCR), ce qui a été consacré par la Loi n° 2023-973 du 23 octobre 2023 relative à l'industrie verte.

Dans l'hypothèse où les espaces artificialisés qui le permettent seraient tous équipés d'installation de production d'énergie photovoltaïque et où l'équipement de milieux semi-naturels au sol apparaîtrait nécessaire pour atteindre les objectifs de l'accord de Paris, le CNPN souhaite inscrire le déploiement de l'énergie photovoltaïque dans cette dynamique. Il recommande, devant la faiblesse de l'effectivité de la compensation à la demande, que seuls les projets mettant en œuvre une compensation par l'offre ambitieuse, sur des SNCR ayant reçu un agrément suite à un avis favorable du CNPN ou du CSRP, soient autorisés.

³¹https://trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/impacts_ecologiques_des_clotures_bp_cpvt_2023-07-28.pdf

Cela implique, au préalable, la mise en œuvre d'une planification territoriale du déploiement de l'énergie photovoltaïque au sol – une fois les possibilités épuisées sur les espaces artificialisés – et des besoins compensatoires associés. Ainsi, le massif des Landes de Gascogne, concerné par de vastes projets photovoltaïques déjà autorisés ou en cours d'instruction, doit nécessairement faire l'objet d'une vraie réflexion stratégique et écologique de planification, et d'autres territoires devraient s'inscrire dans cette dynamique.

Recommandation n°15 : Mettre en œuvre la réglementation en matière de compensation écologique

Le code de l'environnement précise que la mise en œuvre des mesures compensatoires doit satisfaire une obligation de résultats. Dans les faits, les contrôles sont très rares, et lorsqu'ils ont lieu, c'est principalement l'obligation de moyens qui est vérifiée, et non l'efficacité écologique de la compensation, plus complexe à mesurer.

Le CNPN recommande :

- un renforcement des dispositifs d'évaluation et de contrôle de l'effectivité et de l'efficacité des mesures compensatoires, en complément de celles des mesures d'évitement et de réduction ;
- la mise en œuvre de mesures compensatoires correctives si nécessaires, comme la loi le prévoit, sur la base des résultats des suivis en phase d'exploitation, en priorité par le biais d'achat d'unités de compensation de SNCRR si la proximité fonctionnelle du site le permet pour les espèces impactées ;
- la mise en place d'un système simple d'usage permettant la vérification de l'envoi et de la complétude des suivis des mesures ERC aux structures d'instruction (Dreal, DDTM...etc.), avec des pénalités financières infligées au porteur du projet en cas de non-réalisation ou de réalisation insuffisante des mesures.

RECOMMANDATIONS 16 à 18 : RECHERCHE ET CONNAISSANCE

Recommandation n°16 : améliorer le suivi standardisé des centrales existantes

Pour documenter de manière fiable l'effet des centrales photovoltaïques sur la biodiversité, les suivis mis en place doivent se conformer à des protocoles scientifiquement robustes, standardisés et comparables avec des suivis mis en place ailleurs. Pour les nouveaux projets, les premiers suivis doivent commencer avant les travaux d'implantation de la centrale. L'Observatoire national des ENR terrestres doit pouvoir centraliser l'ensemble des données de suivis et en faire une évaluation scientifique, notamment par la construction d'un retour d'expérience par type de mesures.

Le CNPN recommande également qu'un accès public aux données de suivi (données brutes et rapports d'analyses) soit mis en place afin de pouvoir tirer parti des retours d'expérience.

Il est également attendu que l'Observatoire national des ENR terrestres soit en mesure de quantifier précisément les surfaces d'écosystèmes modifiées à des fins d'installations de centrales photovoltaïques et ce, de manière rétroactive.

Recommandation n°17 : mettre en place un programme de suivis des mortalités potentielles dans un échantillon de centrales photovoltaïques au sol existantes

Des événements importants de mortalité par collisions sont rapportés aux États-Unis pour les oiseaux. Si les contextes sont souvent relativement différents, il apparaît nécessaire de documenter l'absence ou l'existence de cette problématique en France. Le CNPN recommande de mettre en place dès que possible des suivis de mortalités à partir d'un échantillon de 30 centrales photovoltaïques au sol de taille supérieure à 20 ha. Ces suivis doivent concerner tant la mortalité liée aux panneaux que celle liées aux clôtures.

Recommandation n°18 : développer des actions de recherche pour pallier les lacunes de connaissance en matière de caractérisation des incidences du photovoltaïque sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes

Cela concerne en particulier :

- les impacts des centrales photovoltaïques au sol sur les espèces protégées et communes, sur les habitats naturels et sur les fonctions écologiques respectivement, sur la base de méthodes reconnues pour mesurer ces fonctions écologiques : pollinisation, maintien de la biodiversité, maintien des chaînes trophiques, résistance aux espèces exotiques envahissantes, régulation de l'eau du sol (quantité et qualité), régulation des nutriments du sol, stockage du carbone (etc.) ;
- les impacts du photovoltaïque flottant et de l'agrivoltaïsme sur les espèces, les habitats et les fonctions écologiques des écosystèmes lacustres et des sols respectivement ;
- les impacts des effets synergiques ou cumulatifs des centrales photovoltaïques et autres aménagements impactant la biodiversité sur une entité biogéographique représentative (au minimum, 10 km de rayon) ;
- les solutions de remédiation et de restauration écologique possibles.

RECOMMANDATIONS 19 à 21 : PRODUCTION DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Recommandation n°19 : la relocalisation souhaitée de la chaîne de production doit se faire sans détruire les écosystèmes

Actuellement, les capacités de production des modules solaires sont jugées très insuffisantes en Europe, ce qui aggrave le bilan carbone des panneaux, ce que le Pacte solaire du 5 avril 2024 vise à corriger. Le CNPN considère toutefois que cette industrialisation doit se faire sans amoindrir les normes environnementales, ni la consultation du public. La séquence ERC et l'objectif d'absence de perte de biodiversité doivent impérativement être anticipés dans la planification de cette industrialisation.

Recommandation n°20 : le soutien aux technologies prometteuses

Il est fréquemment expliqué que la technologie photovoltaïque ne présente pas de grands enjeux d'évolution technologique. Mais du point de vue de l'environnement, les évolutions qui permettront de limiter l'incidence de cette énergie (soit en augmentant les rendements énergétiques, soit en

permettant d'équiper davantage de surfaces artificielles) doivent être recherchées. Le soutien aux technologies émergentes (photovoltaïque organique, cellules à pérovskite) paraît ainsi urgent à mettre en œuvre si elles s'avèrent ne pas générer de nouveaux problèmes plus importants (extraction et possibilité de recyclage en particulier), et peut passer par de la commande publique. Bien que son rendement soit plus faible, la souplesse d'usage du photovoltaïque organique peut permettre d'équiper des toits et des façades inaccessibles aux technologies à base de silicium, avec des modules photovoltaïques mieux intégrés. Son empreinte carbone et biodiversité est en outre beaucoup plus faible. Les matériaux de construction produisant de l'électricité (« tuiles photovoltaïques ») peuvent, s'ils se substituent aux matériaux de couverture traditionnels, ne pas présenter de surcoût : le potentiel d'innovation basé sur des technologies européennes est important en la matière. Il en va de même pour le vitrage photovoltaïque. Le CNPN recommande que des programmes de recherche dédiés soient à mis en place et financés.

Recommandation n°21 : Réduire l'attractivité des panneaux photovoltaïques pour la faune polarotactique

Le déploiement massif de panneaux photovoltaïques, y compris sur des sites artificialisés comme les toitures et les parkings, est susceptible d'engendrer un impact sur les espèces dites « polarotactiques », sensibles à la lumière polarisée, qui prennent ces surfaces pour de l'eau et viennent y pondre ou s'y poser. Le CNPN recommande la mise en place d'une norme visant à diminuer l'effet d'attraction sur les insectes et les oiseaux aquatiques, par exemple en équipant les panneaux de grilles blanches de 5 à 10 mm d'épaisseur (au moins 4 lignes par panneaux) ou en diminuant la réflectance des panneaux en les rendant plus mats.

3.1 Contexte européen

Le contexte législatif et les programmations nationales s'intègrent dans des objectifs européens de transition énergétique et d'atténuation du dérèglement climatique par la décarbonation de la production énergétique. Le plus important est le **paquet « Fit for 55 »** : il s'agit d'un ensemble de 13 propositions législatives formulées en 2021 par la Commission Européenne visant à réduire de 55% les émissions nettes de gaz à effet de serre à l'horizon 2030. Il prévoyait d'atteindre 40% de production d'énergie renouvelable en 2030, objectif rehaussé à 42,5% par la **directive 2023/2413 du 18 octobre 2023 dite « RED III »**. Le paquet Climat inclut également des mesures d'adaptation au changement climatique visant à préserver et à développer les « puits de carbone naturels » que sont les écosystèmes, avec un objectif global d'absorption de 310 millions de tonnes d'équivalent carbone d'ici 2030 et la plantation de trois milliards d'arbres à travers l'Europe – ce dernier objectif étant désormais validé par l'adoption en juin 2024 du règlement européen sur la restauration de la nature. Cet objectif implique également de limiter l'artificialisation des sols.

Par ailleurs, la directive RED III formalise les zones d'accélération du déploiement des énergies renouvelables : les États membres doivent désigner et cartographier ces zones. Dans la continuité du **plan « REPowerEU »** adopté en mai 2022 visant à accroître l'indépendance énergétique de l'Europe dans le contexte de la guerre en Ukraine, la directive RED III vise également à accélérer et simplifier les procédures en réduisant les délais d'instruction de demandes de permis pour les énergies renouvelables et en apportant des possibilités d'exemption d'évaluation environnementale.

L'énergie photovoltaïque est spécifiquement ciblée dans la **Stratégie de l'UE en matière d'énergie solaire**³² dans le cadre du plan REPowerEU. Cette stratégie fixe pour l'UE un objectif de croissance de 45GW par an de l'énergie photovoltaïque, pour atteindre 320 GW à l'horizon 2025 et près de 600 GW en 2030. Ces objectifs sont ambitieux, mais alors que 136 GW étaient installés en Europe en 2020, cette puissance atteignait 263 GW à la fin 2023, après une année 2023 qui a vu l'installation de 55,9 GW, soit nettement plus que les objectifs de la stratégie. SolarPower Europe estimait, d'après la publication des plans nationaux énergie climat (PNEC), que ce sont plutôt 425 GW qui seront déployés à l'horizon 2030³³, mais les réalisations de l'année 2023 pourrait leur donner tort³⁴. La cible finale est de 750 GW d'énergie solaire déployée en 2050. Le CNPN n'a trouvé aucun rapport indiquant le type d'espaces sur lesquels sont mises en place les installations, ni d'étude d'impact globale de ces objectifs. Les approches et les évaluations sont uniquement quantitatives et les contradictions avec les autres objectifs des politiques européennes en matière environnementale ne figurent pas parmi les indicateurs.

La Stratégie de l'UE en matière d'énergie solaire du 18 mai 2022 (COM(2022) 221 final) inclut une **initiative européenne pour les « toits solaires »** et un encouragement à développer l'agrivoltaïsme.

L'ambition de cette initiative est la suivante :

- Limiter à 3 mois la durée d'obtention de permis pour équiper les toits de panneaux solaires ;
- Rendre obligatoire l'équipement des toits des nouveaux bâtiments commerciaux et publics de plus de 250m² en 2026, ainsi que l'équipement des toits des anciens bâtiments de même surface en 2027 ;
- Rendre obligatoire l'équipement de tous nouveaux bâtiments d'habitation en 2029.

³² https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy_en

³³ <https://www.pv-magazine.fr/2023/08/11/les-pays-de-lue-augmentent-leurs-objectifs-solaires-de-63-pour-2030/>

³⁴ Si l'on continue au même rythme qu'en 2023, cela donnerait 263 (valeur 2023) + (56*7) = 655 GW en 2030.

L'initiative estime à 19 TWh la production d'énergie qui va s'ajouter annuellement sur les toits. Elle ne le précise pas en puissance installée, mais en considérant une efficacité moyenne du parc photovoltaïque français de 13% (sans connaître la moyenne européenne), la puissance installée équivaldrait à 16,6 GW installés par an³⁵. Soit 37% de l'objectif annuel d'installation de photovoltaïque (45 GW) visé pour l'Europe par la stratégie de l'UE.

3.2 Contexte français

En matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la France s'est dotée des mêmes objectifs que l'Union Européenne, c'est-à-dire une diminution des énergies fossiles de 55% en 2030 et atteindre une neutralité carbone en 2050. Ces objectifs ont été rappelés par le Président de la République lors de son discours prononcé à Belfort le 10 février 2022, puis dans la Stratégie française pour l'énergie et le climat parue en novembre 2023.

I/ Avec la **loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte**, la France est désormais dotée d'une **programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)**, redéfinie tous les 5 ans. La prochaine programmation de la PPE doit être définie par **une loi de programmation quinquennale sur l'énergie et le climat** attendue en 2024, après avoir été retardée d'un an.

La PPE en cours (2019-2028) fixe un objectif de 33% d'énergies renouvelables pour notre consommation totale en 2030, et une fourchette de 101 à 113 GW de production à partir des ENR en 2028. Aujourd'hui, la part d'énergie renouvelable électriques et thermiques (dont la majorité représentée par l'hydraulique) représente 15% de notre consommation finale d'énergie³⁶, contre 20% pour l'énergie nucléaire. La PPE fixe un objectif de 40% d'énergie renouvelable dans l'électricité en 2030, et 45% en 2035, le reste étant assuré par l'énergie nucléaire.

A la fin de l'année 2023, ce sont 20 GW d'énergie photovoltaïque qui étaient installés en France, ce qui en fait le cinquième pays en termes de puissance installée en Europe³⁷. Les objectifs de la PPE en matière de photovoltaïque sont d'environ 40 GW en 2028. Cet objectif a été rehaussé à 45 GW par la Ministre en charge de l'énergie, Agnès Pannier-Runacher, dans sa présentation de la loi APER du 10 mars 2023. A l'horizon 2050, le Président Emmanuel Macron a fixé un objectif à 100 GW, avec un palier de 75 GW en 2035 précisé dans la Stratégie française pour l'énergie et le climat de 2023.

II/ La **loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (dite « Loi Climat et Résilience »)** concerne la régionalisation des objectifs nationaux en matière d'énergie renouvelable au sein des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) et la création de comités régionaux de l'énergie. En matière de photovoltaïque, elle accroît légèrement les obligations en matière d'installation sur les grandes toitures lors de la construction ou de la rénovation (passant de >500 m² ou >1000 m² selon le type d'usage, alors que seules les toitures de plus de 1000 m² étaient concernées auparavant). Elle prévoit un régime dérogatoire spécifique aux centrales photovoltaïques au sol dans la comptabilisation par les collectivités des surfaces artificialisées. Les critères sont fixés par Décret (cf. infra).

³⁵ Valeur obtenue par l'équation $19TWh = X * 0,13 * 8760$ (nombre d'heures en une année), avec X étant la puissance installée.

³⁶ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/07.02.2023_DP-ENR_vf.pdf

³⁷ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publicationweb/621>

III/ **La loi APER** du 10 mars 2023 vise à massifier la transition vers les énergies électriques renouvelables à la place des produits fossiles. Elle vise en premier lieu à simplifier les procédures, dans l'esprit des directives européennes : en accélérant les délais de consultation du public, mais également en présumant la « raison impérative d'intérêt public majeur » pour les projets d'énergie renouvelable répondant à des critères fixés par décret, permettant ainsi de satisfaire l'une des trois conditions d'octroi d'une dérogation « espèces protégées ». Elle vise à créer des aires d'accélération de l'implantation des énergies renouvelables à l'initiative des communes, qui répondent à des critères distincts des aires d'accélération visées par la directive RED III (laquelle exclut par exemple les zones Natura 2000) et prennent en compte la biodiversité de manière très marginale : ces zones d'accélération sont possibles jusque dans les aires protégées, à l'exception des parcs nationaux et des réserves naturelles³⁸. En matière de photovoltaïque, cette loi comprend des apports importants, renforçant les obligations de la loi Climat et résilience en matière d'obligation d'équipement des toitures et des parkings. Elle incite également au développement de l'agrivoltaïsme lorsque les installations permettent de conserver l'activité agricole et d'apporter un complément de revenu aux agriculteurs.

3.3 Des politiques inscrites dans un contexte de nécessaire baisse de la consommation

La neutralité carbone ne pourra pas être atteinte uniquement en convertissant toute la production actuelle d'énergie en électricité (issue du nucléaire et des renouvelables) et en augmentant notre recours à la biomasse énergie. L'enjeu majeur est également celui de la réduction de la consommation.

En matière de sobriété énergétique, la France s'est donc dotée d'objectifs. La PPE 2019-2028 a pour objectif de réduire de 16,5% la consommation finale d'énergie en 2028 par rapport à 2012 (ce qui correspond à une baisse de 15,4% par rapport à 2018). La **Stratégie Nationale Bas Carbone** (SNBC2 de mars 2020) vise une réduction de 40% de la consommation d'énergie finale en 2050 par rapport à 2015.

La France poursuit ainsi un double et nécessaire objectif de sobriété énergétique (-40% en 2050) et d'électrification des usages, devant aboutir à une quasi-disparition des énergies fossiles en 2050. L'objectif de la SNBC masque toutefois le sujet des émissions de carbone importées. Si les émissions de carbone diminuent en France, ainsi que la consommation d'énergie (Figure 2), les émissions liées aux produits de consommation fabriqués à l'étranger ne cessent de croître. En 2021, la moitié de notre empreinte carbone était liée aux produits importés³⁹. La France doit ainsi diminuer nettement ses émissions de carbone importées, ce qui implique de travailler à la diminution de la consommation de produits neufs, mais également à la relocalisation d'une partie de la production. Cette « réindustrialisation » est déjà en cours, accélérée par les enseignements de la pandémie de Covid et de l'actuelle guerre en Ukraine. Dans ce contexte, pour maintenir le cap des -40% de la SNBC, des progrès importants doivent être faits en matière d'efficacité énergétique, d'économies d'énergie (notamment à travers la rénovation thermique des bâtiments), mais ils devront être accompagnés d'évolutions sociales importantes (Figure 3). L'ADEME a publié différents scénarios pour identifier les principaux leviers dits de « frugalité »⁴⁰. Logement, matériaux de construction, déplacements, chauffage, alimentation, consommation de biens et réorganisation du temps de travail sont au cœur des propositions.

En matière de production d'énergie renouvelable à l'horizon 2050, des scénarios ont réalisés par RTE et par l'association négaWatt en fonction de différentes hypothèses, en particulier celles liées à une consommation constante ou à une sobriété accrue. En ce qui concerne l'énergie photovoltaïque, le Président de la République a arbitré lors de son discours de Belfort en février 2022 : la France devra

³⁸ L'interdiction des zones spéciales de conservation Natura 2000 ne concernent que les éoliennes. La notion de « zone de protection forte » n'a pas été retenue par la loi malgré la parution antérieure du décret les concernant.

³⁹ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lempreinte-carbone-de-la-france-de-1995-2021>

⁴⁰ ADEME (2021), Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat. www.transitions2050.ademe.fr

avoir installé 100 GW à l’horizon 2050. Il reste donc 80 GW à installer. Toutefois, le plan « France Nation Verte » publié à l’été 2023 par le Secrétariat Général à la Planification Écologique évoque un objectif 2050 de 140 GW, dont 90 GW au sol⁴¹. Le contenu de ces scénarios est précisé en Annexe 1 et le tableau 2 y résume les objectifs d’installation des différentes sources d’énergie électrique.

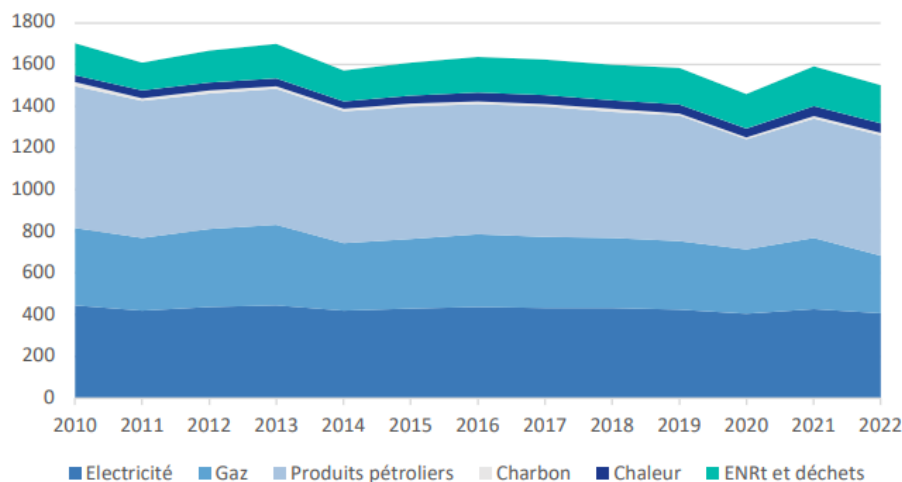


FIGURE 6. Evolution du mix énergétique constatée (2010-2022) – Données définitives (2010-2021) et provisoires (2022) – Source : SDES

La consommation d’énergie constatée sur la période 2018-2022 est inférieure aux projections sur cette même période. Le « creux » de 2020 correspond à l’impact de la crise sanitaire (COVID19)

Figure 2. Évolution de l’énergie totale consommée en France depuis 2010. Source : Stratégie française pour l’énergie et le climat, novembre 2023.

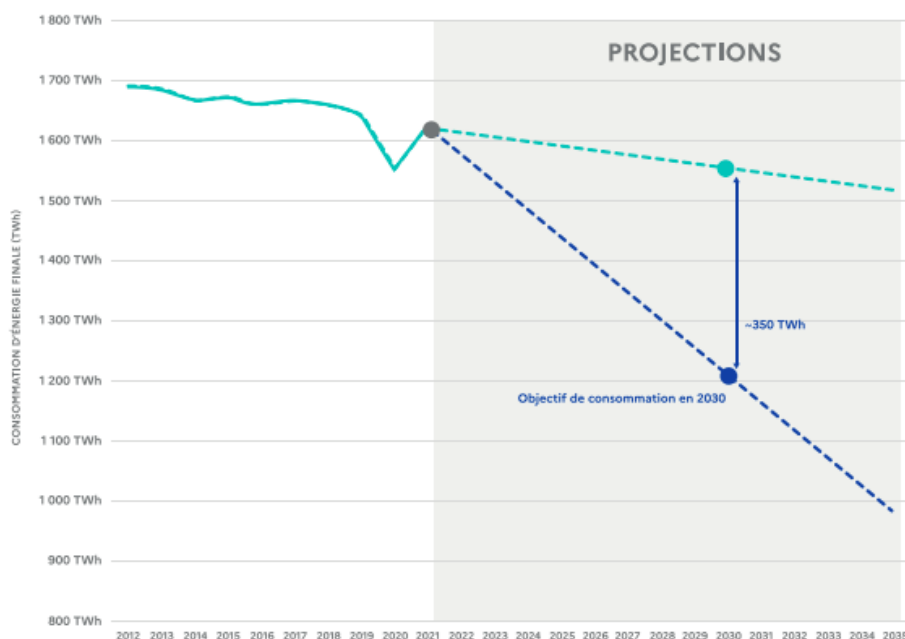


Figure 3 : La baisse de la consommation mesurée au cours de la dernière décennie doit nettement s’amplifier pendant la décennie à venir pour attendre les objectifs de la SNBC. Source : Stratégie française pour l’énergie et le climat, novembre 2023, modélisation DGEC sur la base des données du SDES.

⁴¹<https://www.info.gouv.fr/upload/media/content/0001/06/b2be9a22d052f9e36065e4a6ad765c6536942939.pdf>

4- PROCÉDURES ENVIRONNEMENTALES LIÉES AU DÉPLOIEMENT DU PHOTOVOLTAÏQUE

Après un déploiement qui a débuté dans les années 2000, le secteur a connu un développement relativement lent, lié notamment aux coûts élevés de cette énergie et à la stabilisation d'un régime de régulation. Depuis la fin des années 2010, le secteur du photovoltaïque progresse davantage, notamment du fait d'une révision des tarifs de rachat de l'électricité produite. En particulier, les pouvoirs publics ont ouvert la voie au développement de grandes centrales photovoltaïques au sol, incitées par des appels à projet de la commission de régulation de l'énergie. Le secteur montre aujourd'hui une très forte croissance en nombre d'installations et en surface moyenne de ces installations.

En 2015, la puissance installée était de 6,5 GW, en 2020, elle était d'environ 10 GW (11,6 TWh de consommation). La seule année 2021 a vu une augmentation de 2,7 GW, ce qui a été semblable en 2022 (2,6 GW), et l'année 2023 a encore montré une croissance des installations (3,2 GW). Il faudrait installer environ 5 GW par an pour tenir les objectifs de la PPE et de la Stratégie française pour l'énergie et le climat, soit un rythme encore deux fois plus soutenu que le rythme actuel. Beaucoup de conditions sont réunies pour l'accélération de développement du photovoltaïque et l'atteinte des objectifs programmatiques : incitations politiques, appels d'offre, zones d'accélération, législation favorable, coût de rachat de l'électricité produite. L'une des difficultés tient toutefois dans les capacités de raccordement à un réseau électrique français non conçu pour ces raccordements déconcentrés, dont l'adaptation nécessitera des investissements estimés à 200 milliards d'euros en 15 ans⁴².

Ces projections représentent des surfaces importantes. L'installation de 5GW équivaut à équiper l'équivalent de la surface de la ville de Paris tous les deux ans. Or l'artificialisation totale ou partielle d'espaces naturels, semi-naturels voire agricoles affecte les fonctions régulatrices, notamment climatiques, et la biodiversité de ces écosystèmes. Il y aurait donc une contradiction à soutenir les installations photovoltaïques si elles sont sources de dégradation des écosystèmes. Cet enjeu nécessite la mise en place de règles claires pour encadrer le développement du secteur.

4.1 Planification et zones d'accélération des ENR

Tout projet de centrale photovoltaïque doit respecter les règles d'urbanisme en vigueur (PLU, PLUi, SCOT, règles générales de l'occupation des sols). En particulier, l'article L. 151-11 du code de l'urbanisme limite les possibilités d'implantation des centrales photovoltaïques au sol en zones A (agricoles) et N (naturelles et forestières) des PLU et PLUi : le règlement « *peut autoriser les constructions et installations nécessaires à la transformation, au conditionnement et à la commercialisation des produits agricoles, lorsque ces activités constituent le prolongement de l'acte de production, dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages* », tout en montrant l'intérêt collectif du projet. Le guide 2020 du ministère de la transition écologique sur l'instruction des centrales solaires au sol insiste sur ce point : « *il est contraire aux objectifs de la loi d'autoriser globalement les centrales solaires au sol en zone agricole ou en zone naturelle des plans locaux d'urbanisme* ». Il rappelle que la loi ALUR du 24 mars 2014 « *a renforcé l'objectif de lutte contre l'urbanisation diffuse des zones naturelles, agricoles et forestières en conférant un caractère exceptionnel aux secteurs de taille et de capacité d'accueil*

⁴² https://www.lemonde.fr/economie/article/2024/04/14/en-france-les-reseaux-electriques-se-preparent-a-une-deuxieme-revolution_6227762_3234.html

limité (STECAL). Or, le respect d'une « capacité d'accueil limitée » pour tout STECAL ne semble pas cohérente avec l'accueil de parcs photovoltaïques de grande dimension ».

Par ailleurs, les installations agrivoltaïques sont considérées comme « nécessaires » à l'exploitation agricole (art. L. 111-27 du code de l'urb.) au sens de l'article L. 111-4 C. urb. (construction en dehors des parties actuellement urbanisées de la commune dans l'hypothèse de l'absence d'un document d'urbanisme), de l'article L. 151-11 déjà cité et de l'article L. 161-4 C. urb. (dispositions similaires à celles de l'art. L. 151-11 en ce qui concerne les cartes communales). Toutefois, l'installation des serres, des hangars et des ombrières à usage agricole supportant des panneaux photovoltaïques doit correspondre à une nécessité liée à l'exercice effectif d'une activité agricole, pastorale ou forestière significative (art. L. 111-28 du code de l'urb.).

Les projets doivent également respecter les dispositions de la loi littoral et de la loi montagne, et, notamment, le principe d'implantation en continuité avec les bourgs, villages, hameaux, groupes de constructions traditionnelles ou d'habitations existant (Montagne) et les agglomérations et villages existants (Littoral). Des exceptions sont toutefois possibles, avec des conditions variables selon les configurations (document d'urbanisme ou pas...) (art. L. 122-7 Montagne / L. 121-12-1 Littoral).

Dans les faits, les choses se passent différemment et plusieurs projets soumis au CNPN concernent des installations envisagées dans les zones A ou N des PLU. De fait, le décret 2024-318 du 8 avril 2024 valide la possibilité d'installer des centrales photovoltaïques au sol dès lors que « *le site est situé dans un secteur effectivement délimité en tant que zone favorable à l'implantation de panneaux photovoltaïques dans le PLU(i)* », et y ajoute une série d'espaces potentiels, dont tous les plans d'eau, sans limitation.

Même les espaces protégés n'empêchent pas l'installation des centrales photovoltaïques au sol : elle est même possible jusque dans les zones d'adhésion des parcs nationaux, les réserves naturelles, les sites patrimoniaux remarquables, les sites classés, les abords de monuments historiques. Mais elle devra alors faire l'objet d'un avis conforme des autorités concernées.

La loi APER de 2023 a consacré des zones d'accélération des ENR : chaque commune doit effectuer des concertations citoyennes en vue de proposer, ou non, certaines parties de son territoire au déploiement des ENR, dont l'énergie photovoltaïque. Ces zones d'accélération, déterminées sans que la biodiversité ne soit un critère prépondérant, sont ensuite validées au niveau régional par un « comité régional de l'énergie », qui reste à créer à ce jour dans la plupart des régions (C. énergie, art. L. 141-5-2 et D. 141-2-1 et s.). Une procédure de modification simplifiée des documents d'urbanisme sera possible pour permettre la mise en place de ces zones d'accélération des ENR.

En matière d'artificialisation des sols, le décret n° 2023-1408 du 29 décembre 2023 définissant les modalités de prise en compte des installations de production d'énergie photovoltaïque au sol dans le calcul de la consommation d'espace, pris en application de la loi Climat et Résilience, dispose que si elles respectent plusieurs conditions cumulatives, les centrales photovoltaïques au sol sont réputées ne pas occasionner une artificialisation des sols au sens du décompte de ces surfaces prévues par la loi. Ces conditions sont :

- la réversibilité de l'installation, qui implique de ne pas affecter durablement les fonctions écologiques du sol,

- le maintien du couvert végétal correspondant au type de sol et des habitats naturels préexistants,
- la perméabilité des voies d'accès,
- une hauteur au point bas de 1,10m minimum,
- un espacement entre deux rangées de deux mètres minimum.

Si un projet de centrale photovoltaïque ne respecte pas ces conditions, la surface de sol concerné devra être considérée comme artificialisée. Par exemple, si un projet de centrale photovoltaïque propose une hauteur minimale des panneaux photovoltaïques à 0,60 m, toutes les surfaces de panneaux situées entre 0,60 m et 1,1 m de hauteur minimale seront considérées comme artificialisées. Le porteur de projet devra alors déclarer les surfaces artificialisées créées dans tous les documents de planification concernés par l'objectif de zéro artificialisation nette (ZAN) comme par les PLU, PLUi, SCoT. Ces surfaces devront ainsi être ajoutées dans le calcul total des surfaces artificialisées de ces documents, ce qui réduira donc d'autant les possibilités de création de logements ou d'infrastructures. Il faut rappeler ici que la loi Climat et Résilience, a pour objectif, en matière d'urbanisme, d'atteindre l'objectif « zéro artificialisation nette » des sols d'ici à 2050 avec une division par deux du rythme de la consommation d'espace à l'horizon 2031. Ainsi la création de surface artificialisée est fortement pénalisée.

4.2 Photovoltaïque et aires protégées

La France dispose de multiples statuts d'aires protégées. Dans l'état actuel de la réglementation, l'installation de centrales photovoltaïques au sol est juridiquement possible au sein d'une **Réserve Naturelle** ou d'un **Parc National** si l'avis conforme des autorités concernées est favorable. Seules les zones d'accélération des ENR prévues par la loi APER y sont interdites. Le CNPN considère que cette réglementation, et la récente loi sur l'accélération des énergies renouvelables, n'ont pu tenir compte des exigences nouvelles du décret de Zones de Protection Forte (ZPF) de 2022, dont la liste des activités humaines compatibles doit faire l'objet d'un décret d'application (une mission confiée à l'IGEDD par le Ministère chargé de l'environnement début 2024 est en cours à ce sujet). Pour le CNPN, les projets photovoltaïques au sein des **aires protégées relevant de l'article 2-I du décret de ZPF** ne sont pas cohérents avec la définition que ce décret en donne : « *Est reconnue comme zone de protection forte une zone géographique dans laquelle les pressions engendrées par les activités humaines susceptibles de compromettre la conservation des enjeux écologiques sont absentes, évitées, supprimées ou fortement limitées, et ce de manière pérenne, grâce à la mise en œuvre d'une protection foncière ou d'une réglementation adaptée, associée à un contrôle effectif des activités concernées* ».

Concernant **les aires protégées relevant du classement potentiel en ZPF (article 2-II du décret ZPF)⁴³**, l'installation de centrale photovoltaïque au sol est théoriquement possible comme sur d'autres types d'espaces – mais généralement rejetée par les services de l'Etat au titre de l'évitement et du principe d'action préventive (art. L. 110-1 du code de l'environnement).

⁴³ Les espaces couverts par des Obligations Réelles Environnementales, les Zones Humides d'intérêt environnemental particulier, certains cours d'eau, les sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres, les périmètres de protection des Réserves naturelles, les sites des Conservatoires des Espaces Naturels, les Sites Classés, les Réserves nationales de chasse et de faune sauvages, concernés respectivement par les articles du code de l'environnement L. 132-3, L. 211-3 (a du 4° du II), L. 214-17 (1° du I), L. 322-9, L. 332-16, L. 341-1, L. 414-11, L. 422-27), ainsi que les Espaces Naturels Sensibles, la Bande littorale, les Espaces remarquables du littoral (code de l'urbanisme, art. L.113-8, L. 121-16 et L. 121-23), les Forêts de protection prévues par l'article L. 141-1 et suivants du code forestier, notamment celles désignées pour des raisons écologiques, enfin certains sites du domaine foncier de l'Etat

Au sein des **aires d'adhésion des parcs nationaux** (art. L. 333-1 du code de l'environnement), qui ont « *vocation à être un espace exemplaire en matière de développement durable* », la conformité des projets photovoltaïques doit être évaluée en fonction notamment de l'atteinte au « *caractère* » du Parc national et à la solidarité et la continuité écologique entre l'Aire d'adhésion et la Zone cœur (selon l'arrêté ministériel du 23 février 2007 sur les principes fondamentaux applicables à l'ensemble des Parcs Nationaux), et à l'objectif de l'Aire d'adhésion de concourir à la protection de la Zone cœur, en termes de protection du patrimoine naturel et des paysages.

La réglementation des **sites RAMSAR** (art. L. 336-2 du code de l'environnement) précise que ces sites doivent être « *gérés de façon à favoriser leur conservation et leur utilisation rationnelle* », ce qui implique « *le maintien de leurs caractéristiques écologiques* », les projets photovoltaïques apparaissent pour le CNPN incompatibles avec leur statut dédié à la conservation des oiseaux d'eau et des zones humides.

Sur les **sites Natura 2000** (à protéger, selon l'article L. 414-1 du code de l'environnement), la compatibilité d'un projet photovoltaïque doit faire l'objet d'une évaluation des incidences Natura 2000 selon l'article L. 414-4 du code de l'environnement, intégrant notamment 1) les espèces et/ou les habitats qui ont présidé à la délimitation du site, dont leur état de conservation à maintenir ou à rétablir, dans et hors site (selon l'art. 17 de la directive Natura 2000), 2) la fonctionnalité et la solidarité écologiques du site et au sein de la matrice paysagère où il s'insère, intégrant les effets cumulés (comme par exemple zone hors site pour le cycle biologique d'espèces).

Dans les **Parcs Naturels Régionaux** (art. L. 333-1 du code de l'environnement), dont la mission fondamentale vise à la protection des patrimoines et des paysages (selon l'art. R. 333-1 du code de l'environnement), la compatibilité d'un projet photovoltaïque doit notamment être évaluée dans le respect des « *Objectifs de qualité paysagère* » et des enjeux patrimoniaux, impliquant l'identification dans la charte de zones qui n'ont pas vocation à accueillir des installations photovoltaïques. Ils peuvent également inclure dans leur charte une doctrine organisant les possibilités de leur implantation (surface maximum, intégration paysagère, etc). Dans un Parc Naturel Régional, les propositions de zones d'accélération des ENR sont faites en concertation avec le syndicat mixte gestionnaire du parc (art. L. 141-5-3, II, 2° du code de l'énergie).

Concernant les **Biens du patrimoine mondial de l'UNESCO** (art. R. 612-1 du code du patrimoine), il est précisé que l'État et les collectivités territoriales ou leurs groupements doivent les protéger ainsi que, le cas échéant, tout ou partie de leur zone tampon. Les projets photovoltaïques doivent donc s'inscrire dans ce cadre, notamment en termes d'urbanisme et de protection de l'environnement. Dans les **Réserves de biosphère** (art. L. 336-1 du code de l'environnement), la réglementation est la même que dans tout espace rural.

En plus des aires protégées, la France compte également des zones dites « d'inventaires » et des zones « à vocation écologique », qui visent à identifier les zones prioritaires basées sur les enjeux de connaissance, sans prétention d'exhaustivité.

Au sein des ZNIEFF et des ZICO⁴⁴, qui participent à l'inventaire du patrimoine naturel national, l'évitement prévu dans le cadre du principe d'action préventive doit être appliqué par le porteur de projet, qui doit démontrer qu'il n'y a pas atteinte aux espèces et aux habitats patrimoniaux et à la fonctionnalité écologique de la zone ;

Concernant les **continuités écologiques**, selon l'article L. 371-1 du code de l'environnement et le décret 2019-1400 du 17 décembre 2019 adaptant les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, qui figurent au SRADDET ou au SDRIF (trames vertes et bleues) et qui doivent être prises en compte par les documents d'urbanisme et aux chartes de PNR,

⁴⁴ Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique ; Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux.

le porteur de projet doit démontrer l'absence d'impact du projet photovoltaïque sur la conservation et l'amélioration de la qualité écologique des milieux et la garantie de la libre circulation des espèces de faune et de flore sauvages.

4.3 Le permis de construire

Actuellement, tous les projets photovoltaïques d'une puissance supérieure ou égale à 1MWc sont soumis à permis de construire, instruit par le service urbanisme des Directions Départementales des Territoires. En deçà de ce seuil, une déclaration préalable est nécessaire, à l'exception des installations inférieures à 3 kWc mises en place au sol. Ainsi, tous les projets sur toiture nécessitent au moins une déclaration préalable au titre du code de l'urbanisme, qui doit être effectuée auprès du Maire.

Dans le cas où une dérogation à la protection stricte des espèces est nécessaire, le permis de construire ou la non-opposition à déclaration préalable ne peut pas être mis en œuvre tant que la dérogation n'aura pas été obtenue (L. 425-15 C. urb.).

Les appels à projets de la Commission de Régulation de l'Énergie

Le dernier appel à projets (novembre 2023) précise que le développement du photovoltaïque au sol doit se faire de manière à « préserver les espaces boisés et agricoles et à minimiser l'impact environnemental des projets ».

Toutefois, le détail de l'appel à projets n'est pas aussi net en ce qui concerne cette préservation. Ainsi, sont éligibles :

-Les « zones à urbaniser » dans les documents d'urbanisme ;

-les « zones naturelles dont le règlement d'urbanisme autorise explicitement les installations de CPV à condition que le projet soit compatible avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière (hors zone humide et hors zone ayant fait l'objet d'un défrichement au cours des cinq années précédentes) »,

-les anciennes carrières, les anciennes mines, les anciens terrils, bassins, haldes ou terrains dégradés par l'activité minière, les anciennes installations de stockage de déchets (ISDD, ISDND, ISDI) « sauf lorsque la remise en état agricole ou forestière a été prescrite ou une ancienne carrière sans document administratif ». Mais la condition omet les nombreux cas de réaménagement à des fins écologiques (les plus importants pour la biodiversité) qui ne sont pas des remises en état agricole ou forestière.

-les anciens aérodromes et les terrains militaires, sans mention des enjeux de biodiversité qui s'y trouvent.

-les délaissés fluviaux, portuaires, routiers ou ferroviaires, sans mention des enjeux de biodiversité qui s'y trouvent, ni des éventuelles mesures environnementales qui ont pu y être mises en œuvre dans le cadre de mesures ERC d'autorisation du projet.

Le spectre est donc très large et si les enjeux agricoles et forestiers semblent préservés, il n'en va pas de même des enjeux écosystémiques.

La note donnée au volet « biodiversité » du projet dans le système de notation des projets au sein des appels d'offre publics doit être nettement plus importante : actuellement, la note donnée au volet économique des projets compte pour 70% de la note globale. Il paraît nécessaire d'inverser l'ordre d'importance de ces critères.

4.4 L'évaluation environnementale

Les installations d'une puissance supérieure ou égale à 1MWc sont soumises à évaluation environnementale systématique, ce qui implique la réalisation d'une étude d'impact environnementale. Les installations d'une puissance comprise entre 300 kWc et 999kWc sont soumises à évaluation environnementale au cas par cas. Les installations sur ombrières et toitures ne sont pas soumises à évaluation environnementale (C. envir., art. R. 122-2).

A noter que le seuil de déclenchement de l'évaluation environnementale systématique a été augmenté en 2022 : il était de 250 kWc pour passer à 1000kWc. Les « petits projets » échappent ainsi à cette évaluation préalable et peuvent localement détruire des espèces protégées faute de réalisation d'une étude d'impact sur la faune et la flore présentes sur le site.

Le processus d'évaluation environnementale est porté par la demande de permis de construire ou, en priorité, si elle occasionne un défrichement soumis à autorisation, par cette demande d'autorisation qui est préalable au permis de construire dans le processus de déclenchement de l'évaluation environnementale. Depuis la loi APER, il est interdit de défricher plus de 25 ha pour un projet photovoltaïque, ce qui constitue une avancée notable (applicable depuis le 10 mars 2024).

Lorsque le projet entraîne des incidences au titre de la réglementation sur l'eau et les milieux aquatiques et de Natura 2000, une évaluation des incidences doit être jointe à l'étude d'impact. Les centrales photovoltaïques au sol ne sont pas soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), contrairement aux éoliennes.

4.5 Deux échelles d'instruction

Comme pour de nombreux projets d'aménagement, la DDT et la DREAL peuvent être amenées à instruire un dossier, et les deux institutions se renvoient régulièrement des parties de l'instruction. Notre enquête dans quatre régions indique que le fonctionnement de l'instruction varie d'une région à l'autre, et même d'un département à l'autre. Par exemple, si les demandes de dérogation « espèces protégées » sont généralement instruites par les DREAL, elles sont prises en charge par la DDT dans certaines régions comme le Centre Val-de-Loire, les Pays-de-Loire et la Bretagne.

Généralement, le porteur de projet soumet un préprojet pour une première évaluation par les services de l'État. C'est alors généralement le pôle « ENR » de la DDT qui en est chargé, et qui saisit alors – ou non, selon les régions – le service « espèces protégées » et/ou le service « paysage » de la DREAL, pour fournir en retour un pré-cadrage de la part des deux administrations au porteur de projet.

L'autorité compétente pour délivrer un permis de construire est le Préfet de département : une fois la demande de permis de construire déposée, le dossier est donc traité par la DDT(M) (ou par les DEAL/DGTM en outre-mer). Lorsqu'une autorisation environnementale est requise (et donc un avis de l'Autorité Environnementale), le service concerné de la DREAL reçoit l'étude d'impact pour saisir la MRAE, qui doit donner un avis dans un délai de deux mois. Ce service est distinct du service « espèces

protégées ». Dans certaines régions, les échanges sont restreints ou absents entre les deux services, car le délai très court dont dispose la MRAE ne permet que peu d'allers-retours. Dans d'autres régions, il est quasiment systématique et le service « espèces protégées » est mis à contribution pour aider à analyser les lourds dossiers.

Dans certaines régions, des échanges ont lieu de manière fluide entre la DDT(M) et les services « espèces protégées », « paysages » de la DREAL. Mais d'une DDT(M) à l'autre, le mode de fonctionnement varie : certaines ne consultent que très peu les DREAL pour vérifier si un dossier nécessite ou non une dérogation « espèces protégées », d'autres le font systématiquement.

Ces administrations font face à un afflux de dossiers, notamment en matière de projets photovoltaïques au sol, et se retrouvent dans des conditions de flux tendu où elles parviennent à faire ajouter certaines mesures ERC aux dossiers, mais ne peuvent superviser l'ensemble des dossiers qui leur parviennent, dont la qualité est très variable. A titre d'illustration, en 2023, la DREAL Bourgogne-Franche-Comté a analysé 73 projets de pré-cadrage (en amont de l'instruction) pour des centrales photovoltaïques au sol et 61 projets avec demande de permis de construire. La fonte des effectifs des services du Ministère de la Transition Écologique et le turn-over important des personnes, encouragées par les recommandations de projet de carrière visant à ne pas « stagner » trop longtemps sur un poste⁴⁵, ont pour conséquence une réduction du nombre d'instructeurs ayant les compétences territoriales et techniques poussées exigées par l'analyse des dossiers.

En l'absence de dépôt de demande de dérogation « espèces protégées », l'autorisation préfectorale est accordée au titre du code de l'urbanisme : le contrôle des mesures ERC s'effectue donc par les services en charge de l'urbanisme, et non par les services en charge de l'environnement.

4.6 L'avis de la Mission Régionale d'Autorité Environnementale (MRAE)

Tous les projets soumis à étude d'impact doivent être examinés par l'Autorité Environnementale, qui les délègue pour partie à la Mission Régionale d'Autorité environnementale - MRAE. Cet avis vise à éclairer la manière dont le pétitionnaire a pris en compte les enjeux environnementaux et est joint le cas échéant à l'enquête publique. Si les MRAE bénéficient d'un accompagnement par des fonctionnaires, ses experts travaillent sur une base bénévole (ou faiblement rémunérée) et l'afflux de dossiers peut les submerger de travail et mettre en difficulté leur mission.

Ainsi, une enquête menée dans le cadre de cette autosaisine auprès de quatre DREAL au cours en début d'année 2024 révèle les chiffres suivants.

En Région Centre-Val-de-Loire, 60 dossiers relatifs à des projets photovoltaïques ont été soumis à MRAE en 2023. Du fait de cet excès de projets, la MRAE n'a pu en examiner que 30 : une moitié a donc fait l'objet d'avis favorable tacite.

⁴⁵ Témoignage d'un agent DREAL

En Région Nouvelle-Aquitaine, la MRAE a été saisie pour 73 dossiers relatifs à des projets photovoltaïques en 2022 et 116 en 2023. Elle n'a rendu respectivement « que » 10 et 12 avis favorables tacites.

En Région Bourgogne-Franche-Comté, la MRAE a été saisie pour 32 dossiers en 2022 et 63 dossiers en 2023. Elle a rendu respectivement 6 et 39 avis favorables tacites.

En Région PACA, la MRAE a été saisie pour 25 dossiers en 2022 et 23 dossiers en 2023 et n'a rendu aucun avis favorable tacite.

Ce nombre élevé d'avis tacites des MRAE (25% à l'échelle des quatre régions sondées) reflète la difficulté de travailler dans les délais très courts (deux mois) dans lesquels les avis doivent être rendus. Une augmentation notable de création de centrales photovoltaïques au sol est constatée en 2022 et 2023 dans la majorité des régions.

Extrait de la synthèse annuelle 2023 de la Conférence des Autorités environnementales (p24) :

« La qualité insuffisante des évaluations environnementales des projets éoliens et photovoltaïques se retrouve dans plusieurs sujets communs qui font l'objet de recommandations de la part des autorités environnementales, pouvant aller jusqu'à une recommandation de reprise complète du dossier, avant le lancement de l'enquête publique. Le choix de la localisation des projets résulte presque exclusivement d'une opportunité foncière, majoritairement sur des espaces naturels, agricoles, voire forestiers, mais aussi fréquemment sur d'anciennes carrières ou d'anciens sites de stockage de déchets. Dans la majeure partie des projets, la recherche de sites alternatifs faisant l'objet d'une comparaison multicritères au regard des enjeux environnementaux, y compris à l'échelle intercommunale, fait défaut. La description de l'état initial est parfois incomplète, et ne permet pas dans ce cas d'appliquer de façon satisfaisante la séquence éviter/réduire/compenser (ERC) pour la prise en compte des enjeux environnementaux. Les terrains d'assiette des projets présentent par ailleurs, des enjeux en matière de biodiversité, y compris dans le cas d'anciens sites artificialisés qui peuvent a priori sembler pertinents, mais sont souvent plus riches que les terrains agricoles environnants, et posent en outre, des questions de pollution des sols méritant une attention particulière. Pour ces raisons, les autorités environnementales recommandent de produire une analyse de solutions alternatives, a minima à une échelle intercommunale et en accord avec les orientations nationales et régionales, afin de déterminer la solution de moindre impact environnemental. »

4.7 Le déclenchement de la demande de dérogation espèces protégées

L'avis n°463563 du Conseil d'État du 9 décembre 2022 souligne que la procédure de demande de dérogation « espèces protégées » ne s'impose que si des risques pour les espèces protégées sont « suffisamment caractérisés » : « Dans l'hypothèse où les mesures d'évitement et de réduction proposées présentent, sous le contrôle de l'administration, des garanties d'effectivité telles qu'elles permettent de diminuer le risque pour les espèces au point qu'il apparaisse comme n'étant pas suffisamment caractérisé, il n'est pas nécessaire de solliciter une dérogation " espèces protégées " ».

Ce qui peut sembler en contradiction avec l'article L. 411-1 du code de l'environnement et les arrêtés de protection des mammifères (23 avril 2007), des oiseaux (arrêté du 29 octobre 2009), des reptiles et des amphibiens (8 janvier 2021), des insectes (23 avril 2007), des mollusques (23 avril 2007), et les arrêtés équivalents dans les outre-mer, qui interdisent strictement « la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux », ce que les mesures d'évitement et de réduction ne permettent en général pas de supprimer. Il n'y a que pour les végétaux protégés que l'altération ou la dégradation des sites n'est pas visée par leur arrêté de protection : les mesures d'évitement et de réduction peuvent alors effectivement éviter d'y contrevenir. Cependant, à partir du moment où la réglementation prévoit la possibilité d'une dérogation à la protection, sous réserve de la vérification de certaines conditions, le risque pour l'espèce (que met en exergue la référence à l'état de conservation) devient « le » seuil de référence. Il ne s'agit pas en outre d'un simple état de fait, mais impose une démonstration de la part du pétitionnaire : à partir du moment où il y a présence, même temporaire, d'une espèce protégée, il doit démontrer que les mesures d'évitement ou de réduction qu'il prend (comme un bridage sur les éoliennes) diminuent le risque pour qu'il ne soit plus caractérisé et le « libère » d'une demande de dérogation⁴⁶. Mais c'est une preuve qu'il doit rapporter dans le cadre de sa demande. Il ne s'agit pas simplement pour lui de déposer un dossier sans demande de dérogation et d'attendre que l'administration lui demande de le compléter (le cas échéant) en indiquant qu'il y aurait des espèces protégées : 1/ c'est à lui de justifier qu'il n'y a pas d'espèce protégée et 2/ s'il y en a, qu'il a mis en œuvre ce qui est nécessaire pour qu'il n'y ait pas de risque caractérisé.

La conséquence de cet avis du Conseil d'État et de son application par l'autorité administrative est qu'actuellement la majorité des centrales photovoltaïques au sol sont autorisées sur des milieux naturels ou semi-naturels sans demande de dérogation espèces protégées, malgré la destruction des sites de reproduction ou de repos qu'elles occasionnent. Cela concerne également tous les types de projets d'aménagement autres que le photovoltaïque au sol.

Par ailleurs, cet avis renvoie à l'administration la responsabilité d'évaluer la nature d'un risque « suffisamment caractérisé », occultant par là même la raison pour laquelle l'avis des instances scientifiques que sont le CNPN ou les CSRPN est requis pour les dérogations espèces protégées : une telle appréciation requiert des compétences scientifiques et naturalistes que ne sont pas supposés détenir tous les instructeurs des services de l'État – notamment dans le contexte de turn-over au sein de ces services et de contraction des effectifs évoqués précédemment. La raison de la consultation de ces instances scientifiques est que seul un collège d'experts est à même d'évaluer de manière indépendante si 1) les inventaires faune-flore permettent d'évaluer correctement les impacts d'un projet en fonction de sa localisation, de son objet et de sa surface ; 2) les impacts bruts sont correctement évalués ; 3) les mesures d'évitement et de réduction sont adaptées aux enjeux, réalistes et réalisables⁴⁷ ; 4) les impacts résiduels après évitement et réduction sont correctement évalués.

Avec cet avis, le Conseil d'État laisse les instructeurs des services déconcentrés beaucoup plus isolés, et potentiellement démunis face à des études d'impact environnementales portant sur des sujets scientifiques pointus. Il laisse un plus grand pouvoir au maître d'ouvrage, qui confie à son bureau d'étude la commande de présenter un dossier lui permettant d'éviter la procédure de dérogation

⁴⁶ On relèvera qu'il s'agit bien seulement de prendre en compte les mesures d'évitement et de réduction, et non celles de compensation.

⁴⁷ Par exemple, l'évolution de la législation en matière de risque incendie rend désormais inopérantes de nombreuses mesures de réduction en matière de gestion de la végétation *in situ*, sans que cela conduise à réviser l'absence de besoin de dérogation espèces protégées

espèces protégées, dans une analyse des impacts résiduels après évitement et réduction qui ne bénéficie pas de l'indépendance alors requise.

Les témoignages des services instructeurs indiquent qu'il est rarissime qu'un porteur de projet sollicite lui-même une dérogation « espèces protégées ». Comme le précise un agent, « *ils s'appuient systématiquement derrière l'avis du Conseil d'État et présentent des études d'impact dont l'objectif est de montrer que, grâce aux mesures prévues, leur projet aura un effet bénéfique sur la biodiversité* ».

En conséquence, les services instructeurs peinent à exiger des dossiers de demande de dérogation « espèces protégées ».

Quelques chiffres nous sont parvenus de certaines DREAL sollicitées :

- En 2022, en Bourgogne-Franche-Comté, sur 61 projets photovoltaïques ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire, seuls deux (3%) ont fait l'objet d'une demande de dérogation espèces protégées. 28 ont été autorisés, sans nécessiter de demande de dérogation espèces protégées, trois ont été rejetés. Pour 18 d'entre eux, la DREAL a demandé des compléments (les inventaires étant jugés insatisfaisants) ou a considéré qu'une demande de dérogation était nécessaire : s'en suit alors le plus souvent une contestation de la procédure de la part des porteurs de projets auprès du Préfet⁴⁸.
- En 2023 en région Centre-Val-de-Loire, sur les 60 demandes de permis de construire déposées, seuls 4 dossiers (6,6 %) ont fait l'objet d'une demande de dérogation auprès du CSRPN. Sur les 80 permis de construire dont l'instruction est terminée pour les années 2022 et 2023, 80% ont reçu une autorisation et 20% un refus⁴⁹.
- En 2022 et 2023 en PACA, sur les 48 demandes de permis de construire déposées, 9 ont fait l'objet d'une demande de dérogation. Aucun arrêté de refus n'a été émis.

Une analyse des rapports des MRAE disponibles en ligne permet d'aboutir au bilan suivant (tableau 1) : 11% des projets de centrales photovoltaïques au sol font l'objet d'une demande de dérogation espèces protégées.

⁴⁸ Source DREAL Bourgogne-Franche-Comté

⁴⁹ Source DREAL Centre-Val-de-Loire

Région métropole	Projets soumis à AE	Projets soumis au CNPN/CSRPN	Pourcentage
Auvergne Rhône-Alpes*	26	6	23%
Bourgogne Franche-Comte	95	3	3%
Bretagne*	8	1	12%
Centre Val de Loire	94	8	8,50%
Grand Est	86	18	21%
Hauts de France	29	4	14%
Île-de-France*	4	1	25%
Normandie*	9	0	0%
Nouvelle Aquitaine	189	18	9,50%
Occitanie	110	9	8%
PACA	48	9	19%
TOTAL	698	77	11%

Tableau 1. Comparaison du nombre de projets en métropole soumis à examen par l'autorité environnementale et ayant fait l'objet d'une demande de dérogation espèces protégées en 2022 et 2023. *année 2022 uniquement (rapport 2023 de la MRAE non disponible à date de rédaction). Note : les rapports de la MRAE ne sont pas disponibles pour la Corse et les Pays-de-Loire pour les années 2022 et 2023, ces régions ont donc été exclues.

4.8 Examen par les CSRPN ou le CNPN

En cas de demande de dérogation « espèces protégées », le CNPN ou le CSRPN concerné fait l'objet d'une consultation obligatoire, et rend un avis consultatif sous un délai de deux mois à compter de sa saisine. La décision d'octroi (ou de refus) d'une dérogation est ensuite rendue par le Préfet de Département. Comme nous l'avons vu précédemment, seule une faible part des dossiers de centrales photovoltaïques au sol fait l'objet d'une demande de dérogation. Toutefois, sur la base des puissances installées (ou des surfaces grillagées), nous estimons qu'en raisonnement surfacique, environ 30 % des surfaces équipées concernent des projets ayant fait l'objet d'un examen par les CSRPN ou le CNPN (en considérant une moyenne annuelle de 3GW installés).

La répartition des dossiers entre CNPN et CSRPN dépend des espèces concernées par la demande de dérogation « espèces protégées » : si une espèce figure sur la liste de l'arrêté du 9 juillet 1999 ou sur l'arrêté du 6 janvier 2020 fixant la liste des espèces animales et végétales à la protection desquelles il ne peut être dérogé qu'après avis du CNPN, la demande est soumise à ce dernier. Sinon, elle est examinée par le CSRPN. Ces listes ont essentiellement été déterminées en fonction du degré de menace « liste rouge » des espèces protégées.

Depuis la loi APER et le décret d'application du 28 décembre 2023, les projets photovoltaïques d'une puissance installée supérieure ou égale à 2,5 MWc bénéficient d'une présomption de raison impérieuse d'intérêt public majeur (RIIPM) dès lors que la puissance totale de l'énergie photovoltaïque installée dans le territoire est inférieure aux objectifs territorialisés de la PPE, soit la satisfaction *de facto* du premier critère à analyser afin de pouvoir déroger au régime de protection des espèces protégées (C. envir., art. L. 411-2). Le CNPN et les CSRPN examinent donc les deux autres conditions restantes d'octroi d'une dérogation : l'absence de solutions alternatives satisfaisantes de moindre impact sur la biodiversité et la nécessité que le projet « ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle ».

Sur les années 2022 et 2023, le CNPN a examiné 36 dossiers de demandes de dérogation « espèces protégées » pour des centrales photovoltaïques au sol. Les projets soumis au CNPN font en moyenne 31,5 ha, et totalisent 1130 MWh de puissance installée projetée. Le plus grand était un projet de 143,6 ha en Haute Vienne par la société Néoen, à Lussac-les-Églises et Saint-Martin-le-Mault. Ils ne sont que 36% à avoir reçu un avis favorable. Ce faible pourcentage d’avis favorables est à comparer au total de 50,5% d’avis favorables émis pour l’ensemble des dossiers d’aménagement : les dossiers de centrales photovoltaïques au sol reçoivent significativement moins d’avis favorables que d’autres types de projets d’aménagement.

Ce faible taux d’avis favorables s’explique par deux principales raisons. La première est le constat fait par le CNPN d’une démonstration généralement trop faible de l’absence de solutions alternatives satisfaisantes de moindre impact et de l’insuffisance de mise en œuvre de la séquence ERC. La seconde raison tient au fait que très peu de dossiers de centrales photovoltaïques au sol sont transmis au CNPN ou aux CSRPN : ce ne sont que les dossiers que les services instructeurs ont jugé particulièrement problématiques pour les espèces protégées qui leur parviennent. Ces constats sont d’ailleurs identiques pour l’éolien.

Parmi les CSRPN, 61 dossiers ont été examinés en 2022 et 2023⁵⁰. Ils sont 57 % à avoir reçu un avis favorable, soit avec des recommandations, soit sous conditions. Cette différence peut notamment s’expliquer par le fait que les CSRPN voient en théorie des dossiers à enjeux moindres (les projets ayant des impacts sur les espèces en danger d’extinction remontant au CNPN), ainsi que par la surface moindre (la moyenne est de 13,4 ha, contre 35,5 ha pour les dossiers passant en CNPN).

La manière dont les avis sont suivis par les Préfets n’est pas connue et nécessiterait une enquête détaillée que nous n’avons pas menée. Dans le Grand-Est, pour un dépôt de 17 dossiers 2022 et 2023 auprès du CSRPN, il y a eu sept avis défavorables, dont deux ont pour l’instant fait l’objet d’un arrêté préfectoral contradictoire d’autorisation.

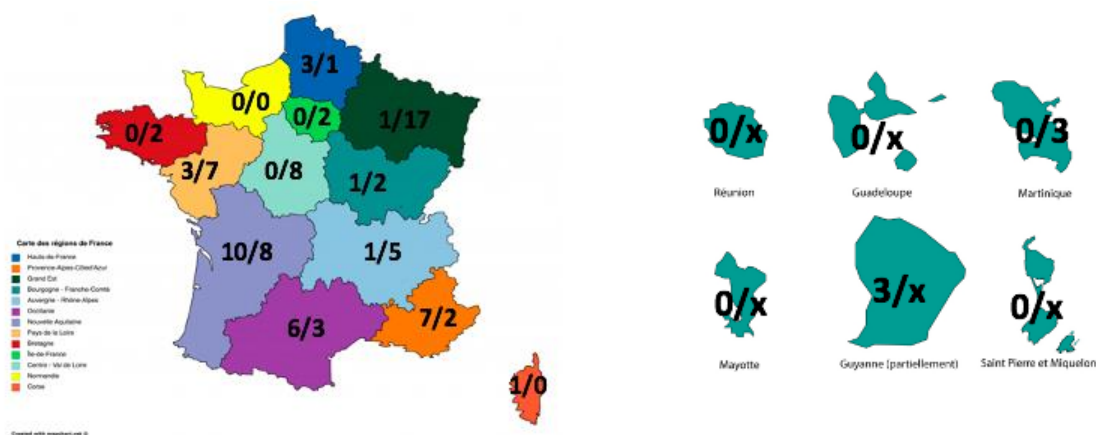


Figure 4. Nombre de dossiers photovoltaïques examinés par les CNPN et les CSRPN en 2022 et 2023 (CNPN/CSRPN). Un « x » signifie que l’information n’a pas été obtenue.

⁵⁰ Sans la majorité des outre-mer (hors Martinique)

4.9 Les phases de consultation du public

Différentes phases sont possibles, certaines facultatives, d'autres obligatoires. Le processus de choix des zones d'accélération pourrait permettre d'intégrer davantage les citoyens dans la planification locale du photovoltaïque, mais les premiers retours d'expérience semblent indiquer des situations contrastées. La seule phase obligatoire est la consultation du public, qui intervient en fin de séquence, lorsque le projet est déjà très abouti. Elle ne peut être inférieure à un mois et le dossier d'enquête doit contenir l'étude d'impact et son résumé non technique, ainsi que les avis recueillis lors de la phase d'examen en application des articles R. 181-19 à R. 181-32-1 du code de l'environnement. Cela inclut notamment l'avis de l'autorité environnementale, l'avis des collectivités territoriales intéressées et, le cas échéant, l'avis de la commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers (CDPENAF) et l'avis du CNPN ou du CSRPN (R. 181-28). L'application de la loi industrie verte va toutefois entraîner des modifications, et faire débiter l'enquête publique en même temps que l'instruction du dossier, les avis pourront alors être ajoutés en cours d'enquête publique au fur et à mesure de leur émission (qui durera au moins trois mois) et non plus uniquement à son commencement.

Malgré ces obligations, il arrive déjà régulièrement que des dossiers soient soumis au CNPN alors que la consultation du public est en cours ou s'est achevée, et l'avis CNPN ou CSRPN est fréquemment omis dans le dossier mis à l'enquête publique, contrairement aux prescriptions réglementaires.

Le rapport du commissaire enquêteur, accompagné de son avis, est ensuite transmis au Préfet pour éclairer sa décision. L'arrêté d'autorisation ou de refus du Préfet est pris après la consultation publique. **Ces informations sont toutefois très difficiles à trouver pour le public, y compris pour les membres du CNPN qui recherchent les suites données aux projets qu'ils ont examinés, les sites des préfectures ne mettant pas en avant ces informations, les moteurs de recherche de ces sites étant généralement peu fonctionnels.**

5- LE PHOTOVOLTAÏQUE EN FRANCE : RÉPARTITION ET TYPOLOGIE DE PROJETS

L'énergie photovoltaïque est coûteuse en espace. D'après l'analyse des dossiers soumis au CNPN, l'installation d'1 MW nécessite en moyenne environ 1 ha⁵¹ (RTE donnait le chiffre de 1 à 1,7 ha par MW en 2021). Donc 1 GW nécessite 10 km² – et la production associée variera entre les régions méridionales et septentrionales.

L'installation d'une centrale photovoltaïque au sol nécessite le plus souvent un terrassement, une base chantier (zone de stockage de matériaux, base vie), des réseaux électriques dans le sol, un ancrage des panneaux (généralement par pieux vissés, mais qui peut prendre la forme d'un socle en béton pour fixer les panneaux selon le type de sol), des pistes internes et de nouvelles pistes d'accès, un ou plusieurs postes de transformation sur le site, l'installation d'une clôture, d'éventuels fossés de drainage et un raccordement électrique vers le poste source le plus proche. Il faut y ajouter les obligations légales de débroussaillage de 20 à 50 m (parfois 100 m, comme en région PACA) de large selon les régions, pour prévenir le risque incendie ; ces obligations ne concernaient que le sud de la France jusqu'à 2023, mais vont désormais s'étendre à un nombre croissant de départements du fait de l'occurrence de plus en plus régulière d'incendies en dehors des zones méridionales. Les panneaux photovoltaïques génèrent un microclimat plus chaud susceptible de favoriser les départs d'incendie sur une végétation sèche : la nuit, on relève une température plus élevée de 3-4°C au-dessus des centrales photovoltaïques, un ordre de grandeur semblable à ce qu'on observe sur les parkings⁵².

Sur les toitures, les panneaux photovoltaïques ont un poids qui n'est pas soutenable pour tous les bâtiments et induisent des problématiques de raccordement souvent complexes en ville. Ils sont également sensibles au risque accru d'incendie (un cas sur 10 000, essentiellement liés à un défaut lors de l'installation qui doit être réalisée par des professionnels).

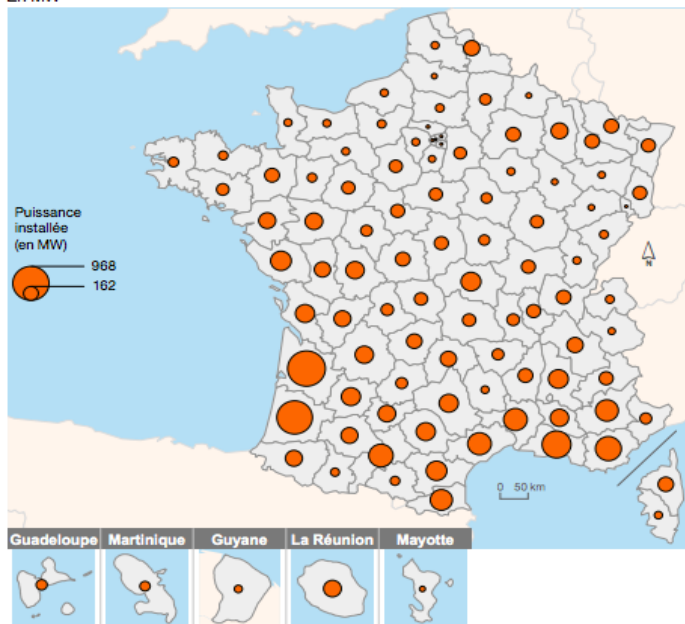
Les données de raccordement d'Enedis permettent de visualiser la contribution de chaque département à la puissance installée en France⁵³ (Figure 5). Rapporté à la surface, c'est la région PACA qui est en tête du déploiement du photovoltaïque, suivie par l'Occitanie et la Nouvelle-Aquitaine.

⁵¹ Les 36 dossiers soumis au CNPN en 2022 et 2023 totalisent 1136 ha clôturés, pour 1130 MW installés

⁵² Barron-Gafford et al. 2019. « Agrivoltaics Provide Mutual Benefits across the Food–energy–water Nexus in Drylands ». *Nature Sustainability* 2 (9): 848-55

⁵³ Chiffres clés des énergies renouvelables, édition 2023. SDES, Ministère de la transition énergétique.

**PUISSANCE DES INSTALLATIONS SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES
PAR DÉPARTEMENT FIN 2022**
TOTAL : 16 GW en 2022
En MW



Note : la puissance correspond à la puissance maximale délivrée en courant alternatif.
Source : SDES, d'après obligations d'achats, EDF, EDF-SEI et ELD

Figure 5. Puissance photovoltaïque par département installée en France à la fin 2022. SDES.

La répartition de la puissance installée au sol et sur les toits était environ équivalente à la fin 2023, autour de 10 GW chacun⁵⁴. Nous ne disposons pas de chiffres concernant les parkings.

Il est cependant complexe d'obtenir des données précises concernant la répartition des centrales photovoltaïques au sol par typologie d'habitat préexistant. Il n'existe pas aujourd'hui de base de données publique en la matière. Un travail a été effectué par l'ADEME au cours de l'année 2023, mais sa publication fait l'impasse sur les chiffres du photovoltaïque au sol du fait du manque de précision de la base de données Corine Land Cover, l'ADEME se contentant d'évoquer des « proportions similaires entre zones artificialisées, zones à dominante agricole et zones à dominante naturelle ». Elle précise que 20% de la surface totale des centrales photovoltaïques au sol serait située en probabilité forte de présence de zone humide⁵⁵.

Il serait souhaitable que le tout nouvel Observatoire national des énergies renouvelables terrestres et de la biodiversité⁵⁶ permette de mettre en place ce réel suivi de la consommation d'espace, de manière rétroactive. Il existe certains chiffres à l'échelle régionale.

Lors de notre enquête, nous avons pu trouver ou calculer certaines statistiques concernant les régions qui ont fait l'objet de sondages :

- En Bourgogne-Franche-Comté, une étude de l'ADEME⁵⁷ nous apprend qu'en 2022, les centrales photovoltaïques au sol ou les projets ayant fait l'objet d'autorisations totalisaient 1262 ha, correspondant à une puissance installée de 0,9 GW et environ 1 TWh de production

⁵⁴ France Territoire Solaire, Observatoire de l'énergie solaire photovoltaïque en France, 49^{ème} édition, 4^{ème} trimestre 2023. Les données à la fin 2023 sont toutefois calculées sur un total de 18GW et non 20 GW, d'où l'incertitude mentionnée.

⁵⁵ Griveau-Billion, E., Demarquet, S. Dupin, A. Loyant, M., Rennier, S., Neveux, G. Icare&Consult, Eglin, T. Ademe. 2023. Projets photovoltaïques, éoliens et changement d'affectation des terres sur les sites. Développement d'une méthode pour évaluer *a priori* les impacts sur les stocks de carbone et la biodiversité. 98 pages. Rapport mis en ligne en avril 2024.

⁵⁶ Mis en place par le Décret n° 2024-315 du 6 avril 2024 relatif à la création d'un observatoire des énergies renouvelables et de la biodiversité

⁵⁷ ADEME (2023). Centrales photovoltaïques au sol – Etat des lieux en Bourgogne-Franche-Comté.

potentielle. Parmi les installations en service ou en cours d'installation, 45% des superficies occupées sont des surfaces agricoles, ce qui inclut les cultures et les prairies. Le reste est constitué d'anciennes carrières et mines, d'anciennes décharges, de délaissés d'infrastructures de transport, sans que l'on ne sache quels étaient les habitats naturels initiaux. Seuls trois dossiers ont fait l'objet d'une demande de dérogation « espèces protégées ».

- En région Nouvelle-Aquitaine, la DREAL a effectué une cartographie de l'évolution des surfaces de milieux naturels, agricoles et forestiers occupés par les centrales photovoltaïques au sol entre 2021 et 2023 : elles totalisent 5332 ha. Le détail des projets instruits ou en cours d'instruction est disponible uniquement pour le département des Landes : sur 1540 ha, les projets se trouvent majoritairement en milieu agricole (779 ha) et forestier (625 ha) ; on en compte seulement 8% (123 ha) sur des « friches » (incluant anciennes carrières et un site d'enfouissement de déchets), et quatre projets flottants (13 ha).
- En région Centre-Val-de-Loire, les demandes de permis de construire déposées pour des centrales photovoltaïques au sol totalisent 2200 ha pour 2022 et 2023, dont 40% (873 ha) sur des milieux agricoles au sens large (prairies, cultures et friches post-culturelles)⁵⁸, le reste sur des espaces naturels ou des « friches industrielles ».
- En région Occitanie, sur les 56 centrales photovoltaïques au sol ayant fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en 2022, 40% se trouvaient sur des terrains dits « dégradés » mais sur une partie desquels la nature avait « repris ses droits », 30% en zone à vocation agricole et 30% en forêt ou autre espace naturel⁵⁹. La MRAE écrit dans son rapport qu'« *un trop grand nombre de projets se situent dans des zones boisées alors qu'elles présentent outre une richesse biologique, un intérêt certain en termes de captation de CO₂* ».

Ce chapitre vise à détailler les principaux types d'espaces sur lesquels on installe des panneaux photovoltaïques en France, les prévisions, les potentiels et les risques associés. Il s'agit en particulier des espaces artificialisés (principalement les toitures et parkings) ; les friches industrielles et les terrains militaires ; les espaces cultivés et les friches agricoles ; les espaces naturels et semi-naturels (dont les plans d'eau).

5.1 Installation de panneaux photovoltaïques dans les espaces semi-naturels et naturels

Parmi les 90 dossiers examinés par le CNPN et les CSRPN en 2022 et 2023, nous disposons de l'occupation du sol préexistante majoritaire pour 73 d'entre eux (36 CNPN et 37 CSRPN) :

- 8 concernaient spécifiquement la forêt des Landes de Gascogne, totalisant 274 ha (moyenne de 34 ha) : le plus souvent sur des parcelles de landes sur lesquels la repousse des Pins maritimes n'a pas encore commencé (mais toutefois considérés comme des forêts), ou à cheval avec des parcelles déjà boisées et qui seront exploitées à des fins économiques avant l'ouverture de la centrale. Ces dossiers sont présentés au CNPN car ils détruisent l'habitat de plusieurs oiseaux protégés et menacés, dont la Fauvette pitchou et, généralement, celui d'un papillon très menacé emblématique de cette région, le Fadet des laïches.
- 9 demandes concernaient des projets situés majoritairement en forêt (généralement des boisements méditerranéens),
- 11, des mosaïques de boisements, haies, prairies ou friches

⁵⁸ Source : DREAL Centre Val-de-Loire

⁵⁹ Rapport annuel de la Mission régionale d'autorité environnementale Occitanie. Année 2022.

- 7, des milieux de garrigues et landes méditerranéennes,
- 7, des pelouses et fourrés calcicoles,
- 11, des friches et fourrés
- 2, des landes situées en dehors de la forêt des Landes
- 2, des zones majoritairement humides à nombreuses mares.

S'y ajoutent 3 dossiers en Guyane (deux en savane et un sur une friche herbacée) et 3 en Martinique (dont un en forêt secondaire et un sur plan d'eau).

Seulement 7 dossiers répondant à une forme d'agrivoltaïsme ont fait l'objet d'une demande de dérogation, mais tous ont des impacts sur une partie d'habitats naturels ou semi-naturels. Citons par exemple le grand dossier évoqué en Haute-Vienne (80 ha de prairies qualifiées d'intensives et 60 ha de cultures intensives), et un autre de 76 ha dans le même département (dont 58 ha de prairies), un dossier de 80 ha dans la Vienne sur du bocage prairial et des friches culturales, impliquant donc des destructions de haies, un dossier de 5 ha sur des luzernes et friches où niche l'Outarde canepetière dans les Deux-Sèvres, un dossier de 3 ha dans des vignes de l'Aude, mais avec des impacts sur la garrigue liés aux obligations légales de débroussaillage.

Enfin, trois dossiers concernent des plans d'eau (traités plus loin).

Si les espaces protégés sont relativement bien évités (sur 77 projets examinés pour lesquelles nous avons eu l'information, deux se trouvaient en site Natura 2000, un en Espace Naturel Sensible et aucun en Réserve Naturelle et Parc National), les ZNIEFF le sont moins systématiquement : 21% des dossiers pour lequel nous avons l'information sont situés dans des ZNIEFF (12% en ZNIEFF de type 1 et 9% en ZNIEFF de type 2, N=77). Si les pétitionnaires prennent le plus souvent soin d'éviter les zonages environnementaux, la destruction d'habitats naturels demeure importante et fréquemment, les impacts sont élevés. L'absence de zonage environnemental ne signifie pas que la biodiversité est pauvre : il s'agit simplement le plus souvent de sites n'ayant pas fait l'objet d'effort d'inventaire par les naturalistes.

L'installation de centrales photovoltaïques au sol sur des espaces naturels, agricoles et forestiers pose également le sujet de la cohérence vis-à-vis de l'enjeu de stockage de carbone dans le sol. Il a été évalué que le défrichement de forêts pour l'installation de centrales photovoltaïques engendre une émission supplémentaire, qui varie selon les études de 36 gCO₂/kwh⁶⁰ à des valeurs pouvant atteindre 50gCO₂/kwh lorsque cette installation de la centrale a provoqué une déforestation sur l'ensemble de son emprise⁶¹. Cela est à ajouter aux émissions liées au cycle de vie des panneaux eux-mêmes, qui sont de l'ordre de 23-25 gCO₂/kwh⁶². Une centrale installée après déforestation peut ainsi aller jusqu'à tripler son temps de retour carbone – déjà nettement plus mauvais que celui des autres énergies renouvelables. **L'ADEME estime que les centrales photovoltaïques au sol, sur la base des scénarios de RTE, pourraient générer jusqu'à 1 million de tonnes d'émission de carbone par an⁶³, ce qui est à comparer aux 4,1-6,5 millions de tonnes générées par l'expansion urbaine par an entre 2010 et 2022⁶⁴.**

⁶⁰ Turney, D. et Fthenakis, V., 2011. « Environmental Impacts from the Installation and Operation of Large-Scale Solar Power Plants ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (6): 3261-70.

⁶¹ Van de Ven, D. J., Capellan-Peréz, I., Arto, I., Cazcarro, I., de Castro, C., Patel, P., & Gonzalez-Eguino, M. (2021). The potential land requirements and related land use change emissions of solar energy. *Scientific reports*, 11(1), 1-12.

⁶² Fthenakis, V., & Leccisi, E. (2021). Updated sustainability status of crystalline silicon-based photovoltaic systems: Life-cycle energy and environmental impact reduction trends. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29(10), 1068-1077. Ces valeurs sont estimées pour **des zones à irradiation moyenne comme la France**.

⁶³ Griveau-Billion, E., Demarquet, S. Dupin, A. Loyant, M., Rennier, S., Neveux, G. Icare&Consult, Eglin, T. Ademe. 2023. Projets photovoltaïques, éoliens et changement d'affectation des terres sur les sites. Développement d'une méthode pour évaluer *a priori* les impacts sur les stocks de carbone et la biodiversité. 98 pages. Rapport mis en ligne en avril 2024.

⁶⁴Rapport Secten, <https://www.citepa.org/fr/secten/>



Figure 6. Exemple d'emplacement de projet de centrale photovoltaïque en garrigue méditerranéenne, dans les Alpes-Maritimes
Photo extraite du dossier de demande de dérogation espèces protégées.



Figure 7. Exemple d'emplacement prévu d'une centrale photovoltaïque en forêt des Landes (40). Photographie issue du dossier de demande de dérogation espèces protégées.

Les projets citoyens, gages de meilleure précaution vis-à-vis des écosystèmes ?

L'étude de l'ADEME portant sur la Bourgogne-Franche-Comté met en exergue un exemple particulier, celui de la centrale photovoltaïque de Bissey-sous-Cruchaud, en Saône-et-Loire. On y voit une photo avec des sols vraisemblablement très appauvris. Elle est pourtant citée comme exemplaire, car « citoyenne », n'ayant pas fait l'objet d'aide de l'État, avec une énergie vendue directement à la coopérative d'énergie « Enercoop », coopérative qui fait de l'écologie son principal argument. Or, quel était l'habitat qui préexistait avant cette centrale ? D'après le porteur de projet, la société « Changeons notre vision de l'énergie », cité par *le journal de Saône et Loire*^a, aucun enjeu : « ce terrain, qui ne servait qu'au pâturage, n'a jamais été cultivé ».

Se mesure ici l'étendue du malentendu. Les prairies permanentes font partie des habitats qui disparaissent le plus rapidement en France. Ainsi, au cours de la décennie 2000-2010 (les chiffres récents ne sont pas encore disponibles), la surface de grands espaces en prairie permanente a décliné de 7,9%^b, et la biodiversité prairiale est celle qui décline le plus. L'indicateur « papillons de prairie », l'un des principaux indicateurs de biodiversité reconnu à l'échelle européenne, indique un déclin de 36% des papillons de prairie en 33 ans en Europe, notamment lié au recul des prairies^c. Une analyse des photographies aérienne montre qu'il s'agissait vraisemblablement du seul espace de pelouses sèches de la commune. Aucune demande de dérogation n'est parvenue au CNPN ou au CSRPN,

malgré le fait qu'il y ait sans aucun doute au minimum une destruction d'habitat d'espèces protégées dont on perçoit mal comment elle n'occasionnerait pas de risques « suffisamment caractérisés ». La difficulté de trouver les arrêtés préfectoraux d'autorisation de projets fait que nous ne sommes pas en mesure de consulter les mesures « éviter, réduire, compenser » mises en œuvre pour cette centrale.

Figure 8.



Comparaison avant – après implantation de la centrale photovoltaïque de Bissey-sous-Cruchaud. De tels projets, souvent sincèrement qualifiés d'« écologiques », occasionnent en réalité une importante perte d'habitat pour la faune et la flore sur les derniers espaces de milieux herbacés non cultivés.

^a <https://www.lejisl.com/environnement/2021/02/08/la-centrale-photovoltaïque-operationnelle-en-avril>

^b <https://naturefrance.fr/indicateurs/evolution-des-surfaces-de-grands-espaces-toujours-en-herbe>

^c Van Swaay *et al.* (2022). European Grassland Butterfly Indicator 1990-2020. Technical Report. Lund University.

5.2 Installation de panneaux photovoltaïques dans les espaces agricoles

Les appels à projet pour le photovoltaïque au sol de la Commission de régulation de l'énergie ont longtemps veillé à exclure les espaces agricoles afin d'éviter la concurrence des usages. L'agrivoltaïsme est toutefois de plus en plus plébiscité par les pouvoirs publics et a fait l'objet d'un cadrage juridique par la loi APER, dont le décret d'application est paru le 8 avril 2024. La Fédération Française des Producteurs Agrivoltaïques annonce 1000 projets agrivoltaïques en cours de développement totalisant 15 GW⁶⁵. Si aucune source officielle ne permet de valider de tels chiffres, ils apportent un éclairage sur l'ampleur des bouleversements que ces projets pourraient avoir sur la surface agricole utile, alors que les espaces agricoles sont également mobilisés pour la méthanisation et les agrocarburants.

Selon le décret n° 2024-318 du 8 avril 2024 relatif au développement de l'agrivoltaïsme et aux conditions d'implantation des installations photovoltaïques sur des terrains agricoles, naturels ou forestiers, un projet agrivoltaïque doit désormais démontrer qu'il « contribue durablement à l'installation, au maintien ou au développement d'une production agricole » et doit démontrer que la production agricole reste l'activité principale de la parcelle agricole. Elle doit fournir au moins l'un des services suivants : l'amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques ; l'adaptation au changement climatique ; la protection contre les aléas ; l'amélioration du bien-être animal. On pense ainsi notamment aux effets d'ombrage (bien-être animal et lutte contre les sécheresses) et à la protection contre la grêle (lutte contre les aléas et adaptation au changement climatique).

Il existe plusieurs cas de figures pour l'agrivoltaïsme qui nécessitent d'être distingués clairement, en fonction desquels les problématiques sont différentes :

- les serres photovoltaïques, pour lesquelles dans certaines situations (productions, types d'équipement photovoltaïque, conduites agronomiques, régions...) le rendement semble baisser substantiellement par rapport à des serres non équipées⁶⁶ ;
- les hangars agricoles photovoltaïques, dont la construction vise parfois davantage l'équipement photovoltaïque qu'une fonction nécessaire à l'exploitation ;
- les clôtures réalisées avec des panneaux photovoltaïques verticaux et bifaces, d'environ 1 m de haut. Ces nouvelles clôtures occuperaient peu de surface au sol et pourraient aussi être utilisées par les particuliers ayant un terrain à délimiter ;
- les grandes cultures de type céréalières, sur lesquelles il s'agirait plutôt de rangées ne couvrant pas plus de 20% de la surface des parcelles ou d'ombrières très surélevées permettant le passage des engins agricoles et ne devant pas conduire à une baisse de rendement supérieur à 10% par rapport à des années de référence ;
- les vignes ou les vergers, avec des panneaux photovoltaïques en inter-rang ou en ombrière surélevée, sur une orientation verticale et équipées d'un système de tracker pour suivre la course du soleil, avec les mêmes exigences en termes de rendement de production ;
- les prairies et pelouses qui étaient déjà utilisées pour du pâturage et la production de fourrages, ce sont celles-ci qui pourront être couvertes jusqu'à 40% et pour lesquelles la question du rendement est plus complexe à mesurer.

⁶⁵ <https://www.ffpa.fr/vision-mission-valeurs/>

⁶⁶ <https://agrivoltaisme.fr/typologies-projets/>

Au-delà du seul rendement, des effets sont parfois constatés sur les caractéristiques des productions (couleur du feuillage, étiolement...), qui peuvent avoir des impacts sur la commercialisation des produits et leur attrait pour les consommateurs.

Le taux de couverture pourrait aller jusqu'à 40% de la surface agricole, ce qui fait l'objet de vives critiques jusqu'à la direction de l'INRAE⁶⁷. Sa compatibilité avec l'objectif de limiter la baisse de rendement à 10% semble peu probable. Les connaissances sur la réponse des écosystèmes cultivés à l'installation de panneaux sont encore très lacunaires. Même si des installations de ce type sont déjà suivies depuis plusieurs années, le recul est encore insuffisant et surtout peu généralisable. La création du pôle national de recherche innovation et enseignement sur l'agrivoltaïsme en 2023 constitue une initiative nécessaire.

L'objet ici est de questionner les impacts de l'agrivoltaïsme sur la biodiversité sauvage et cultivée des agroécosystèmes. Si, comme évoqué précédemment, il manque encore de recul et de connaissances pour pouvoir formuler des recommandations, plusieurs points de vigilance peuvent néanmoins être mentionnés :

- Des projets sont engagés sur des surfaces de plus en plus importantes, regroupant fréquemment plusieurs exploitations. Or il y a fréquemment un défaut de coordination des agriculteurs concernés permettant d'avoir une vision globale des conséquences de l'installation à l'échelle du territoire.
- Localement, l'agrivoltaïsme peut constituer un frein à l'engagement dans certaines filières de qualité et de labels (agriculture biologique, AOC/AOP) plus respectueuses de la biodiversité dont les cahiers des charges pourraient évoluer en la matière. Il existe un risque que certains agriculteurs privilégient cette voie de diversification plus immédiate et sécurisante au détriment de démarches de transition agroécologique certes plus complexes, incertaines et longues mais certainement plus bénéfiques pour la biodiversité.
- Les systèmes sous panneaux pourraient privilégier des espèces, races et variétés adaptées à ceux-ci (par exemple, de petites races pour passer en-dessous, variétés qui demandent moins de lumière...) avec ce que cela peut impliquer en termes de pertes de diversité génétique.
- L'usage agricole des sols peut également être dégradé suite à des bris de vitrages et de matériaux faisant suite à des épisodes de grêle intense, susceptibles d'avoir des incidences sur les productions et les animaux qui pâturent et la réversibilité de l'usage des sols.
- Les revenus de l'énergie photovoltaïque en milieu agricole étant issus de la propriété foncière, ils sont susceptibles d'engendrer un accroissement des inégalités entre propriétaires exploitants et fermiers.

Le CNPN considère que de telles installations ne devraient se faire que dans les conditions cumulatives suivantes :

- pour accompagner des transitions agro-écologiques comportant des risques économiques, ou pour les exploitations ayant déjà opéré cette transition ;
- en respectant strictement a minima les conditions du décret du 8 avril 2024, en particulier la démonstration de la synergie avec la production agricole ;

⁶⁷ <https://www.lafranceagricole.fr/agrivoltaisme/article/860367/le-decret-sur-l-agrivoltaisme-va-trop-loin>

- si elles ne conduisent pas à la réduction des milieux semi-naturels sur l'exploitation (en particulier les haies, les bandes enherbées, les espaces en jachère, les prairies permanentes à flore diversifiée), ni à une altération des habitats d'organismes dont une partie du cycle dépend de l'intégrité des sols, et en ne dépassant pas 20% de la surface des parcelles ;
- si les principes de l' « éco-voltaïsme » adapté aux espaces agricoles (voir chapitre 7) sont respectés.

Le CNPN alerte également sur l'impact des obligations légales de débroussaillage qui peuvent avoir des conséquences sur les milieux semi-naturels situés en périphérie immédiate, et sur le cas de milieux ayant fait l'objet de pâturage mais étant davantage « naturels » qu'agricoles, au sens où la végétation herbacée et des communautés d'organismes hébergées par les sols y sont en place de longue date, sans avoir été perturbés par un travail du sol et une destruction du couvert végétal. Il s'agit alors généralement d'espaces riches en biodiversité, qu'il convient de ne pas considérer à l'identique de grandes cultures. Une attention particulière doit être apportée aux prairies permanentes à forte diversité floristique, qu'il faut absolument préserver. C'est en particulier le cas des prairies anciennes, n'ayant pas été retournées depuis plusieurs décennies. Ces espaces doivent être exclus des projets agrivoltaïques.

Le projet Terr'Arbouts

Certains projets agrivoltaïques de très grande ampleur sont en train d'apparaître. C'est notamment le cas du projet *Terr'Arbouts* dans les Landes, dont l'histoire est intéressante. Ce projet voit le jour sur deux aires de captage d'eau potable prioritaires du département du fait de leur pollution chimique. La maïsiculture conventionnelle qui y domine ne pouvant se prolonger à l'identique à la suite d'un arrêté ministériel, les 35 agriculteurs des deux aires d'alimentation de captage se sont regroupés et, cherchant à « préserver la rentabilité » de leur activité, ont couplé un projet de transition vers l'agriculture biologique (avec diversification des cultures et des pratiques d'élevage) à un projet agrivoltaïque. L'ensemble porte sur une surface totale de 1200 ha, au sein desquels 220 ha accueilleront les panneaux de manière dense, en 44 îlots. Ce projet, porté avec Green Lighthouse Développement (dont EDF renouvelables est actionnaire à 45%), permettrait d'installer 462 MW et de produire 667 GWh/an (ce qui correspond à peu près à 10% de ce qui est produit par un réacteur nucléaire). Toutefois, les panneaux y sont aussi installés sur des espaces non cultivés auparavant, si bien que ce projet engendre des impacts résiduels sur des forêts et des habitats semi-ouverts. Bien que l'avis de l'Autorité Environnementale indique qu'il fait l'objet de mesures compensatoires écologiques au titre des espèces protégées, ce projet n'a jamais fait l'objet d'un examen par le CSRPN ou le CNPN, ce qui est contraire à la réglementation sur les espèces protégées, et la commission d'enquête publique a relevé l'insuffisance des études d'impact environnementales. Il n'est pas démontré que l'ampleur du projet soit adaptée à l'ambition de la transition agro-écologique affichée.

5.3 Installation de panneaux photovoltaïques sur les friches industrielles

Cette catégorie d'occupation des sols est à l'origine de nombreuses incompréhensions entre aménageurs et écologues. Le CNPN fait le constat d'une confusion importante sur la notion de friche industrielle, fréquemment interprétée comme concernant tout espace ayant fait l'objet d'une activité industrielle passée. Pourtant, de nombreux sites industriels renaturés, spontanément ré-enrichés ou comportant des zones humides temporaires ou pérennes suite à l'exploitation, peuvent accueillir une biodiversité très élevée. De nombreuses réserves naturelles se trouvent par exemple sur d'anciennes carrières. Les espaces verts de certaines grandes villes se trouvent sur d'anciennes décharges.

Les instructions du Ministère de la Transition Écologique sont plus ou moins claires : les zones à équiper doivent concerner « les anciennes carrières, mines ou sites miniers sans obligations de réhabilitation agricole, paysagère ou naturelle », « les anciennes décharges réhabilitées présentant des enjeux limités en termes de biodiversité ou de paysage », les « sites pollués » (sans précision)⁶⁸. Dans les faits, il est fréquent que les maîtres d'ouvrages présentent des projets sur des carrières renaturées, et que ces projets soient autorisés.

Cette confusion a également engendré des estimations très diverses du potentiel photovoltaïque des « friches », un temps estimé jusqu'à 49 GW par l'ADEME⁶⁹, un chiffre qui semble controversé, mais qui est repris à peu de différences près par les objectifs du plan « France Nation Verte » en 2023, évoquant un objectif de 45 GW sur les « friches »⁷⁰ sans que ce chiffre ne soit expliqué et justifié.

Certains acteurs ajoutent à la confusion en évoquant également les « friches agricoles » comme espaces à privilégier : « *L'exploitation de friches agricoles peut également permettre leur réhabilitation et favoriser le développement de l'activité agricole sur le territoire, tout en préservant l'ouverture des sites et la protection des espèces qui y vivent, à condition qu'elles soient inscrites dans le document-cadre arrêté par le préfet* », peut-on ainsi lire dans les recommandations effectuées par l'ONG WWF⁷¹. Pourtant, derrière le vocable de « friche agricole », la réalité de terrain concerne une renaturation spontanée d'espaces non cultivés, rapidement colonisés par un cortège complexe d'espèces, incluant fréquemment des espèces menacées associées, y compris parmi les oiseaux (Bruants proyer et des roseaux, Pipit farlouse, Alouette des champs...). Le rapport de WWF va jusqu'à donner un exemple paraissant vertueux de friche agricole « valorisée » grâce au photovoltaïque (Figure 9) : du point de vue de l'écologue, cette friche paraissait plutôt servir de dernière zone refuge possible pour de nombreuses espèces dans un contexte d'agriculture très intensive dans la plaine d'Alsace. Cet exemple de quiproquo illustre l'approche biaisée des « délaissés ».

⁶⁸Ministère de la transition écologique et solidaire, 2020, L'instruction des demandes d'autorisations d'urbanisme pour les centrales solaires au sol, guide 2020.

⁶⁹ ADEME, 2019. Évaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques

⁷⁰<https://www.info.gouv.fr/upload/media/content/0001/06/b2be9a22d052f9e36065e4a6ad765c6536942939.pdf>

⁷¹ WWF France (2023). Démarche énergies renouvelables et durables. Module photovoltaïque au sol. Page 39.



Figure 9. « Valorisation » d'une friche agricole à Katzenthal, Haut-Rhin, d'après les termes du rapport du WWF France⁷². Cette friche était une ancienne carrière ensuite convertie en centre d'enfouissement technique. Puisque l'habitat le plus patrimonial a été évité lors de la conception du projet, cette centrale est présentée comme un exemple de prise en compte de la biodiversité par le rapport. Un écologue tendra plutôt à considérer la disparition de la majeure partie du seul habitat refuge dans une matrice de grande culture très peu hospitalière pour la vie sauvage. Photographie issue du rapport du WWF.

Récemment, le décret n°2023-1259 du 26 décembre 2023 précisant les modalités d'application de la définition de la friche dans le code de l'urbanisme est venu préciser la notion de friche (art. D. 111-54 du code de l'urbanisme) et apporte une clarification utile aux dispositions de l'article L. 111-26 du code de l'urbanisme, qui définit la friche comme « *tout bien ou droit immobilier, bâti ou non bâti, inutilisé et dont l'état, la configuration ou l'occupation totale ou partielle ne permet pas un réemploi sans un aménagement ou des travaux préalables.* »

Pour identifier une friche au sens de l'article L. 111-26, il est tenu compte de l'un ou des critères suivants :

- 1° Une concentration élevée de logements vacants ou d'habitats indignes ;
- 2° Un ou des locaux ou équipements vacants ou dégradés en particulier à la suite d'une cessation définitive d'activités ;
- 3° Une pollution identifiée pour laquelle son responsable ou l'exploitant du site, son ayant-droit ou celui qui s'est substitué à lui a disparu ou est insolvable ;
- 4° Un coût significatif pour son réemploi voire un déséquilibre financier probable entre les dépenses d'acquisition et d'interventions, d'une part et le prix du marché pour le type de biens concernés, ou compte tenu du changement d'usage envisagé, d'autre part.

Particulièrement important dans le cas qui nous préoccupe ici, ce même décret précise : « *III. Ne peuvent être considérés comme des friches au sens du présent code les terrains non bâtis à usage ou à vocation agricole ou forestier.* »

⁷² WWF France, *op. cit.* Pages 76 et 77.

La notice du décret précise que les terrains à caractère naturel, y compris après avoir fait l'objet d'une renaturation (même spontanée), ne sont pas non plus concernés car ils présentent bien un usage à cette fin sans nécessiter de travaux pour leur réemploi.

Dans le cadre institué par ce décret, le réel potentiel photovoltaïque des friches industrielles très artificialisées est mal connu, et probablement faible. L'ensemble des calculs effectués jusque-là n'ont pas tenu compte de la renaturation éventuelle des sites. Ces espaces sont de plus également sollicités dans le cadre du « zéro artificialisation nette » comme des secteurs à réindustrialiser en priorité, ou sur lesquels mettre en place des opérations de désartificialisation compensatoire, par exemple. Il n'est ainsi au maximum que de quelques GW à l'échelle nationale, probablement moins.

Une friche industrielle ?

Le CNPN a examiné en janvier 2023 le projet d'installation d'une centrale photovoltaïque au sol à Vallon-en-Sully, Allier, sur une surface de 5,1 ha, sur une ancienne carrière dont l'exploitation a cessé depuis 70 ans, désormais constituée par des chênes du même âge, et inclus dans une ZNIEFF de type 2. Ce projet a reçu un avis défavorable de la part du CNPN. Suite à cela, et s'attendant probablement à un arrêté préfectoral de refus, le porteur du projet a finalement retiré sa demande de permis de construire. Mais il aurait pu économiser de nombreuses études avec une définition plus claire de cette notion de friche industrielle.



Figure 10. Ancienne carrière avec régénération naturelle sur laquelle portait le projet de centrale photovoltaïque au sol de Vallon-en-Sully (03). Photographie issue du dossier de demande de dérogation espèces protégées.

5.4 Installation de panneaux photovoltaïques sur les aérodromes et les terrains militaires

Tant l'appel d'offres de la Commission de Régulation de l'Énergie que le plan « face au soleil » du Ministère de la Transition Écologique, encouragent l'installation de centrales photovoltaïques sur les prairies des aérodromes (en particulier les aérodromes militaires) et les terrains militaires.

Le Ministère des Armées s'est engagé à mettre à disposition 2500 ha de son foncier à des fins photovoltaïques d'ici 2025. Un tel projet doit être mis en œuvre avec précaution, dans la mesure où de nombreux terrains militaires présentent une qualité de milieux déterminante du point de vue de la biodiversité, d'importance locale, voire nationale. Le Ministère des armées a d'ailleurs une responsabilité en tant que lauréat de plusieurs programmes européens LIFE portant précisément sur la biodiversité de ses espaces⁷³.

Ainsi, sur l'aérodrome de Creil, dans l'Oise, propriété du Ministère des Armées, un projet présenté à la fin de l'année 2022 au CNPN par la société Photosol visait à équiper 134 ha de l'aérodrome, dont 105 ha de prairies naturelles ce qui, à l'échelle du département de l'Oise, est gigantesque. Ce reliquat prairial est en réalité le plus important du département : l'agriculture s'est spécialisée dans la production céréalière et betteravière. Les populations résiduelles d'espèces prairiales se concentrent donc sur les prairies aéroportuaires. C'est le cas du Pipit farlouse, une espèce d'oiseau en grand déclin en France⁷⁴ : le site concentrait 60 couples, soit la majorité de la population départementale (qui en compte moins de 100). Il est probable qu'elle disparaisse en grande partie suite à l'installation de la centrale. Ceci est d'autant plus étonnant que la compensation écologique prévue pour ce projet sera mise en œuvre à proximité immédiate de l'aérodrome, et consiste à convertir des cultures en prairies destinées au Pipit farlouse⁷⁵. L'usage agricole des cultures sera en grande partie perdu (il ne s'agit pas d'une région d'élevage). Il aurait été plus logique de mettre les panneaux photovoltaïques en lieu et place d'un projet de zone d'activité à proximité immédiate, comme l'a suggéré le CNPN dans son avis. Mais le projet *devait* se tenir sur du foncier du Ministère des Armées.

Au cours des deux années écoulées, le CNPN a également été consulté en avril 2022 sur un projet portant sur le terrain militaire de Fontenet, en Charente-Maritime, pour y implanter une centrale sur une surface de 41,7 ha de pelouses calcicoles et de zones arbustives à fruticées, un secteur accueillant une population conséquente d'un papillon menacé, l'Azuré du serpolet, et de nombreuses espèces d'oiseaux telles que la Fauvette pitchou et la Pie-grièche écorcheur.

Ces deux exemples récents illustrent la nécessité de ne plus considérer les espaces en pleine terre des terrains militaires et des aérodromes comme des espaces susceptibles d'accueillir des panneaux photovoltaïques, et de les circonscrire à leurs espaces déjà artificialisés (pistes d'aviation, bâtiments, éventuellement surfaces polluées par des hydrocarbures). Le rapport coût-bénéfice entre les gains en puissance photovoltaïque installée et l'impact sur la biodiversité est en défaveur de ce type de projet.

⁷³ <https://www.lifeterrainsmilitaires.fr/>

⁷⁴ Chute des effectifs de -66% sur la période 2001-2019 d'après Vigie Nature / STOC EPS

⁷⁵ A l'heure où nous publions ce travail, alors que les travaux d'installation des panneaux photovoltaïques sont presque terminés, les mesures compensatoires n'ont pas été mises en place et il serait maintenant question de prairies pâturées, qui sont pourtant défavorables au Pipit farlouse. La réglementation veut pourtant que les mesures compensatoires puissent être effectives au moment de l'impact.

5.5 L'arrivée du photovoltaïque « flottant »

Dans la recherche de tous les espaces paraissant « sans usage », les industriels du secteur photovoltaïque ont désormais identifié les plans d'eau : absence d'ombrage, limitation de la surchauffe des panneaux, coût avantageux, absence de risque incendie, surfaces apparemment inutiles. La même rhétorique que celle liée à la notion de friche industrielle est ici mobilisée dans les dossiers que nous avons consultés : les pétitionnaires parlent de sites « dégradés », les projets portant généralement sur des étangs issus de l'exploitation de granulats par les carrières, en zone alluviale. Les projets consistent à recouvrir entre 30 et 70% d'un plan d'eau de panneaux photovoltaïques, implantés sur des flotteurs, eux-mêmes ancrés par des lignes sur les fonds. Le décret relatif au développement de l'agrivoltaïsme du 8 avril 2024 consacre ce nouvel usage et cite les « plans d'eau » parmi les espaces ouverts à l'accueil de projets photovoltaïques, sans limitation particulière.

Les développeurs se heurtent alors souvent à une biodiversité élevée qu'ils n'avaient pas anticipé. Ces projets ont des effets non négligeables à plusieurs niveaux, tant physico-chimiques (stratification, évaporation, modification des effets du vent, de la température et de la lumière) que biologiques (production primaire, interactions trophiques, comportements, etc.)⁷⁶, détaillés dans le chapitre 6.

En effet, la nature artificielle d'un étang n'amointrit en rien son intérêt. Par exemple, les régions parmi les plus importantes pour les espèces aquatiques que sont la Dombes (Ain) ou la Brenne (Indre) sont constituées d'étangs artificiels creusés pour l'aquaculture. Dans la vallée de la Seine et de la Marne en amont de Paris, les étangs issus de carrières sont parmi les principaux espaces de biodiversité de la région, en particulier en ce qui concerne les oiseaux d'eau. Dans certains cas, les étangs sont pauvres en biodiversité : cela tient généralement au fait qu'ils ont été mal réaménagés après exploitation, ou parce qu'ils font l'objet d'autres usages, notamment de loisirs. Or, c'est généralement sur des plans d'eau ne faisant pas l'objet d'usages humains que se portent ces projets.

Peu de centrales photovoltaïques flottantes ont pour l'instant vu le jour en France, mais de nombreuses sont à l'étude.

Le CNPN a été consulté sur deux dossiers en 2023 : sur deux étangs issus de carrière à Montaut, Ariège (57% de la surface en eau recouverte), et sur des bassins issus de carrière à Lucciana, Haute Corse. Dans les deux cas, les enjeux liés aux oiseaux d'eau étaient assez élevés, en particulier les oiseaux d'eau hivernant. A Lucciana, le pétitionnaire précise que le site retenu est « considéré comme dégradé selon les critères de la Commission de régulation de l'énergie (« *Le site est une ancienne carrière, sauf lorsque la remise en état agricole ou forestier a été prescrite* ») et répond au cahier des charges des appels d'offres qu'elle publie ».

D'autres dossiers ont été soumis à certains CSRPN (ex. Centre-Val-de-Loire et Martinique), mais plusieurs sont autorisés sans que les services de l'État aient considéré qu'il y avait besoin d'une dérogation « espèces protégées ». On peut citer le projet en cours de construction début 2024 sur l'étang de la carrière de Saint-Savin, Isère, qui est justifié encore une fois par son caractère « artificiel », alors qu'il s'agit d'une ZNIEFF de type 1. Il n'a été examiné ni par le CNPN, ni par le CSRPN, malgré des enjeux de biodiversité importants.

Dans les régions sondées, c'est également le cas de quatre dossiers sur la période 2022-2023 en région Centre-Val-de-Loire (tous sur des plans d'eau jugés sans enjeux par les DDT et la DREAL et sur une superficie couvrant moins de 50% des étangs) et d'un plan d'eau dans les Landes (à Duhort-Bachen, sur une superficie couvrant 50% du plan d'eau, sur lequel les enjeux liés à l'avifaune migratrice et hivernante ont été mal évalués).

Le CNPN rappelle aussi qu'un certain nombre de plans d'eau artificiels font également l'objet de velléités de remblaiement pour libérer l'espaces de stockage de déblais issus de travaux divers. C'est

⁷⁶Nobre et al, 2019. Potential ecological impacts of floating solar panels on biodiversity and ecosystem functioning

particulièrement le cas autour de l'agglomération parisienne du fait des travaux du Grand Paris Express. La pression sur ces espaces est donc relativement forte.

Des projets pharaoniques sont déjà programmés. Il en va ainsi du projet *Hyvence* une centrale photovoltaïque flottante de 500 ha sur les étangs de Lavalduc et Engrenier, à Fos-sur-Mer, visant à alimenter une usine de production d'hydrogène voisine. Dans un espace faisant déjà l'objet d'une forte pression industrielle, les habitants ne souhaitent pas une artificialisation supplémentaire de leur paysage quotidien⁷⁷ – qui aura également des impacts sur la biodiversité déjà très fragilisée du secteur.

Une première expérimentation de centrale photovoltaïque flottante en mer est à l'étude à Sète⁷⁸. De telles installations, de taille très réduite par rapport à la surface en eau, pourraient être nettement moins impactantes que sur les étendues d'eau douce, mais des impacts liés au raccordement (atterrage) peuvent être localement élevés.

Ces centrales, qu'elles soient en mer ou sur plans d'eau, attireront les oiseaux recherchant des perchoirs, et l'obturation des panneaux par les fientes pourrait être problématique. Des solutions visant à effaroucher les oiseaux occasionneraient des perturbations supplémentaires non souhaitables.

Les risques de pollution de l'eau en particulier du fait de polluants persistants (PFAS) présents sur les panneaux constitue une problématique sanitaire dont l'effet sur la biodiversité est actuellement ignoré.



Figure 11. Emplacement prévu d'une centrale photovoltaïque flottante.

Photographie issue du dossier de demande de dérogation espèces protégées.

⁷⁷ <https://france3-regions.francetvinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/bouches-du-rhone/fos-sur-mer/cinq-chiffres-pour-comprendre-hyvence-le-projet-qui-prevoit-de-couvrir-de-panneaux-solaires-deux-etangs-de-fos-sur-mer-2939544.html>

⁷⁸ Projet Sun'Sète, démonstrateur de centrale photovoltaïque en mer (Ademe)

5.6 Installation de panneaux photovoltaïques sur les parkings

La loi APER oblige désormais à équiper d'ombrières photovoltaïques (ou de végétalisation) tous les parkings extérieurs de plus de 1500m² sur au moins 50% de leur surface.

L'étude d'impact de la loi APER⁷⁹ évaluait la surface de parkings supérieurs à 2500 m² (la surface initialement proposée par le gouvernement) à 9000 – 15 000 ha, sans toutefois apporter de source à cette estimation. On ne connaît pas le chiffre en ajoutant les parkings compris entre 500 et 2500 m², mais il est probablement au moins le double. Si l'on considère une surface minimale de 20 000 ha, un équipement à 50%, le potentiel est au minimum de 10 GW, probablement plus proche de 20 GW.

Rien qu'en Île-de-France, le cadastre solaire réalisé par l'Institut Paris Région⁸⁰ évalue à 5,2 TWh le gisement brut des parkings de plus de 1500 m², ce qui équivaut à une puissance comprise entre 4 et 5 GW (donc autour de 2,5 GW si l'on ne considère que 50%). L'Île-de-France ne représente que 2% de la surface du territoire métropolitain, et son degré d'artificialisation des sols y est « seulement » deux fois plus élevé (environ 20%, contre un peu moins de 10% à l'échelle nationale). On peut toutefois supposer que la proportion de grands parkings y est plus de deux fois supérieure, étant donnée la centralisation de nombreuses chaînes d'approvisionnement. **Toutefois, même si les parkings sont probablement cinq fois plus nombreux en Île-de-France qu'ailleurs rapportés à la surface, alors la puissance totale disponible sur les parkings de France se situerait plutôt autour de 50 GW. Le cadastre solaire des parkings de France doit être réalisé de toute urgence afin de permettre une planification éclairée. La méthodologie basée sur le *deep learning* utilisée en Île-de-France est vraisemblablement répliquable à l'échelle nationale⁸¹.**

Au moins 20% des besoins en matière d'énergie photovoltaïque devraient ainsi être trouvés en équipant l'ensemble des parkings de plus de 1500 m² sur 50% de leur surface ainsi que la loi le prévoit désormais, et l'on peut imaginer que dans une part importante des cas la surface dépasse 50%. L'équipement de ces parkings en ombrières doit constituer la priorité absolue pour atteindre les objectifs de la PPE.

Nous n'avons pas trouvé de chiffres sur le nombre de parkings déjà équipés.

5.7 Installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures

La loi APER fixe l'obligation, pour toutes les toitures du secteur tertiaires, y compris les bâtiments existants, d'être équipées de panneaux photovoltaïques. Cette obligation a débuté en juillet 2023 pour une partie des nouveaux bâtiments et s'étend progressivement jusqu'en 2027 en fonction des types de bâtiments. Les anciens bâtiments devront être équipés en 2028.

A la fin 2023, la puissance installée sur les toitures est comprise entre 9 et 10 GW⁸² (Figure 12). Une accélération importante a été constatée en 2023.

Malgré une dynamique incontestable, ce chiffre semble très éloigné du potentiel solaire des toitures, les publications divergent et contribuent probablement à la difficulté d'une décision politique franche. Deux vastes études scientifiques récentes ont toutefois essayé d'évaluer le potentiel solaire des toits.

⁷⁹ <https://www.senat.fr/leg/etudes-impact/pjl21-889-ei/pjl21-889-ei.pdf>

⁸⁰ <https://www.arec-idf.fr/nos-travaux/publications/les-parkings-franciliens-veritable-levier-pour-lessor-du-solaire/>

⁸¹ <https://www.institutparisregion.fr/amenagement-et-territoires/information-geographique-et-3d/chroniques-de-la-data-et-de-linnovation/quand-lintelligence-artificielle-revolutionne-linformation-geographique/>

⁸² France Territoire Solaire, Observatoire de l'énergie solaire photovoltaïque en France, 49^{ème} édition, 4^{ème} trimestre 2023.

En 2019, Bódis *et al.*⁸³ ont estimé qu'en Europe, 25% de la consommation d'énergie totale pourrait être apportée par les toitures. D'après cette étude, la France a un potentiel de production annuelle de 125 TWh sur les toitures (environ 110 GW), ce qui en fait le pays le plus favorable d'Europe pour cette technologie, sur la base d'une surface de toitures estimées à 1346 km² sur la base d'imagerie satellite. Parmi ces 125 TWh, 90 pourraient être produits à un coût inférieur à 0,12 €/kwh et les 35 TWh restant à 0,15 €/kwh.

L'étude de Bódis *et al.* relève que « *la France et l'Allemagne offrent des opportunités significatives et à coût relativement faible. Leur grande quantité d'habitations et la surface de toitures associées constitue un potentiel technique élevé (>100 TWh/an pour chaque pays). Un tel potentiel, couplé au faible coût d'investissement, permet le développement du photovoltaïque sur toitures dans des conditions avantageuses* ».

En 2021, une nouvelle étude récente publiée dans Nature Communication⁸⁴ évalue à 1181-1575 km² la surface de toitures en France, avec deux méthodes différentes : on se situe ainsi dans le même ordre de grandeur – plus élevé que ce que suggère RTE.

Pour la seule région Île-de-France, le cadastre solaire réalisé par l'Agence régionale énergie climat évalue à 17,6 TWh la production maximale théorique sur les toitures⁸⁵.

Ces différentes projections sont à considérer avec prudence car elles ne prennent pas en compte le choix des propriétaires ni les contre-indications techniques (capacité des structures de toit à supporter le poids des panneaux) et l'environnement paysager tant dans le périmètre des abords de monuments historiques classés que du bâti ancien non classé jouant un rôle de préservation des paysages et de son attractivité touristique, au-delà des seuls Sites classés ou des Opérations Grands Sites.

Aujourd'hui, environ 387 000 bâtiments sont équipés de panneaux photovoltaïques en autoconsommation⁸⁶, soit environ une maison résidentielle sur 20. L'objectif d'équiper à échéance 2035 une maison résidentielle sur deux, soit 8 millions de maisons d'après les estimations de RTE, et l'ensemble des grandes toitures commerciales et industrielles, est un objectif qui paraît atteignable seulement dans le cadre d'un grand chantier national beaucoup plus ambitieux. Il nécessiterait d'équiper 600 000 maisons résidentielles par an, soit 4 fois plus qu'en 2023, qui était déjà une année record avec 150 000 installations (2022 était la précédente année record avec 96 000 installations).

Cet objectif présente en outre l'avantage de représenter des économies substantielles de dépenses liées à l'énergie pour les habitants. Comme la rénovation énergétique des bâtiments, l'équipement de panneaux photovoltaïques sur les toits individuels devrait faire l'objet d'une politique nationale majeure pour résoudre tant les problématiques de baisse de pouvoir d'achat que de décarbonation de l'énergie. Le prix des panneaux photovoltaïques a diminué de 65% en 10 ans⁸⁷ ce qui rend l'équipement de plus en plus abordable, mais l'investissement initial constitue encore un frein évident pour de nombreux foyers, alors que l'État a supprimé leur éligibilité de l'éco-prêt à taux zéro. De plus, les aides fiscales sont pour l'instant limitées aux seules installations d'une puissance inférieure à 3 kW⁸⁸.

En ce qui concerne les grandes toitures commerciales, si l'extension du tarif obligatoire d'achat aux installations allant jusqu'à 500 kWc en 2021 a permis d'inciter à dépasser les seuils de puissance nécessaires pour l'autoconsommation, cela ne semble pas suffire. Les professionnels du secteur ont en effet tendance à ne recommander l'installation que sur une partie de la toiture, pour limiter la

⁸³ Bódis, K., Kougias, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N., Szabó, S.: A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union (2019) Renewable and Sustainable Energy Reviews

⁸⁴ Joshi, S., Mittal, S., Holloway, P., Shukla, P. R., Ó Gallachóir, B., & Glynn, J. (2021). High resolution global spatiotemporal assessment of rooftop solar photovoltaics potential for renewable electricity generation. *Nature communications*, 12(1), 1-15.

⁸⁵ https://www.arec-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack4/Etude_2961/NR_gisement_solaire12.pdf

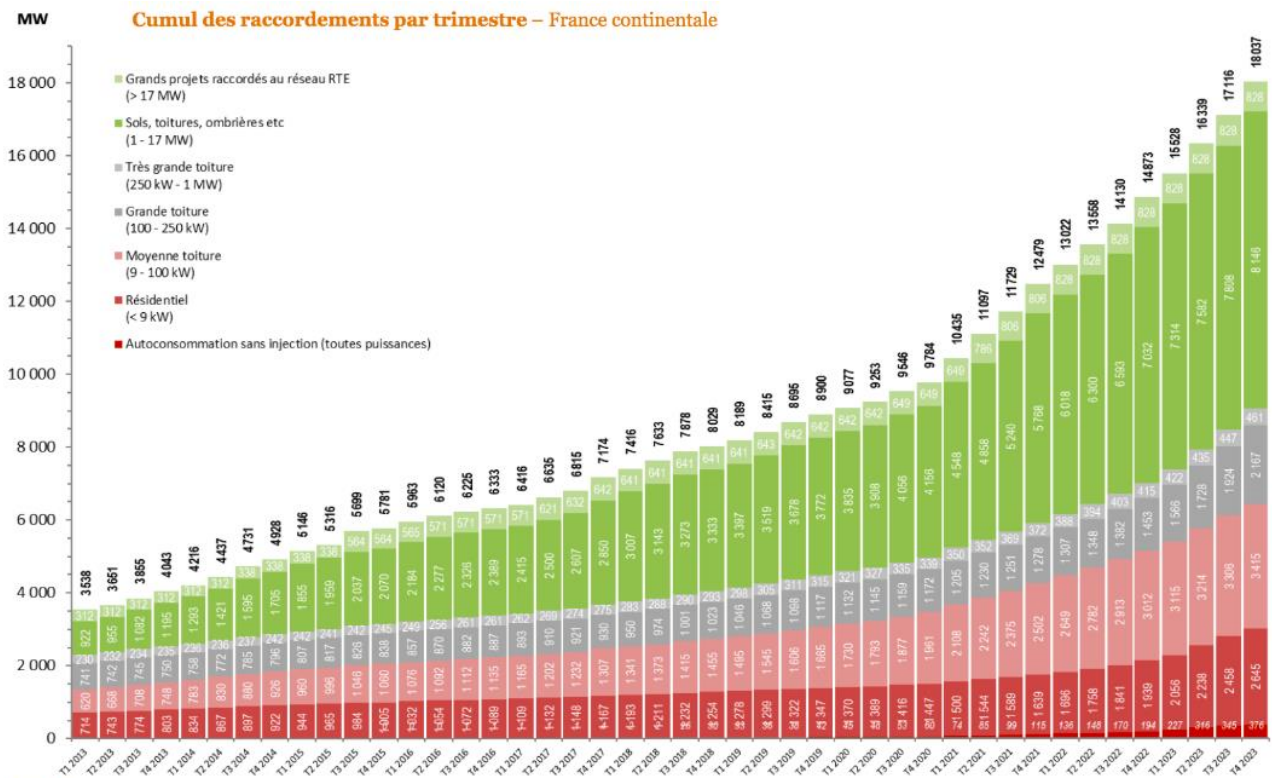
⁸⁶ <https://www.effy.fr/magazine/lautoconsommation-solaire-en-plein-boom-sur-2023>

⁸⁷ <https://www.fournisseurs-electricite.com/autoconsommation/solaire/aides>

⁸⁸ [Installation de panneaux solaires : vous avez droit à des aides ! | economie.gouv.fr](https://www.economie.gouv.fr/Installation-de-panneaux-solaires-vous-avez-droit-a-des-aides)

puissance installée aux besoins d'autoconsommation, ainsi que l'explique le directeur de Leon Grosse Energies Renouvelables : « Nous ne cherchons jamais à couvrir obligatoirement l'intégralité de la toiture. Au contraire, nous partons toujours des besoins de nos clients quant à la puissance nécessaire pour couvrir la consommation du ou des bâtiments concernés par l'installation d'un champ photovoltaïque. »⁸⁹. Il s'agit ici d'une limite à l'utilisation du potentiel de certains toits qu'il convient d'appréhender et de résoudre.

Figure 12. Cumul des raccordements issue de la production photovoltaïque, par trimestre, en France continentale, répartis par



Source : ENEDIS : statistiques trimestrielles - hors entreprises locales de distribution (ELD) hors EDF SEI pour T4 2009 et T1 2010 : répartition par segment estimée sur la base des ratios observés à fin 2010 RTE : bilans électriques mensuels depuis juillet 2012 RTE/ENEDIS/ADeF/SEI : Panorama des ENR / CGDD-SOeS : Tableau de bord

classe de puissance. Les installations sur toiture de moins d'1 MW comptent pour la moitié de la puissance installée en France.

A ces toits individuels et aux toitures commerciales, il faut ajouter les grands toits des hangars agricoles. D'après le scénario de l'association négaWatt, les hangars agricoles ont un potentiel de 16 GW⁹⁰. Ils ne semblent pas être pris en compte dans les estimations de surface de toitures citées précédemment, mais les méthodologies des articles ne le précisent pas. Il apparaît nécessaire de préciser et de clarifier les potentiels.

Le photovoltaïque sur toiture n'est pas entièrement neutre en termes d'impacts sur les milieux : il nécessite des travaux importants sur les réseaux basse tension et haute tension. Cela est toutefois sans commune mesure avec le photovoltaïque sur espaces naturels ou semi-naturels. La nécessité de rétablir une certaine forme d'équité territoriale, en rapprochant les lieux de production des lieux de consommation, plaide également en faveur du photovoltaïque sur toitures.

⁸⁹ <https://www.actu-environnement.com/ae/news/solaire-reseaux-optimisation-42907.php4>

⁹⁰ Nous n'avons pas trouvé d'autres estimations disponibles

5.8 Installation de panneaux photovoltaïques le long des autoroutes et sur les routes

La tentative menée à Tourouvre, Orne, de créer une « route solaire » s'est soldée par un échec, du fait d'une production plus faible qu'escomptée et d'une usure rapide des panneaux liée à la circulation des véhicules.

La loi APER du 10 mars 2023 a modifié le code de l'urbanisme (L. 111-6 et L. 111-7) pour permettre l'installation d'équipements photovoltaïques le long des dépendances vertes autoroutières. Le potentiel total est estimé à environ 2GW. Toutefois, il faut rappeler que ces dépendances vertes présentent un intérêt en tant qu'habitat de différents taxons notamment dans des contextes de grande culture comme l'a montré la revue systématique COHNECS-IT⁹¹. Les gestionnaires d'infrastructures linéaires de transport font valoir également un rôle de continuités écologiques longitudinales. L'équipement de ces espaces, généralement comptabilisés au titre de la réduction dans la séquence « ERC », devront ainsi faire l'objet de mesures compensatoires pour la biodiversité.

Enfin, des projets récents ouvrent de nouvelles perspectives : les rocades de Bordeaux, Nantes et Marseille pourraient être équipées d'ombrières photovoltaïques. En plus de l'absence d'impacts sur la biodiversité, ces projets auraient, comme pour les toitures, l'avantage de rapprocher les lieux de production des lieux de consommation, dans un objectif d'équité territoriale.



Figure 13. Projet de la centrale solaire de la rocade de Bordeaux. Crédit : Ville de Bordeaux.

⁹¹ <https://uicn.fr/luicn-france-et-le-cilb-publient-aujourd'hui-leur-rapport-corridors-d'infrastructures-corridors-ecologiques-etat-des-lieux-et-recommandations/>

5.9 Le photovoltaïque en Outre-mer

Le CNPN souhaite souligner un point de vigilance quant aux choix des zones d'installation de centrales photovoltaïques au sol dans plusieurs régions d'outre-mer.

Aux Antilles, la pression foncière est forte sur les territoires insulaires et l'occupation des sols doit être réfléchi à long terme en prenant en compte les données historiques liées à la contamination à la chlordécone. Il est opportun d'obliger à éviter rigoureusement de recouvrir les espaces dont les sols ne sont pas pollués à la chlordécone par des centrales photovoltaïques. Les travaux menés par les différents plans Chlordécone successifs (actuellement : plan Chlordécone 4) ont permis d'établir une cartographie très précise (à la parcelle) des espaces contaminés. Les projets doivent impérativement s'y référer. De plus, la Martinique a publié son cadastre solaire, qui est de nature à permettre d'orienter les priorités d'installations photovoltaïques⁹².

En Guyane, une attention particulière doit être portée pour éviter le développement de centrales sur les habitats naturels rares et menacés du littoral. Plus précisément, les savanes (sous toutes leurs formes), cordons sableux et forêts sur sable blanc ou sur quartzites sont à considérer comme particulièrement sensibles et présentant des caractéristiques écologiques, historiques, surfaciques, écosystémiques rédhibitoires. La nature des sols extrêmement fragiles, la rareté à l'échelle du territoire, les compositions originales (flore, insectes, oiseaux...) notamment, appellent à la plus grande prudence et invite les porteurs de projets à ne pas y développer de projets. Ces habitats singuliers devant être exclus des zones favorables au développement du photovoltaïque.

Les unités de productions sont à encourager au plus près des lieux de consommation et rester proportionnées aux besoins actuels et à venir. En outre, les zones de droit d'usage collectif (ZDUC) ainsi que les secteurs utilisés par les communautés d'habitants (ou présentant des traces d'occupation anciennes) doivent faire l'objet d'une attention particulière.

La relative rareté des postes sources répartis sur le réseau guyanais conduit paradoxalement les opérateurs à vouloir s'implanter dans les espaces naturels disponibles les plus proches, en dépit des enjeux environnementaux extrêmement forts qui s'y trouvent. Il conviendrait de pouvoir inverser la logique, et susciter la construction de postes sources de raccordement en cohérence avec les sites disponibles et l'évolution urbaine ou agricole prévisible.

Un dossier, présenté en CSRPN en 2021⁹³ projette l'implantation d'une centrale agrivoltaïque sur 32 ha au sein de 98 ha de prairies actuellement utilisées par un élevage bovin (pâturages conquis il y a quelques décennies sur la forêt primaire) : l'efficacité d'un tel dispositif au regard des pratiques agricoles sera utile à suivre pour éventuellement le recommander dans le futur, et éviter la consommation de nouveaux espaces forestiers. Il est, pour cela, indispensable qu'aucune zone déforestée après 2000 (y compris à des fins agricoles) ne puisse être éligible à l'installation de centrales photovoltaïques.

Sur l'île de La Réunion, le CSRPN indique que les deux dernières centrales ont conduit à la destruction de nombreuses parcelles de plantes protégées malgré les mesures ERC qui étaient prévues, dans un cas parce qu'elles n'avaient pas été trouvées lors de l'étude d'impact environnemental, dans le second

⁹² <https://www.martinique.developpement-durable.gouv.fr/cadastre-solaire-de-la-martinique-a1890.html>

⁹³ Albioma - Centrale agrivoltaïque hybride d'Organabo

du fait d'un layon tracé par le géomètre dans la zone d'évitement, puis suite à un écobuage mis en place par le propriétaire.

Dans les espaces très limités en surface et concentrant de nombreuses espèces endémiques que sont ces îles, l'impact écologique des centrales photovoltaïque au sol sur les populations d'espèces protégées est particulièrement élevé et l'attention apportée en métropole au respect des réglementations environnementales doit y être redoublé. La richesse biologique y est en outre particulièrement associée aux écosystèmes forestiers, contrairement à la métropole où les milieux ouverts sont fréquemment associés à des espèces à fort enjeu.

6- LE PHOTOVOLTAÏQUE ET LA BIODIVERSITÉ

Les études scientifiques explorant les liens entre développement de l'énergie photovoltaïque et ses conséquences sur la biodiversité progressent fortement ces dernières années. En France, une synthèse bibliographique récente réalisée par la Ligue pour la Protection des Oiseaux a notamment servi de source à ce chapitre⁹⁴, complété par d'autres références bibliographiques.

Sur les milieux terrestres, les effets des centrales photovoltaïques sont de plusieurs ordres :

- destruction des écosystèmes préexistants et donc de l'habitat de reproduction ou d'alimentation de nombreuses espèces, y compris de espèces uniquement en transit ;
- perturbation des composantes microclimatiques locales ;
- diminution de la lumière et des précipitations, ce qui impacte surtout les espèces présentes sous les panneaux (flore, pollinisateurs, faune du sol, et donc fonction écologique de pollinisation et fonctions écologiques liées au sol) ;
- confusion visuelle entre la surface des panneaux et les étendues d'eau, ce qui impacte surtout les espèces volantes présentes au-dessus des panneaux PV (mortalité d'insectes par confusion de site de ponte, mortalité d'oiseaux et de chiroptères par confusion de site d'alimentation en eau).

D'autres impacts possibles liés aux pollutions induites par le ruissellement de l'eau de pluie sur les panneaux, encore peu comprises, ne seront pas abordées dans la suite de ce chapitre mais doivent également constituer un point d'alerte pour les entreprises du secteur et les pouvoirs publics : la présence de PFAS sur les panneaux photovoltaïques est avérée⁹⁵ et les conséquences sur la santé animale et humaine peuvent être importantes⁹⁶.

6.1 Empreinte biodiversité des phases amont

L'empreinte biodiversité d'une centrale photovoltaïque au sol n'est pas non plus neutre lors de sa phase amont. Ce chapitre n'a pas été jusqu'à explorer les conséquences liées à l'extraction du silicium pour la construction des modules ni celles du transport de tous ces matériaux vers les sites de construction puis vers les sites d'utilisation, alors qu'ils génèrent certainement de forts impacts importés. Le silicium est un élément abondant de la croûte terrestre, composant notamment le sable et le quartz. Le silicium utilisé pour les panneaux photovoltaïques provient principalement de carrières de quartz. Actuellement, 80% du polysilicium de qualité solaire provient de Chine, et 97% des plaquettes, ou « wafers » (issues des lingots de silicium), proviennent de Chine⁹⁷. Le traitement en silicium monocristallin ou polycristallin nécessite l'utilisation de nombreux produits chimiques, de beaucoup d'eau et peut engendrer des rejets pollués dans l'environnement.

⁹⁴ Marx, G. *et al.* 2022. Centrales photovoltaïques et biodiversité. Ligue pour la Protection des Oiseaux. 72p.

⁹⁵ Nain, P., & Anctil, A. (2023, June). Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Usage in Solar Photovoltaics. In 2023 IEEE 50th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) (pp. 1-1). IEEE.

⁹⁶ 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.

⁹⁷ <https://www.iea.org/reports/solar-pv-global-supply-chains>

6.2 Impacts liés au raccordement

Les raccordements électriques sont, à l'échelle de chaque centrale photovoltaïque, généralement de l'ordre de 5 à 10 km dans les dossiers présentés en CNPN en 2022 et 2023, jusqu'à 20 km pour le plus lointain. 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 renouvelables⁹⁸, qui sont ici les centrales photovoltaïques au sol. Outre leur impact paysager, de telles lignes génèrent des collisions et électrocutions très problématiques pour les oiseaux⁹⁹, en particulier les rapaces, cigognes et grues, tous particulièrement présents dans cette partie du pays.

6.3 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 en raison de la réglementation visant à prévenir le risque d'incendies, au sein de laquelle certaines plantes protégées peuvent toutefois être maintenues dans le cas de gestion dite « alvéolaire » des obligations légales de débroussaillage.

Une fois la centrale mise en place, trois possibilités s'offrent au propriétaire : semer, laisser s'exprimer la banque de graines du sol (avec, dans ce dernier cas, un risque accru de dominance de certaines espèces exotiques envahissantes), ou maintenir le sol à nu (ce qui est parfois rendu nécessaire par le risque incendie). Dans les deux premiers cas, il met ensuite en place une gestion de la végétation, qui dans la quasi-totalité des centrales passe par des engagements de réaliser des fauches tardives et de mettre en place un pâturage ovin-caprin complémentaire.

Différents programmes de recherche se sont penchés sur la comparaison des traits de vie des plantes au sein des centrales et en dehors des centrales, notamment les programmes PIESO, REMEDE et MEGASOL¹⁰⁰ en ce qui concerne la France. Les résultats indiquent que 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

⁹⁸ <https://www.debatpublic.fr/landes-de-gascogne-construction-dun-poste-et-dune-ligne-electrique-de-400-000-volts-en-nouvelle#scrollNav-1-4>

⁹⁹ <https://www.lpo.fr/la-lpo-en-actions/developpement-durable/energie/lignes-electriques>

¹⁰⁰ « REMEDE est un programme financé par l'Ademe et l'OFB et centré sur les régions Paca et Nouvelle-Aquitaine. Il vise d'une part à caractériser les impacts des panneaux photovoltaïques sur les plantes, les pollinisateurs et la faune du sol ainsi que les fonctions écologiques associées. Ce programme vise d'autre part à tester l'efficacité de différentes modalités de restauration afin de proposer des solutions face aux pertes constatées sur ces éléments de biodiversité ». Le programme MEGASOL vise également à caractériser les impacts des panneaux photovoltaïques sur les plantes et les sols mais par une approche diachronique à moyen terme (1, 2, 3, 5 et 10 ans). (Raphaël Gros, comm. Pers.).

et de plantes entomogames en général¹⁰¹. La moindre activité microbienne du sol (voir plus loin) 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.

Les impacts sur la pollinisation de ces plantes sont élevés, avec des variations régionales. Une expérience¹⁰² 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. Même si les plantes et les insectes impliqués ne sont pas protégés, l'impact sur cette fonction écologique doit également faire l'objet d'une mise en œuvre 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.

Enfin, les phases travaux sont souvent associées à des mouvements de terre qui réactivent la banque de graines locales, avec un retour à des stades de flore pionnière puis post-pionnière selon la succession végétale classique. Cependant, cette étape active aussi l'émergence d'une flore exotique envahissante, qui est très difficile à éradiquer du fait des pieux portant les panneaux photovoltaïques, qui gênent les interventions¹⁰³. 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. La résistance aux espèces exotiques envahissantes est reconnue comme une fonction écologique, qu'il est donc nécessaire de compenser si besoin.

6.4 Impacts sur la faune du sol

Aux États-Unis, l'étude d'une centrale photovoltaïque revégétalisée 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 faible¹⁰⁴. Elle conclut sur l'importance de maintenir la couche arable du sol lors de l'installation des centrales.

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. Logiquement, une réduction de l'abondance et de la diversité d'espèces a été montrée pour la mésofaune du sol (exemple : vers de terre, insectes). Les fonctions écologiques socles 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.

¹⁰¹ 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.

¹⁰² Lec'hvien et al, en cours de publication.

¹⁰³ Plusieurs centrales photovoltaïques des Landes sont ainsi fortement concernées par une invasion de raisin d'Amérique
¹⁰⁴ 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* 8

Lambert *et al.* (2021)¹⁰⁵ ont étudié trois centrales photovoltaïques en contexte méditerranéen français et 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%).

6.5 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. Dans les Landes, le Fadet des laïches et le Grand Capricorne font également l'objet de demandes régulières de dérogation. L'impact sur les insectes dépend donc en premier lieu de la richesse des habitats impactés. Les modalités de gestion de la centrale photovoltaïque peuvent ensuite s'avérer attractives pour certains insectes, en fonction de la disponibilité florale notamment. Les cortèges ne seront pas nécessairement les mêmes, ni les densités. 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 témoin alentours¹⁰⁶.

Dans le cadre du programme REMEDE, les populations d'insectes ont été comparées dans les parties équipées de panneaux solaires au sein des centrales photovoltaïques et aux alentours immédiats à l'intérieur de la zone clôturée. 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 panneaux¹⁰⁷. La végétation post installation étant principalement composée de poacées, en particulier sous les panneaux, la disponibilité en nectar est faible, ce qui explique notamment la faible densité d'insectes pollinisateurs. En Grande-Bretagne, des transects de dénombrement d'insectes pollinisateurs ont été réalisés mensuellement sur 15 centrales photovoltaïques au sol : l'abondance et la richesse observés sont faibles et se situent dans la fourchette basse de ce qui est constaté dans les agro-écosystèmes, mais les centrales gérées à des fins d'accueil des insectes pollinisateurs présentaient des populations plus importantes¹⁰⁸.

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. Cela dépend de l'intensité des modes de gestion des OLD et sera à démontrer par des suivis dédiés : 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.

¹⁰⁵ 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.

¹⁰⁶ 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.

¹⁰⁷ Lec'hvien et al., op. cit.

¹⁰⁸ Blaydes, H., Potts, S. G., Whyatt, J. D., & Armstrong, A. (2024). On-site floral resources and surrounding landscape characteristics impact pollinator biodiversity at solar parks. *Ecological Solutions and Evidence*, 5(1), e12307.

Sans que l'on ait à ce jour la capacité de mesurer l'impact que cela génère sur les populations d'insectes, 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 évolutif¹⁰⁹. Avec l'ampleur prise par le développement du photovoltaïque, les insectes ainsi trompés par les surfaces polarisantes¹¹⁰ 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. Des solutions ont déjà été identifiées pour limiter ces phénomènes d'attraction, en particulier la pose de bandes blanches autour des panneaux, et des pistes de recherche sont à approfondir (cf Chapitre 7, mesures de réduction). Il a ainsi été montré que l'application sur des panneaux de couches de surface polymères mimant la texture de surface des pétales de roses diminuait la réflectance des panneaux et réduisait l'attractivité d'une espèce d'Éphémère et de Tabanidae¹¹¹. Il y aurait intérêt également à comparer les effets des panneaux matifiés ou non afin d'identifier la solution de moindre impact pour ce groupe d'espèces.

6.6 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.

Des études récentes ont cherché à évaluer l'activité des chiroptères au sein des centrales photovoltaïques en France¹¹² et en Grande-Bretagne¹¹³. L'étude anglaise trouve une activité significativement réduite pour 6 des 8 espèces ou groupes d'espèces étudiées. L'étude française trouve qu'elle est 10 fois inférieure à celle des habitats alentours. Et lorsqu'ils les survolent, ils y chassent en proportion moindre que dans les habitats voisins¹¹⁴. 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 bénéficier¹¹⁵.

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 boire¹¹⁶. La mortalité par collision a également été démontrée, mais resterait très limitée (0,06 individus par MW et par an d'après une estimation aux États-Unis). Il semblerait que les panneaux photovoltaïques renvoient moins les ondes d'écholocation,

¹⁰⁹ 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.

¹¹⁰ On parle d'insectes "polarotactiques"

¹¹¹ 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>

¹¹² Baudouin, A. Barre, K. *et al.* *In prep.*

¹¹³ Tinsley, Elizabeth, et al. "Renewable energies and biodiversity: Impact of ground-mounted solar photovoltaic sites on bat activity." *Journal of Applied Ecology* 60.9 (2023): 1752-1762.

¹¹⁴ Barre, K. Baudouin, A. *et al.* Insectivorous bats alter their flight and feeding behaviour at ground-mounted solar farms. *Journal of Applied Ecology*.

¹¹⁵ <https://auvergne-rhone-alpes.lpo.fr/wp-content/uploads/Guide-pour-une-meilleure-integration-des-enjeux-chiropteres-sur-les-centrales-solaires-photovoltaïques-au-sol-LPO-Aura.pdf>

¹¹⁶ Greif, S., & Siemers, B. M. (2010). Innate recognition of water bodies in echolocating bats. *Nature communications*, 1(1), 107

ou perturbent les signaux¹¹⁷. 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)¹¹⁸. Les modules verticaux en agrivoltaïsme pourraient être plus problématiques pour ce groupe.

6.7 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 destruction de zones humides et d'habitats à Campagnols amphibies ou à Crossopes aquatiques pour y installer des centrales a également été constatée dans les dossiers reçus en CNPN.

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. Les clôtures peuvent également être l'objet de blessures, entraînant parfois la mort, et leur conception doit absolument intégrer ces risques.

La configuration spatiale de certaines centrales photovoltaïques en forme d'étoile présente des situations d'impasse partiellement fermées au déplacement des grands herbivores, qui créent des situations de pièges et favorisent le stress chez ces espèces, aggravant ainsi les effets de fragmentation. De plus, si certaines portions de grillages sont ouvertes (ou volées), des grands mammifères peuvent entrer et se faire piéger dans ces centrales photovoltaïques, peinant à retrouver la sortie.

Les méso-mammifères sont eux directement concernés par la qualité des passages à faune, normalement présents à espacement régulier dans le bas des clôtures entourant la centrale. Des visites réalisées dans plusieurs dizaines de centrales photovoltaïques montrent pourtant une très faible qualité de ces passages à faune voire souvent une absence totale¹¹⁹. La mortalité par empêtrement dans les clôtures est régulièrement constatée pour le Hérisson d'Europe¹²⁰. La perméabilité des clôtures fait pourtant l'objet d'engagements en matière de mesure de réduction par les porteurs de projet dans leur étude d'impact ou leur dossier de demande de dérogation espèces protégées. Ce type de situation engendre une fragmentation forte de l'espace pour ces méso-mammifères, et ce d'autant plus que leur territoire est petit.

6.8 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. Il est parfois objecté qu'en l'absence de projets photovoltaïques, c'est le reboisement en pins qui aurait lieu et qui est également néfaste à ces espèces. 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

¹¹⁷ Corcoran, A. J., and T. J. Weller. 2018. Inconspicuous echolocation in hoary bats (*Lasiurus cinereus*). *Proceedings of the Royal Society of London B* 285:20180441

¹¹⁸ Smallwood, K. S. (2022). Utility-scale solar impacts to volant wildlife. *The Journal of Wildlife Management*, 86(4), e22216.

¹¹⁹ Bertrand Schatz, membre du CNPN, observations personnelles

¹²⁰ Voir notamment la synthèse réalisée p42 du guide X-aequo et OFB sur les clôtures (op. cit.)

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, ce dernier étant généralement uniquement concerné par une réduction de son territoire de chasse qui, de projet en projet, peut mettre en péril la viabilité d'un couple reproducteur. Des projets sur friches agricoles, terrains militaires et aérodromes entraînent la destruction de l'habitat d'espèces telles que l'Outarde canepetière, les busards, l'Ædicnème criard, la Caille des blés, le Pipit farlouse et les Bruants proyer et des roseaux.

A l'exception du dernier groupe (friches agricoles et aérodromes), la grande majorité de ces espèces ont besoin d'habitats arbustifs ou arborés pour y placer leur nid. Seules quelques-unes (Alouette lulu, Alouette des champs, Perdrix grise et rouge, Pipit farlouse, voire Ædicnème criard) nichent au sol et peuvent se reproduire dans les centrales photovoltaïques, en moindre densité et si l'espacement entre les panneaux et la gestion de la végétation le permettent. Certaines espèces inféodées au bâti sont connues pour construire leur nid sur les supports d'assise des panneaux (Rougequeue noir, Bergeronnette grise) : il s'agit d'espèces anthropophiles qui ne nichaient généralement pas dans les habitats préexistants. Et même pour les espèces des prairies aéroportuaires, une étude américaine conclut que les panneaux photovoltaïques y simplifient les communautés et sont préjudiciables à la faune sauvage dans son ensemble¹²¹.

Un projet de recherche ADEME/OFB nommé « ENVOLtaïque » a débuté en 2024 et vise à évaluer les effets des différentes modalités de conception des centrales sur les communautés d'oiseaux sur des sites volontaires.

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. Les espèces aquatiques peuvent également entrer en collision avec elles, pensant se poser sur une étendue d'eau, notamment de nuit lorsqu'ils sont éclairés par la lune. Les passereaux insectivores peuvent venir y chasser les insectes attirés par les panneaux et entrer eux-mêmes en collision. 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 négligeable¹²² ; mais 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 surévalués¹²³. Il a récemment été montré aux États-Unis qu'une grande partie des oiseaux retrouvés morts dans les centrales photovoltaïques étaient des oiseaux en migration¹²⁴. Certaines espèces locales y apparaissent plus vulnérables que d'autres (tourterelles, alouettes, chouettes) et de nombreux oiseaux d'eau migrateurs y ont été trouvés morts (foulques, râles, marouettes, grèbes, plongeurs, sarcelles, limicoles). 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. Le contexte des sites pour lesquels ces mortalités ont été mesurées en Californie étant particulier (écosystèmes désertiques et très grandes centrales), il est probable que cette problématique ne soit pas la même sur les centrales françaises. Toutefois, il apparaît urgent de mettre de place des suivis de mortalité en France.

Enfin, s'ils ne sont pas obstrués, les poteaux utilisés pour les clôtures peuvent constituer des pièges mortels pour les oiseaux cavicoles qui y pénètrent pour explorer la cavité à la recherche d'un refuge

¹²¹DeVault et al. 2014. "Bird Use of Solar Photovoltaic Installations at US Airports: Implications for Aviation Safety". *Landscape and Urban Planning* 122 : 122-28.

¹²²Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D., Geringer, M., & Erickson, W. (2020). A summary of bird mortality at photovoltaic utility scale solar facilities in the Southwestern US. *PloS one*, 15(4)

¹²³Smallwood, K. S. (2022). Utility-scale solar impacts to volant wildlife. *The Journal of Wildlife Management*, 86(4), e22216.

¹²⁴Conkling, T. J. et al. (2022). Vulnerability of avian populations to renewable energy production. *Royal Society Open Science*, 9(3)

ou d'un emplacement de nidification et ne parviennent pas à ressortir. Il est indispensable de s'assurer de l'absence de tels pièges.

6.9 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. Les habitats éventuellement maintenus ou créés dans les inter-rangs ne présentent pas les mêmes possibilités d'accueil : ils sont beaucoup plus homogènes, avec un ombrage abondant et des abris beaucoup plus rares. La majorité des reptiles de plaine sont concernés par les projets photovoltaïques, y compris des espèces à Plan National d'Action tel que le Lézard 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, mais la Vipère péliade, espèce menacée, fait partie des demandes de dérogations sollicitées lors des deux années passées.

Outre la perte d'habitat, les travaux engendrent une mortalité des individus, peu mobiles, qui, contrairement aux oiseaux et aux chiroptères, n'est pas réduite par adaptation des périodes d'intervention. C'est particulièrement le cas pour la Tortue d'Hermann, dont l'aire de répartition dans le Var (et dans une moindre mesure en Corse) recoupe les velléités d'implantations de centrales photovoltaïques. 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 qu'une centrale photovoltaïque nécessitera.

6.10 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. Toutefois, en Alsace, l'habitat du Crapaud vert est parfois détruit par les centrales. Plusieurs demandes récentes de dérogation espèces protégées ont concerné la destruction des habitats de reproduction des Pélodyte ponctué, Crapaud calamite, Alyte accoucheur, Salamandre et de diverses espèces de tritons, pour ne citer que les espèces les moins fréquentes. 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. Les enjeux de connectivité entre habitats terrestres et aquatiques sont aussi à prendre en compte.

6.11 Impacts liés aux centrales photovoltaïques 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. Ces effets varient fort logiquement selon la proportion d'un plan d'eau qui est recouverte. Un recouvrement important, empêchant l'accès des rayons du soleil, entraîne des perturbations thermiques élevées et une chute de la photosynthèse, et donc une perturbation de l'ensemble des réseaux trophiques aquatiques. Cela peut, au contraire, permettre de réduire certaines

proliférations d'algues et conduire à des milieux plus oligotrophes¹²⁵, favorisant des espèces plus exigeantes. 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 ailleurs¹²⁶.

Le choix des plans d'eau est crucial. 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. A Montaut, en Ariège, par exemple, les plans d'eau sont fréquentés par des groupes de Fuligules milouins en hiver, auxquels se mêlent parfois les Nettes rousses et les Fuligules nyroca, et la liste d'oiseaux migrateurs détectés en halte migratoire est élevée. Les chiroptères utilisent aussi ces étangs pour chasser.

La mortalité liée aux collisions peut s'avérer plus élevée sur les plans d'eau, les oiseaux ayant possiblement du mal à faire la différence de nuit entre les panneaux et l'eau. On peut en revanche s'attendre à ce que les panneaux soient très utilisés comme perchoirs, et même comme supports de nidification. Les fientes pourraient rapidement devenir problématiques.

La visibilité réduite liée à la moindre luminosité est susceptible de nuire à l'action de chasse des poissons, et les perchoirs offerts par les panneaux à leurs prédateurs pourront entraîner des conséquences sur leurs populations.

Enfin, les centrales photovoltaïques flottantes engendrent également une mise en clôture des plans d'eau et donc un accès réduit pour la faune terrestre (mais également pour les humains), et l'artificialisation d'une partie des berges pour l'installation de la plateforme technique.

¹²⁵Haas, J., Khalighi, J., De La Fuente, A., Gerbersdorf, S. U., Nowak, W., & Chen, P. J. (2020). Floating photovoltaic plants: Ecological impacts versus hydropower operation flexibility. *Energy Conversion and Management*, 206, 112414.

¹²⁶Des recherches sont en cours sur des panneaux solaires semi-transparents susceptibles d'être utilisés sur les surfaces en eau, en évitant certains des inconvénients actuels mais peut-être pas ceux concernant la macro-biodiversité : 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

7.1 Évitement amont et recherche d'alternatives satisfaisantes de moindre impact

Il apparaît nécessaire de rappeler les attentes sur ces points essentiels, au vu du nombre élevé de dossiers qui ne les respectent pas. Le CNPN s'attend à une démarche en deux étapes : 1) évitement d'opportunité et 2) localisation du site.

La première étape doit permettre de s'interroger sur la possibilité d'autres projets permettant de répondre à l'objectif de production d'énergie renouvelable photovoltaïque des documents de planification aux différentes échelles spatiales : le projet est-il nécessaire à l'atteinte de ces objectifs, ou bien ces objectifs peuvent-ils être atteints avec d'autres types de projets ? Il convient en particulier de démontrer que les potentiels sur les espaces artificialisés sont déjà saturés. Cette étape intervient nécessairement très en amont.

S'il s'avère que l'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol est nécessaire pour atteindre ces objectifs, la deuxième étape doit démontrer que le projet évite les zones du territoire présentant les plus forts enjeux environnementaux, dont les espaces naturels et forestiers, et qu'il s'installe sur un site dont la typologie correspond à celle qui est recommandée par l'État à l'échelle du territoire intercommunal. Le choix de la solution retenue doit se réaliser sur la base d'une analyse multicritères et ce indépendamment de la surface. Il n'est ainsi pas recevable de monter un projet sur 150 hectares en ciblant un site pour ensuite exclure de l'analyse multicritères tous les sites inférieurs à 150 hectares. Cette analyse multicritères doit intégrer les contraintes géo-techniques et les enjeux socio-économiques et environnementaux. Pour ces derniers, les espèces, habitats, fonctions écologiques et services écosystémiques associés (dont ceux de stockage et de fixation du carbone, de limitation de l'érosion des sols, de régulation du régime des pluies et de la température, d'épuration de l'eau, d'hétérogénéité des paysages, etc.) doivent être pris en compte, conformément à l'article L. 110-1 du code de l'environnement.

Le CNPN insiste sur le fait que le photovoltaïque au sol dans les espaces naturels et forestiers ne devrait être autorisé qu'en dernier ressort, une fois que l'ensemble des autres surfaces pouvant être équipées sont épuisées. Le déploiement de cette source d'énergie doit privilégier avant tout les sites en toiture, les parkings et les sites artificiels ou très anthropisés. Pour le photovoltaïque au sol, les sites à moindre enjeu de biodiversité doivent être privilégiés sur la base des connaissances naturalistes et d'une grille de critères écologiques et patrimoniaux. Lorsqu'il apparaît également bénéfique pour les cultures, les animaux et les agriculteurs – notamment sur des zones de cultures intensives, l'agrivoltaïsme peut constituer une alternative de moindre impact sous réserve que son incidence sur la production et l'économie agricole soit évaluée précisément au travers d'études agronomiques. A noter toutefois que l'agrivoltaïsme sur prairie ou pelouse doit être appréhendé avec les mêmes précautions en matière d'espèces protégées que les projets sur milieux naturels ou semi-naturels.

Comme nous l'avons détaillé dans le chapitre 5, les sites en déprise industrielle ou les friches ne sont pas, par défaut, favorables au déploiement du photovoltaïque et la définition des friches est devenue plus restrictive à la suite du décret n°2023-1259 du 26 décembre 2023 envisagé plus haut. Une planification uniquement réalisée par photo-interprétation par des non-écologues ne saurait suffire à évaluer les impacts potentiels en amont. L'ancienneté de la déprise, en particulier, peut-être synonyme de renaturation importante du site. Des pré-visites de sites potentiels doivent absolument être menées par des écologues pour permettre un éventuel évitement amont d'un site présentant des enjeux de biodiversité finalement conséquents. Comme nous l'avons montré dans ce rapport, les anciennes carrières, les aérodromes et les terrains militaires comportent des enjeux de biodiversité patrimoniale fréquemment élevés.

Dans le cas où ces potentiels seraient épuisés et où la nécessité de mise en place de projets de centrales photovoltaïques au sol sur des zones non artificialisées serait indispensable pour atteindre les objectifs de déploiement prévus, des démarches d'évitement adéquates doivent être mises en œuvre :

- 1) Les espaces terrestres reconnus en « zones de protection forte » au sens du décret du 12 avril 2022 doivent être évités (à l'exception de l'équipement des toitures et parkings) et le principe de précaution appliqué à ceux potentiellement éligibles en zone de protection forte, ainsi que les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Floristique et Floristique (ZNIEFF) de type 1, et l'ensemble des espaces naturels sensibles et propriétés des conservatoires.
- 2) Dans les sites Natura 2000, les Parcs Naturels Régionaux¹²⁷ et les ZNIEFF de type 2, seuls les projets sur les friches telles que définies par le décret 2023-1259 du 26 décembre 2023. L'agrovoltaïsme devrait y être strictement encadré, s'il est limité à de petites superficies, hors prairie sensible¹²⁸, sans jamais dépasser 20% de la surface de la parcelle, et s'il n'occasionne pas de dégradation de la biodiversité.

Il ne faut toutefois pas considérer qu'un évitement des aires protégées et des ZNIEFF est suffisant. Les sites non désignés ou non protégés ne sont pas pour autant exempts d'enjeu. L'inventaire des ZNIEFF, en particulier, est très dépendant de la pression d'inventaires naturalistes et ne saurait être considéré comme complet¹²⁹. L'évitement doit donc ainsi également concerner :

- 3) Les écosystèmes « non compensables » doivent également être exclus de tout équipement, conformément à l'article L. 163-1 du code de l'environnement¹³⁰. Cette notion est précisée par le guide du Ministère de la Transition Écologique de 2021 relatif à l'approche standardisée du dimensionnement de la compensation des atteintes à la biodiversité¹³¹, qui confirme la nécessité d'identifier dès les phases amont de choix des sites d'implantation des projets, les milieux naturels et/ou espèces pour lesquels tout impact d'un projet sera « non compensable ». Ceci afin de les éviter. Cela concerne « *les écosystèmes dont la temporalité de fonctionnement, voire de reconstitution, est incompatible avec une restauration à échelle humaine en l'état actuel des connaissances* ». Parmi les milieux potentiellement concernés par des projets photovoltaïques, on trouve tous les milieux primaires, les forêts anciennes (définies par une absence de défrichement depuis le minimum forestier, c'est à dire en 1850), les écosystèmes conditionnés par la présence de formations géologiques particulières (tels que le Coussouls en Crau, sur lequel ont pourtant déjà vu le jour plusieurs centrales photovoltaïques) et une majorité de zones humides.
- 4) Les milieux arborés doivent être évités au maximum. Au-delà des enjeux liés aux espèces patrimoniales, c'est la destruction des sols qui a lieu lors des dessouchages qui constituera un impact beaucoup plus important sur toute la vie des sols. Il faut rappeler ici que les milieux forestiers jouent un rôle significatif dans le stockage et le captage du carbone et le fonctionnement des nappes phréatiques.

¹²⁷ Les Parcs Naturels Régionaux ont comme mission fondamentale la protection des patrimoines et du paysage (Art. R. 333-1 du code de l'environnement)

¹²⁸ Au sens de l'article D. 614-53 du Code rural et de la pêche maritime.

¹²⁹ Malgré tout, environ 20% des dossiers ayant fait l'objet d'une demande de dérogation espèces protégées en 2022 et 2023 se trouvaient sur une ZNIEFF de type 1 ou 2.

¹³⁰ La loi pour la reconquête de la biodiversité du 8 août 2016 précise que « Si les atteintes liées au projet ne peuvent être ni évitées, ni réduites, ni compensées de façon satisfaisante, celui-ci n'est pas autorisé en l'état » (art. L. 163-1 du code de l'environnement).

¹³¹ Ministère de la Transition Écologique, 2021. Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique. Guide de mise en oeuvre.

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Approche_standardis%C3%A9e_dimensionnement_compensation_%C3%A9cologique.pdf

- 5) Les zones humides constituent également des espaces de richesse particulièrement élevée en biodiversité et jouent le même rôle de stockage et de captage de carbone. Leur raréfaction doit conduire à un évitement systématique – ce qui n’est pas constaté actuellement (l’ADEME estime qu’environ 20% des centrales photovoltaïques au sol sont mises en place sur des zones à forte probabilité de zones humides¹³²).
- 6) En matière d’agrivoltaïsme, les recommandations formulées dans le chapitre 5 constituent également des principes d’évitement : pas de réduction des milieux semi-naturels sur l’exploitation (haies, bandes enherbées, jachères, prairies permanentes à flore diversifiée) ni d’altération des habitats et en particulier du sol.

L’exclusion de ces zones, en particulier des écosystèmes non compensables, ne semble pas suffisamment vérifiée par les collectivités, les développeurs, les bureaux d’études et les services de l’État lors de la planification, la conception puis l’instruction des projets, au vu du nombre de projets placés sur des ZNIEFF, des zones humides ou des forêts anciennes qui parviennent au CNPN. Ce principe s’applique également aux autres projets que celui des centrales photovoltaïques au sol.

Signalons à cet égard le jugement récent du 26 mars 2024 en première instance du Tribunal Administratif de Montpellier¹³³ qui a annulé sur la base de l’existence de solutions alternatives satisfaisantes l’arrêté préfectoral autorisant une centrale photovoltaïque au sol à Lézignan-la-Cèbe (Hérault), sur une ancienne carrière de basalte ayant fait l’objet d’une renaturation récente conformément aux prescriptions. L’insuffisante exigence de vérification des conditions d’octroi d’une demande de dérogation lors de la délivrance d’une autorisation préfectorale peut conduire à de telles procédures, et les avis des instances de consultation doivent permettre d’éclairer de telles décisions. Concernant ce dossier en particulier, un avis défavorable du CSRPN Occitanie avait été émis.

Nombre de scientifiques alertent sur la prise en compte des milieux environnants dans le choix des sites d’implantation des projets, l’évaluation de leurs impacts et la conception des centrales. Au contraire, l’implantation de centrales photovoltaïques au sol dans des zones à biodiversité très dégradée peut localement créer de nouveaux refuges pour un certain type de faune et de flore si la conception et la gestion du site sont ambitieuses¹³⁴ (cf. ci-après).

7.2 Des inventaires de qualité, une base indispensable pour bâtir la séquence ERC

De nombreux dossiers soumis à demande de dérogation « espèces protégées » présentent des inventaires menés avec une fréquence, une période et une intensité insuffisantes, ce qui conduit généralement à un avis défavorable des instances scientifiques et techniques : des inventaires insuffisants ne permettent pas de mettre en œuvre la séquence ERC. Les témoignages des DREAL et des DDT indiquent que pour une grande part des dossiers soumis à évaluation environnementale et ne faisant pas l’objet de demande de dérogation « espèces protégées », les inventaires sont plus modestes encore. Ainsi, la marge d’amélioration sur ce volet est très forte. Certains bureaux d’étude ont été identifiés par les services de l’État comme étant systématiquement en dessous des besoins.

¹³² ADEME 2024, op. cit.

¹³³ Tribunal administratif de Montpellier, 26 mars 2024, n° 2303820, Assoc. FNE Occitanie Méditerranée : « Dès lors qu’il existait ainsi d’autres solutions alternatives d’implantation, ne serait-ce que sur le plateau de l’Amet, présentant une moindre sensibilité écologique, le préfet de l’Hérault a commis une erreur d’appréciation en estimant qu’il n’existe pas d’autre solution satisfaisante pour la réalisation du projet en cause ».

¹³⁴ Voir par exemple Tölgyesi, C., Bátor, Z., Pascarella, J., Erdős, L., Török, P., Batáry, P., ... & Gallé, R. (2023). Ecolvoltaics: Framework and future research directions to reconcile land-based solar power development with ecosystem conservation. *Biological Conservation*, 285, 110242.

Mais devant l'explosion de la demande, les bureaux d'étude les plus professionnels ne peuvent y répondre seuls. Par conséquent, des bureaux d'étude moins qualifiés en matière d'inventaires naturalistes trouvent facilement leur place dans ce marché saturé. Il est parfois délicat pour les services de l'État d'argumenter sur l'insuffisance des études faune-flore sans se rendre elles même sur site, le principe de proportionnalité pouvant prendre des formes assez subjectives. L'avis de l'Autorité Environnementale en la matière ne suffit pas nécessairement à renforcer les inventaires – sachant qu'une part importante des projets soumis à l'AE font l'objet d'avis tacites devant l'afflux de dossiers.

Le CNPN rappelle que l'ensemble des inventaires doit être effectué au cours des quatre saisons afin d'avoir une vue d'ensemble des espèces présentes selon leur cycle biologique, et que cela peut avoir lieu au cours d'une même année si les conditions météorologiques l'ont permis : la pression d'inventaire n'est donc pas de nature à ralentir un projet. Ceux-ci seront utilement complétés par une solide bibliographie du site, notamment grâce à la consultation des bases de données naturalistes. En revanche, une pression d'inventaires insuffisante entraînera avec une probabilité élevée une demande de compléments l'année suivante de la part des services instructeurs ou des instances scientifiques et techniques. La date de péremption des inventaires naturalistes est de 4 ans à compter de leur date de réalisation, appréciée au moment du dépôt de la demande de dérogation « espèces protégées », nonobstant la possibilité pour le Préfet de prescrire tout complément d'analyse utile à l'appréhension de ces enjeux lorsque la sensibilité écologique environnementale du site d'implantation du projet le justifie¹³⁵, avec les éventuelles conséquences de droit en termes de demande complémentaire de dérogation¹³⁶.

Les inventaires doivent cibler tous les impacts potentiels et cumulés sur une entité biogéographique représentative. Ainsi, il est nécessaire de réaliser des inventaires le long de la zone de raccordement électrique et de prévoir les mesures ERC conséquentes.

L'objet de ce rapport n'est pas de dimensionner les pressions d'inventaires précises en matière d'état initial. Toutefois, voici dans les grandes lignes ce qui est attendu concernant les centrales photovoltaïques au sol :

- Les dates de passage pour la flore doivent permettre de détecter les espèces précoces, printanières, estivales et automnales, car il existe des espèces protégées pour chacune de ces périodes.
- Le nombre de passages doit être modulé en fonction de la taille d'un site et de la détectabilité des espèces. Il n'est pas possible d'évaluer correctement 50 ha en une seule journée pour la flore.
- Des plaques reptiles doivent être posées au plus tard en février de l'année d'inventaire pour permettre une détection convenable d'une partie des reptiles. Les inventaires reptiles doivent être principalement ciblés au printemps et en automne.

¹³⁵ Durée figurant à l'article 96 du projet de décret portant diverses dispositions d'application de la loi industrie verte et de simplification en matière d'environnement, qui devrait être publié courant 2024 (soumis à consultation nationale publique jusqu'au 6 avril 2024).

¹³⁶ Le Conseil d'Etat a récemment estimé que « Lorsque la modification de l'autorisation conduit l'autorité administrative à imposer des prescriptions complémentaires dont l'objet est d'assurer ou de renforcer la conservation d'espèces protégées, les dispositions des articles L. 181-14, R. 181-45, R. 411-10-1 et R. 411-10-2 n'ont ni pour objet ni pour effet de faire dépendre la nécessité de l'obtention d'une dérogation " espèces protégées " de la circonstance que cette modification présenterait un caractère substantiel. Il appartient à l'autorité administrative de s'assurer que les prescriptions complémentaires qu'elle impose présentent un caractère suffisant et, dans ce cadre, de rechercher si elles justifient, lorsqu'il demeure un risque caractérisé pour les espèces, d'imposer au bénéficiaire de solliciter une telle dérogation sur le fondement de l'article L. 171-1 du code de l'environnement. » (CE, 8 juill. 2024, n° 471174, Association LPO).

- Les inventaires de chauves-souris doivent faire l'objet de plusieurs nuits d'enregistrement, couvrant au moins les mois de juin, juillet ou août, septembre et une diversité de situations météorologiques. Les recherches de gîtes doivent être systématiques en cas de potentialités.
- Les inventaires de mammifères non volants doivent se faire à l'aide de pièges photographiques (au moins un pour 10 ha, et avec des emplacements dédiés en cas d'enjeux sur les espèces aquatiques), de recherche de crottes et de traces. Le Muscardin, s'il est potentiel, doit faire l'objet de recherches dédiées.
- Les inventaires oiseaux doivent inclure des sessions nocturnes au printemps et en début d'été. Les périodes à inventorier sont *a minima* mars, avril, mai et juin, mais un passage en fin d'été est également important pour évaluer le potentiel du site en halte migratoire et détecter d'éventuels nicheurs tardifs comme le Faucon hobereau. Une estimation des effectifs nicheurs doit être fournie afin de vérifier l'absence de perte par rapport aux mesures de compensation (la seule évocation de l'espèce ne suffisant pas).
- Les inventaires amphibiens doivent donner lieu à au moins trois passages nocturnes en mars, avril et fin mai/juin.
- Les insectes doivent être recherchés d'avril à septembre, au moins une fois par mois. En fonction des enjeux du site, des groupes taxonomiques supplémentaires aux trois groupes les plus habituellement inventoriés (lépidoptères rhopalocères, odonates, orthoptères) seront conduits. Ils sont importants pour comprendre les cortèges qui habitent sur le site et pourront être réclamés s'ils ne sont pas effectués. La recherche de chenilles ou de pontes d'hétérocères et rhopalocères protégés potentiellement présents doit être en particulier menée pour les espèces potentiellement présentes. Les coléoptères doivent faire *a minima* l'objet de recherche dédiées aux espèces protégées.
- Dans le contexte du Plan national d'action sur les insectes pollinisateurs, le cortège des insectes pollinisateurs doit être étudié au moins pour mettre en œuvre la séquence ERC sur ce cortège, sans nécessairement aller jusqu'à l'identification spécifique (habitats de nidification et d'alimentation) mais plutôt pour évaluer la fonction écologique de pollinisation.
- Si le territoire présente un potentiel de présence de mollusques protégés, les mollusques devront faire l'objet d'un inventaire.
- En cas d'impact sur un cours d'eau ou un plan d'eau, un inventaire des poissons, écrevisses et bivalves est indispensable.

Ces inventaires doivent inclure un volet « standardisé » (exemples : points d'écoute, Vigie-chiro, STERF, STELI, pop-reptiles, placettes botaniques, etc.) assurant un suivi dans le temps après exploitation qui permet de comparer avec l'état initial du site.

7.3 Mesures de réduction

La connaissance scientifique des incidences des centrales photovoltaïques au sol et flottantes sur la biodiversité tendant à se développer, certains chercheurs commencent à émettre des préconisations visant à les atténuer. Les principes d'un « éco-voltaïsme » et/ou de « l'éco-conception » de ces centrales sont considérés comme envisageables, sous réserve de respect de certaines recommandations et de la mise en œuvre de mesures recherchant le meilleur compromis entre la production énergétique et la préservation de la biodiversité¹³⁷. Celles-ci se présentent généralement sous la forme de démarches pas-à-pas qui débutent par le choix du site d'installation de la centrale

¹³⁷ Tölgyesi et al. 2023, op cit.

(voir plus haut), l'adaptation de son emprise (forme, plan de masse), les modules solaires (densité, dimensions, hauteur, largeur inter-rang, modalités d'ancrage et d'entretien, etc.), les installations et dispositifs divers (clôtures, pistes, câbles électriques, dispositifs anti-incendie, etc.), la préservation des sols et la gestion de l'eau et de la végétation.

Différents guides existent pour aider au choix des bonnes mesures de réduction. Citons en particulier les guides PIESO¹³⁸ et les brochures de l'OFB et de l'ADEME¹³⁹ et de l'UICN¹⁴⁰.

Les mesures de réduction suivantes attirent particulièrement l'attention du CNPN car elles sont fréquemment insuffisamment menées ou absentes. D'autres, indispensables, sont devenues habituelles dans les dossiers, telles que l'adaptation des périodes de chantier et l'accompagnement du chantier par un écologue, mais leur mise en œuvre sur le terrain demande toutefois vérification.

Adaptation de l'emprise du site

Une fois la justification du choix du site correctement menée, l'emprise et le plan de masse du projet doivent être optimisés afin de réduire au maximum la création de pièges écologiques, la fragmentation de corridors ou la destruction d'éléments locaux de biodiversité à enjeux (habitats privilégiés pour l'accomplissement du cycle de vie d'espèces protégées, plantes protégées, arbres à gîtes, nids d'espèces à enjeux, etc.).

Ce travail essentiel ne peut être correctement mené que si les inventaires ont été de bonne qualité.

De telles mesures peuvent être qualifiées d'évitement si une espèce ou un habitat est évité en entier et s'ils sont encore en continuité avec d'autres habitats.

Par exemple, la préservation d'un seul îlot de plantes protégées en plein cœur d'une centrale photovoltaïque n'aura probablement pas une pérennité assurée (gestion de la végétation, différences de microclimat, dispersion et pollinisation, etc.). En revanche, cette mesure peut avoir du sens si elle consiste au maintien de plusieurs îlots de cortèges végétaux non recouverts de panneaux photovoltaïques, régulièrement répartis au sein de l'emprise de la centrale et à sa périphérie, permettant le maintien d'habitats interconnectés, voire de corridors écologiques.

Chantier

Les chantiers d'installation des centrales photovoltaïques au sol présentent les mêmes risques d'érosion des sols et de pollution de l'eau, d'arrivée d'espèces exotiques envahissantes voire d'incidences définitives sur les sols et les habitats que d'autres chantiers d'infrastructures. Ces risques augmentent en cas de terrassement de la parcelle à équiper (déblai des premiers horizons pédologiques et aplanissement), ce qui est souvent nécessaire en zone pentue, d'enterrement des câbles en grande profondeur, de réalisation des travaux sans nettoyage des engins, sans gestion des écoulements superficiels ou sans protection des sols au préalable.

A ce titre, le CNPN constate régulièrement une attention insuffisante à ces problématiques dans les dossiers de dérogation « espèces protégées ». Or, si les chantiers sont temporaires, leurs impacts peuvent être définitifs. Il importe de fait d'accompagner ces chantiers d'une démarche qualité visant à atténuer ces risques, en portant notamment une attention forte à la protection des sols, à la gestion

¹³⁸ Ecomed. 2020. Guide technique d'écoconception des centrales photovoltaïques — un outil d'aide à l'intégration écologique ; Kaldonski et al. (2020). Boîte à Outils pour l'Optimisation des Suivis écologiques et des Techniques d'intégration de l'énergie solaire.

¹³⁹ OFB & ADEME. 2023. Photovoltaïque, sol et biodiversité. Enjeux et bonnes pratiques.

¹⁴⁰ UICN, 2023. Améliorer la prise en compte de la biodiversité dans la planification et la conception des projets éoliens et photovoltaïques.

des écoulements superficiels et au risque de dissémination des espèces végétales exotiques envahissantes.

Il existe à cette fin plusieurs centres de ressources, guides et retours d'expériences partagés, en particulier sur la mise en place d'une approche multi-barrières qui s'impose concernant la gestion de l'eau et la protection des sols¹⁴¹, la protection des espèces sauvages¹⁴², les espèces exotiques envahissantes¹⁴³.

Espacement des panneaux

Une distance inter-rang de 2m est désormais requise pour qu'une centrale ne soit pas comptabilisée comme « artificialisante » dans les documents d'urbanisme¹⁴⁴. Le CNPN considère que la proposition d'un tel seuil par défaut a peu de sens s'il n'est pas mis en rapport avec la largeur des rangées de panneaux. Aussi, il aurait été préférable de proposer une largeur inter-rang au moins équivalente à celle des rangées de panneaux, ceci afin d'équilibrer les surfaces ombragées et celle recevant encore des radiations solaires

A puissance égale, il est logique qu'une grande distance inter-rang conduise à l'augmentation de la surface d'une centrale. Mais rien n'impose de maintenir une telle puissance, la logique inscrite au code de l'environnement étant celle de la solution de « moindre impact » et donc du meilleur compromis entre production énergétique et préservation de la biodiversité.

En agrivoltaïsme, cette distance minimale inter-rang doit également être prévue. Les panneaux verticaux permettent sinon de limiter l'ombrage au sol, mais une attention doit être portée au risque de collision avec la faune volante.

Sur 23 dossiers de demande de dérogation soumis au CNPN (2022 et 2023) pour lesquels cette information figurait, la moyenne de distance inter-rang était de 2,7 m.

Hauteur des panneaux

Une hauteur du bas de panneaux d'au moins 1,10 mètre est désormais nécessaire pour qu'une centrale photovoltaïque ne soit pas comptabilisée comme surface artificialisée¹⁴⁵.

Plus les panneaux sont hauts, moins l'ombre portée est importante, et moins l'impact sur la végétation est élevé. Relever la hauteur de bas de panneaux au maximum de ce que permet leur entretien constitue donc une mesure très importante.

Sur 18 dossiers de demande de dérogation soumis au CNPN (2022 et 2023) pour lesquels cette information figurait, la moyenne était de 95 cm et seulement 2 dépassaient 1m (dont un projet de centrale avec un bas de panneau à 1,5 m, à Borcq-sur-Airvault dans les Deux-Sèvres).

¹⁴¹ Guide « Bonnes pratiques environnementales. Protection des milieux aquatiques en phase chantier. Anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions chimiques des eaux » (MdDonald et al. 2018)

¹⁴² Guide « Biodiversité et chantiers. Comment concilier nature et chantiers urbains ? » (Chauvigné et Lemoine, 2019)

¹⁴³ Guide « préconisations pour une meilleure prise en compte du risque de dissémination des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE) terrestres dans les projets de travaux » (UPGE, 2020)

¹⁴⁴ Toutefois, comme le montre bien le document ADEME précité, une dégradation partielle du sol est engendrée par l'installation au sol, même si la réglementation l'exempte du qualificatif d'artificialisé.

¹⁴⁵ Décret n° 2023-1408 du 29 décembre 2023, op. cit.

Limitation de l'effet d'attraction sur les insectes et oiseaux aquatiques

Les dossiers manquent systématiquement d'une mesure visant à réduire l'impact des panneaux photovoltaïques sur le piège écologique qu'ils constituent pour les insectes : des recherches expérimentales¹⁴⁶ visant à étudier le meilleur compromis entre la réduction du risque pour les insectes et la perte de production d'énergie recommandent d'équiper les panneaux de grilles blanches de 5 à 10 mm d'épaisseur (au moins 4 lignes par panneaux), ce qui peut occasionner une perte de 4% de production d'énergie, mais diminuer de plus de 80% l'attractivité pour les insectes aquatiques. L'attractivité est même réduite d'un facteur 26 pour les trichoptères et d'un facteur 17 pour les éphéméroptères.

Une telle mesure qui pourrait être indispensable pour l'ensemble des installations photovoltaïques, y compris celles sur toitures, pose toutefois la question de son impact paysager et est, par exemple, proscrite en commissions départementales des sites (notamment en zones relevant des lois littoral et montagne).

Nature et localisation des clôtures

Le CNPN recommande de suivre la démarche pas-à-pas et les recommandations techniques issues du guide X-AEQUO et OFB paru en 2023¹⁴⁷.

En particulier :

- La localisation des clôtures doit éviter de barrer des corridors écologiques locaux tels que les ruisseaux, talwegs, fossés et lisières, et doit tenir compte de la connaissance de la biodiversité du site, en anticipant en particulier les espèces à risque de collision ou de ruptures de continuités.
- La plantation de haies le long des clôtures (ou à la place de celles-ci) doit être envisagée et encouragée, si elle est compatible avec les règles anti-incendies, en veillant à la création de connections écologiques et en favorisant des espèces épineuses et locales.
- Il est préférable que les clôtures artificielles ne soient pas jointives au sol et libèrent un passage inférieur d'au moins 20 cm pour laisser passer la petite faune. Ces passages à faune doivent faire l'objet d'un suivi pour assurer de leur efficacité pendant toute la phase d'exploitation des parcs solaires. Lors de la mise-bas des agneaux, la sécurisation du troupeau doit se faire par d'autres moyens que la suppression de ces passages.
- Les poteaux doivent absolument être bouchés pour ne pas générer de piège pour l'avifaune en particulier. Les fils barbelés et les clôtures aux extrémités saillantes sont à éviter.
- Des dispositifs de visualisation existent pour limiter les collisions et sont à encourager au cas par cas.

Ancrage des panneaux

Aucun socle en béton coulé dans le sol ou assimilé ne doit être envisagé du fait de sa permanence et de son association à une artificialisation du sol (un tiers à un demi-mètre carré de béton par pieu correspond souvent à plusieurs centaines de mètre carrés bétonnés en considérant les milliers de pieux pour une centrale photovoltaïque). Un ancrage à l'aide de pieux battus ou vissés est

¹⁴⁶ Black, T. V., & Robertson, B. A. (2020). How to disguise evolutionary traps created by solar panels. *Journal of insect conservation*, 24, 241-247.

¹⁴⁷ Buton, 2023. Impacts écologiques des clôtures et solutions de remédiation possibles. État des connaissances et bonnes pratiques spécifiques aux centrales photovoltaïques au sol. Cabinet X-AEQUO.

recommandé, et si le sol ne le permet pas, l'ajout de structures externes réversibles (posées) de type gabion devrait être proposé.

Sur les centrales photovoltaïques flottantes, l'ancrage des panneaux doit tenir compte des variations de niveau d'eau extrêmes.

Gestion de la végétation *in situ*

Dans les zones de sensibilité aux incendies, les attendus de l'État en termes de gestion de la végétation au sein des emprises des centrales varient. Elles peuvent consister en sa coupe rase dès le printemps, le but étant de limiter les hauteurs de tige à 5 cm ou 10 cm. La gestion de la végétation consiste désormais par endroits en une mise à nu pure et simple, comme sur certains sites en Nouvelle Aquitaine¹⁴⁸.

En zone de présence de Tortue d'Hermann, le débroussaillage doit absolument être manuel et la hauteur de coupe ne doit pas être inférieure à 15 cm.

La topographie du site conduit parfois à le terrasser et à l'aplanir afin d'en faciliter l'entretien. Cette pratique a pour conséquence de supprimer toute la végétation le temps des travaux, mais également de déstructurer les sols et de les tasser, voire de les supprimer totalement et d'imperméabiliser le site.

Or, pour qu'une centrale photovoltaïque au sol ne soit pas comptabilisée au titre de l'artificialisation des sols, elle doit notamment maintenir le couvert végétal correspondant au type de sol et, le cas échéant, les habitats naturels préexistants¹⁴⁹. Pour cela, la première mesure écologique à prendre est de limiter au maximum la destruction des sols en place, et en particulier de maintenir la couche d'humus, en limitant les travaux aux rangées de panneaux, pistes et postes de transformation. Les câbles peuvent passer en aérien et les tranchées de raccordement doivent être les plus étroites possibles. La végétation maintenue en place servira de source pour réensemencer le reste du site, ainsi que la végétation présente aux alentours immédiats.

La plupart des projets font état de « pâturage ovin » ou de « fauche mécanique annuelle », mais le plus souvent au stade de l'intention dans les dossiers de demande de dérogation « espèces protégées » parvenant au CNPN. Les retours d'expérience de suivis de mesures ERC indiquent que les premiers (cinq à dix fois moins chers) sont favorisés par rapport aux seconds pour des raisons économiques¹⁵⁰. Pour cette raison, le CNPN attend des engagements formels (baux agricoles, convention de pâturage, ...etc.) qui doivent être démontrés, et un plan de gestion écologique doit faire partie du projet.

En l'absence de la démonstration du maintien des capacités de production des prairies sous panneaux nécessaires au pâturage des vaches ou moutons, une vigilance s'impose sur la capacité des prairies à répondre dans le temps et l'espace aux besoins des animaux, et sur la sécurité de l'isolation des panneaux par rapport aux risques de blessure par électrocution¹⁵¹.

Le pâturage des moutons entre les panneaux empêchera la nidification des oiseaux, mais pourra s'avérer favorable à certaines plantes et insectes. Le pâturage caprin, complémentaire, permet de mieux gérer les ronciers se développant sous les panneaux photovoltaïques. Il faut ainsi prévoir des exclos dans la zone clôturée pour permettre aux espèces nichant au sol d'éviter le piétinement des nichées. Le CNPN ne recommande pas de systématiser le pâturage ovin comme mode de gestion des centrales photovoltaïques. Sur des espaces à végétation restreinte comme ceux-là, la charge ovine peut rapidement s'avérer trop élevée et induire des situations de surpâturage. L'alternance d'un pâturage extensif et de fauche bisannuelle est susceptible d'apporter des résultats intéressants sur la végétation et la faune associée. La taille des cheptels n'est quasiment jamais indiquée dans les dossiers

¹⁴⁸ Communication personnelle, DREAL Nouvelle-Aquitaine.

¹⁴⁹ Décret n° 2023-1408 du 29 décembre 2023, préc..

¹⁵⁰ Bertrand Schatz, obs. pers.

¹⁵¹ Constat de vaches venant lécher les panneaux verticaux lors de tests réalisés par l'INRAE, com. pers.

de demande de dérogation « espèce protégée », alors qu'il s'agit d'une information importante pour équilibrer la pression de pâturage.

L'apparition de certaines espèces exotiques envahissantes doit être surveillée et combattue par compétition le plus tôt possible. Se concentrer sur les espèces dont les problématiques d'invasion sont élevées est suffisant.

Aucun produit phytosanitaire ne doit être employé sur le site, que ce soit pour la gestion de la végétation ou le nettoyage des panneaux.

Aménagements de micro-habitats

Il est recommandé d'utiliser les espaces non équipés au sein de la zone clôturée pour y installer certains micro-habitats qui ne sont pas à risque pour les espèces et permettent aux zones enherbées de la centrale de jouer un rôle réel d'habitat, qui ne peut fonctionner que si des abris sont disponibles à proximité pour la reproduction, le repos ou l'hibernation. Citons en particulier l'installation de tas de pierres, de tas de bois, d'ornières, de mares, de buttes de sable ou de terre, etc. De même, laisser la végétation pousser davantage sur les bordures des centrales est recommandé pour l'accueil des insectes pollinisateurs¹⁵². L'ambition d'accueil des espèces sauvages sur les centrales photovoltaïques doit être privilégiée au maximum et s'adapter en fonction du design du site et des espaces disponibles.

Gestion des Obligations Légales de Débroussaillage (OLD)

Un nombre croissant de départements de France vont devoir mettre en place ces bandes OLD, comme en ont déjà pris l'habitude les régions du sud. Si la gestion des OLD ne fait pas l'objet d'une stratégie élaborée, l'impact du broyage de la végétation sur la faune et la flore y est possiblement aussi élevé qu'au sein de la centrale. Un arrêté du 29 mars 2024 incite désormais à mettre en place ces OLD de manière à respecter la législation relative à la protection des espèces¹⁵³.

Il est possible d'entretenir la bande d'OLD de manière à ce qu'elle joue un rôle d'habitat intéressant pour certaines espèces, notamment d'insectes et de plantes. L'arrêté du 29 mars 2024 permet de maintenir les arbres matures, moins inflammables, les arbres morts, ainsi que des îlots d'arbres, arbustes, herbacées s'ils sont suffisamment espacés (débroussaillage alvéolaire). Il est recommandé de profiter de ces obligations pour être inventif. Ces OLD pourraient également être utilisées pour restaurer une flore locale et la fonction écologique de pollinisation, par exemple en ensemençant avec une flore choisie comme attractive. Si l'équivalence ne sera pas toujours possible, favoriser l'arrivée de nouvelles espèces d'habitats plus ouverts est un objectif intéressant. Dans les régions humides, la création de dépressions ou de mares peut y être recommandée. Une attention particulière doit aussi être portée à la gestion des lisières en limite de la bande OLD, si elles sont présentes : favoriser une lisière étagée, passant de strate herbacée à arbustive avant la strate arborée.

La nature des interventions est cruciale. Un plan de gestion opérationnel sur le papier peut être appliqué de manière très « personnelle » par des entreprises dont ce n'est pas l'habitude. Le choix de l'entreprise est alors important. Des contrats explicites et un accompagnement ponctuel par un écologue sont souvent nécessaires. Le débroussaillage manuel est fortement recommandé. La

¹⁵² Milberg, P., Bergman, K. O., Cronvall, E., Eriksson, A. I., Glimskar, A., Islamovic, A., Jonason, D., Lofqvist, Z., & Westerberg, L. (2016). Flower abundance and vegetation height as predictors for nectar-feeding insect occurrence in Swedish semi-natural grasslands. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 230, 47–54. Il est possible de s'inspirer pour cela des recommandations de François et Le Féon

https://www.labeillequirelie.fr/media/documents/Abeilles_sauvages_et_dependances_vertes_routieres.pdf

¹⁵³ Arrêté du 29 mars 2024 relatif aux obligations légales de débroussaillage pris en application de l'article L. 131-10 du code forestier.

hauteur de fauche ou de broyage doit être d'au moins 10 cm pour éviter la destruction de la majorité des œufs et larves d'invertébrés.

Pistes et dessertes

La majorité des projets se passe d'une réflexion sur les pistes et les dessertes pour la gestion du site et la maintenance des installations photovoltaïques. Certains projets soumis au CNPN induisent pourtant la création de plus 5 voire 10 ha de pistes : pistes périphériques au sein de la zone clôturée, piste extérieure le long de la clôture, pistes traversantes à l'intérieur de la zone clôturée. Il s'agit là d'une destruction d'habitats naturels, induisant une compaction forte du sol.

La piste périphérique, par exemple, n'est pas un incontournable. Le linéaire de pistes doit être réduit à son minimum utile, et leur largeur également. Leur revêtement doit absolument être en surface perméable et présenter une forte réversibilité.

7.4 Mesures compensatoires

La loi pour la reconquête de la biodiversité du 8 août 2016 a consacré l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité visé par les mesures compensatoires, voire un gain de biodiversité (L. 163-1 C. envir.). Lorsque des impacts résiduels significatifs perdurent après évitement et réduction, il y a lieu de mettre en œuvre des mesures compensatoires.

Les procédures sont ici très sectionnées. L'objectif d'absence de perte nette de biodiversité est généralement uniquement apprécié vis-à-vis des enjeux portant sur les espèces protégées, en contradiction avec le principe d'action préventive et de correction prévu par l'article L. 110-1 du code de l'environnement, provenant de la même loi. Or ce principe « *implique d'éviter les atteintes à la biodiversité et aux services qu'elle fournit ; à défaut, d'en réduire la portée ; enfin, en dernier lieu, de compenser les atteintes qui n'ont pu être évitées ni réduites, en tenant compte des espèces, des habitats naturels et des fonctions écologiques affectées* ».

Dans les faits, seules quelques espèces protégées (les plus « patrimoniales », alors qualifiées de « parapluies » bien que ce ne soit pas toujours le cas) sont utilisées pour dimensionner les mesures compensatoires, ainsi que les zones humides, au titre de l'autorisation loi sur l'eau. Mais il n'est presque jamais tenu compte des fonctions écologiques affectées. Aucune réglementation, pourtant, ne laisse entendre que les mesures compensatoires devraient se limiter aux espèces protégées et aux zones humides et délaisser la biodiversité et les milieux « ordinaires ».

L'analyse des mesures compensatoires des 36 dossiers de demande de dérogation soumis au CNPN concernant les projets de centrales photovoltaïques permet d'obtenir un état des lieux de ce qui est proposé par les maîtres d'ouvrages. Il n'est pas possible de comptabiliser le nombre de mesures précisément, car chaque dossier a sa particularité : pour certains, la création d'une mare constitue une mesure, la gestion de la même mare, une autre mesure. Certains dossiers ont une approche par site de compensation, d'autres par mesures à l'échelle de plusieurs sites. Nous les avons donc regroupées par grandes catégories :

- **Ouverture de milieux boisés et gestion consécutive (13 dossiers).** Ces mesures ciblent généralement des espèces de landes (Fadet des laïches, Engoulevent d'Europe, Fauvette pitchou, Busards), de pelouses calcicoles ou de pelouses méditerranéenne (flore, insecte).

Le CNPN est particulièrement attentif à la destruction d'espèces protégées que ce type de mesure peut générer et se montre ainsi réservé sur certaines opérations. Il appartient au maître d'ouvrage de démontrer la plus-value écologique locale et de maintenir des îlots boisés pour ne pas affaiblir certaines populations déjà installées. Les modalités d'ouverture doivent être le plus douces possibles et limiter au maximum le tassement des sols par de gros engins. La valorisation des produits de coupe (bois énergie, méthanisation...) doit être présentée dans le dossier.

Ces gyrobroyages massifs sur des surfaces totalisant souvent plusieurs dizaines d'hectares ne sont pas pérennes, occasionnent un dérangement important et sont associés à des pertes importantes de fonctions écologiques (pollinisation, stockage de carbone, chaînes trophiques) au point que la compensation crée elle-même des impacts significatifs. Le gyrobroyage alvéolaire est souvent proposé sans indiquer quelles espèces sont ciblées dans ces « alvéoles »¹⁵⁴.

- **Gestion de milieux déjà ouverts ou semi-ouverts pour empêcher leur reboisement spontané ou programmé (8 dossiers).** Ces actions sont proposées pour les landes (4), les pelouses méditerranéennes (2) et une friche herbacée (1). On ajoutera à cette catégorie une mesure de gestion de milieux arbustifs existants. Elles bénéficient aux mêmes types espèces que les mesures précédentes. Dans certains espaces où la pression sylvicole est forte (ex. Landes de Gascogne), et dans ceux qui subissent une déprise pastorale et une pression insuffisante d'herbivores sauvages ou domestiques, ces mesures peuvent avoir une réelle plus-value. Les modes de gestion ne doivent pas être invasifs ni engendrer de tassement du sol. La pression de pâturage doit être adaptée aux objectifs et un pâturage multispécifique est généralement recommandé. Le gyrobroyage doit être exceptionnel et ne pas favoriser l'accumulation de matières organiques.
- **Modification de la gestion forestière ou des itinéraires forestiers (10 dossiers).** Il s'agit en général de ralentir le cycle d'exploitation, de planter de façon moins dense, de mieux travailler les lisières, de passer la gestion en futaie irrégulière. L'additionnalité administrative de telles mesures se pose parfois : l'ONF, par exemple, exploite déjà une partie de ses forêts en futaie irrégulière. La question de considérer qu'une gestion forestière vertueuse doive être la norme et non une compensation est régulièrement posée par le CNPN.
- **Désignation de forêts en zones de vieillissement (5 dossiers) ou de sénescence (3 dossiers).** La plus-value de ces mesures n'est pas toujours vérifiable, car l'information sur la programmation initialement prévue en matière d'exploitation forestière est généralement non disponible, or elle est indispensable pour évaluer l'additionnalité de la mesure. Les zones de vieillissement peuvent en outre jouer un rôle de piège écologique en concentrant une diversité biologique au fil des années. La coupe ainsi décalée aura un impact encore plus fort sur ces éléments de biodiversité. Les îlots de sénescence sont généralement les principales mesures proposées pour compenser la perte de vieux arbres et d'habitats à chiroptères, en particulier. Pour ce type de mesures, les ratios de compensation doivent être élevés et le CNPN considère qu'un îlot de sénescence doit être au moins supérieur à 3 ha pour être éligible à la

¹⁵⁴ Notons qu'en sus de la compensation écologique existe la compensation au titre du défrichement (rendue obligatoire par le code forestier), qui génère parfois dans le même temps des reboisements de milieux ouverts, quand la compensation écologique propose des ouvertures de milieux boisés. C'est par exemple le cas d'un projet à Arjuzanx (40). Cette information n'est pas systématiquement notifiée dans le dossier de demande de dérogation. Une cohérence doit être recherchée.

compensation. De plus, des îlots de sénescence de forme allongée sont à éviter à la faveur d'îlots de forme ronde pour limiter les effets de bordure en matière de naturalité.

Toutefois, dans une dynamique forestière, la théorie des perturbations intermédiaires prévaut. Les îlots de sénescence ne peuvent être la seule réponse compensatoire apportées aux destructions d'écosystèmes forestiers. Un certain nombre de cortèges d'espèces forestières sont adaptés à des situations diversifiées de milieux.

- **Plantations de haies (8 dossiers).** Elles ne viennent pas nécessairement en compensation de destruction de haies, mais pour favoriser les oiseaux des milieux agricoles et les chauves-souris, en particulier. Le CNPN est particulièrement attentif à la qualité des haies plantées (essences adaptées intégrant les prévisions climatiques, essences nourricières¹⁵⁵ pour la faune, largeur et densité permettant aux espèces de nicher, hiberner, circuler), à leur agencement dans la matrice paysagère et à l'entretien prévu (pas de taille excessive, remplacement des arbres n'ayant pas survécu lors des premières années).
- **Créations de mares (4 dossiers).** Elles visent à recréer un habitat pour des amphibiens. La mesure est très variable d'un dossier à l'autre : jusqu'à 12 mares dans le cas du très grand projet en Haute-Vienne, mais seulement un abreuvoir dans le cas d'un petit projet dans la Somme. Le CNPN est attentif à la prise en compte de la probabilité d'échec (fréquente), à la conception des mares (pentes, profondeur, substrat, végétalisation), à leur localisation (pas de piège écologique près d'une route, proximité de zones d'habitats terrestres potentiels pour les amphibiens), à leur étanchéité et leur possibilité d'alimentation en eau. Le CNPN recommande que les mares soient systématiquement creusées par chapelets de deux ou trois en variant les profondeurs. L'accompagnement d'écologues et/ou de gestionnaires de sites naturels de type CEN est indispensable pour en garantir l'efficacité.
- **Modification des modalités de fauche ou de pâturage existant (3 dossiers).** Vise à améliorer la diversité floristique et faunistique des prairies, moyennant une rétribution de l'agriculteur, comme dans le cas d'une MAEC. Le CNPN attend que ce type de mesure soit plus ambitieux que ce qui est prévu dans le cas des MAEC pour éviter les effets d'aubaine et garantir la plus-value. L'accompagnement technique et le suivi à moyen et long terme doit être réalisé par des écologues et/ou gestionnaires de sites naturels de type CEN pour en garantir l'efficacité.
- **Conversion de cultures en prairie ou en friche herbacée (2 dossiers).** Ce type de mesure ne peut être validé que par un conventionnement à l'échelle de l'exploitation et non de la parcelle, car une étude¹⁵⁶ a documenté plusieurs cas lors desquelles elles étaient « annulées » par un retournement de prairies effectué ailleurs sur l'exploitation sans que le porteur de projet compensatoire ne puisse en être informé. L'accompagnement technique et le suivi à moyen et long terme doit être réalisé par des écologues et/ou gestionnaires de sites naturels de type Conservatoire d'espaces naturels (CEN) pour en garantir l'efficacité.
- **Gestion d'un étang (1) ou amélioration d'un plan d'eau existant (1),** dans le cas de dossiers de photovoltaïque flottant.
- **Gestion ciblée d'espèces végétales protégées (2) :** ce type de mesure est à faire valider par le Conservatoire Botanique National concerné avant passage en CNPN.
- **Restauration d'une savane dégradée (1) et rétrocession de savanes au Conservatoire du littoral (2),** cas de dossiers guyanais. L'additionnalité de telles rétrocessions par rapport aux objectifs de la Stratégie nationale pour les aires protégées peut prêter à débat, bien qu'elle ait

¹⁵⁵ Nectarifère et pollinifère pour les pollinisateurs et fructifères pour les oiseaux et rongeurs frugivores.

¹⁵⁶ Barral, S. et Guillet, F. 2023. « Preserving peri-urban land through biodiversity offsets: Between market transactions and planning regulations ». Land Use Policy 127:106545.

conduit dans les cas présents à une validation du CNPN, en raison de la grande fragilité de ces habitats de l'urgence de leur protection et du cas particulier de la Guyane par rapport à la métropole en matière d'espaces.

- **Acquisition et mise en protection d'une zone soumise à urbanisation potentielle (1)** : une mesure possiblement efficace tant qu'elle ne reporte pas l'urbanisation sur d'autres zones naturelles.
- **Installation d'un radar de détection des animaux le long de la route pour éviter les accidents (1)**. Une mesure qui aurait probablement dû être qualifiée en mesure d'accompagnement, mais proposée pour la première fois dans un dossier CNPN.

Ainsi, on constate que sur ces 64 mesures de compensation, presque toutes visent à améliorer ou sécuriser des milieux naturels (27), ou à prendre des mesures relativement localisées sur des milieux exploités à des fins agricoles (15) ou sylvicoles (18). Là encore, la catégorisation est difficile, car certains boisements conduits en sénescence n'avaient de toute évidence pas vocation à être exploités (cas de ripisylves, par exemple). La limite est ténue entre ce qui correspond à de la réelle restauration écologique (cas de l'étang et de la savane) ou de la gestion visant à mimer des perturbations naturelles n'existant plus (ouverture de milieux boisés). Bien que la majorité des centrales photovoltaïques au sol constituent une artificialisation des sols, aucune ne prévoit en compensation de renaturation des sols.

Bien que le code de l'environnement le prévoie (« *elles doivent se traduire par une obligation de résultats et être effectives pendant toute la durée des atteintes* », L. 163-1), l'effectivité des mesures compensatoires est rarement discutée. La rareté des contrôles et des suivis par l'administration et l'OFB, qui n'en ont pas les moyens, peut inciter à une mise en œuvre minimale. Le taux de réussite de certaines actions est loin d'être assuré et le dimensionnement prend rarement en compte les risques d'échec (des mares mal positionnées ou mal conçues peuvent ne jamais être en eau ou jamais colonisées par les espèces cibles, par exemple). La durée de la compensation n'excède en général pas la durée de l'exploitation prévue pour la centrale photovoltaïque au sol. Toutefois, lors de futurs « repowering », il est à craindre que les projets ne fassent pas l'objet de nouvelle dérogation « espèces protégées » et que les mesures compensatoires ne soient pas reconduites : c'est ce que préfigurent les premiers « repowering » éoliens (il n'y a pas encore de centrales photovoltaïques au sol suffisamment anciennes pour être déjà en phase de « repowering »).

Même lorsqu'elles sont confiées à un opérateur de compensation fiable, à l'image d'un Conservatoire d'Espaces Naturels, la lacune des inventaires et des protocoles d'observation réalisées au temps T0 ne permet généralement pas de comparer dans le temps les apports de la compensation. Ainsi, dans un récent rapport réalisé par l'université de Bordeaux et le CEN Nouvelle-Aquitaine¹⁵⁷, qui incluait 9 sites de compensations au titre des projets photovoltaïques parmi 110 sites, on constate que l'évaluation se fait surtout en termes de moyens (les actions menées ont bien été mises en œuvre), mais pas de résultats, ou alors de manière très partielle et peu concluante. Les raisons invoquées par les étudiants enquêteurs sont « *la difficulté de se procurer les états initiaux des sites avant mise en place de la gestion par les CEN* » ou, lorsqu'ils étaient fournis, leur manque de précision sur l'abondance des espèces, se basant surtout sur la présence – absence. Ce type de constat est habituel. L'efficacité des mesures compensatoires à la demande est globalement remise en question par une grande partie de la profession, même par les grands bureaux d'étude (voir par exemple l'intervention de Mr Frédéric

¹⁵⁷ Bossaert, L.A., Coubard, J., Guillaume, O. & Quiniou, L. 2024. Bilan de la mise en œuvre des mesures compensatoires réalisées par le Conservatoire d'Espaces Naturels de Nouvelle Aquitaine. CEN Aquitaine, Université de Bordeaux.

Melki, PDG du Bureau d'étude Biotope, lors de la séance plénière du CNPN du 28 février 2024, qui a déclaré, alors qu'il venait solliciter l'agrément d'un site naturel de compensation, de restauration et de renaturation, que « *la compensation à la demande présente de nombreux inconvénients, dont l'absence de cohérence écologique* ». C'est également ce constat qui a été fait en séance plénière le 24 mai 2023 par Mme Judith Jiguet (« *la compensation à la demande ne fonctionne pas* ») lors d'une mission pour la Direction de l'Eau et de la Biodiversité préalable à l'évolution des sites naturels de compensation dans le cadre de la loi relative à l'industrie verte.

En conséquence, au vu des nombreuses lacunes que présente le mécanisme de compensation écologique en France et du faible contrôle de sa mise en œuvre, il est peu vraisemblable que l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité soit atteint pour la majorité des projets de centrales photovoltaïques au sol, et plus généralement pour les projets d'aménagement mis en œuvre sur des écosystèmes naturels ou semi-naturels.

C'est la raison pour laquelle il paraît inopportun d'encourager ou d'autoriser ces réalisations, quand d'autres solutions moins problématiques pour la biodiversité sont possibles pour atteindre les objectifs.

Néanmoins, dans le cas où ces objectifs de production énergétique à partir d'énergie photovoltaïque devraient être revus à la hausse, pour limiter en compensation la pression sur les forêts (bois énergie), les cultures (agro-carburants, méthanisation), la biodiversité marine (éoliennes offshore), ou pour diminuer le risque nucléaire potentiel (prolongation de la durée de vie des centrales), l'implantation de centrales photovoltaïques au sol devrait s'inscrire dans un projet d'anticipation de la compensation, à travers la mise en œuvre de sites naturels de compensation, de restauration et de renaturation (SNCR).

L'autorisation projet par projet de centrales photovoltaïques au sol sur les mêmes habitats, en forêts des Landes de Gascogne, ayant des impacts sur les mêmes communautés, et mettant en œuvre les mêmes mesures de compensation à la demande, avec une additionnalité écologique très faible, est un exemple de dysfonctionnement.

De nombreuses mesures compensatoires doivent et devront également être redimensionnées du fait de l'inefficacité de certaines mesures et des nouvelles normes incendies qui rendent inopérantes une partie des mesures de réduction initialement prévues (la gestion écologique des centrales n'est alors plus possible). Pour cela, le CNPN recommande que la création de SNCR permette la correction et l'ajustement des impacts des centrales photovoltaïques au sol déjà existantes, et une fois les milieux artificiels saturés de compenser les impacts des centrales qui s'avèreraient nécessaire pour atteindre les objectifs régionaux une fois les milieux artificiels saturés.

De tels SNCR doivent se différencier des sites de compensation à la demande notamment par l'ambition de la restauration écologique envisagée. La surface du site et le dimensionnement des unités de compensation doivent être adaptés aux gains attendus. A ce jour, sur les cinq SNC(RR) présentés au CNPN, seulement deux ont reçu un avis favorable, les autres ayant des objectifs de restauration trop faibles et un dimensionnement des unités de compensation inadéquat.

ANNEXES

Annexe 1 : Les scénarios d'électrification de RTE¹⁵⁸ et de négaWatt, et les objectifs de l'État

Si l'objectif de la SNBC est atteint, cap que le Président de la République a maintenu lors de son discours de Belfort, la consommation d'énergie en France en 2050, date de l'objectif de zéro émission nette de carbone, sera de l'ordre de 900 TWh. En 2021, notre consommation était de l'ordre de 1600 TWh, dont 930 TWh provenaient des énergies fossiles, 430 TWh de l'électricité, le reste étant produit par les énergies dites renouvelables ne générant pas d'électricité (méthanisation, bois énergie, pompes à chaleur, agrocarburants). Cela signifie que la production d'électricité actuelle devra s'accroître fortement pour atteindre un niveau permettant de se passer des énergies fossiles. La SNBC prévoit que l'électricité devra représenter 55% de la consommation finale d'énergie, contre 25% aujourd'hui. RTE, actualisant les scénarios de la SNBC, considère qu'il faudra 645 TWh d'électricité, ce qui est plus proche de 70% du total – mais permettrait une pression moindre sur le bois énergie et les terres agricoles aux fins d'agrocarburants et de méthanisation.

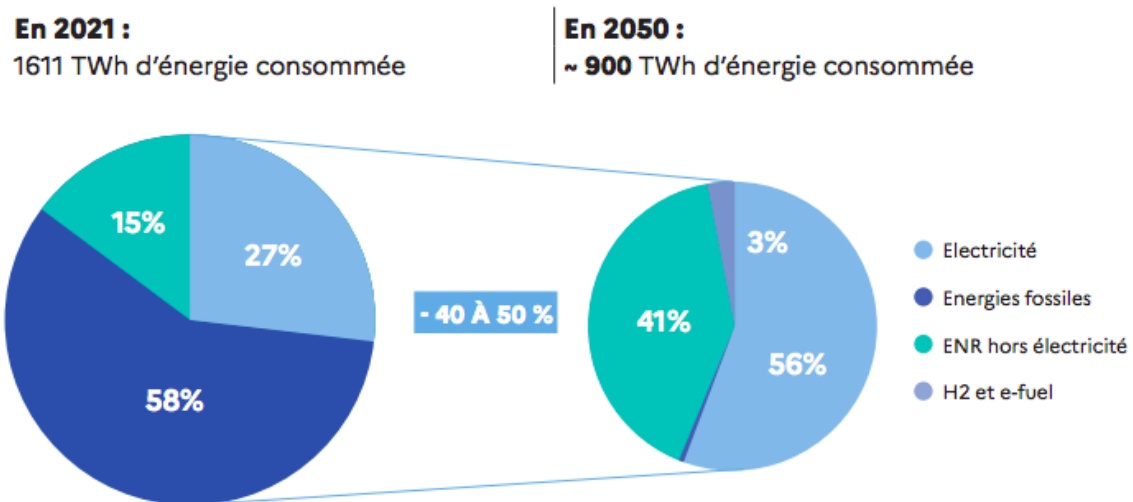


FIGURE 1. Consommation finale d'énergie 2021 et projections à horizon 2050⁴

Figure 14. Évolution de la consommation d'énergie finale en France entre 2021 et 2050, et des modalités de production associée. Source : Stratégie française pour l'énergie et le climat, novembre 2023.

Cette production d'électricité « décarbonée » peut avoir deux sources principales : l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables. Ainsi, il existe des scénarios théoriques allant de la renucléarisation intensive au 100% énergie renouvelable. Le choix a depuis été tranché : les annonces effectuées par le Président Emmanuel Macron à Belfort impliquent à la fois le déploiement important d'ENR et la renucléarisation. Il a en effet annoncé le maintien le plus longtemps possible (« tant que la sécurité le permet ») des réacteurs en place, la création de six nouveaux EPR deuxième génération sur les sites existants, et la possibilité d'en construire 8 de plus. Alliés aux SMR (« Small Modular Reactor ») qu'il a appelé à développer, il vise ainsi 25 GW de nouveau nucléaire. Notons que l'estimation de production liée au nucléaire n'a cessé d'augmenter, portée à 360 par la stratégie française pour l'énergie et le

¹⁵⁸ RTE 2022. Futurs énergétiques 2050 – Rapport complet.

climat de novembre 2023 (360 TWh), puis à 400 TWh par le Ministre délégué à l'énergie Roland Lescure en mars 2024¹⁵⁹. Pour y répondre, EDF prévoit de réduire le nombre d'arrêt pour maintenance et d'augmenter la puissance de certains réacteurs existants¹⁶⁰.

Les annonces présidentielles et les chiffres du scénario RTE sont reportés dans le tableau 2, avec le calcul de la consommation électrique correspondante, en utilisant les facteurs de charge moyens annoncés dans la littérature.

En matière d'énergie renouvelable, la principale différence est la décision du Président de la République de revoir à la hausse les objectifs en matière de photovoltaïque afin de limiter le développement de l'éolien terrestre.

Par contre, l'augmentation de la demande de production d'énergie nucléaire ne s'est pas accompagnée d'une baisse des objectifs en matière d'énergie renouvelable, si bien que la somme de la production électrique dépasse nettement l'objectif de consommation finale d'électricité prévue en 2050 par la SNCB et RTE (645 TWh, soit plus des deux-tiers des 900 TWh d'énergie consommée). Elle avoisinerait en effet 800 TWh. Cela pourrait-il être en lien avec les chiffres avancés par le secrétariat général à la planification écologique d'une consommation d'énergie finale de 1800 TWh en 2021¹⁶¹ au lieu de l'ordre de grandeur de 1600 TWh (1627 TWh exactement d'après les chiffres clés du Ministère de la transition écologique¹⁶²) ?

Il faut cependant attendre la prochaine Loi de souveraineté énergétique¹⁶³ et la prochaine Programmation Pluriannuelle de l'Énergie française, attendues en principe au cours de cette année 2024. Il apparaît important que l'ambition couplée de production d'électricité d'origine nucléaire et renouvelable corresponde bien aux objectifs de sobriété de la SNBC.

	Puissance installée fin 2022 (GW)	Objectifs E Macron 2050 (GW)	RTE scénario N2 2050 (GW)	Facteur de charge RTE	Production 2022 (TWh)		Production 2050 annonces E. Macron		Production scénario RTE 2050 (TWh)	
Nucléaire existant	61,4	37**	16	66%	279***	63%	228	23%	93	14%
Nucléaire nouveau	0	25	23	79%	0	0	172	26%	159	24%
Photovoltaïque	15,8	100	90	14%	18,6	4%	122	18%	110	16%
Eolien terrestre	20,6	37	52	23%	37	8%	74	11%	104	15%
Eolien en mer	0,5	40	36	41%	1	0,20%	143	22%	129	19%
Hydraulique	21	22*	22	32%	50***	11%	63*	10%	63	9%
Autres énergies marines	0	1*	1	34%	0	0	3*	0%	3	0%
Bioénergies	2	2*	2	68%	10,6	2%	12*	2%	12	2%
Gaz	12,8	0	0	NA	44,1	10%	0	0	0	0
Charbon et Fioul	4,9	0	0	NA	5,1	1%	0	0	0	0
TOTAL	139 GW	263 GW	249 GW		445 TWh***		817 TWh		673 TWh	

Tableau 2. Objectifs d'installation (GW) en matière d'électrification à l'horizon 2050 tels qu'annoncés par le Président de la République à Belfort en février 2022 et tels que prévus par le scénario N2 de RTE, et leur conversion (nécessairement approximative) en production (TWh) sur la base de facteurs de charge annoncés par RTE (futurs énergétiques 2050). * énergies non évoquées par E. Macron : les valeurs de RTE ont alors été indiquées ; **estimation basée sur les objectifs annoncés par le Ministre Roland Lescure de production nucléaire de 400 TWh en 2050 ; ***les productions nucléaires et hydrauliques pour l'année 2022 étaient très basses du fait d'un arrêt de plusieurs réacteurs nucléaires et de la sécheresse.

En parallèle des scénarios RTE et ADEME, l'association négaWatt (loi 1901 composée d'experts et de professionnels du secteur de l'énergie) contribue au débat en produisant un scénario dit « négawatt » basé sur un objectif de consommation de 730 TWh en 2050, ce qui est inférieur au scénario de l'ADEME « génération frugale » (790 TWh). Le scénario inclut bien une réindustrialisation liée aux

¹⁵⁹ <https://www.lefigaro.fr/economie/roland-lescurer-nous-construisons-les-infrastructures-energetiques-des-cinquante-prochaines-annees-20240410>

¹⁶⁰ <https://actuenergie.fr/comment-edf-veut-augmenter-sa-production-nucleaire-dici-2030/>

¹⁶¹ <https://www.info.gouv.fr/upload/media/content/0001/06/b2be9a22d052f9e36065e4a6ad765c6536942939.pdf>, page 9

¹⁶² <https://phlr.eu/data/energies/2022-chiffres-cles-de-lenergie.pdf>

¹⁶³ Qui pourrait en réalité voir le jour sous forme de décret

relocalisations, mais ne l'estime qu'à 42 TWh (contre 107 TWh pour le scénario RTE). Cependant, ce scénario se fonde sur des hypothèses fortes. Il s'appuie notamment sur les cultures énergétiques tel que le taillis à courte rotation et le miscanthus (pour le chauffage), et les cultures destinées à la méthanisation (130 TWh) – ce dernier point est loin de faire consensus tant dans les sphères agricoles qu'écologistes en raison de leur consommation en engrais, de la concurrence possible avec les surfaces dédiées à l'alimentation et des incidences sur la biodiversité qui restent encore largement à documenter. Les pompes à chaleur jouent également un rôle très important dans le scénario (77 TWh).

En matière d'électricité, l'éolien est davantage mis à contribution que dans les scénarios RTE et dans les annonces présidentielles (voir tableau 2) : 38 GW d'éolien en mer et 61 GW d'éolien sur terre. Mais c'est sur le photovoltaïque que l'effort serait le plus important, avec 143 GW. Ce chiffre constitue par ailleurs la fourchette haute des prévisions des scénarios de l'ADEME, qui varient de 92 à 144 GW de photovoltaïque installés en 2050, et correspond également au chiffre avancé en 2023 par le secrétariat général à la planification écologique.

Annexe 2 : Incitations économiques actuelles pour l'énergie photovoltaïque

Ainsi que le précise le rapport RTE (« Futurs énergétiques 2050 »), au cours de la dernière décennie, la filière photovoltaïque a connu des baisses de coûts particulièrement marquées : selon l'IRENA (Agence internationale pour les énergies renouvelables), les coûts des centrales photovoltaïques au sol rapportés à l'énergie produite ont ainsi diminué de 85 % au niveau mondial entre 2010 et 2020¹⁶⁴.

Il faut considérer ici le LCOE (Levelized Cost Of Energy, ou coût actualisé de l'énergie). Il a considérablement baissé pour le photovoltaïque au cours de la dernière décennie, passant de 0,36 \$/kWh en 2010 à 0,1 \$/kWh en 2017. Il est aujourd'hui de 0,075 \$/kWh et il est estimé qu'il devrait descendre à 0,02 \$/kWh à l'horizon 2050¹⁶⁵. Une diminution des coûts d'un facteur 18 en 40 ans notamment causé par le dumping chinois et qui contribue à expliquer l'attractivité du secteur – au détriment des constructeurs européens.

L'État verse une subvention à la vente de l'électricité égale à la différence entre le tarif de vente garanti par l'État et le prix obtenu sur le marché de l'électricité. Ce tarif de vente garanti diffère pour les particuliers et pour les industriels. Alors que le prix du marché se situe actuellement autour de 45 €/MWh, les toitures de moins de 9 kWc ont un tarif d'achat garanti de 178 €/MWh et celles de moins de 500 kWc un tarif d'achat garanti de 94,7 à 98 €/MWh¹⁶⁶. Cela a permis d'accélérer l'installation du photovoltaïque sur toiture. Cette situation ne durera peut-être pas dans la mesure où le photovoltaïque pose comme problème majeur un pic de production centré sur la mi-journée, lorsque la consommation d'électricité est la plus faible (avec la nuit), entraînant des prix du marché de l'électricité parfois négatifs, augmentant d'autant la charge financière de l'État pour ses achats obligatoires à prix garantis aux particuliers, au point d'envisager de remplacer le tarif « heures creuses » nocturnes de vente de l'électricité aux particuliers et entreprises français par un tarif « heures creuses » en milieu de journée.

Au-delà de 500 kWc (100 kWc avant 2021), il n'y a plus de contrats avec obligation d'achat, mais contrat avec « complément de rémunération », plafonné par un tarif fixé par le contrat, visant à aider les énergéticiens dans un contexte où le coût d'investissement était supérieur au coût du marché. Il est aujourd'hui question d'abaisser de nouveau ce seuil.

Mais depuis quelques années, les courbes se sont inversées et les coûts d'investissements sont inférieurs au coût du marché. Ainsi, l'État cherche à se faire rembourser le trop-perçu et à dé plafonner les compléments de rémunération. Depuis 2003, c'est 24,6 milliards d'euros qui ont été dépensés par le contribuable pour soutenir la filière photovoltaïque¹⁶⁷. L'État cherche donc à fixer un prix seuil de déplafonnement, amené à augmenter dans le temps. De 44 euros en 2022, il devrait atteindre 52 euros en 2030 et 66 euros en 2042¹⁶⁸. Par conséquent, les bénéfices de l'État devraient augmenter vis-à-vis des producteurs énergéticiens, et l'obligation d'achat vis-à-vis des particuliers en autoconsommation devrait baisser.

L'arrêté fixant les tarifs seuils a toutefois été attaqué par les principales fédérations professionnelles (France Renouvelables, SER, Enerplan, Syndicat des professionnels de l'énergie solaire) et annulé en Conseil d'État le 13 février 2024, du fait de l'absence de critères de détermination du prix seuil dans la loi. Il reste donc désormais à l'État de les y inscrire afin de cadrer le marché sur ce point financier.

¹⁶⁴ IRENA (2021). Renewable power generation costs in 2020 ».

¹⁶⁵ <https://www.pv-magazine.fr/2023/10/12/le-lcoe-du-photovoltaique-devrait-chuter-a-0020-e-kwh-dici-a-2050-selon-dnv/>

¹⁶⁶ Arrêté du 6 octobre 2021 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment, hangar ou ombrière utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête installée inférieure ou égale à 500 kilowatts telles que visées au 3° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie et situées en métropole continentale.

¹⁶⁷ <https://www.actu-environnement.com/ae/news/energies-renouvelables-mecanisme-soutien-CSPE-finances-publiques-40052.php4>

¹⁶⁸ L'arrêté interministériel fixant ce prix seuil a toutefois été attaqué en justice par les fédérations professionnelles des énergies éoliennes et photovoltaïques et a été annulé par le Conseil d'État le 13 février 2024 pour défaut de base légale, le support légal ayant été déclaré inconstitutionnel dans le cadre d'une QPC.

Si cet aspect semble ne pas concerner directement les enjeux de la « biodiversité », l'efficacité des modules photovoltaïques a nécessairement un impact sur les surfaces à équiper pour atteindre les objectifs fixés par l'État, et les évolutions technologiques peuvent permettre d'équiper des espaces qui ne peuvent actuellement l'être, permettant ainsi d'amoindrir les pressions sur les espaces naturels, semi-naturels et agricoles.

La principale technologie désormais utilisée en France est celle du silicium monocristallin. La technologie en silicium polycristallin est moins efficace. Leur rendement est d'environ 22%. Si le silicium est abondant, il doit être extrait à partir de quartz (notamment) et les mines se trouvent actuellement principalement en Chine.

La technologie des « couches minces » présente un rendement légèrement moindre (en-dessous de 20%) et n'est que marginalement employée, également du fait de la présence de Cadmium.

La récente proposition de loi sur les polluants éternels pourrait faire évoluer la réglementation sur les PFAS¹⁶⁹, dont l'utilisation dans les panneaux photovoltaïques est passée relativement inaperçue mais qui commence à faire l'objet de publications scientifiques¹⁷⁰.

La nécessaire relocalisation

L'essentiel de ces technologies sont actuellement produites en Chine, dont nous sommes dépendants tant pour l'extraction que pour la réalisation des lingots et des processus de fabrication consécutifs.

La fabrication des lingots et des wafers est très marginale en Europe, réalisée uniquement dans deux usines norvégiennes et une usine française. En matière de métallurgie du silicium (ou du polysilicium), l'Europe n'a actuellement qu'une capacité de production de 38 GW/an, principalement réalisée en Islande et en Norvège, où l'eau est à moindre coût. Les capacités de fabrication des cellules photovoltaïques sont également très réduites : l'Europe n'a actuellement qu'une capacité de production de 20 GW/an (seulement deux usines en Allemagne). Enfin, environ 40 usines de fabrication de modules existaient en Europe en 2022, dont cinq en France. A elles seules, elles ne peuvent produire que l'équivalent de 8,2 GW de panneaux photovoltaïques à installer par an¹⁷¹.

Or l'Europe a installé 41 GW de puissance photovoltaïque en 2022 et en prévoit plus de 80 en 2026. Le développement industriel européen de cette chaîne d'approvisionnement apparaît donc urgent.

La difficulté est toutefois grande : la production chinoise massive crée une surcapacité mondiale et engendre un dumping rendant peu compétitives les productions en Europe. L'une des deux seules entreprises françaises de production de panneaux photovoltaïques, *Systovi*, a cessé ses activités pour cette raison en 2024¹⁷².

Le « Net Zero Industry Act » (NZIA) fixe une cible pour 2030 d'au moins 40% des panneaux installés « Made In EU ». En France, le gouvernement vient de prendre des engagements de déploiement de capacité industrielle de production dans son pacte solaire d'avril 2024, qui prévoit de « *bâtir une filière*

¹⁶⁹ Substances per- et polyfluoroalkylées

¹⁷⁰ Nain, P., & Anctil, A. (2023, June). Per-and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Usage in Solar Photovoltaics. In 2023 IEEE 50th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) (pp. 1-1). IEEE.

¹⁷¹ Tous ces chiffres proviennent de *Photovoltaic reports*, Fraunhofer 2022

¹⁷² <https://www.lefigaro.fr/societes/panneaux-solaires-le-fabricant-francais-systovi-annonce-la-cessation-de-ses-activites-a-cause-du-dumping-chinois-20240417>

industrielle solidaire équipant les parcs de panneaux européens et français, pour produire 3 à 5 GW sur la chaîne de valeur du silicium, 5 à 10 GW de Lingots & Wafers, 5 à 10 GW de Cellules, 3 à 5 GW de Verre solaire et 3 GW d'Onduleurs » à l'horizon 2030.

Le CNPN, conscient de la nécessité et de l'urgence de cette relocalisation, alerte cependant sur la nécessité que les industries mises en place le soient dans le plus strict respect des réglementations environnementales et de la mise en œuvre de la séquence ERC, en anticipant en particulier les besoins de compensation.

Des innovations en cours

D'autres technologies émergentes pourraient être employées en France à l'avenir pour augmenter les rendements (et donc diminuer les surfaces nécessaires pour produire la même quantité d'énergie) ou permettre d'équiper des surfaces inadaptées aux panneaux photovoltaïques issus de la technologie silicium.

Quatre technologies pourraient prendre une importance à l'avenir.

- **Les multi-jonctions**, généralement composées de plusieurs couches de matériaux semi-conducteurs, d'une couche d'arséniure de gallium et d'une couche de germanium, pourraient atteindre des rendements de plus de 40%, ce qui permettrait de diviser par deux les surfaces nécessaires. Leur durée de vie est également plus longue, et le spectre solaire est plus largement utilisé. Le coût de leur production est encore élevé mais pourrait cependant baisser. Cette technologie pose le problème de l'extraction des minerais, en particulier le germanium, un élément rare. Leur recyclage pourrait également poser problème.
- **Les cellules à pérovskite** (hybridées avec des cellules organiques) : technologie en plein essor, elle pourrait voir ses rendements augmenter à brève échéance. La faible stabilité des cellules photovoltaïques empêche pour l'instant leur commercialisation mais semble en passe d'être surmontée.
- **Le photovoltaïque organique**. Le déploiement de cellules photovoltaïques organiques (issues de polymères) permet aujourd'hui d'atteindre des rendements de l'ordre de 15%. S'il est plus faible que celui des technologies du silicium, le faible poids et la souplesse des revêtements en photovoltaïque organique pourrait permettre d'équiper des surfaces bâties actuellement trop fragiles ou inadaptées pour accueillir des panneaux photovoltaïques. Leur coût pourrait être plus faible, et leur empreinte environnementale est bien meilleure, tant en termes de CO₂ équivalent émis que d'impact lié aux extractions minières, la technologie ne nécessitant pas de silicium. Aujourd'hui fabriqué en France en petite quantité par une seule entreprise (de l'ordre de 100 ha/an¹⁷³), il pourrait permettre d'équiper les façades de certains bâtiments, comme c'est déjà le cas en Suisse ou en Allemagne.
- **Les modules intégrés en toiture de type « tuiles photovoltaïques »**. Dans les constructions neuves, l'ADEME constate que « *certaines modules intégrés en toiture présentent une rentabilité équivalente aux systèmes surimposés car ils viennent se substituer aux matériaux de couverture traditionnels. Une prime d'intégration paysagère, en vigueur jusqu'au 8 octobre 2023, permet d'encourager l'installation de certains de ces systèmes* ».

¹⁷³ <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/demain-l-eco/asca-le-photovoltaïque-organique-a-faible-impact-carbone-9318410>


Le sujet du recyclage

En 2022, 3582 tonnes de panneaux photovoltaïques usagés ont été collectés en France par Soren, l'éco-organisme agréé jusqu'en 2027 chargé de la collecte et du recyclage. Selon l'International Renewable Energy Agency, 60 à 78 millions de tonnes de panneaux photovoltaïques seront en fin de vie en 2050¹⁷⁴ et devraient faire l'objet d'un recyclage.

Une bonne gestion de la fin de vie des modules photovoltaïques pourrait offrir une solution durable à la disponibilité des ressources, assurer la faisabilité économique de la filière, tout en permettant la gestion des risques environnementaux potentiels. Cette filière est en pleine évolution et les technologies de recyclage sont en phase d'amélioration, objectif du projet européen Photorama¹⁷⁵. La recherche et développement en la matière doivent constituer une priorité industrielle évidente.

Le présent avis par auto-saisine du CNPN a été voté le 19 juin 2024 par 27 voix pour et 2 abstentions.

Le président du Conseil national de la
protection de la nature

A blue ink signature consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Loïc MARION

¹⁷⁴ Haiyan Zhang, Zhigang Yu, Chengcheng Zhu, Ruiqiang Yang, Bing Yan , Guibin Jiang. *Environmental Pollution* 320 (2023) 121066

¹⁷⁵ <https://www.photorama-project.eu/>