Projet de recherche PHOTODIV

Étude du potentiel d'accueil de la biodiversité des centrales photovoltaïques au sol

CREXECO
20 rue sous le Courtier 63460 Beauregard-Vendon
Tél : 04 15 47 00 02 E-mail : contact@crexeco.fr
Site internet : www.crexeco.fr
SIRET : 809 571 409 00014

Projet de recherche PHOTODIV

Étude du potentiel d'accueil de la biodiversité des centrales photovoltaïques au sol

Résumé :

Ce programme de recherche appliquée vise à améliorer les connaissances sur les capacités d'accueil de la biodiversité au sein des centrales photovoltaïques au sol et à les rendre disponibles et utilisables pour les différents intervenants de la filière : développeurs, bureaux d'étude et services instructeurs.

Cette source d'énergie renouvelable est développée à l'échelle industrielle depuis plus de 20 ans en France et présente un fort potentiel d'augmentation dans les années à venir. Elle peut néanmoins générer des impacts importants sur les milieux naturels, ce qui entre en contradiction avec les besoins de plus en plus forts de préservation de la biodiversité. Il est donc essentiel de maitriser les différentes étapes des projets, du choix du site initial jusqu'à l'exploitation en passant par les travaux de construction, afin de minimiser les impacts sur la biodiversité, mais plus encore, aboutir à une plus-value écologique du projet, puisqu'ils mobilisent d'importantes surfaces au sol qui peuvent constituer des habitats de qualité (absence de dérangement, gestion extensive, aménagements favorables…).

Pourtant, on constate un manque considérable d'information au regard des nombreuses centrales en exploitation, alors que la plupart a fait l'objet d'expertises écologiques dans le cadre des études d'impact, et dans certains cas pour des suivis post-implantation.

Ce programme a donc plusieurs objectifs :

- Synthétiser les données disponibles sur le plus grand nombre de centrales en exploitation pour lesquelles des études écologiques préalables (inventaires faune/flore) ont été effectuées, et si possible des suivis post-implantation
- Définir des indicateurs permettant de comparer les capacités d'accueil de la biodiversité selon une méthode standardisée et à moindre coût pour les exploitants
- Réaliser des inventaires ciblés sur un panel de sites : avant mise en œuvre du projet puis en exploitation pour lesquels des données préalables sont exploitables
- Établir un guide technique basé sur les retours d'expérience et les résultats acquis visant à maximiser les capacités d'accueil de la biodiversité au sein des centrales photovoltaïques au sol

Ce programme se déroulera sur 4 années entre 2019 et 2022, mais pourra se poursuivre en fonction des résultats obtenus et des besoins de poursuite des suivis engagés.

Intervenants

Crexeco est un bureau d'études créé en 2015, basé en Auvergne et spécialisé en expertise / conseil sur les milieux naturels, qui propose une expertise indépendante fondée sur une approche scientifique et naturaliste de l'écologie, à l'interface entre recherche scientifique et ingénierie écologique.

Nous développons des études permettant de valoriser un projet dans un cadre scientifique de recherche appliquée en écologie, et de répondre aux questions essentielles des développeurs et pouvoirs publics.

Crexeco est constitué de 4 écologues avec un haut niveau de compétences naturalistes et scientifiques (docteurs ou ingénieurs) dans les différents compartiments floristiques et faunistiques. Nous possédons tout le matériel nécessaire pour les inventaires naturalistes, ainsi que les outils logiciels (base de données naturaliste et bibliographique de près d'un millier de références, SIG, analyse statistique…) et pouvons nous appuyer sur de nombreux partenaires techniques et scientifiques.

Pour plus de précisions, consulter le site internet www.crexeco.fr.

Partenaires envisagés

Ce programme repose avant tout sur la participation de la filière photovoltaïque. Les développeurs seront sollicités, notamment les entreprises exploitant des centrales au sol dans le secteur centre de la France.

Les DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, Centre-Val-de-Loire, Nouvelle Aquitaine et Bourgogne-Franche-Comté seront également sollicitées pour la transmission des données en leur possession.

Des partenaires naturalistes, techniques et scientifiques du réseau de Crexeco pourront également être mobilisés en fonction des besoins et des nouvelles réflexions qui pourraient émerger au cours du programme.

Contexte du projet

Les engagements pris par la France depuis la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite loi Grenelle 1, placent la lutte contre le changement climatique et le développement des énergies renouvelables au premier rang des priorités. Ainsi, la nouvelle Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) pour les périodes 2019-2023 et 2024-2028 présentée le 27 novembre 2018 prévoit un véritable essor des énergies renouvelables appelées à poursuivre la transformation de notre mix énergétique. Cette PPE fixe l'objectif de 32 % d'énergies renouvelables à l'horizon 2030, et prévoit, outre un renforcement de la production hydraulique, une multiplication par 3 des capacités installées pour l'éolien terrestre et par 5 pour le solaire photovoltaïque.

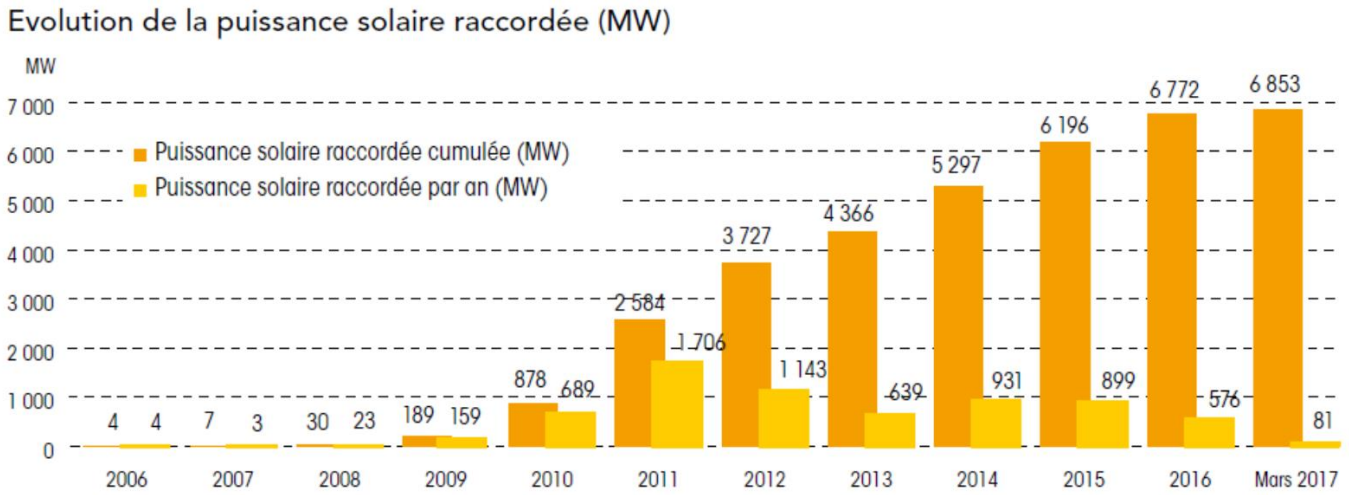
Cependant, dans un contexte général d'érosion massive de la biodiversité, ce développement ne doit pas se faire au détriment des milieux naturels et des espèces végétales et animales qui les composent (First Solar, 2011; Bennett, 2014; Harrison, Lloyd & Field, 2016). Il apparait donc nécessaire de chercher à concilier le développement de cette énergie renouvelable avec les enjeux actuels de préservation de la biodiversité et les services écosystémiques associés.

Afin d'organiser le développement des installations photovoltaïques au sol dans des conditions de la norme Haute Qualité Environnementale (HQE), le gouvernement a publié un décret (Décret n°2009–1414) qui rend obligatoire l'étude d'impact pour toute installation photovoltaïque au sol d'une puissance supérieure à 25 kW.

En effet, les centrales photovoltaïques au sol, notamment celles de grande ampleur (> 1 MW), peuvent avoir des conséquences dommageables sur les milieux naturels terrestres et aquatiques sur lesquels elles sont implantées (Hernandez *et al.*, 2014). La circulaire du 18 décembre 2009 précise que « *Une attention particulière [doit être portée] à la protection des espaces agricoles et forestiers existants ainsi qu'à la préservation des milieux naturels et des paysages* ». L'étude d'impact doit ainsi analyser toutes ces conséquences sur l'environnement et proposer des mesures pour supprimer, réduire et compenser lorsque cela est possible, les effets négatifs sur l'environnement. Dans le guide de l'étude d'impact des Installations photovoltaïques au sol (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2011), on trouve les préconisations suivantes pour le suivi de l'impact écologique : « *Le suivi permet de vérifier la qualité de l'étude d'impact et de s'assurer que le projet présente bien les impacts attendus. La connaissance approfondie des effets des installations photovoltaïques au sol faisant encore défaut, un suivi de l'impact écologique est utile pour améliorer la pertinence des études d'impact ultérieures. […] Cette démarche peut par exemple consister en : l'évaluation de l'efficacité et de l'efficience des mesures proposées dans l'étude d'impact, le suivi de la colonisation végétale du site ou le suivi de stations d'espèces végétales particulières, le suivi du comportement de la faune volante à l'approche des panneaux photovoltaïques et éventuellement le recensement des collisions, l'évaluation des variations enregistrées en termes de biodiversité (diversité des espèces et abondance). La réalisation d'un suivi écologique nécessite, pour exploiter les résultats, l'établissement d'un protocole précis et la définition d'indicateurs. La durée du suivi est variable. En général, un suivi minimum de cinq ans est requis pour pouvoir observer les premières étapes de la colonisation végétale d'un site. Afin de s'assurer de la qualité du suivi, il est recommandé que celui-ci soit conçu et réalisé par un écologue. Les résultats de ces suivis doivent être publics et tenus à la disposition des services de l'État.* »

Toutefois, en dépit du développement de nombreux projets et de l'obligation réglementaire des études préalables, voire des suivis post-implantations, les retours d'expérience restent peu disponibles, ce qui complique l'évaluation des impacts (risque de surévaluation ou sous-évaluation) et limite l'efficacité des mesures d'insertion écologique des projets.

Dans un contexte de fort développement de cette filière (RTE *et al.*, 2017), et compte-tenu du rôle important que peuvent jouer ces installations comme réservoirs de biodiversité, il est donc essentiel d'améliorer les connaissances sur les impacts écologiques des centrales photovoltaïques et leurs potentialités d'accueil de la biodiversité, en fonction des mesures mises en œuvre pour les travaux et durant l'exploitation.



Objectifs

Ce programme a plusieurs objectifs :

- Synthétiser les données disponibles sur le plus grand nombre de sites pour lesquels des études écologiques préalables (inventaires faune/flore) ont été effectuées, et si possible des suivis post-implantation
- Définir des indicateurs permettant de comparer les capacités d'accueil de la biodiversité avant la mise en œuvre des projets et en exploitation selon une méthode standardisée et à moindre coût pour les exploitants
- Réaliser des inventaires ciblés sur un panel de sites : avant mise en œuvre du projet et en exploitation pour lesquels des données préalables sont exploitables
- Établir un guide technique basé sur les retours d'expérience et les résultats acquis visant à maximiser les capacités d'accueil de la biodiversité au sein des centrales photovoltaïques au sol

Descriptif détaillé du programme

Différents axes seront développés pour répondre aux objectifs du programme.

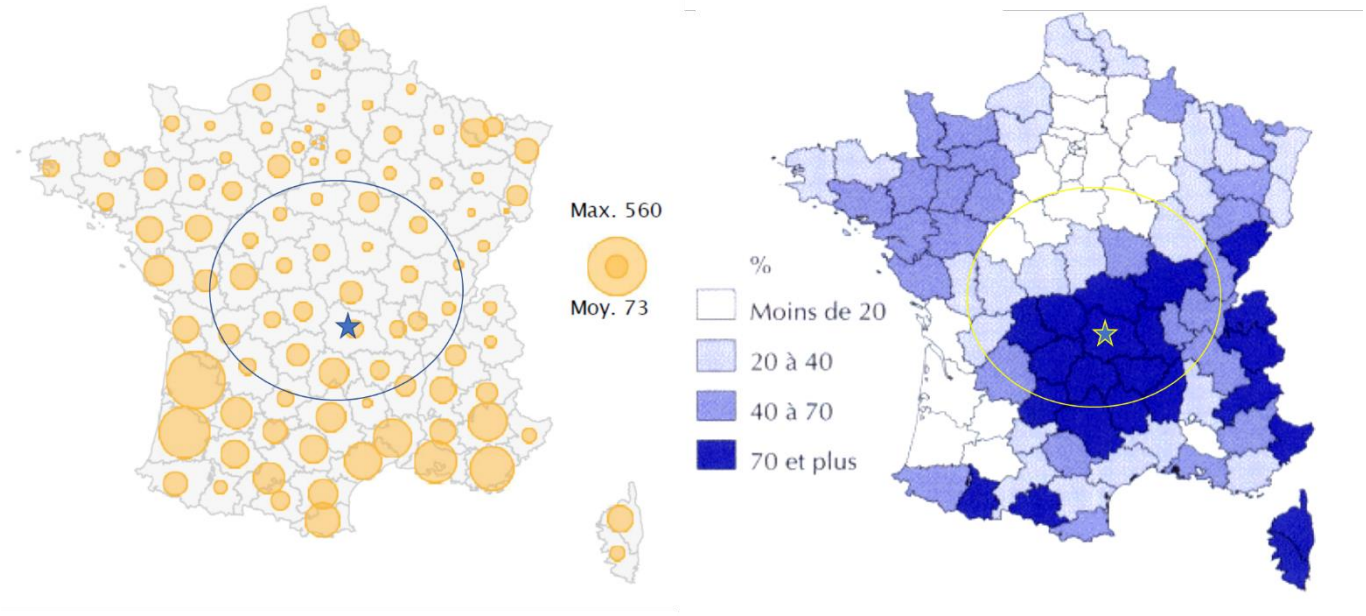
➢ Collecte et synthèse des données disponibles

Les chiffres disponibles du Ministère font état de 1 323 installations photovoltaïques d'une puissance > 250 KW en France en juin 2017 (Tableau de bord : solaire photovoltaïque, Deuxième trimestre 2017, N° 40 - Août 2017). Pourtant, sur les très nombreux parcs en exploitation, peu de données ont été exploitées dans un cadre global et comparatif. Les retours d'expériences sur les projets sont pourtant essentiels pour améliorer les capacités d'évaluation des impacts écologiques, l'efficacité des mesures mises en œuvre selon la doctrine ERC (Éviter, Réduire, Compenser) et les potentialités d'accueil de la biodiversité.

La première phase du programme sera donc de rechercher le maximum d'informations sur les parcs en exploitation. Cette recherche sera engagée auprès des DREAL qui instruisent les dossiers de demande d'autorisation et des développeurs photovoltaïques qui disposent d'une quantité potentiellement importante de données issues du suivi de leurs installations, d'études spécifiques…

Dans un premier temps, nous solliciterons les DREAL de 4 régions : Auvergne-Rhône-Alpes, Centre-Val-de-Loire, Nouvelle Aquitaine et Bourgogne-Franche-Comté. Parmi ces régions, 2 ont déjà une importante puissance installée en photovoltaïque (1753 MW en Nouvelle Aquitaine et 714 MW en Auvergne-Rhône-Alpes) alors que les 2 autres ont une puissance actuellement moindre (222 MW en Centre-Val-de-Loire et 198 MW en Bourgogne-Franche-Comté) mais avec des objectifs de développement importants. Cette étude s'inscrit dans le contexte biogéographique continental tempéré et ne portera pas sur les milieux méditerranéens, trop spécifiques du point de vue écologique et par ailleurs déjà étudiés dans le cadre d'un programme similaire nommé PIESO (De Massiac, 2016), ni sur les milieux littoraux et à forte influence atlantique. Il faut noter que ce secteur se distingue par une proportion très élevée de la surface agricole utile occupée par des prairies, un paramètre à prendre en compte dans la réflexion sur la fonction agricole des projets. Notre implantation à Clermont-Ferrand nous permettra de travailler aisément dans un vaste secteur du centre de la France, au niveau des 4 régions définies.

Secteur d'étude envisagé avec la production photovoltaïque à gauche et la proportion de surface agricole utile (SAU) en prairie à droite (Sources Statinfo - solaire photovoltaïque 2017 et (SCEES, 2002))



L'objectif de cet axe est de récupérer des données sur un maximum de parcs existants avec des caractéristiques et des contextes variés. Les sources sont de 2 types : études préalables (VNEI) et suivis post-implantations.

Plusieurs paramètres pouvant influencer les capacités d'accueil de la biodiversité seront ainsi étudiés, qu'ils soient liés au site d'implantation, aux travaux de construction ou à l'exploitation :

- Type d'habitat initial (avant implantation) et milieux environnants : ouvert (culture, prairie, urbanisé), boisé (boisement mature, coupe récente, fourrés), milieux secs ou humides…
- Type de travaux réalisés : décapage, terrassement, apport de remblai
- Végétalisation des surfaces au sol : ensemencement initial (provenance et spécificité des semences) ou reprise de la végétation spontanée
- Pratiques de gestion (pâturage, fauche, traitements chimiques…), pression et dates de pâturage (chargement, évitement des périodes de floraison…), gestion différenciée
- Présence avant et/ou après travaux d'espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE)
- Durée depuis la mise en service (diversification floristique)
- Création, maintien et gestion d'habitats spécifiques favorables : haies, fourrés, microhabitats artificiels (nichoirs à oiseaux, gîtes à chiroptères, hôtels à insectes…) et naturels (andains, souches, pierriers…), mares, plantes mellifères…

Des données précises et standardisées seront nécessaires pour pouvoir comparer les sites en utilisant des méthodes statistiques. Une analyse de la qualité et de la pertinence des protocoles utilisés dans le cadre des études préalables sera effectuée selon différents critères avec une approche scientifique. Nous mettrons en place une grille de lecture regroupant des informations relatives aux métadonnées de l'étude d'impact et des suivis comme la date et l'heure d'inventaire, la surface inventoriée, la durée effective, l'existence de protocoles standardisés (points d'écoute, transects, relevés phytosociologiques…), le nombre et la durée des points d'écoute ou d'observation, ou encore la distance et la vitesse de parcours des transects. Ces métadonnées permettront ainsi de caractériser le niveau d'information sur les différents protocoles d'étude utilisés dans les dossiers et tout particulièrement d'estimer l'effort d'observation. Cette méthode a été récemment utilisée

pour une synthèse similaire sur les études chiroptérologiques dans les dossiers réglementaires éoliens (Coly *et al*., 2016).

A l'issue de cette première phase, nous serons en mesure de définir les indicateurs floristiques et faunistiques les plus pertinents à prendre en compte dans les suivis post-implantation pour suivre l'évolution des potentialités d'accueil de la biodiversité, ainsi qu'une liste des sites les plus adéquats pour réaliser une étude comparative (contextes variés et qualité des données d'état initial).

➢ Définition des indicateurs de suivi

La biodiversité présente au sein d'un site naturel, même dégradé, peut être importante et représente bien souvent des centaines voire des milliers d'espèces (les vertébrés étant très minoritaires comparés aux invertébrés, notamment microorganismes). Il n'est donc pas envisageable de mesurer la biodiversité de manière exhaustive dans le cadre des suivis d'installations photovoltaïques, pour des raisons de faisabilité technique et financière. De la même manière, les études d'impact écologique ne portent que sur une fraction des groupes taxonomiques, soit dans la majorité des cas : la flore vasculaire (parfois les bryophytes), les vertébrés (oiseaux, mammifères, amphibiens, reptiles et poissons), certains invertébrés (papillons de jour, libellules et plus ponctuellement orthoptères, coléoptères, mollusques ou crustacés).

Cependant, la prise en compte de ces groupes fonctionnellement et écologiquement très différents permet généralement d'évaluer avec une bonne fiabilité l'intérêt écologique et les enjeux d'un site. La qualité écologique dépend en particulier des facteurs écologiques stationnels, de la diversité biologique, de la relation avec d'autres milieux, de l'aménagement et de la gestion pratiqués sur le site. Idéalement, un site réaménagé devra tendre vers l'intégrité biotique ou « capacité d'un écosystème de supporter et de maintenir une communauté d'organismes équilibrée, adaptée, et ayant une composition spécifique, une diversité et une fonctionnalité comparable à celle d'un habitat naturel de cette région ». Différentes méthodes basées sur des indicateurs de biodiversité ont été développées : l'Indicateur de Qualité Écologique (IQE) qui repose sur un inventaire de terrain relativement complet et permet une évaluation en profondeur de la qualité écologique et l'Indicateur de Potentialité Écologique (IPE) qui repose sur les mêmes critères d'évaluation, mais sur un seul jour d'inventaire (Delzons, 2014). De nombreux protocoles standardisés pour l'étude de la flore et la faune existent également : STOC-EPS pour l'avifaune, POPAMPHIBIEN et POPREPTILE pour l'herpétofaune, protocoles de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) pour les papillons de jours, les vers de terre ou les mollusques…

A ce stade, différents indicateurs sont envisagés, mais la liste sera amenée à évoluer en fonction des données disponibles :

- <u>La flore</u>

Le suivi floristique est une composante essentielle car il permet de mesurer la recolonisation des emprises après implantation par les espèces indigènes ou d'autres espèces adventices, ainsi que de comparer la structure et la composition floristique en cas de semis et d'évaluer ainsi leur réussite.

L'inventaire comportera un relevé exhaustif des espèces végétales présentes dans l'emprise du projet basé sur 1 à 3 passages (nécessité ou non de couvrir le cycle phénologique de toutes les espèces et d'obtenir un relevé le plus proche possible de l'exhaustivité). Les taxons patrimoniaux ou exotiques envahissants seront recherchés.

Des relevés phytosociologiques seront également effectués sur des placettes de 5×2 m matérialisées sur des zones homogènes représentatives de l'emprise (Meddour, 2011). Cette surface de 10 m² respecte l'aire minimale phytosociologique pour les milieux prairiaux, c'est-à-dire la surface minimale permettant de relever

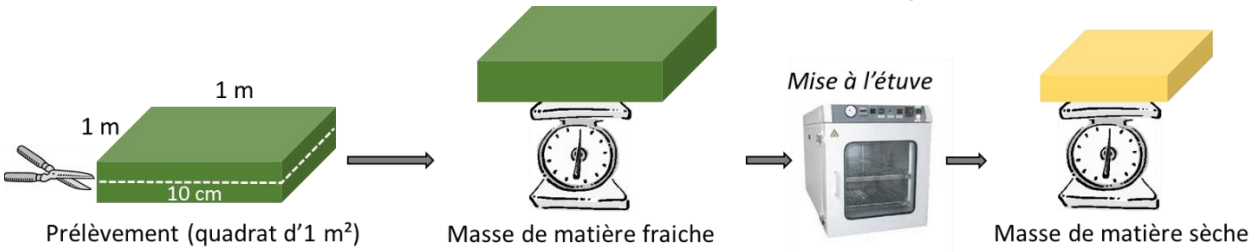
la quasi-totalité des espèces (Martin, 2017). Les relevés phytosociologiques (liste des espèces avec leur abondance-dominance selon la méthodologie de Braun-Blanquet) seront réalisés à la période la plus favorable à la végétation prairiale (mai-juin). Cette méthodologie permet de comparer des relevés à stade phénologique égal, c'est-à-dire que les relevés devront être réalisés à la même période chaque année, la date pouvant varier en fonction des conditions météorologiques.

Ces données permettront des analyses statistiques poussées afin de comparer les effets des compositions floristiques et de la période de fauche, ainsi que l'évolution de la végétation au cours des trois années. Elles seront accompagnées de photographies et de commentaires descriptifs permettant de caractériser qualitativement la végétation. Une mesure de la hauteur de la végétation et du recouvrement total herbacé sera aussi menée.

Des mesures de la hauteur de la végétation et une estimation de la densité du couvert végétal sur des quadrats d'1 m². Les hauteurs maximale (plante la plus haute) et moyenne (hauteur de la majorité des végétaux) seront mesurées au mètre ruban ; la hauteur minimale n'apporte pas d'informations pertinentes sur la structure de la végétation. La densité sera estimée par le recouvrement de la végétation (pourcentage par classes de 5 %). Ces mesures seront effectuées 3 à 6 fois par an, en parallèle des autres inventaires floristiques ou faunistiques.

L'estimation de la productivité végétale est importante pour préciser le rendement fourrager des sites pour la fauche et/ou le pâturage. L'objectif est d'avoir un rendement satisfaisant (c'est-à-dire une biomasse importante) tout en préservant la qualité écologique (absence de produits phytosanitaires et de fertilisation, limitation de la pression de pâturage). La biomasse végétale sera mesurée au niveau d'un nombre défini de quadrats de 1 m² par (protocole déjà mis en œuvre pour une expérimentation sur les aéroports avec la DGAC (Crexeco *et al.*, 2018)). Ceux-ci seront distincts d'une année sur l'autre afin de ne pas perturber la végétation par une coupe manuelle à la place de la coupe mécanique. La végétation présente dans ces quadrats sera coupée à ras et la matière, fraiche puis sèche (après séchage à l'air libre puis passage à l'étuve), récupérée et pesée. Cette quantité totale de végétaux ramenée à une unité de surface servira à comparer la productivité globale au sein des centrales à vocation agricole. Pour les surfaces fauchées, l'estimation de la biomasse végétale sera réalisée avant et le plus proche possible des fauches, ce qui permettra d'évaluer la biomasse produite pendant une année. Pour les surfaces pâturées, l'estimation de la productivité est plus complexe du fait du prélèvement permanent par le bétail, de l'apport de matière organique par leurs déjections et par les éventuels refus de pâturage. Dans ce cas, la productivité sera mesurée au sein de quadrats exclus du pâturage et déplacés chaque année.

Protocole utilisé pour l'estimation de la productivité végétale.



Le rapport final mettra l'accent sur les relations entre cette productivité, les contraintes d'entretien de la végétation et la qualité écologique.

Les relevés de végétation seront réalisés à la fois sous les panneaux et dans les inter-rangs et éventuels délaissés pour prendre en compte les différentes conditions microclimatiques et les différences de gestion

pouvant influencer les cortèges végétaux (dans le cas d'un entretien par fauche, les secteurs sous les panneaux ne sont pas accessibles aux engins de fauche alors que le pâturage est plus homogène).

Méthode de relevé des paramètres floristiques

Paramètre	Zone	Relevés	Fréquence
Liste d'espèces	Toute la surface du parc	Liste la plus proche possible de l'exhaustivité de tous les taxons végétaux présents sur les parcelles étudiées.	1-3/an
Espèces patrimoniales et invasives	Toute la surface du parc	Localisation et caractérisation des stations d'espèces patrimoniales (protégées réglementairement ou sur liste rouge) ou d'espèces exotiques envahissantes.	1-3/an
Végétation	Placettes de 5×2 m	Relevés phytosociologiques selon la méthodologie de Braun-Blanquet.	1/an (mai-juin)
Hauteur	Ponctuel	Mesure des hauteurs maximale et moyenne de la végétation.	3-6/an
Densité	Quadrats d'1 m²	Estimation du recouvrement du couvert herbacé.	3-6/an

Indicateurs : taux de recouvrement et croissance de la végétation, diversité floristique, nombre d'espèces patrimoniales et d'EVEE, productivité végétale

- L'avifaune

Les oiseaux sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité des milieux (Delzons *et al.*, 2013) et représentent un groupe important aussi bien au niveau fonctionnel que patrimonial.

L'inventaire des oiseaux sera réalisé au cours d'un transect au sein de chaque parcelle, durant lequel des points d'écoute et d'observation (selon les méthodes de l'Échantillonnage Ponctuel Simple – EPS – et des Indices Ponctuels d'Abondance – IPA) seront mis en place. Tous les contacts avec des oiseaux seront notés et géoréférencés ainsi que leur nombre et leur comportement, permettant de définir leur utilisation de la zone (alimentation, nidification, simple transit…). Cette méthode permettra des comparaisons entre les passages et les sites et assurera une couverture homogène et répétée de la zone d'étude. De plus, toutes les espèces utilisant la zone d'étude ou ses abords immédiats seront également prises en compte et notées séparément.

Dans la mesure où certaines espèces fréquentant ce type de milieu, notamment les Alouettes ou les Pipits, ont leur pic d'activité de chant à l'aube, il est préférable de concentrer les points d'écoute au lever du jour. Un point d'observation fixe en milieu de journée d'une durée d'une heure sera également réalisé pour recenser les mouvements et les comportements des oiseaux qui profitent des heures chaudes pour s'alimenter ou se déplacer comme certains rapaces.

2 à 4 passages/an seront effectués en privilégiant la période de reproduction de mars à juillet.

Indicateurs : diversité avifaunistique et nombre de nicheurs contactés (total et espèces patrimoniales) au sein du parc

- Les chiroptères

Ces mammifères nocturnes et insectivores sont très dépendants de la qualité des milieux, à la fois au niveau structurel (présence d'éléments favorables au gîte et de zones de chasse favorables) et en termes de ressources alimentaires (abondance d'insectes). L'attractivité des parcs solaires pour les chiroptères reste mal connue, certaines études ayant montré une réduction de l'abondance (Montag, Parker & Clarkson, 2016) alors que d'autres ont obtenus des résultats différents selon les espèces (Sarracanie, 2012). Les méthodes de détection active et passive pourront être mise en œuvre de façon complémentaire.

- La détection active manuelle

La détection active manuelle à l'aide d'un détecteur d'ultrasons classique en mode hétérodyne et expansion de temps (SoundChaser) permet d'avoir des informations essentielles et complémentaires à l'utilisation d'un détecteur automatique. Elle permet notamment de mieux appréhender l'utilisation de l'espace par les chauves-souris. L'expert mobile effectuera une dizaine de points d'écoutes de 10 min (nombre variable selon la taille des sites).

Chaque contact de chiroptère sera noté et géolocalisé. Selon le comportement acoustique plus ou moins discriminant de l'animal et la qualité de réception (durée, intensité), ces contacts sont attribués à une espèce, un genre, un groupe d'espèces ou à un chiroptère indéterminé. Dans la mesure du possible, les contacts sont identifiés instantanément ; pour les cas les plus complexes, ils sont enregistrés et identifiés ultérieurement par analyses auditive et informatique combinées à l'aide d'un logiciel d'analyse bioacoustique spécifique Batsound Standard 4 selon la méthode Barataud (Barataud, 2015).

- La détection automatique passive

Les SM4Bat sont des appareils de la dernière génération qui permettent un enregistrement continu des chauves-souris à plusieurs dizaines de mètres. Ils enregistrent chaque contact, référencé par la date et l'heure d'enregistrement. Les fichiers collectés sont ensuite pré-analysés grâce au logiciel SonoChiro développé par la société Biotope et certains fichiers sont vérifiés manuellement grâce au Logiciel Batsound selon la méthode Barataud (2015). Ce dernier permet une identification spécifique beaucoup plus précise et nécessite l'intervention d'un expert en bioacoustique.

L'utilisation de SM4Bat est une méthode efficace et permettant l'obtention de données facilement comparables dans le temps (à condition d'avoir un effort d'échantillonnage suffisant). Elle permet également d'appréhender le rôle des localités d'enregistrements pour les chiroptères (mise en évidence de territoires de chasse ou de sites de transits) et d'attribuer à ces sites des indices de fréquentation comparables entre eux (l'automatisation des enregistrements permet de supprimer le biais lié au changement d'expert). Une comparaison des résultats sur une même localité à plusieurs dates permet également de préciser les périodes d'occupation du site pour les différentes espèces détectées.

L'expérience de Crexeco a montré que des enregistrements en continu durant une nuit complète à partir de plusieurs points fixes judicieusement choisis apportent des informations complémentaires indispensables à celles obtenues par l'écoute active. Au cours des 3 passages, 1 à 3 points d'écoute fixes (nombre variable selon la taille et la configuration des sites) seront effectués à l'aide de SM4Bat pour évaluer quantitativement et qualitativement l'utilisation par les chiroptères des gîtes potentiels et des principaux corridors de déplacement et territoires de chasse présumés. Les sessions d'écoute se dérouleront sur la nuit complète, dans des conditions météorologiques appropriées.

Afin de couvrir la période d'activité des chiroptères, 3 campagnes d'inventaire seront réalisées entre mi-mai et mi-octobre.

Indicateurs : diversité chiroptérologique, abondance des différentes espèces et types de contacts (chasse, transit, cris sociaux) au sein du parc

- Les insectes (orthoptères, rhopalocères)

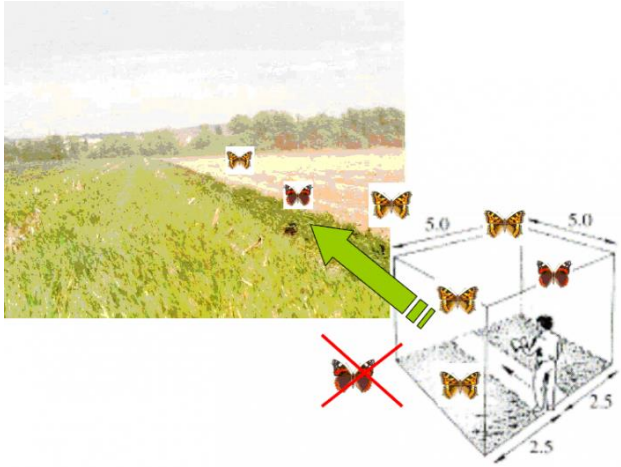
Ces 2 groupes sont des bioindicateurs fiables de l'état d'un écosystème. Leur diversité et leur abondance au sein d'un milieu sont souvent révélateurs de la diversité floristique (plantes-hôtes spécifiques pour les papillons, présence d'espèces nectarifères, structure de l'habitat pour les orthoptères) et du degré d'anthropisation de celui-ci (Badenhausser, 2012; Weiss, Zucchi & Hochkirch, 2013; Lafranchis & Sauter, 2015).

Pour estimer l'abondance des orthoptères, on utilisera un biocénomètre (cage grillagée d'1 m²), qui constitue le quadrat d'inventaire (méthodologie basée sur le protocole d'échantillonnage employé au CNRS et utilisé par Crexeco dans divers suivis). Le biocénomètre est placé de manière aléatoire dans des secteurs représentatifs de la parcelle. Une fois le biocénomètre mis en place, la végétation est aspirée minutieusement avec un aspiro-souffleur durant une minute environ, sur les tiges et au niveau du sol. Les arthropodes et débris végétaux sont collectés dans un filtre en moustiquaire, puis transvasés dans un sachet plastique identifié. Les prélèvements sont ensuite placés au congélateur en attendant d'être identifiés.

Ces relevés sont complétés par des observations directes (à vue et à l'écoute par détermination des chants) réalisées au cours du cheminement suivi entre deux lancers du biocénomètre, permettant de compléter les listes spécifiques, notamment avec des espèces les plus rares qui n'auraient pas été capturées au biocénomètre.

La densité est néanmoins évaluée à partir des seuls relevés effectués avec le biocénomètre, dans un souci de standardisation du protocole.

Pour le suivi des papillons, nous utiliserons le protocole de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB). Un à 3 transects de 10 minutes, ce qui correspond à une distance d'environ 100 à 300 mètres, selon la surface et richesse du milieu seront effectués. Seuls les insectes observés dans une boîte virtuelle de 5 mètres de côté se déplaçant avec l'observateur (voir schéma) sont comptés. Pour chacune des espèces/groupes d'espèces, le nombre total d'individus observés pendant 10 minutes est noté.



La distance réalisée en 10 minutes lors du premier passage sera la référence et les passages suivants reprendront le même transect (même point de départ, même distance). Le temps pourra alors varier de quelques minutes en fonction de la richesse en insectes.

Les suivis des orthoptères et papillons seront réalisés lors de 1 à 3 campagnes entre mai et aout.

<u>Indicateurs :</u> diversité spécifique et indice d'abondance d'orthoptères et papillons (nombre d'individus par m² ou par m linéaire), présence d'espèces patrimoniales et/ou bioindicatrices

- <u>Autres suivis possibles</u>

En fonction du contexte et des enjeux du site, d'autres suivis peuvent être mis en œuvre : amphibiens et odonates pour les sites avec des milieux aquatiques et humides, insectes pollinisateurs pour évaluer le service écosystémique de pollinisation, reptiles et micromammifères en cas d'enjeu spécifique… Pour chacun de ces groupes, des protocoles standardisés adaptés existent et peuvent être utilisés (POPAMPHIBIEN et POPREPTILE, SPIPOLL, suivis odonates LIGERO…).

➢ Mise en œuvre des suivis sur un réseau de sites

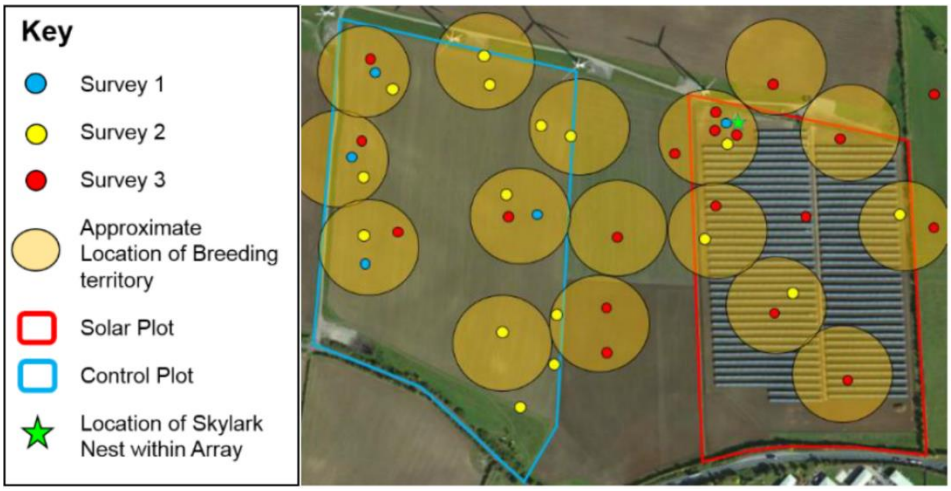
Après validation des indicateurs de suivi et des protocoles associés, l'objectif est de réaliser des mesures sur un panel de sites représentatifs de la diversité des centrales en contexte continental tempéré. Idéalement, les suivis seront effectués sur un échantillon suffisamment important pour pouvoir étudier de façon rigoureuse les différents facteurs pouvant influencer les potentialités d'accueil de la biodiversité : habitat initial (agricole versus naturel ouvert ou boisé), type de travaux effectués (terrassement, déboisement…), méthode de végétalisation (semis versus spontanée), méthode de gestion (pâturage versus fauche), durée d'exploitation (centrale récente < 5 ans versus ancienne > 5 ans).

La prise en compte de tous ces paramètres nécessitera un échantillon important d'une trentaine de sites minimum. Cependant, en fonction des opportunités, ce nombre ne sera pas nécessairement atteint dès la première année. De manière importante, les sites choisis devront avoir fait l'objet d'expertises écologiques préalables aux travaux de qualité suffisante (protocoles standardisés ou précisions suffisantes sur l'effort d'échantillonnage) pour pouvoir réaliser la comparaison avant / après.

Cette approche comparative basée sur la méthode BACI (before-after control impact) pour mettre en évidence l'effet d'une perturbation/modification sur les populations d'une espèce, impose de suivre plusieurs sites, des sites « témoins » et des sites « altérés/modifiés », de manière répétée dans le temps, avant et après la perturbation/modification.

Les capacités d'accueil de la faune et la flore des centrales solaires ont déjà été étudiées selon une approche comparative consistant à comparer différents indicateurs au sein de la centrale par rapport à l'extérieur dans un milieu comparable au milieu occupé avant construction (Sarracanie, 2012; Montag *et al.*, 2016).

Etude comparative des territoires de passereaux au niveau d'une centrale photovoltaïque par rapport à une parcelle cultivée à proximité (Source : Montag et al. 2016)



Cette méthode peut se révéler efficace pour étudier des installations en place pour lesquelles les données pré-implantation ne sont pas disponibles, mais le suivi du même site avant/après comparé à un site témoin voisin reste la méthode la plus robuste et permet d'étudier précisément l'évolution du milieu au sein de la centrale et l'efficacité des mesures mises en œuvre.

➢ Rédaction d'un guide technique

Les résultats acquis au cours de l'étude serviront à l'élaboration d'un guide technique et méthodologique à l'usage des différents acteurs concernés : développeurs photovoltaïques, bureaux d'étude, agriculteurs / gestionnaires des sites, services instructeurs. Ce guide abordera les différents volets étudiés :

- Rôle et intérêt écologique et agricole des centrales photovoltaïques avec les notions de service écosystémique : réservoir de pollinisateurs, refuges pour insectivores (oiseaux, chiroptères) et le potentiel d'exploitation agricole
- Propositions d'indicateurs de suivis à mettre en œuvre avant et après travaux en fonction du contexte du projet
- Préconisations pour améliorer l'efficacité des études préalables et des mesures proposées. Ce guide de bonnes pratiques synthétisera les mesures à vocation écologiques expérimentées dans différents sites avec si possible les résultats obtenus, les contacts utiles et les prix pour les différents volets : ensemencement, entretien de la végétation (Humbert *et al.*, 2010; Buri *et al.*, 2018), mise en place d'habitats favorables (nichoirs, hibernacula, hôtels à insectes…), etc.

Ce document permettra d'actualiser les données par rapport aux 2 ouvrages de référence actuellement disponibles : le « Guide sur la prise en compte de l'environnement dans les installations photovoltaïques au sol - l'exemple allemand » édité par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire en 2009 (MEDDAAT, 2009) et le « Guide de l'étude d'impact des Installations photovoltaïques au sol » édité par le même ministère en 2011 (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2011).

Contributions du programme et perspectives

Ce programme apportera une somme d'information utiles à la fois aux développeurs photovoltaïques, aux bureaux d'étude écologiques et aux services instructeurs, en étudiant dans un cadre scientifique les impacts de l'implantation de ces installations et la plus-value écologique possible en fonction des mesures mises en œuvre. Cela permettra de disposer d'éléments concrets et scientifiquement fiables pour améliorer l'insertion écologique des centrales photovoltaïques.

Les principales contributions envisagées sont :

- Un protocole de suivi standardisé et simplifié permettant de faire un bilan de la qualité écologique des centrales existantes et de tester l'efficacité des mesures mises en œuvre pendant les travaux et en exploitation.
- Une synthèse des initiatives réalisées au sein des installations existantes en matière de valorisation écologique et de leur efficacité
- Des préconisations permettant d'améliorer les capacités d'accueil de la biodiversité et la qualité écologique globale des centrales photovoltaïques.

Calendrier prévisionnel

Ce programme se déroulera sur 4 ans, de 2019 à 2022 selon le calendrier suivant :

- 2019 : mise en place de l'étude avec collecte et synthèse des données disponibles auprès des développeurs et des DREAL ; démarrage des suivis sur un échantillon de sites pilotes. Cette première

phase fera l'objet d'un stage de Master 2, avec un étudiant du Muséum National d'Histoire Naturelle accueilli entre mars et aout 2019.

- 2020-2021 : poursuite des suivis et extension à un nombre plus élevé de sites.
- 2022 : restitution de l'étude avec la rédaction du guide technique et méthodologique, ainsi que d'articles scientifiques et de participations à des colloques ou des réunions techniques

Références bibliographiques

Badenhausser I. (2012). Estimation d'abondance des criquets (Orthoptera : Acrididae) dans les écosystèmes prairiaux. *Annales de la Société Entomologique de France* **48**, 397–406

Barataud M. (2015). *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*, 3e edn. Biotope ; Museum national d'Histoire Naturelle.

Bennett L. (2014). Impact of solar farms on ecology and biodiversity

Buri P., Humbert J.-Y., Unternährer D. & Arlettaz R. (2018). Des régimes de fauche alternatifs pour favoriser la biodiversité des prairies. *Recherche Agronomique Suisse* **9**, 314–321

Coly R., Barré K., Gourdain P., Kerbiriou C., Marmet J. & Touroult J. (2016). Études chiroptérologiques dans les dossiers réglementaires éoliens : disponibilité de l'information et conformité avec les recommandations nationales et européennes. *Naturae*

Crexeco, Apex, VetAgro Sup & Cart&Cie (2018). *Prévention du risque animalier. Développement d'un couvert herbacé destiné à la prévention du risque animalier sur les aérodromes*. Direction générale de l'aviation civile - Service technique de l'aviation civile, Riom.

De Massiac J.-C. (2016). PIESO. Process for photovoltaic plants ecological integration and restoration

Delzons O. (2014). *L'indicateur de Qualité Écologique (IQE) et l'Indicateur de Potentialité Écologique (IPE) – Méthodologie*. SPN/ MNHN.

Delzons O., Gourdain P., Siblet J.-P., Touroult J., Herard K. & Poncet L. (2013). L'IQE : un indicateur de biodiversité multi-usages pour les sites aménagés ou à aménager. *Revue d'écologie (La Terre et la Vie)* **68**, 105–119

First Solar (2011). Solar Parks and their Influence on Biodiversity

Harrison C., Lloyd H. & Field C. (2016). *Evidence review of the impact of solar farms on birds, bats and general ecology*. Manchester Metropolitan University.

Hernandez R.R., Easter S.B., Murphy-Mariscal M.L., Maestre F.T., Tavassoli M., Allen E.B., *et al.* (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **29**, 766–779. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041

Humbert J.-Y., Richner N., Sauter J. & Walter T. (2010). Effets sur la faune des processus de récolte des prairies

Lafranchis T. & Sauter P. (2015). *La vie des papillons : écologie, biologie et comportement des Rhopalocères de France*. Diatheo, [Paris?].

Martin Y. (2017). *Évaluation des protocoles de suivi de la flore et des habitats*. AgroParisTech-ENGREF, Nancy.

MEDDAAT (2009). *Guide sur la prise en compte de l'environnement dans les installations photovoltaïques au sol - L'exemple allemand*. Direction Générale de l'Énergie et du Climat.

Meddour R. (2011). La méthodologie phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2011). Installations photovoltaïques au sol. Guide de l'étude d'impact

Montag H., Parker G. & Clarkson T. (2016). *The effects of solar farms on local biodiversity: a comparative study*.

RTE, SER, Enedis & ADEeF (2017). *Panorama de l'électricité renouvelable au 31 mars 2017*.

Sarracanie B. (2012). *Prise en compte de la biodiversité dans les aménagements de parcs photovoltaïques*. Aix – Marseille Université.

SCEES (2002). *L'agriculture, la forêt et les industries agroalimentaires*. Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation.

Weiss N., Zucchi H. & Hochkirch A. (2013). The effects of grassland management and aspect on Orthoptera diversity and abundance: site conditions are as important as management. *Biodiversity and Conservation* **22**, 2167–2178. https://doi.org/10.1007/s10531-012-0398-8