

Renews Spezial

Numéro 45 / décembre 2010

Dossiers thématiques
de l'Agence des énergies renouvelables - Agentur für Erneuerbare Energien

Parcs solaires – Des opportunités pour la biodiversité

Rapport sur la biodiversité
dans les installations photovoltaïques
au sol et aux abords de celles-ci



L'Agence pour les énergies renouvelables [AEE] est partenaire officiel de l'Année Internationale de la Biodiversité 2010.

Auteur :

Dr. Tim Peschel

Rédaction :

Nils Boenigk

Benjamin Dannemann

Version allemande : décembre 2010

Publication :

Agence des énergies renouvelables
(Agentur für Erneuerbare Energien – AEE)

Reinhardtstr. 18

10117 Berlin

Tél.: +4930-200535-3

Fax: +4930-200535-51

kontakt@unendlich-viel-energie.de

ISSN 2190-3581

Patron-Fondateur :

Prof. Dr. Klaus Töpfer

Organismes de support :

- Bundesverband Erneuerbare Energie BEE (Fédération allemande des énergies renouvelables)
- Bundesverband Solarwirtschaft BSW (Fédération allemande de l'industrie solaire)
- Bundesverband Windenergie BWE (Fédération allemande de l'énergie éolienne)
- GtV - Bundesverband Geothermie (Fédération allemande de géothermie)
- Bundesverband Bioenergie BBE (Fédération allemande de la bioénergie)
- Fachverband Biogas (Union allemande du biogaz)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU (Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sûreté nucléaire)
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV (Ministère fédéral de l'Alimentation, l'Agriculture et de la Protection des Consommateurs)

L'origine du projet biodiversité :

Le projet sur lequel ce « Renewes Spezial » se base a été initié par First Solar au début de l'année 2010. Coïncidant avec « l'Année Internationale de la Biodiversité », le but de ce projet était d'analyser les connaissances actuelles sur les impacts des parcs solaires sur la biodiversité et d'évaluer les mesures conçues pour conserver ou promouvoir la biodiversité. L'Agence des énergies renouvelables et ses partenaires ont recueilli des données pendant l'année 2010 et les ont compilées dans un rapport de situation établi par M. Dr. Tim Peschel. Les experts issus des domaines de la planification, du développement de projets, des énergies renouvelables et de la protection de la nature lui ont apporté une aide spécialisée.

Conseillers sur le contenu :

- Nadine Bethge, First Solar GmbH
- Dr. Dieter Günnewig, Bosch & Partner GmbH
- Jörg Mayer, Agence des énergies renouvelables (Agentur für Erneuerbare Energien – AEE)
- Tim Meyer, Gehrlischer Solar AG
- Dr. Tim Peschel, Büro Peschel Ökologie & Umwelt (auteur et responsable du panel d'experts)
- Dr. Nicole Schrader, Deutsche Umwelthilfe (DUH)
- Fabian Zuber, First Solar GmbH

Partenaires du projet biodiversité :

- Beck Energy GmbH / BELECTRIC Trading GmbH
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. - BSW (Fédération allemande de l'industrie solaire)
- COLEXON Energy AG
- Conergy AG
- First Solar GmbH
- Ville de Fürth, Allemagne – Service pour l'aménagement de l'environnement, la gestion des déchets et les forêts urbaines
- Gehrlischer Solar AG
- juwi Holding AG
- Phoenix Solar AG
- S.G.N. GmbH

Sommaire

Avant-propos.....	4
Quel lien entre les parcs solaires et la biodiversité ?	5
1. Parcs solaires – L'électricité de la nature	6
1.1. Biodiversité : la signification des parcs solaires pour la protection de la nature	6
1.2. Parcs solaires et utilisation des surfaces en Allemagne.....	9
1.3. La protection de la nature dans les dispositions légales qui régissent la construction de parcs solaires	10
1.4. Données et études existantes sur l'importance des parcs solaires en terme de protection de la nature	11
a. Etudes nationales	12
b. Projets locaux.....	13
c. Recherche internationale sur la biodiversité et les parcs solaires	13
1.5. Impacts des parcs solaires sur la biodiversité	13
2. Recommandations pratiques : mesures de protection de la nature	18
2.1. Mesures au cours de la phase de planification.....	18
a. La pertinence de la sélection du site.....	18
b. Prise en compte des conditions locales dans le rapport environnemental, la remédiation environnementale et les mesures de compensation.....	18
2.2. Mesures pendant la construction.....	21
a. Planification et accompagnement écologiques de la construction (Umweltbaubegleitung)	21
b. Évitement de l'imperméabilisation du sol.....	22
c. Minimisation des effets de couverture et de réflexion	23
d. Contribution à la conservation de la diversité génétique régionale des plantes.....	25
e. Éviter les effets de barrière causés par le clôturage.....	27
2.3. Mesures pendant le fonctionnement de l'installation.....	28
a. Accumulation de connaissances par un suivi sur le long terme	28
b. Conservation et entretien environnementaux du site	30
3. Annexe	32
Recherches et autres informations sur l'impact écologique des parcs solaires	32
Littérature	34

Avant-propos

Les énergies renouvelables représentent l'avenir et sont vitales pour la mise en œuvre d'une stratégie réussie de protection du climat. Toutefois, l'expansion rapide des énergies renouvelables, dont l'énergie solaire, induit également un changement dans l'occupation des sols. Cela a non seulement des impacts sur la biodiversité, mais aussi sur l'aspect visuel de nos paysages. De plus en plus, des surfaces situées dans des zones rurales sont utilisées pour construire des parcs solaires.

Les impacts de processus écologiquement significatifs dans les parcs solaires n'ont à ce jour que très rarement attiré l'attention des scientifiques, des planificateurs et du secteur des énergies renouvelables. Le peu de résultats de la recherche qui existent sont largement inconnus. Il est donc grand temps d'évaluer dans quelle mesure peuvent-elles contribuer à la conservation et à la protection des espèces et de publier les résultats obtenus.

La biodiversité est un sujet qui suscite beaucoup d'émotions. Nous sommes conscients, plus que jamais, de notre responsabilité particulière à l'égard de nos écosystèmes. Ceux-ci représentent le fondement de la vie humaine. Par conséquent, nous devons tous gérer nos ressources avec soin et consentir des efforts pour protéger la diversité des espèces et la conserver sur le long terme.

La publication de ce rapport qui traite des parcs solaires en tant que « multiplicateurs de la biodiversité » coïncide avec l'Année Internationale de la Biodiversité. Ce projet a déjà donné quelques résultats intéressants. Il en ressort qu'une diversité naturelle peut être rétablie après la construction d'un parc solaire. La protection du climat et la protection des espèces peuvent aller de pair !

Je voudrais donc saluer tout particulièrement le fait que les impacts des parcs solaires sur les espaces ouverts continuent à faire l'objet d'un suivi permanent dans l'avenir.

Je suis heureux que la première publication de ce genre ait été réalisée au cours d'un processus innovant de collaboration entre la science, les associations, les organisations environnementales et l'industrie.



Rainer Baake,
Directeur de la Deutsche Umwelthilfe (DUH)



Quel lien entre les parcs solaires et la biodiversité ?

Le développement des énergies renouvelables a dans le passé dépassé toutes les attentes. A l'avenir, les parcs solaires joueront un rôle de plus en plus important dans la production d'électricité en Allemagne et dans le reste du monde. Cette expansion attire l'attention sur les exigences en termes de surfaces requises pour les installations solaires et sur les aspects écologiques qui leur sont associés. Le présent rapport documente les connaissances actuelles sur le thème des parcs solaires et de la biodiversité. Il montre clairement qu'au-delà de leur contribution importante aux approvisionnements futurs en énergie, les parcs solaires peuvent également servir de refuge aux plantes et aux animaux.

La première partie de ce Rnews Spezial résume les connaissances acquises jusqu'ici. La deuxième partie se concentre sur les recommandations basées sur l'expérience industrielle. Si des mesures correctes sont prises, les parcs solaires peuvent promouvoir et conserver la biodiversité. Le présent rapport fournit des exemples positifs sur la manière dont les synergies entre parcs solaires et protection de la nature peuvent être exploitées ou améliorées sur la base des différentes catégories de sols utilisées pour les parcs solaires (p. ex. terres agricoles et anciens sites industriels). Ces comptes rendus sont le résultat d'un projet qui a commencé en 2010 dans le but de recueillir l'état actuel de la recherche aux niveaux national et local et de la publier sous une forme structurée. En plus de l'analyse de la bibliographie existante, le projet a examiné en détail les mesures de conservation utilisées au cours de la planification, de la construction et de l'exploitation de parcs solaires dans l'ensemble de l'Allemagne. Chaque fois que cela était possible, une évaluation des impacts des installations solaires sur la biodiversité a été réalisée après plusieurs visites sur place et des évaluations d'études à long terme actuellement en cours.

Ce rapport veut avant tout informer. Il est également conçu pour devancer les différends qui pourraient entraver une extension future des parcs solaires en Allemagne et dans le reste du monde. La sélection consciencieuse de sites appropriés et l'utilisation de mesures pour optimiser les installations solaires au sol sous l'angle de la protection de la nature peuvent contribuer à conserver et même à promouvoir la biodiversité. L'implication d'experts locaux augmente les possibilités d'envisager les aspects liés à la protection de la nature en temps utile et peut donc simplifier l'exécution de projets dans une mesure considérable en créant une possibilité de combiner la protection du climat et la protection de la nature. Cela augmentera l'acceptation de l'expansion future des parcs solaires et des énergies renouvelables.

Qu'est-ce que la biodiversité ?



Des papillons, comme l'Argus bleu, trouvent un espace protégé sur les surfaces ouvertes et semi-ouvertes des parcs solaires. [Photo : Tim Peschel]

Par biodiversité, on entend la diversité du vivant. L'élément central de la biodiversité est la diversité des espèces. Toutefois, d'autres niveaux encore de la nature créés par les êtres vivants se rattachent à la biodiversité. Cela comprend les écosystèmes et les communautés de vie, mais aussi la diversité génétique généralement invisible à l'œil nu. La biodiversité désigne ainsi beaucoup plus que le simple nombre des espèces qui existent. Pour attirer l'attention sur la perte immense de diversité au niveau des plantes et des animaux, l'année 2010 a été proclamée par les Nations unies Année Internationale en 1992 lors de la Conférence des Nations Unies de Rio de Janeiro pour l'Environnement et le Développement (UNCED), à l'occasion de la convention sur la biodiversité (CBD – Convention on Biological Diversity). A ce jour, elle a été signée et ratifiée par 193 Etats. Cela entraîne l'obligation de droit public pour les Etats signataires de transposer les dispositions de la convention dans leur droit national.

La convention poursuit trois objectifs :

- protéger la biodiversité sous toutes ses formes
- utiliser durablement ses composantes et
- reconnaître une distribution équitable du profit tiré de l'utilisation de ses ressources génétiques.

http://www.biodiv-chm.de/konvention/F1052472545/HTML_Page104989418/

1. Parcs solaires – L'électricité de la nature

1.1. Biodiversité : la signification des parcs solaires pour la protection de la nature

La destruction des habitats est sans aucun doute l'une des principales causes de la perte de biodiversité dramatique qui a lieu actuellement. De la même manière, l'occupation des sols a aussi un impact sur la biodiversité. En d'autres termes, la diversité de l'occupation des sols peut promouvoir une diversité des espèces. C'est pourquoi la protection de la nature attache une grande importance à la conservation du paysage agricole européen traditionnel avec sa riche diversité d'habitats et d'espèces. La protection n'exclut aucunement l'exploitation. Cela étant, l'un des objectifs de la convention sur la biodiversité est donc d'harmoniser les aspects économiques et écologiques.



Les parcs solaires peuvent offrir un espace de vie à de nombreuses espèces animales et végétales menacées.

L'occupation à petite échelle des surfaces agricoles au cours du temps a progressivement donné lieu à des habitats variés pour de nombreuses espèces différentes. Sous l'angle de la protection de la nature, ce n'est pas simplement le type d'occupation des sols qui importe, mais aussi son degré de permanence. La survivance de nombreuses espèces animales et végétales dépend de l'entretien régulier de leurs habitats. En convertissant des surfaces agricoles ou d'anciennes décharges en parcs solaires, il est possible, par exemple, de créer des zones de prairies. La coupe régulière de l'herbe crée des habitats optimaux pour nombre de plantes et d'animaux. Le pâturage ou le fauchage sont des options fréquemment envisagées. Cette forme douce et extensive d'entretien des sites peut donner naissance à des habitats précieux, riches en espèces actuellement en danger ou en cours de disparition en raison de l'augmentation de la monoculture ou en raison de l'absence d'entretien.



Les modules des parcs solaires s'insèrent dans les paysages les plus divers sans les dominer. [Photo : Agence des énergies renouvelables.]

En tant qu'utilisateur de terres, le secteur solaire a aujourd'hui deux possibilités pour promouvoir et conserver la diversité biologique. Par une utilisation mesurée et prudente d'espaces de vie environnementalement sensibles et riches en espèces, il peut d'abord diminuer ou éviter des effets nocifs pour la biodiversité. Ensuite, en modifiant l'utilisation de terres exploitées intensivement, par exemple, ou d'anciens sites industriels, il peut, dans certains cas, améliorer considérablement la valeur écologique d'un site. De cette façon, les parcs solaires peuvent apporter un apport précieux à la promotion de la biodiversité de même que la production d'une énergie propre. Cela montre qu'il est possible d'exploiter les synergies entre protection du climat et protection de la nature.



Les surfaces des parcs solaires offrent des conditions idéales pour le développement de prairies riches en espèces. [Photo : Gehrlacher Solar AG]

Les parcs solaires en Allemagne – Partie intégrante de la révolution énergétique

De nombreux parcs solaires aux dimensions variées ont été construits en Allemagne ces dernières années. Les installations solaires choisies comme exemples pour le projet de biodiversité ont été construites sur différents types de sites : surfaces agricoles, décharges ou anciens sites industriels.



Parc solaire Wealtchap, Lieberose
juwi Holding, First Solar GmbH, Procon GmbH, terminé en 2009



Installation solaire du Wasserwerk (usine à eaux), Berlin-Tegel Solargruppe Nord [S.G.N.], terminé en 2009



Parc solaire de Salmdorf
Gehrlicher Solar AG, terminé en 2007



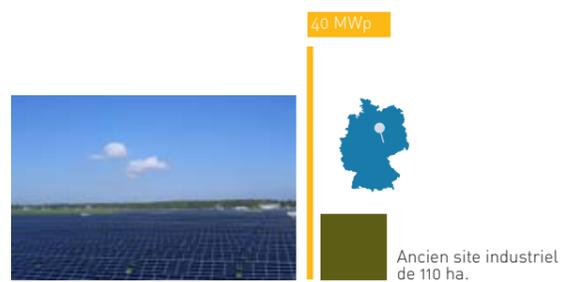
Parc solaire de Sulzemoos
Phoenix Solar AG, terminé en 2007



Parc solaire de Haunsfeld
Colexon Energy AG, terminé en 2008



Parc solaire de Lauingen
Gehrlicher Solar AG, terminé en 2010



Parc solaire de Waldpolenz
juwi Holding, terminé en 2008



Parc solaire de Fürth-Atzenhof
Ville de Fürth, terminé en 2004



Parc solaire du Schneeberger Hof
Groupe juwi, terminé en 2007



Parc solaire de Rothenburg
Gehrlicher Solar AG, terminé en 2007



Parc solaire de Hörup
Conergy AG, terminé en 2009

1.2. Parcs solaires et utilisation des surfaces en Allemagne



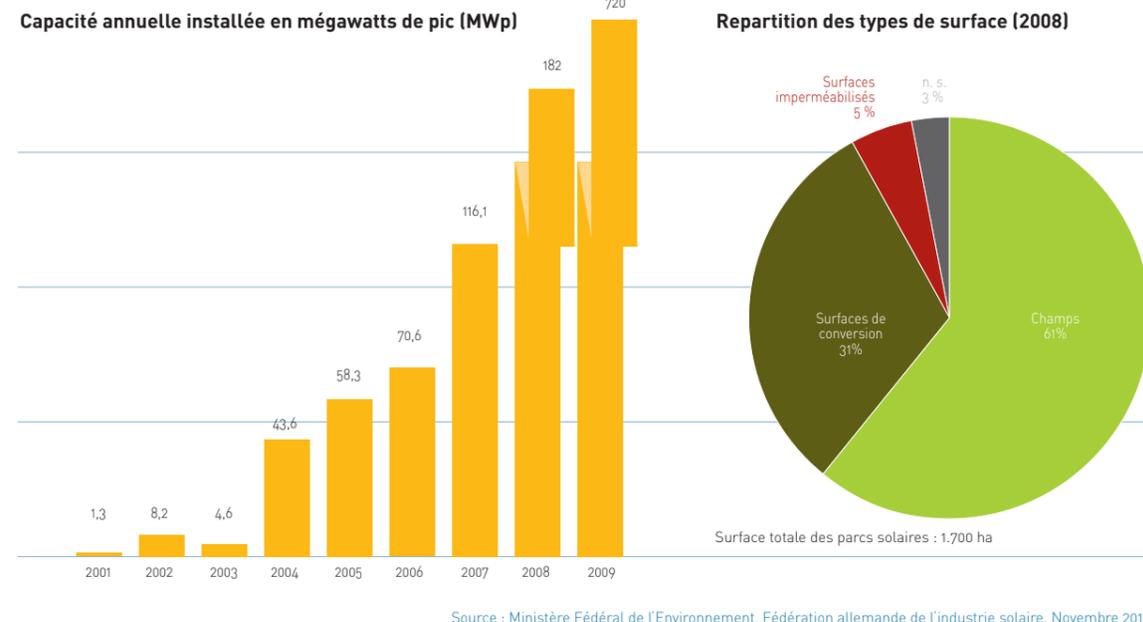
Même avec un programme d'extension ambitieux, les parcs solaires occuperont, en 2020, seulement 0,04 pour-cent de la surface totale de l'Allemagne. [Photo : Gehrlicher Solar AG]

La surface des terres utilisée pour l'agriculture en Allemagne est d'environ 18,8 millions d'hectares, ce qui représente environ 53 pour cent de la surface totale de l'Allemagne. Étant donné la faible surface occupée par les parcs solaires (fortement en-deçà des 1 pour-cent de la surface totale des sols), il ne faut pas craindre de concurrence pour les sols, y compris à l'avenir. Au contraire, il existe de bonnes opportunités pour que les parcs solaires améliorent la valeur écologique des sols. En effet, l'intensification de l'utilisation des terres agricoles a généralement conduit à un déclin sérieux de la biodiversité. Cela vaut aussi pour la conversion de friches industrielles en parcs solaires. L'ouverture de ces sites et la quantité généralement négligeable d'imperméabilisation requise pour supporter les modules solaires signifient qu'il existe un potentiel de revalorisation écologique considérable.

Les parcs solaires et d'autres technologies de production d'énergie renouvelable figurent dans la liste des coupables dans le débat sur les 100 hectares de terres allemandes consommées par jour pour l'établissement humain et les transports. Un regard sur les faits montre que pour les installations solaires au sol au moins, la proportion des terres utilisées est comparativement minuscule. Si l'énergie solaire continue à s'étendre jusqu'à environ 4 gigawatts pour les installations photovoltaïques (PV) au sol d'ici à 2020, il faudra environ 10.500 à 14.000 hectares au total pour les parcs solaires. Cela représenterait seulement 0,04 pour-cent de la surface totale des sols de l'Allemagne. Par comparaison, la consommation de terres pour les mines de lignite à ciel ouvert en 2008 s'est élevée à environ 43.800 hectares. Tout en libérant de grandes quantités de dioxyde de carbone pour la production d'électricité, l'extraction de lignite à ciel ouvert détruit de manière irréversible des paysages entiers avec des conséquences écologiques et sociales négatives. La remédiation et la restauration sont très coûteuses. Les installations solaires ne modifient le paysage, par contre, que dans une mesure limitée et peuvent être démantelées et recyclées.

En résumé, la surface utilisée par les installations solaires au sol en Allemagne est comparativement réduite et le restera à l'avenir, malgré des objectifs d'extension ambitieux.

Construction d'installations photovoltaïques au sol en Allemagne



1.3. La protection de la nature dans les dispositions légales qui régissent la construction de parcs solaires

Les problèmes de protection de la nature et de l'environnement doivent être pris en compte dès le début de la phase de planification des parcs solaires. Il existe une réglementation nationale, régionale et locale concernant les aspects de protection liés à la construction de parcs solaires. L'objectif de ces règles et réglementations est d'éviter les conflits avec la protection de la nature, d'adopter les mesures appropriées pour compenser les impacts inévitables et d'exploiter le potentiel qu'apportent des parcs solaires pour l'amélioration des conditions écologiques d'un site.

Si l'on commence par la législation nationale, la **loi allemande sur les énergies renouvelables (EEG)** représente actuellement le point de départ pour la sélection des sites. L'article 32 [3] de l'EEG (sous réserve de modifications ultérieures) prévoit la possibilité d'une rémunération (et donc l'exploitation commerciale) uniquement lorsque les installations solaires sont situées dans certaines catégories de sols. Les sites de valeur écologique ne sont pas censés être utilisés. En outre, l'EEG garantit que les pouvoirs de planification locaux conservent le contrôle en liant les parcs solaires au plan de développement local, ce qui est notamment significatif dans la perspective de la protection de la nature. Des surfaces susceptibles à la construction sont des surfaces imperméabilisées, des friches industrielles utilisés à des fins commerciales, de transport, résidentielles ou militaires, et des surfaces longeant des autoroutes ou des lignes de chemins de fer (jusqu'à une distance d'environ 100 m). Les surfaces agricoles qui ne répondent pas aux catégories ci-dessus ont été exclues en 2010 de la possibilité d'une rémunération dans la dernière modification apportée à l'EEG après des périodes de transition.

Outre l'EEG, il existe d'autres réglementations aux niveaux régional et local qui jouent un rôle dans la construction de parcs solaires.

Au niveau régional, **les plans de développement régional et d'aménagement du territoire** ont aussi un impact sur la construction de parcs solaires sous l'angle de la législation relative à la protection de la nature. Par exemple, le service commun d'aménagement du territoire pour Berlin et le Brandebourg a fait établir un rapport détaillé sur les critères régionaux pour l'identification de sites appropriés pour les parcs solaires. Des sites appropriés ont également été identifiés en Sarre. En 2009, le ministère bavarois de l'Intérieur a publié une « directive pour le traitement des installations photovoltaïques au sol dans une perspective juridique de construction et de développement au niveau régional » qui formule des recommandations correspondantes pour les autorités locales.

La sphère d'influence est la plus grande au niveau local par le biais de la planification régionale et de la planification de l'utilisation des terres. Étant donné que les installations au sol dans les zones extérieures ne sont pas privilégiées selon l'article 35 par. 1 du **code allemand de de la construction (BauBG)** un «Bebauungsplan» (plan d'aménagement local) obligatoire doit être établi pour leur construction. Il est généralement basé sur le «Flächennutzungsplan» (plan local d'urbanisme). Cela signifie que les projets doivent tenir compte des questions de protection de la nature au stade de la planification. En particulier, les instruments d'aménagement du territoire donnent l'occasion de tenir compte d'aspects de protection, e.g. le système d'habitat, intégré dans un contexte plus large et de les prendre en compte lors de l'identification des sites.

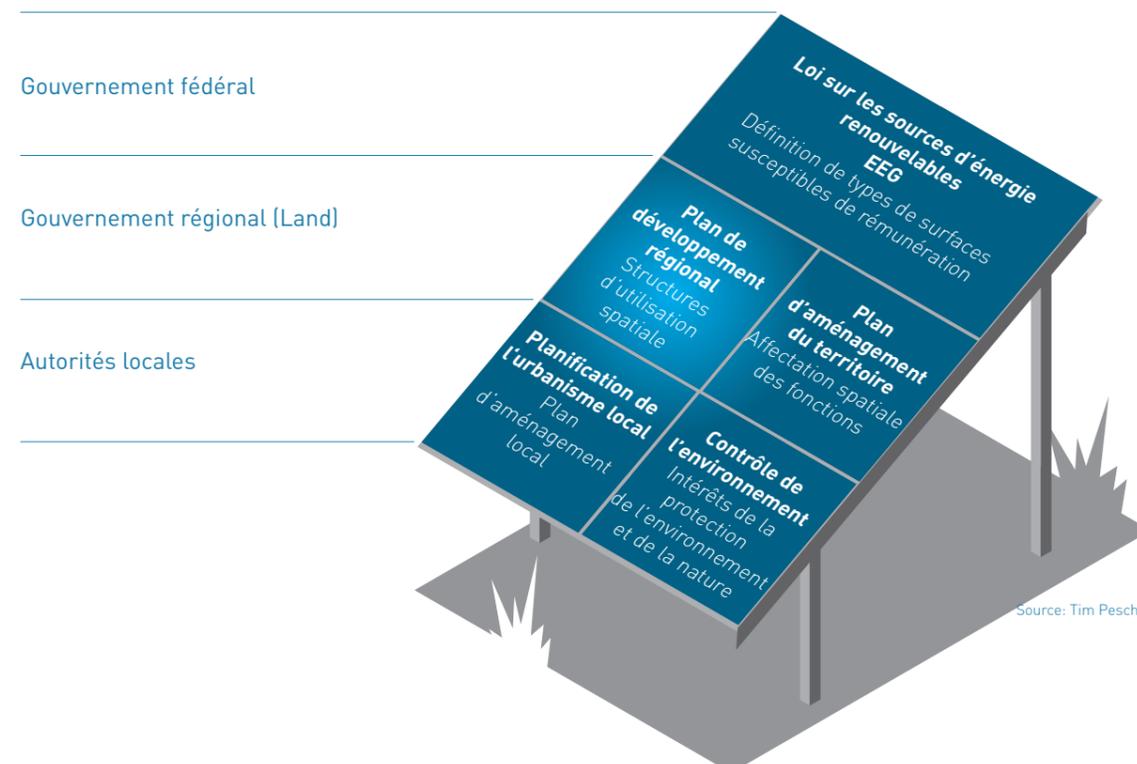
Le **rapport environnemental** exigé pour un plan d'aménagement local présente tous les problèmes environnementaux et de protection dans le cadre de la nature et est soumis aux commentaires des autorités et du public. Cela signifie que le rapport environnemental joue un rôle d'une importance vitale qui va au-delà de l'identification des impacts sur l'environnement, et ce afin de formuler des solutions individuelles, spécifiques à un site, qui aboutiront sur la mise en œuvre de mesures de formulation d'intervention et de compensation. Les parties prenantes et les experts locaux peuvent influencer le processus dans une mesure déterminante en utilisant leur connaissance des conditions locales afin d'identifier les mesures propres à protéger et à maintenir la biodiversité.

1.4. Données et études existantes sur l'importance des parcs solaires en terme de la protection de la nature

Les données disponibles sur les impacts d'installations photovoltaïques sur la biodiversité permettent de se faire une idée des problèmes essentiels et des défis méthodologiques ainsi que de certaines observations représentatives.

Le secteur photovoltaïque a étudié le sujet avec les associations de protection de la nature et cela à un stade relativement précoce. En 2005, alors que quelques douzaines de parcs seulement avaient été construits, cela a pris la forme d'un accord entre la Fédération allemande de l'industrie solaire (BSW) et la Naturschutzbund Deutschland (NABU) (Association de protection de la nature) qui établit les critères pour l'intégration des intérêts de protection de la nature lors de la sélection ainsi que lors de la conception et l'entretien des sites.

Exigences d'aménagement et exigences légales pour la sélection de sites de parcs



Ces critères ont été largement appliqués dans toute l'Allemagne et ont contribué à influencer le développement des parcs solaires allemands.

« Les critères NABU »

En 2005, la Fédération allemande pour la protection de la nature (NABU) et la Confédération fédérale de l'industrie solaire (BSW) ont établi des critères pour la construction de parcs solaires écologiques.

Points principaux :

- Absence d'interventions dans les zones protégées (préférence à donner à des sites déjà soumis à des niveaux de contrainte élevés, par exemple des surfaces agricoles exploitées intensivement ou des anciens sites industriels)
- Évaluation de la compatibilité basée sur la directive européenne Oiseaux
- Évitement de sites exposés (les installations solaires ne doivent pas dominer le paysage)
- La zone fermée des sites devrait être restreinte ($\leq 5\%$)
- Les clôtures ne devraient pas représenter un obstacle pour les petits mammifères et les amphibiens
- Les sites devraient de préférence être entretenus par le pâturage ou le fauchage, sans engrais artificiels ni pesticides
- Implication de la population locale dans la planification du projet de manière à augmenter son acceptation

a. Etudes nationales

La section qui suit fournit un aperçu des projets de recherche quant à l'importance des parcs solaires d'un point de vue de protection de la nature.

L'achèvement des premières installations solaires au sol et l'absence de recherches scientifiques sur les impacts sur l'environnement habité qui leur sont associés sur l'environnement habité a conduit l'Office fédéral allemand de la protection de la nature (BfN) à commander une étude sur les impacts de semblables projets sur la nature et le paysage. Entre 2005 et 2006, des recherches ont été exécutées sur six parcs solaires afin d'analyser leurs impacts sur la végétation, sur le paysage et sur des groupes d'animaux sélectionnés. L'étude a montré que les impacts négatifs des parcs solaires sur la nature et les paysages sont faibles. Le point clé mis en évidence par l'étude a été la prise en compte d'exigences minimales lors de la sélection de sites. La planification d'actions appropriées au préalable peut minimiser, et même complètement éviter les impacts nocifs potentiels au cours des phases de construction et d'exploitation de l'installation. L'étude a mis en évidence le fait que des parcs solaires construits sur des surfaces exploitées intensivement peuvent, en particulier, améliorer la valeur environnementale d'un site.

Le **ministère allemand de l'Environnement (BMU)** a également commandé une étude extensive des impacts écologiques de parcs solaires lorsqu'il a rédigé un rapport pour la loi sur les énergies renouvelables (EEG). Mené entre 2005 et 2007, ce projet de recherche dans le cadre d'un rapport¹ est arrivé à des conclusions similaires à celles de l'étude du BfN. Ici aussi, une importance vitale est attachée à la sélection appropriée de sites. Cette sélection au stade de l'étude préliminaire peut parcourir un long trajet pour afin de minimiser ou d'éviter des conflits pendant la phase de la construction et après celle-ci. Comme l'étude BfN, cette étude réfère à des effets positifs : les sites qui auparavant ne contenaient qu'un nombre limité d'espèces animales et végétales sont devenus des biotopes de valeur supérieure par leur conversion en parcs solaires. Ces résultats ont été utilisés pour développer un fil conducteur pour la prévision des procédures recommandées pour des évaluations de l'impact sur l'environnement lors de la planification et de l'exploitation d'installations solaires au sol.

En 2010, sur la base d'un autre projet, le ministère allemand de l'Environnement a publié de nombreuses recommandations pour l'exploitation écologique de l'énergie solaire dans une base de données d'informations portant sur les normes de protection de la nature pour des sources d'énergie renouvelables

¹ «Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen» [recherche sur le contrôle de l'effet de la loi EEG modifiée sur le développement de la production d'électricité à partir de l'énergie solaire, en particulier des installations photovoltaïques au sol]

(www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de). Ce site Web spécialisé présente des informations structurées sur les conflits d'intérêts éventuels avec la protection de la nature et identifie des solutions possibles.

b. Projets locaux

Les problèmes de protection de la nature sont étudiés plus en détail compte tenu des procédures de planification et d'approbation relatives à des projets de parcs solaires individuels. Au cours de la procédure d'approbation de parcs solaires, les autorités locales commandent de plus en plus des programmes de contrôle sur le long terme. Comme exemples, on peut citer les programmes de contrôle des parcs solaires de Lieberose (Brandebourg), du Schneeberger Hof (Rhénanie-Palatinat), de Tegel (Berlin) et de Waldpolenz (Saxe). La majorité de ces programmes contrôlent les impacts sur la vie des oiseaux. Il existe également un programme contrôlant les impacts sur la végétation et un autre sur les sauterelles.

c. Recherche internationale sur la biodiversité et les parcs solaires

Parmi les parcs solaires les plus grands au monde, beaucoup sont construits actuellement au Canada, en Italie, en Espagne, en France et aux Etats-Unis. Néanmoins, l'Allemagne continue à jouer un rôle clé. La recherche allemande axée sur une meilleure compréhension des impacts écologiques des parcs solaires a suscité un intérêt particulièrement élevé au plan international.

Le débat international est encore assez peu structuré. De nombreux exemples d'approches locales et nationales qui se concentrent sur la protection de la nature dans les parcs solaires montrent cependant que le sujet prend une importance internationale croissante. Les développements observés en France en sont un bon exemple. En France, il existe une politique pour lier le développement photovoltaïque aux normes d'environnement. Le Ministère français de l'Ecologie et du Développement durable développe actuellement des directives qui comprendront les impacts environnementaux des parcs solaires. Ces directives mettent en lumière les mesures de détail qui ont trait à la sélection du site, aux rapports environnementaux, à l'implication de groupes environnementaux locaux ainsi qu'aux exigences et aux mesures compensatoires éventuelles. Le Comité de Liaison Énergies Renouvelables (CLER) a également élaboré de concert avec d'autres organisations environnementales comme Greenpeace, le WWF et Birdlife International un catalogue de critères similaires aux critères NABU en Allemagne.

1.5. Impacts des parcs solaires sur la biodiversité

Malgré la nécessité de nouvelles recherches, les résultats existants montrent que les parcs solaires peuvent avoir un impact positif sur la biodiversité. Bien que les projets de construction impliquent toujours la perturbation de la flore et de la faune existantes, les parcs solaires sont une occasion d'améliorer la qualité des habitats pour diverses espèces animales et végétales et même pour créer de nouveaux habitats.



Contrairement à l'agriculture intensive, les parcs solaires fournissent de l'espace aux herbes riches en espèces. (Photo : Gehrlicher Solar AG)

En intégrant les sites améliorés dans un réseau de biotopes, des impacts positifs sur la biodiversité peuvent être obtenus qui vont au-delà des parcs solaires eux-mêmes. Cela s'applique, en particulier, aux surfaces agricoles précédemment défrichées et avec une diversité d'espèces limitée. Celles-ci peuvent être améliorées de manière considérable en étant converties en parcs solaires avec des herbages à l'utilisation extensive. Une occupation modifiée des sols peut aussi contribuer à diminuer les émissions de gaz à effet de serre, étant donné que les herbages agissent comme un puits de carbone. Cela représente non seulement un apport important à la protection des espèces et du biotope, mais bénéficie aussi à la protection du climat, outre l'avantage obtenu par la production écologique d'électricité solaire. Éviter d'utiliser des engrais et des pesticides diminue la pollution de l'environnement.

D'autres sites à l'importance environnementale faible (comme les zones contaminées par la pollution, les décharges et les sites contaminés d'anciennes industries) peuvent être améliorés de manière significative en étant convertis en parcs solaires. Même sur les sites à valeur naturelle élevée, les interventions au niveau des habitats de la flore et de la faune peuvent être minimisées et entraîner des résultats positifs. En général, l'observation de certaines bonnes pratiques peut augmenter significativement les opportunités d'améliorer les sites dans une perspective de protection de la nature.



Les supports de modules servent de lieux de nidification pour les oiseaux. [Photo : Blitzstrom GmbH]

Parc solaire de Lieberose – de l'énergie solaire dans un sanctuaire d'oiseaux



La huppe trouve un nouvel espace vital dans le parc solaire de Lieberose. [Photo: Steve Klasan]

L'ancien terrain d'exercice militaire de Lieberose dans le Brandebourg est un exemple précis des opportunités de protection de la nature qui peuvent être développées lorsqu'un parc solaire est construit sur un ancien site d'activités humaines. Faisant partie du sanctuaire européen des oiseaux de « Spreewald und Lieberoser Endmoräne », ce site est très important pour la protection de la nature. En même temps, en raison de son héritage militaire russe, il avait été fortement contaminé par des produits chimiques et des munitions jusqu'au début des années 1990. Cela représentait un risque grave pour les eaux souterraines. En raison de la contamination militaire, il n'était pas possible de mettre en œuvre l'entretien nécessaire pour la conservation des landes étendues. Le paysage ouvert de terrains sablonneux, d'herbages et de landes était de plus en plus menacé par une couverture boisée. Ces développements allaient également à l'encontre des objectifs de conservation de ce sanctuaire des oiseaux. Au cours de la construction et de l'exploitation du parc solaire, qui occupe près de 160 hectares, plus de 380 hectares ont été nettoyés et réhabilités, les risques de contamination pour le sol et les eaux souterraines étant supprimés. L'opération de nettoyage a éliminé la totalité des munitions sans limite en profondeur. Des tonnes de munitions, en particulier, plusieurs centaines de fûts de produits chimiques, dont certains non identifiés, ont été récupérés et éliminés.

Pour compenser les impacts négatifs de la construction et de l'exploitation de l'installation, des mesures compensatoires appropriées ont été développées conformément aux objectifs de conservation du sanctuaire et au plan de gestion associé. Les mesures compensatoires visent à conserver et à reconstruire les habitats ouverts tant sur le site de construction que sur les zones supplémentaires de compensation et d'entretien. Certains habitats forestiers ont aussi été améliorés dans le cadre du plan d'aménagement. L'élimination des munitions et les mesures prises ensuite garantissent que les objectifs de conservation du sanctuaire seront respectés sur le long terme. Cela a entraîné une amélioration de la situation de l'environnement. Les résultats préliminaires du programme de contrôle de 10 ans montrent que la qualité de l'habitat a été conservée et même améliorée sur le long terme pour des espèces d'oiseaux spécifiques, comme la rousseline, l'alouette des bois ou la huppe.

Parcs solaires – Recommandations pratiques : mesures de protection de la nature

Les parcs solaires peuvent enrichir la biodiversité. En fonction du type de site, une amélioration de la flore et de la faune sera plus ou moins facile à obtenir. Les possibilités d'amélioration peuvent être augmentées en respectant un certain nombre de mesures de protection de la nature au cours de la planification, de la construction et de l'exploitation du parc solaire.

Planification

Sélection du site :

Sous l'angle de la protection de la nature, des surfaces sans problèmes sont généralement les sites pollués d'anciennes installations industrielles, des surfaces situées le long de voies de circulation, des anciennes surfaces agricoles ainsi que des décharges et des haldes.

Prise en compte des conditions locales dans le rapport environnemental :

Le rapport environnemental identifie les mesures de protection pour la flore et la faune et fixe celles-ci en tant que précondition.

Assainissement de l'environnement et planification locale pour la création de mesures compensatoires :

Sur les surfaces d'anciennes installations industrielles, l'ouverture de surfaces lors de la construction de parcs solaires et l'élimination des pollutions anciennes peuvent notamment entraîner des améliorations considérables sur le plan d'un environnement perturbé. Dans le cadre de mesures de compensation, des zones de protection et d'entretien pour les espèces animales et végétales peuvent être mises en évidence.

Construction

Intégration de l'impact environnemental dans le processus de construction :

Un suivi environnemental continu permet d'intégrer une expertise pertinente.

Évitement d'effets de barrière par des clôtures :

Pour de grandes installations des corridors et une distance au sol correspondante permettent l'intégration du parc solaire dans l'environnement.

Évitement de l'imperméabilisation du sol :

En renonçant à des fondations, jusqu'à 99% de la surface reste ouverte.

Contribution au maintien de la diversité génétique régionale des plantes :

Si des semis et des plantations sont effectués, l'utilisation de semences indigènes et convenant pour les lieux peut promouvoir la diversité génétique régionale.

Minimisation de l'effet de toit et de miroir :

Cette influence peut être diminuée par des mesures constructives correspondantes. Les réflexions de la lumière et les effets d'aveuglement n'entraînent pas d'irritations chez les oiseaux.

Exploitation

Apprentissage par le monitoring

Des observations permanentes au niveau de la protection de la nature contribuent à améliorer les mesures futures pour la protection de la flore et de la faune.

Entretien des surfaces

Par le fauchage ou le pâturage réguliers, des espaces de vie riches en espèces peuvent être maintenus ou créés dans le parc solaire.

2. Recommendations pratiques : mesures de protection de la nature

2.1. Mesures au cours de la phase de planification

a. Pertinence de la sélection du site

Au stade de la planification, les décisions prises auront une influence significative sur la protection de la nature au cours de la construction et de l'exploitation du parc solaire. En général, les types de sites suivants sont importants pour la biodiversité et ne peuvent donc être considérés pour la production d'électricité solaire que moyennant certaines restrictions :

- Sites protégés par des conventions internationales (zones de protection spéciale pour les oiseaux Natura 2000 et zones spéciales de protection de la nature selon la directive Habitats naturels),
- Sites protégés par des réglementations nationales et régionales (p. ex. parcs nationaux, réserves naturelles, parcs naturels, selon l'article 30 de la loi allemande sur la protection de la nature, Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), et les lois régionales pertinentes relatives à la protection de la nature)
- Sites comprenant des biotopes à protection spéciale (article 30 BNatSchG ou lois régionales pertinentes relatives à la protection de la nature).

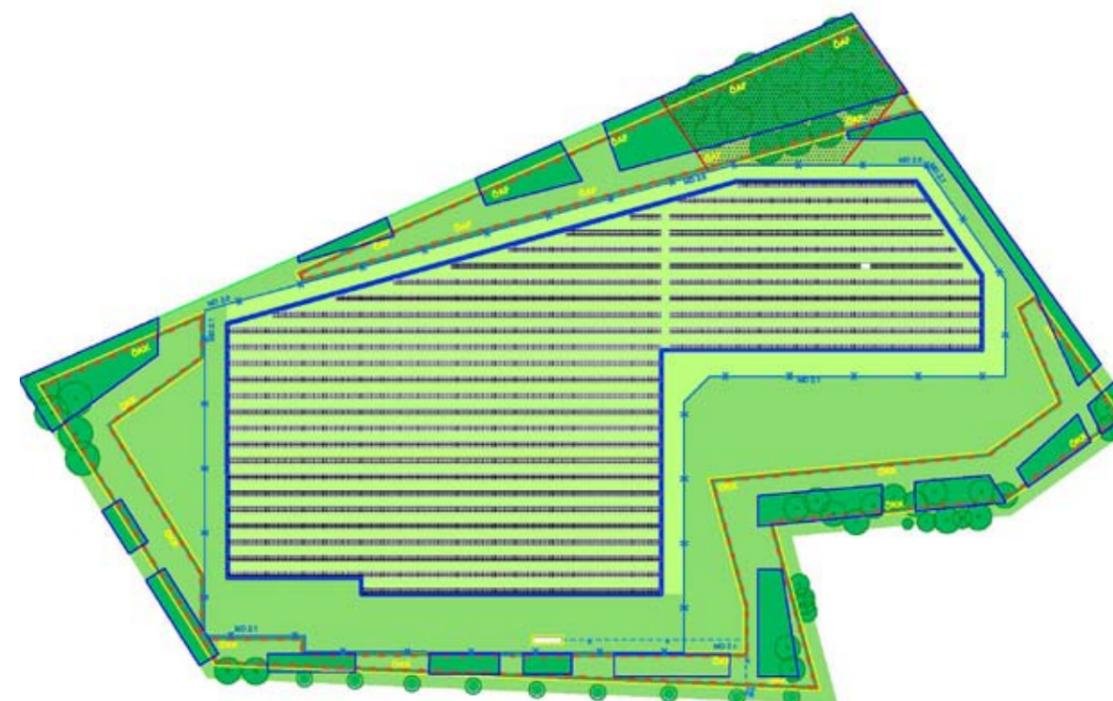
Dans certains cas particuliers, toutefois, comme celui du parc solaire de Lieberose, des projets solaires peuvent être réalisés sur de tels sites également. Toutefois, il peut être nécessaire de prévoir des coûts supplémentaires importants pour toutes les phases du projet. Les sites qui ne donnent généralement pas lieu à problèmes en termes de protection de la nature sont :

- Les anciens terrains d'activités contaminés et utilisés précédemment à des fins militaires, commerciales ou résidentielles, avec une proportion importante de zones imperméabilisées.
- Les sites longeant des itinéraires de transport majeurs (notamment les autoroutes)
- Depuis 2010, les surfaces agricoles ne constituent plus de catégorie propre dans le cadre de la Loi allemande sur les énergies renouvelables, mais elles se trouvent fréquemment le long de grandes voies de circulation
- Les décharges et les haldes ou crassiers

b. Prise en compte des conditions locales dans le rapport environnemental, la remédiation environnementale et les mesures de compensation

Dans le cadre du processus d'approbation d'un parc solaire, les autorités locales établissent un plan d'aménagement local qui comprend une évaluation de l'impact sur l'environnement. L'évaluation environnementale comprend toutes les préoccupations qui ont trait à la protection de l'environnement localement, les décrit et les évalue dans un rapport environnemental. Les autorités concernées, les groupes environnementaux et le public sont impliqués dans le processus. Il est toujours conseillé d'impliquer l'expertise des intervenants locaux en matière de protection de la nature. Cela peut jouer un rôle important s'agissant de vérifier si l'installation est conçue de manière écologique et contribue donc à augmenter son acceptation. L'évaluation de l'impact sur l'environnement fournit donc une occasion d'inclure les préoccupations environnementales dans la procédure de planification. En allant au-delà de l'identification des impacts sur l'environnement liés à la construction, il est possible de prévoir des mesures qui sont adaptées au site et qui ont un sens en termes de protection de la nature.

Un changement dans l'occupation des sols implique souvent la création de mesures pour la réhabilitation de l'environnement dans l'occupation et le développement de mesures compensatoires. Cela entraîne généralement une amélioration considérable de la qualité environnementale d'un site. Les exemples sélectionnés ci-après décrivent les mesures relatives à la protection de la flore et de la faune qui ont été incluses dans des rapports environnementaux individuels.



Installation photovoltaïque de Haar-Salmdorf – Zones végétales [Représentation non à l'échelle, illustration : Gehrlicher Solar AG].

Au cours de la phase de planification de l'installation solaire de Salmdorf près de Munich, différentes mesures de protection de la nature ont été définies dans le rapport environnemental en tant que conditions pour la construction de l'installation. A titre d'exemple, celles-ci comprennent la non-utilisation de fondations de manière à minimiser le degré d'imperméabilisation ainsi que la prescription d'une clôture en treillis métallique permettant le passage des petits animaux sauvages, comme les lièvres, les faisans et les perdrix. L'installation solaire est construite sur un ancien champ d'une superficie d'environ 6,7 hectares. La zone environnante est consacrée à une exploitation agricole intensive. La zone couverte par les modules photovoltaïques représente environ 1,1 hectare. La plus grande partie de cette zone était utilisée à cette époque comme gravière, laquelle a été ensuite comblée par des déchets de construction, des terres excavées pendant la construction de routes et des ordures ménagères. Après sa restauration avec une couche de sol arable, le site a été utilisé pour l'agriculture. Au cours de la construction du parc solaire, une prairie riche en espèces a été développée, laquelle est fauchée deux fois par an. Cela a entraîné une amélioration considérable de la qualité de l'environnement dans ce qui était auparavant un champ où les espèces animales ou végétales étaient peu nombreuses. Parallèlement à la conversion du champ en pâture extensive, de nombreuses mesures ont été mises en œuvre pour permettre une amélioration supplémentaire de la qualité de l'environnement. L'installation solaire est entourée d'une bande de quatre à huit mètres de large d'herbages bordés par des haies et des arbres. A l'extrémité nord, on trouve un taillis qui sert également de zone de compensation écologique. Les limites au sud, au sud-est et au sud-ouest sont plantées exclusivement de buissons. Près de 4.000 buissons et 30 arbres ont été plantés sur plus de 15.000 mètres carrés. En outre, deux étangs ont été creusés sur le site. La construction des étangs a représenté une étape importante pour la mise en œuvre du « plan crapaud vert » développé de concert avec la ville de Munich. Celui-ci comprend la création de sites de reproduction et l'amélioration des habitats de ces crapauds menacés d'extinction en raison des travaux de construction intensifs menés à l'est de Munich.

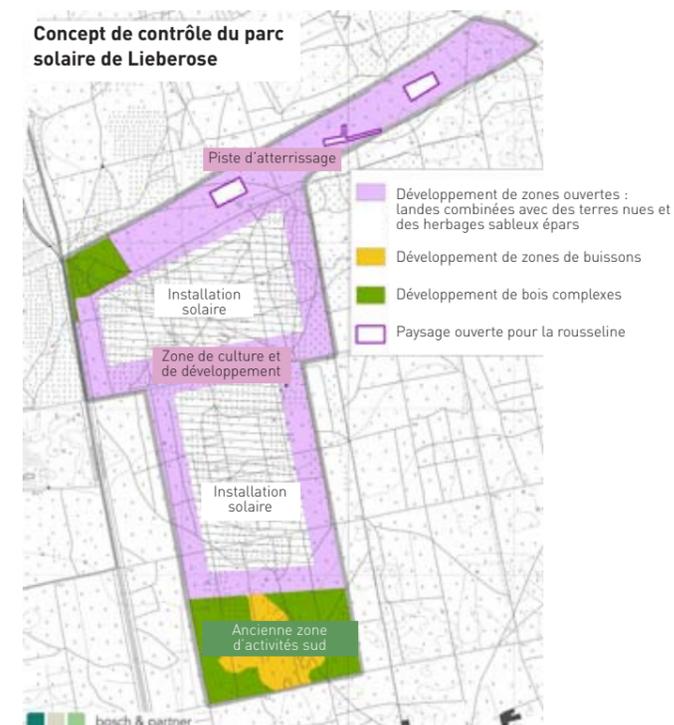


L'étang nouvellement créé sur le site de l'installation solaire de Salmdorf sert de biotope pour le crapaud vert (*Bufo viridis*) menacé d'extinction (catégorie 1 de la liste rouge). (Photos: Richard Bartz, Michael von Ferrari)

Un autre exemple est le **parc solaire de Waldpolenz**. Les critères NABU ont été pris comme base pour l'évaluation environnementale de ce qui était à l'époque le parc solaire le plus grand au monde. La minimisation de la zone imperméabilisée requise dans le rapport environnemental a été mise en œuvre. L'effet de couverture des modules représente moins de 50 pour-cent de la zone totale, conformément aux critères NABU. Le rapport environnemental prescrit que la structure herbeuse existante soit entretenue et améliorée par l'utilisation du pâturage extensif et du fauchage. Il stipule également que la clôture qui entoure l'installation ne représente pas un obstacle insurmontable pour les petits mammifères et les amphibiens.

Dans le cadre de la réalisation du **parc solaire de Sulzemoos**, en Bavière, une prévision comparative a été établie en relation avec la modification de l'état environnemental d'une surface agricole de près de 7 hectares. Une amélioration de la qualité environnementale de la zone était prévue en tant que résultante du parc solaire. Des parcelles couvrant environ 1,3 hectare ont été marquées pour les mesures compensatoires et mises en œuvre dans la zone de développement. Les côtés d'un fossé adjacent à la zone de développement ont été aplanis à des intervalles de un à trois mètres sur la moitié de la longueur pour améliorer la dynamique naturelle et la rétention de l'eau. Une bande d'environ huit mètres de large le long du fossé sert de zone de transition entre le site et la forêt proche. La zone restante a été transformée en herbage extensif. De nouvelles haies natives ont été plantées qui représentent des espaces de chasse et des lieux de nidification pour la pie-grièche écorcheuse, une espèce d'oiseau en danger.

Les zones de compensation sont particulièrement importantes pour les projets de construction dans les zones sensibles sur le plan environnemental. En général, la construction de parcs solaires sur d'anciens sites industriels peut finir par éliminer les dommages environnementaux existants en ouvrant les sites et en éliminant la contamination selon le cas. Les impacts négatifs sur le sanctuaire ornithologique européen causés par le **parc solaire de la Lieberose Heide** ont exigé des mesures compensatoires spéciales et extensives. Comme le site avait été contaminé par des matériaux militaires, la zone prévue pour le parc solaire était anciennement une zone interdite. Il s'ensuit qu'un boisement successif s'était développé avec les années, menaçant ainsi les habitats des oiseaux nichant au sol et de ceux qui dépendent de zones ouvertes à la végétation rare. En préservant et en remettant en œuvre les habitats ouverts et certains habitats forestiers sur une surface d'environ 100 hectares, le projet solaire a été en mesure de conserver l'habitat de certaines espèces d'oiseaux. Cela a entraîné une amélioration de l'état environnemental du site et signifie que l'habitat peut être préservé de manière durable pour des espèces d'oiseaux spécifiques comme la rousseline et la huppe.



Pour le parc solaire de Lieberose, des surfaces de compensation d'une superficie totale de 100 hectares ont été créées. (Illustration : Bosch & Partner GmbH).

2.2. Mesures pendant la construction

a. Planification et accompagnement écologiques de la construction (Accompagnement environnemental)

L'assurance de la qualité de l'environnement doit être prise en compte aux stades de la planification et de la procédure d'approbation, avant le début des travaux de construction. L'expert environnemental est responsable de la prise en compte de toutes les préoccupations pertinentes avant et pendant la construction, ainsi que du respect des mesures de protection définies. Cela peut éviter des dommages à l'environnement au cours de la phase de la construction. L'expert peut y arriver en participant aux réunions de construction, en conseillant la gestion de chantier et en visitant régulièrement le chantier. L'accompagnement écologique de la construction suscite la prise de conscience des problèmes d'environnement auprès des sociétés impliquées. Cela signifie qu'une série de facteurs qui pourraient avoir un effet négatif aux différents niveaux de la biodiversité peuvent être compris dans le processus de planification et être pris en compte pendant la construction.

L'encadrement écologique de la construction a été appliqué lors de la construction d'une **installation photovoltaïque sur le toit du réservoir d'eau potable de Berlin-Tegel**, une zone couverte d'habitats en prairie. Ce réservoir souterrain a environ 40 ans et est utilisé pour le stockage d'eau potable. Il s'agit d'une installation solaire montée techniquement en toiture, qui ressemble néanmoins à une installation au sol. Pour éviter d'endommager les biotopes protégés plus que cela n'est nécessaire au cours des travaux de construction, des normes particulièrement sévères ont été imposées. Au stade de la planification, la zone nécessaire aux travaux de construction a été minimisée. Le montage a été effectué à la main sans l'utilisation de machines. Les voies d'accès ont été recouvertes de géotextile afin de les protéger contre les dommages dus au piétinement. Les végétaux protégés et ceux figurant sur la liste rouge de Berlin ont été transplantés dans des endroits appropriés sur le site de l'usine à eaux de Tegel avant le début des travaux de construction.

De la même manière, avant la pose des câbles, des surfaces gazonnées ont été enlevées des zones concernées et remises en place après la pose des câbles et le remblayage des caniveaux de câbles.



Lors des travaux de construction sur le site de l'usine à eaux de Tegel, des brouettes ont été utilisées pour le transport des terres excavées. En raison de la valeur élevée de ces surfaces, des plantes protégées ont été déplacées et les surfaces ont été recouvertes de géotextile pour minimiser les dommages dus au piétinement [photo de droite .. (Photos : Tim Peschel)]

b. Évitement de l'imperméabilisation du sol



La surface imperméabilisée dans les parcs solaires est généralement négligeable. De cette manière, il reste suffisamment de place pour les plantes et pour les animaux qui aiment les espaces ouverts comme le lièvre. [Photo : Blizstrom GmbH]

La consommation de surfaces en Allemagne est actuellement de 100 hectares par jour (avec une légère tendance à la diminution). Cela représente la surface d'un carré dont les côtés seraient d'1 kilomètre ou environ 100 terrains de football. Le but indiqué du gouvernement allemand est de ramener le rythme auquel les surfaces sont imperméabilisées à 30 hectares par jour d'ici à 2020.

Chaque projet de construction implique l'imperméabilisation d'une partie des sols. Mais alors que les projets d'infrastructures comme les routes mènent à l'imperméabilisation de la totalité de la zone recouverte, la surface imperméabilisée des parcs solaires est négligeable. Dans la plupart des parcs solaires, 99 pour-cent de la surface utilisée reste ouverte et fournit donc des habitats aux espèces animales et végétales. Le faible pourcentage d'imperméabilisation signifie que les fonctions naturelles du sol sont largement conservées comme habitat pour la flore et la faune, de même que les caractéristiques de filtration et de tamponnage du sol. La surface imperméabilisée peut encore être minimisée par des fondations sur pieux en utilisant des chevilles de terre par exemple, plutôt que des fondations par gravité, comme des socles en béton circulaires ou des semelles filantes.

La pertinence de l'imperméabilisation du sol est mise en perspective sur les sites qui sont déjà concernés, comme d'anciens champs d'aviation. Par exemple, la surface de sol imperméabilisée pendant la construction du **parc solaire de Waldpolenz** a représenté moins de 0,01 pour-cent du site, qui mesurait plus de 200 hectares.

c. Minimisation des effets de couverture et de réflexion

La construction de modules solaires entraîne des modifications dans les conditions de précipitations ainsi que des effets d'ombre. L'effet de couverture et l'évacuation inégale des précipitations (pluie, neige, rosée) entraîne une modification des conditions du site, laquelle peut toutefois aussi entraîner des habitats plus diversifiés.

Une étude sur la perméabilité à l'eau des installations solaires a été menée sur le **parc solaire du Schneeberger Hof** (Rhénanie-Palatinat) en 2008. On a notamment observé que l'eau pluviale s'écoule essentiellement via les supports des modules.

En général, le taux de rétablissement de la nappe phréatique sur les surfaces accueillant des parcs solaires n'est pas influencé étant donné que la totalité des eaux pluviales s'écoule des modules inclinés pour pénétrer ensuite dans le sol. Une évaluation générale du changement des conditions de précipitation en termes de leur impact écologique n'est pas possible. Cela ne peut être exécuté que site par site étant donné que cela dépend de la qualité des surfaces utilisées. Par exemple, on a fréquemment observé qu'une partie du sol situé sous les modules solaires reste exempt de neige après une chute de neige et peut donc être utilisée par les oiseaux qui sont à la recherche de nourriture, ce qui peut être considéré comme un effet positif.



Une végétation luxuriante se forme également sous les modules. Les espaces entre les modules permettent une précipitation uniforme (Photo : Blitzstrom GmbH).

Les effets d'ombre causés par les panneaux solaires et les modifications qui en résultent pour le site sont susceptibles d'altérer la composition par espèce des habitats, notamment aux endroits secs et chauds. Aucune observation conclusive n'a encore pu être faite. Les recherches menées sur le parc solaire de Waldpolenz sur les impacts pour les populations de sauterelles n'ont pas encore permis de mettre en évidence des changements pertinents.

Un débat plus fréquent en relation avec les installations photovoltaïques est l'effet de réflexion. La réflexion de la lumière solaire par les modules peut attirer les insectes étant donné que les surfaces des modules reflètent la lumière d'une manière semblable aux surfaces d'eau réfléchissantes. Cela pourrait attirer les insectes aquatiques en particulier, et encourager un plus grand nombre de ceux-ci à pondre leurs œufs sur les modules. Ces « pièges écologiques » pourraient ensuite avoir un impact sur les populations d'insectes. Une manière simple de diminuer cet effet est d'utiliser des marquages blancs comme les résultats de recherches récentes l'ont démontré.

Des recherches sur les impacts négatifs de la réflexion de la lumière et de l'éblouissement sur les oiseaux ont été menées sur les parcs solaires de Lieberose et de Schneeberger Hof. Elles ont pu réfuter l'objection largement répandue selon laquelle les oiseaux pourraient prendre les séries de modules pour des plans d'eau et se blesser en essayant de se poser dessus. Aucun effet négatif n'a été observé pendant les programmes de suivi ou dans l'étude de 2006 menée par l'Office fédéral allemand de la protection de la nature (BfN).

d. Contribution à la conservation de la diversité génétique régionale des plantes

Des mesures compensatoires sont souvent exécutées pendant la construction de parcs solaires. Par exemple, des buissons sont souvent plantés pour fournir une couverture du sol tandis que des mélanges de semences sont semés sur des zones ouvertes. La biodiversité génétique peut être affectée par le choix des plantes utilisées à ces diverses fins.



Les parcs solaires peuvent devenir des paysages fleuris. La sélection de la semence appropriée permet de promouvoir le maintien de la diversité génétique régionale des plantes. (Photo : Gehrtlicher Solar AG)

Lors de la création d'une couverture du sol pour des parcs solaires dans la campagne ouverte, il faut faire plus que s'assurer simplement que les plantes sélectionnées sont appropriées au site, autrement dit que les exigences environnementales de la plante répondent aux caractéristiques du site. En utilisant des semences et des plantes indigènes qui sont appropriées au site et qui ont été obtenues à partir d'une région d'origine définie, il est possible de contribuer valablement à la conservation et à la promotion de la diversité génétique régionale. En fonction des objectifs du projet, il peut également être souhaitable de laisser une zone non ensemencée. Si on la laisse former sa propre couverture de sol, des espèces s'établiront d'elles-mêmes au cours des années. Ce type de couverture de sol peut être encouragé par le semis de fleurs de foin (Flores graminis) ou par l'application de tontes appropriées contenant des graines. Pour les fleurs de foin, il s'agit de ce qui a été laissé sur le sol à l'endroit où le foin a été stocké et qui contient surtout les graines tombées outre les parties de plantes.

Conservation de la diversité génétique régionale des plantes

Des graines et des plantes indigènes certifiées devraient être utilisées lors de la construction de parcs solaires. D'autres informations à ce sujet peuvent être obtenues auprès de la **Confédération allemande des producteurs de graines et de plantes sauvages** (www.natur-im-www.de) et auprès de l'Association pour la promotion des buissons et des arbres indigènes du Brandebourg (www.gebietsheimische-gehoelze.de).



Le corynéphore blanchâtre (Corynephorus canescens) préfère les paysages sablonneux ouverts comme on peut en trouver dans le parc solaire de Lieberose. [Photo : Tim Peschel].

Dans le **parc solaire de Lieberose**, aucune tentative n'a été faite pour fournir une couverture de sol après l'achèvement du parc solaire – cela de manière à garantir que la végétation qui se développait soit caractéristique de la zone. Aucune graine n'a été semée sur les espaces ouverts. Le but était de laisser se développer certains habitats, comme les landes combinées avec des terres nues et des herbages sablonneux épars.

Le **parc solaire de Rothenburg** a été construit par parties sur une surface agricole de près de 35 hectares. Après la fin de l'exploitation, une structure de végétation valable s'est développée qui est d'une importance particulière en tant qu'habitat d'approvisionnement et de nidification des oiseaux. Pour cette raison, aucune semence nouvelle n'a été semée sur ce site non plus. Au contraire, la jachère existante a été conservée.



Entre les séries de modules, un herbage souvent extensif se développe avec une diversité considérable de la faune et de la flore. [Photo : Tim Peschel].

Sur le **parc solaire de Salmdorf**, des semences appropriées au site ont été semées de manière à créer un herbage extensif sur une ancienne surface agricole. Toutes les zones à l'intérieur de l'installation, y compris les zones au-dessous des modules, ont été ensemencées avec un mélange approprié de semences de prairie et ont été gérées depuis en fauchant une ou deux fois par an. Ceci a transformé une zone précédemment pauvre en espèces en une prairie riche en espèces et à la haute qualité environnementale. Une première étude à l'été 2010 a révélé la présence de nombreuses plantes que l'on trouve normalement dans les prairies d'avoine élevée devenues rares aujourd'hui, comme par exemple la clochette des prés (Campanula patula), le géranium des prés (Geranium pratensis), la marguerite (Leucanthemum vulgare), le salsifis des prés (Tragopogon pratensis) et la sauge des prés (Salvia pratensis).

10 hectares de prairies extensives ont été également créés sur des anciennes surfaces agricoles adjacentes du **parc solaire de Lauingen** en tant que mesure compensatoire. Les graines utilisées étaient appropriées pour le site et certifiées comme provenant d'une région d'origine définie avec des planteurs impliqués dans leur culture ou leur propagation. Cela signifie qu'elles répondent aux exigences de protection de la nature les plus sévères et contribuent à la conservation de la biodiversité régionale.

e. Éviter les effets de barrière causés par les clôtures



Les clôtures sont nécessaires, d'une part, en tant que limites techniques de sécurité mais devraient, d'autre part, permettre le passage suffisant des petits animaux. [Photo : First Solar GmbH]

Les zones occupées par des parcs solaires sont souvent clôturées pour des raisons de sécurité. L'objectif devrait être si possible d'éviter de clôturer des zones extérieures. Comme solution de rechange, des passages réguliers et une distance du sol d'au moins 10 à 15 cm sous la clôture peuvent conserver les relations fonctionnelles naturelles entre l'installation solaire clôturée et la zone environnante. Une clôture de ce type ne représente plus un obstacle pour les grands ou les petits animaux. Les grands parcs solaires, en particulier, devraient essayer d'obtenir cela par l'utilisation de clôtures sans risques pour la faune. Cela permet à des mammifères plus grands, en particulier, de traverser la zone occupée par une installation solaire au sol et évite le morcellement des habitats ainsi que l'isolation et la fragmentation des populations animales que cela entraîne.

En raison de la taille du parc solaire de Lieberose et pour conserver un itinéraire utilisé historiquement par le cerf, la zone de développement initiale a été subdivisée en deux sections distinctes, ce qui a permis la création d'un couloir pour la faune. En outre, un espacement approprié de 10 cm sous la clôture permet aux petits animaux et aux amphibiens de passer et évite ainsi de morceler leurs habitats.

2.3. Mesures pendant le fonctionnement de l'installation

a. Accumulation de connaissances par un suivi sur le long terme



Le suivi permet d'améliorer les mesures de protection de la nature dans les parcs solaires. [Photo : First Solar GmbH].

Des recherches scientifiques sont menées sur plusieurs années pour documenter les impacts des parcs solaires sur l'environnement habité et pour démontrer et suivre l'efficacité des mesures compensatoires. Le suivi est un outil nécessaire et efficace qui peut répondre aux questions qui ont trait à la protection de la nature et établir des déclarations informées sur les impacts écologiques des parcs solaires. Le suivi n'est pas un moyen direct de conserver la biodiversité, mais il permet de vérifier les mesures entreprises et peut donc fournir des informations pour le développement de ces mesures. Un suivi continu et systématique sur des périodes prolongées permet de tirer des conclusions fiables sur l'influence de certains facteurs environnementaux sur la vie animale et végétale.



La surface plane verte sur le réservoir d'eau pure de Berlin – Tegel représente un biotope particulier avec ses prairies sèches de sable et de friche protégée. [Photo : First Solar GmbH]

Une étude scientifique a commencé en été 2009 alors que **l'installation photovoltaïque de l'usine à eaux de Tegel - Berlin** était toujours en cours de construction. Le site comporte certains biotopes protégés et l'on suspectait qu'il y aurait un changement des conditions de lumière et d'eau, en particulier au voisinage immédiat des modules photovoltaïques. Un programme de suivi a donc été créé en 2009 pour une période de cinq ans (2009-2013). L'objectif est de mener une étude scientifique sur les impacts des parcs solaires sur des biotopes d'herbages protégés.

Le **parc solaire de Lieberose** est situé dans une zone européenne de protection des oiseaux (Zone SPA). Pour observer les impacts de la construction et de l'exploitation du parc solaire et des mesures compensatoires programmées sur les objectifs de conservation et les espèces animales, un programme de suivi a été mis sur pied. Celui-ci a commencé par l'enregistrement de la population des oiseaux avant le début de la construction. Les études sont poursuivies régulièrement et couvrent une période de dix ans. Si les résultats de l'étude identifient un besoin d'action au cours de cette période, de nouvelles mesures seront programmées pour protéger les oiseaux. Les premiers résultats montrent que les mesures compensatoires ont été couronnées de succès en compensant des pertes de lieux de nidification de la rousseline, une espèce d'oiseau fortement en danger dans le Brandebourg (catégorie 2 sur la liste rouge).



Le pipit rousseline adapté aux espaces ouverts apprécie particulièrement les parcs solaires. [Photo : Steve Klasan]

L'approbation officielle du **parc solaire de 40 MW de Waldpolenz** construit sur 110 hectares sur l'ancien champ d'aviation proche de Brandis, en Saxe, en 2007, a stipulé un programme de suivi de neuf ans qui a commencé avant le début de la construction. Les données de ce suivi sont utilisées comme base pour vérifier et modifier les mesures compensatoires spécifiées ainsi que pour documenter les changements éventuels apportés aux populations étudiées d'oiseaux et de sauterelles à la suite de l'installation solaire. Les recherches menées jusqu'ici ne montrent pas de modifications pertinentes des groupes d'espèces.

b. Conservation et entretien environnementaux des surfaces

En raison de leur emplacement, les parcs solaires à l'intérieur des terres comprennent souvent des habitats ouverts sans arbres ni buissons. L'entretien extensif régulier exigé pour ces zones de prairies ouvertes peut créer des habitats précieux et riches en espèces. Un certain nombre d'espèces animales et végétales dépendent de l'entretien régulier de leurs habitats si elles veulent survivre.



Pour conserver les surfaces ouvertes, les zones vertes entourant les installations solaires doivent être fauchées régulièrement. [Photo : Blitzstrom GmbH].

Sur le **parc solaire de Fürth-Atzenhof**, les herbages sont maintenus et conservés par un berger qui fait paître ses moutons sur le site deux fois par an. Sans ces mesures, buissons et arbres feraient leur apparition sur la totalité du site et les plantes qui aiment la lumière disparaîtraient. L'installation solaire de 1 hectare a été construite en 2003 sur la pente sud de l'ancienne décharge municipale. Des recherches menées en 2009 ont révélé une diversité étonnante d'espèces végétales. Au total, 254 types de fougères et de plantes florales ainsi que 30 types de mousse ont été répertoriés. Sur les plantes trouvées sur la colline, 23 espèces figurent sur la liste rouge au niveau régional, national ou international.



Le pâturage par les moutons offre une possibilité de préserver la nature, de préserver les surfaces contre la prolifération des buissons et des arbres, comme ici sur le site solaire d'Alzenhof (Photo : ville de Fürth).

Alors qu'un fauchage une ou deux fois par an est suffisant pour conserver la diversité des espèces locales dans le **parc solaire de Salmdorf**, le **parc solaire de Lieberose** exige un entretien plus élaboré. Les mesures d'entretien et de conservation régulières exécutées pendant la construction et le fonctionnement de l'installation solaire garantissent la conservation de landes à haute valeur naturelle et d'habitats de prairies ouvertes qui étaient gravement menacés par des espèces ligneuses. Les mesures sont exécutées entre les modules solaires et sur les surfaces non cultivées à l'intérieur du site, ainsi que sur les sites d'anciennes activités à l'extérieur. Les mesures comprennent l'entretien extensif des zones entre les modules et au-dessous de ceux-ci ainsi que l'enlèvement régulier des jeunes arbres et buissons. Cela conserve l'habitat pour les espèces d'oiseaux rares qui y vivent, comme la huppe.

Le caractère ouvert et semi-ouvert du site du **parc solaire de Waldpolenz** et sa diversité structurelle (dont des études ont permis de déterminer qu'il était particulièrement valable, en particulier pour les oiseaux comme le tarier des prés) aurait été perdu sans les mesures d'entretien et sans un pâturage extensif. Ces mesures sont conçues d'abord pour conserver la végétation qui s'est développée sur cet ancien champ d'aviation. Tout en conservant les zones qui sont importantes pour la flore et la faune, les zones de faible valeur ont été améliorées en termes de protection de la nature par des mesures d'entretien extensives et par des mesures de plantation ponctuelles. Les zones d'herbages de 121 hectares qui entourent le parc solaire sont entretenues de manière à conserver les structures d'herbage épars au moyen de leur pâturage par des moutons sur les zones de compensation et par le fauchage deux fois par an avec évacuation des tontes.

3. Annexe

Mesures pour améliorer la qualité environnementale des opérations de planification et de construction (selon ARGE* 2007b, révisées)

Mesure de protection	Effet	Pertinence
Utilisation de sites écologiquement sans problème (p. ex. surfaces agricoles à exploitation intensive, anciens sites industriels contaminés, décharges, crassiers ou haldes)	Éviter d'utiliser des sites à valeur naturelle élevée	Sites à valeur naturelle élevée
Recours à des experts pour le suivi écologique de la construction	Recours aux connaissances d'experts pour minimiser ou éviter les impacts négatifs sur la flore, la faune et l'environnement	Sites écologiquement sensibles
Utilisation de véhicules qui ne compriment pas trop le sol ; arrêt des activités de construction en cas d'humidité persistante	Éviter de compacter le sol, ce qui modifie les conditions du site (p. ex. humidité stagnante) et peut avoir des effets indésirables sur les conditions d'habitat	Sols cohésifs (argile, sols limoneux)
Restriction des impacts des travaux de construction par la prévision de routes d'accès sans risques pour les surfaces et la limitation des dimensions du chantier	Conservation des habitats et minimisation des impacts négatifs sur les espèces et les communautés vivantes	Tous les sites
Utilisation de substrats non contaminés appropriés pour le site	Éviter de modifier les conditions sur place ou l'introduction d'espèces étrangères	Tous les sites
Diminution de l'éclairage extensif dans toute la mesure du possible ; limitation des périodes d'éclairage	Éviter la mise en danger d'insectes à protéger	Tous les sites
Minimisation des zones clôturées ; création de corridors par subdivision du site et/ou aménagement de dégagements appropriés en dessous des clôtures	Éviter de morceler les habitats ainsi que l'isolement et la fragmentation de populations animales et d'habitats que cela entraîne	Tous les sites
Minimisation de l'imperméabilisation du sol (p. ex. en utilisant des ancrages ponctuels comme des chevilles de terre ou des poteaux chassés dans le sol)	Éviter de détruire les habitats par la fermeture du sol	Tous les sites
Économie d'espace ou distance par rapport à des habitats de haute valeur ; transplantation ou déplacement d'espèces et de groupes affectés	Éviter les changements de site ou les destructions par une construction / un ombrage excessifs, qui entraînent un changement dans la composition des espèces animales et végétales (en particulier sur des sites chauds et secs)	Espèces et habitats de sites correspondants (p. ex. gazon sec, insectes)
Optimisation des caractéristiques de réflexion des installations ; distance par rapport à des surfaces aquatiques pertinentes	La minimisation des réflexions entraîne une diminution de l'attractivité pour les insectes aquatiques en particulier	Sites proches de pièces d'eau avec des populations d'insectes aquatiques
Utilisation de semences et de plantes certifiées	Conservation et promotion de la biodiversité, y compris à un niveau inférieur à l'espèce	Tous les sites dans la campagne ouverte (zone extérieure)

* Groupe de travail pour le suivi des installations PV

Aspects liés à la protection de la nature dans le rapport environnemental (selon ARGE 2007b, révisées)

Contenus nécessaires du rapport environnemental	
Introduction	Présentation succincte du contenu et des objectifs principaux du plan d'utilisation des sols, y compris une description des énoncés du plan avec des détails sur les sites, le type et les dimensions ainsi que les exigences en surfaces et en sols du projet
	Présentation des objectifs de protection de l'environnement stipulés par les lois et les plans pertinents qui s'appliquent au plan d'utilisation des sols et la manière dont ces objectifs et les préoccupations en matière d'environnement ont été pris en compte lors de la préparation du rapport
Corps	Inventaire de l'état de l'environnement actuel, y compris des caractéristiques environnementales des zones qui sont susceptibles d'être influencées substantiellement
	Prévision de l'évolution de l'état de l'environnement si le projet est exécuté et s'il n'est pas exécuté (« option zéro »)
	Mesures programmées pour éviter, réduire et compenser les impacts négatifs éventuels
Données supplémentaires	Présentation d'options de planification alternatives éventuelles, compte tenu des objectifs et des zones géographiques du plan d'utilisation des terres (« solutions de rechange conformes au plan »)
	Description des principales caractéristiques des méthodes techniques utilisées pour l'évaluation de l'environnement et références aux difficultés survenues lors de la composition des données (p. ex. lacunes techniques ou connaissances absentes)
	Description des mesures programmées pour le suivi des principaux impacts de l'exécution du plan d'utilisation des terres sur l'environnement
	Résumé des informations exigées intelligible pour le grand public

Recherches et autres informations sur l'impact écologique des parcs solaires :

- Étude de l'Office fédéral allemand de la protection de la nature (BfN) : « Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freiland-Photovoltaikanlagen », 2006. Le rapport final a été présenté en 2009 et illustre l'impact des installations PV au sol sur l'environnement naturel et le paysage : www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript247.pdf
- Ministère fédéral de l'Environnement de la Protection de la Nature et de la Sécurité nucléaire (BMU) / ARGE : Suivi des parcs solaires (« Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen ») 2007.
- Guide BMU concernant les parcs solaires au sol : « Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen » : www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/images/literatur/pv_leitfadent1j.pdf
- Base de données d'information du BMU sur la norme de protection de la nature pour les sources d'énergie renouvelables 2010 : Projet financé par le BMU pour l'établissement de normes environnementales en vue de l'utilisation des surfaces pour les énergies renouvelables : www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de

Sources (certaines sont inédites)

- Altmeier, E. 2006: « Bebauungsplanverfahren Energiepark Waldpolenz. 1. Änderung des Flächennutzungsplanes der Gemeinde Bennewitz ». rapport environnemental selon la section 2 (4) BauGB. daté : 15.06.2010
- Groupe de travail pour le suivi des installations PV (ARGE) 2007: « Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen ». Publié par le BMU
- Plan de développement local n° 15 pour le parc solaire de Haunsfeld II 2008: Rapport d'environnement. Extrait
- Plan de développement local n° 182 pour l'installation PV de Haar-Salmdorf 2007: Termes de référence et justification
- Plan de développement local pour le parc solaire de Helmeringen III 2010: Rapport environnemental, Extrait
- BMU 2009: « Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen » 2009: http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/35964.php
- Bosch & Partner, Gotze RAe & Solar Engineering Decker & Mack 2009: « Erarbeitung von Grundlagen zur regionalplanerischen Steuerung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen am Beispiel der Region Lausitz-Spreewald »
- Bosch & Partner 2007: « Vorhabenbezogener Bebauungsplan Fotovoltaik-Solarpark „Turnow-Preilack », rapport environnemental.
- Bosch & Partner en collaboration avec RANA, 2009: « Solarpark Turnow-Preilack ». Rapport de suivi de construction écologique et résultats du suivi pour 2009
- Büro Knoblich 2009: « Energiepark Waldpolenz, Brandis ». Résumé des résultats du suivi pour 2009. Rapport inédit, 8 pages.
- Büro für Landschaftsökologie und Geoinformation 2009 : « Suivi des oiseaux qui couvent et migratoires sur une installation PV au Schneeberger Hof, Donnersbergkreis ». Rapport provisoire pour 2009. Rapport inédit
- Büro für Landschaftsökologie und Geoinformation 2007 : « Suivi des oiseaux qui couvent et migratoires sur l'installation PV au Schneeberger Hof, Donnersbergkreis », Rapport provisoire pour 2007. Rapport inédit, 12 pages
- Comité de Liaison Energies Renouvelables (CLER) en collaboration avec d'autres organisations environnementales : <http://www.cler.org/info/spip.php?article8429>
- « Erarbeitung von Grundlagen zur regionalplanerischen Steuerung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen am Beispiel der Region Lausitz-Spreewald » 2009: http://gl.berlin-brandenburg.de/imperia/md/content/bb-gl/energie/gutachten_endbericht.pdf
- Municipalité de Sulzemoos 2007: « Vorhabenbezogener Bebauungsplan Sulzemoos, Freiflächenphotovoltaikanlage ». Plan de construction, texte de référence, justification

- Municipalité de Sulzemoos 2007: « Anlage zum vorhabensbezogenen Bebauungsplan Sondergebiet Freiflächenphotovoltaikanlage ». Rapport environnemental
- Gutschker, J. 2008: « Erläuterungsbericht zur Erfassung von Niederschlagsdurchlässigkeit von Solaranlagen am Beispiel der Freiflächen-Photovoltaik-Anlage Gerbach, Donnersbergkreis », Rapport inédit
- Hellwig, H. 2009: « PVA Wörrstadt. Umsetzung und Zustandsbericht der Kompensationsmaßnahmen ». Rapport inédit
- Herden, C., Rasmussen, J. & B. Gharadjedaghi 2009: « Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen » (Rapport final, 2006). BfN Skripten 247
- Horvath, G., Blaho, M., Egri, A., Kriska, G., Seres, I. & Robertson 2010, « Réduction de l'attractivité mal adaptée des panneaux solaires pour les insectes polarotactiques.
- Jessel, B. 2009: « Kulturlandschaften im Klimawandel - Herausforderungen für den Naturschutz ». Garten + Landschaft 3
- Guide du ministère bavarois de l'Intérieur concernant les installations PV au sol 2009: http://www.regierung.oberpfalz.bayern.de/leistungen/landesplanung/photovoltaik/ims_pv091119.pdf
- « Leitfaden zur Zulassung von Photovoltaik-Freiflächen-Anlagen: Anregungen für Gemeinden » : <http://www.solarinitiativen.de/LeitfadenFreiflaechenanlagen.pdf>
- « Naturschutzstandards Erneuerbare Energien » 2010: <http://www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/>
- Natur und Landschaft 2010: Schwerpunkt: « Das 2010-Ziel zur Erhaltung der Biodiversität ». 85 [7]
- Solar Power Turnow GmbH & Co. KG. 2010: « Maßnahmenkonzept », Rapport inédit.
- Solarwirtschaft (UVS) und Naturschutzbund NABU : <http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/1.pdf>
- Stapff, M. & Th. Kronert 2008: « Faunistisches Sondergutachten. Vorgezogenes Monitoring der Avifauna auf Teilflächen des Energieparks Waldpolenz ». Rapport inédit commandé par juwi solar GmbH
- UVS /NABU 2005: « Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen ». Accord entre UVS et NABU
- Wartner, H. 2009: « Solarparks - vom Umgang mit technischen Anlagen in der Landschaft ». Garten + Landschaft 3

**Agence allemande
des énergies renouvelables**

Reinhardtstr. 18

10117 Berlin

Tél.: +49 30-200535-3

Fax: +49 30-200535-51

kontakt@unendlich-viel-energie.de

ISSN 2190-3581