

# Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme

---

Guide de classification des projets et définition de l'agrivoltaïsme

---

Juillet  
2021



CLÉS POUR AGIR

## REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce guide souhaitent remercier les membres du comité d'experts et du comité de pilotage pour leurs contributions tout au long de cette étude, mais aussi tous les acteurs ayant pris part, de près ou de loin, à leurs réflexions et à leurs travaux même s'ils ne sont pas cités ci-dessous.

### **Comité de pilotage :**

Julie Beelmeon (MTES – DGEC)  
Maxence Chatelet (MTES – DHUP)  
Vincent Delporte (MTES – DGEC)  
Agnès Desoindre (MAA – DGPE)  
Isabelle Feix (ADEME)  
Céline Mehl (ADEME)  
Léa Molinié (MAA – DGPE)  
Rodolphe Morlot (ADEME)  
Jean-Michel Parrouffe (ADEME)  
Léa Peltret (MAA – DGPE)  
Nicolas Tonnet (ADEME)

### **Comité d'experts :**

Claude Baurry (Chambre agriculture des Bouches du Rhône)  
Hakima Bechoua (DRAAF Occitanie)  
Nelsie Berges (SER)  
Nicolas Berghmans (IDDRI)  
Véronique de Billy (OFB)  
Yves le Bissonnais (INRAE)  
Aimé Bosq (Enerplan)  
Isabelle Botrel (SAFER Occitanie)  
Pierre-Emmanuelle Bournet (Agrocampus Ouest)  
Marie Buchet (SER)  
Alice Brasquies (AREC Occitanie)  
Régis le Carlier (Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor)  
Enzo Casnici (Chambre d'agriculture ARA)  
Bruno Charpentier (DREAL Bourgogne)  
Virginie Charrier (La Coopération Agricole)  
Pascal Chaussec (APEPHA)  
Bruno Cheviron (INRAE)  
Dorothée Cocozza (SAFER ARA)  
Auréline Doreau (Ecole Nationale Supérieure du Paysage)  
Jeanne Dupas (HESPUL)  
Christian Dupraz (INRAE)  
Samy Engelstein (SER)  
Isabelle Feix (ADEME)  
Hervé Flament (SAFER Occitanie)  
Lola Godet (Chambre d'agriculture AURA)  
Claire Goillon (APREL)  
Ariane Grisey (CTIFL)  
Raphaël Gros (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie)  
Jean-Marc Hamon (La Coopération Agricole)  
Léonard Jarrige (Assemblée permanente des Chambres d'Agriculture)  
Philippe Lauraire (SAFER PACA)  
Anne-Laure Laroche (ASTREDHOR)  
Bertrand Laroche (INRAE)  
Richard Loyen (Enerplan)  
Christophe Maillet (SAFER)  
Joris Masafont (ADEME)  
Simon Miquel (DRAAF Occitanie)  
Bernard Moury (DDTM de l'Hérault)  
Luc Petitpain (DREAL PACA)  
Andreas Rudinger (IDDRI)  
Anne-Sophie Servan (FNSAFER)  
Marc Varchavsky (CER France)

## CITATION DE CE RAPPORT

ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétiac. 2021. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme – Guide de classification des projets et définition de l'agrivoltaïsme. 67 pages. Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

### Ce document est diffusé par l'ADEME

#### **ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 19MAR000225

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : I Care & Consult, Ceresco, Cétiac

Coordination technique - ADEME : MEHL Céline & TONNET Nicolas

Direction/Service : Direction Bioéconomie et Energies Renouvelables (DBER) / Service Réseaux et Energies Renouvelables

# SOMMAIRE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>GLOSSAIRE .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>CLES DE LECTURE DU DOCUMENT .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1. CONTEXTE DE L'AGRIVOLTAÏSME .....</b>   | <b>10</b> |
| 1.1. Des objectifs de développement ambitieux pour l'énergie solaire.....                                     | 10        |
| 1.2. Des difficultés économiques croissantes pour les exploitations agricoles.....                            | 10        |
| 1.3. Une Surface Agricole Utile (SAU) française en baisse depuis les années 1990.....                         | 11        |
| 1.4. Un cadre réglementaire du photovoltaïque protégeant les terrains agricoles.....                          | 12        |
| 1.5. Des jurisprudences qui se développent.....   | 13        |
| 1.6. Une nouvelle notion : l'agrivoltaïsme .....  | 14        |
| <b>2. METHODOLOGIE .....</b>  | <b>14</b> |
| 2.1. Présentation des grandes étapes de l'étude.....  | 14        |
| 2.2. Etat de l'art du photovoltaïque sur terres agricoles.....  | 15        |
| 2.3. Enquête de terrain et retours d'expériences.....   | 15        |
| <b>3. ENSEIGNEMENTS DE L'ETUDE .....</b>  | <b>17</b> |
| 3.1. Résultats majeurs de l'état de l'art bibliographique.....  | 17        |
| 3.2. Résultats majeurs issus de l'enquête de terrain.....   | 19        |
| <b>4. ELABORATION D'UN GRADIENT DE CLASSIFICATION DES PROJETS PHOTOVOLTAÏQUES SUR TERRAINS AGRICOLES.....</b> | <b>19</b> |
| 4.1. Approche méthodologique .....  | 19        |
| 4.2. Critères de qualification de la synergie agricole .....  | 21        |
| 4.2.1. Critère n°1 - Services apportés à la production agricole.....  | 21        |
| 4.2.2. Critère n°2 - Incidence sur la production agricole.....  | 23        |
| 4.2.3. Critère n°3 - Incidences sur les revenus de l'exploitation agricole.....                               | 28        |
| 4.3. Gradients de classification des projets.....   | 32        |
| <b>5. DEFINITION DE L'AGRIVOLTAÏSME .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>6. CRITERES D'ATTENTION SUR LES RISQUES EVENTUELS ET LES EXTERNALITES POSITIVES DES PROJETS .....</b>      | <b>36</b> |
| 6.1. Critère lié à la vocation et à la pérennité du projet agricole.....                                      | 36        |
| 6.1.1. Prise en compte des besoins de l'agriculteur.....  | 36        |
| 6.1.2. Participation capitalistique de l'agriculteur dans le projet.....                                      | 37        |
| 6.1.3. Information et accompagnement de l'agriculteur.....  | 38        |
| 6.1.4. Présence d'une zone témoin avec suivi agricole .....   | 38        |
| 6.1.5. Proportion de surface sous projet photovoltaïque.....  | 38        |
| 6.1.6. Valeur du foncier et transmissibilité de l'exploitation.....   | 38        |



|   |           |
|---|-----------|
| 6.2. Critère lié à la réversibilité du projet.....                              | 39        |
| 6.2.1. Réversibilité technique.....   | 39        |
| 6.2.2. Réversibilité contractuelle.....   | 39        |
| 6.3. Critère lié à l'adéquation territoriale du projet.....                     | 40        |
| 6.4. Critère lié à l'impact du projet sur les sols.....                         | 41        |
| 6.4.1. Diminution de la surface exploitable.....                                | 41        |
| 6.4.2. Changement d'usage des sols.....   | 41        |
| 6.4.3. Impacts sur la qualité des sols.....                                     | 42        |
| 6.5. Critère lié aux impacts environnementaux et paysagers du projet.....       | 43        |
| 6.6. Critère lié à l'adaptabilité du système photovoltaïque.....                | 44        |
| 6.7. Critère lié à la flexibilité technique du système photovoltaïque.....      | 44        |
| <b>7. SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS.....</b>                                     | <b>45</b> |
| 7.1. Recommandations à destination des pouvoirs publics.....                    | 45        |
| 7.1.1. Recommandations sur l'amélioration et la recherche en connaissances..... | 45        |
| 7.1.2. Recommandations sur l'autorisation des projets.....                      | 46        |
| 7.1.3. Recommandations sur l'instruction des projets.....                       | 47        |
| 7.2. Recommandations à l'intention des porteurs de projet.....                  | 48        |
| 7.2.1. Phase de conception.....   | 48        |
| 7.2.2. Phase exploitation.....  | 50        |
| 7.3. Temporalité des recommandations.....                                       | 50        |
| <b>CONCLUSIONS.....</b>   | <b>51</b> |
| <b>INDEX DES ILLUSTRATIONS.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>SIGLES ET ACRONYMES.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>ANNEXE A : EXEMPLES D'UTILISATION DU GRADIENT.....</b>                       | <b>54</b> |

## RÉSUMÉ

Le développement des énergies renouvelables au sein du secteur agricole est aujourd'hui une ambition partagée pour permettre d'atteindre les objectifs fixés par la loi de transition énergétique. Toutefois, ce développement dans le secteur agricole, y compris celui du photovoltaïque, ne peut se faire sans tenir compte de la nécessité de préserver les sols agricoles.

En réponse à ces enjeux, la notion « d'agrivoltaïsme », qui qualifie le couplage d'une production photovoltaïque secondaire à une production agricole principale avec une synergie de fonctionnement démontrable, a émergé au sein de la filière photovoltaïque française.

Au regard de l'intérêt croissant lié à ce nouveau secteur de marché pour le photovoltaïque, cette étude vise à caractériser les projets photovoltaïques sur terrain agricole et à définir précisément cette notion d'agrivoltaïsme. Elle s'est basée sur un état de l'art bibliographique, des entretiens avec des agriculteurs et développeurs et l'expertise d'un comité d'experts, constitué spécifiquement pour suivre ces travaux.

Ce rapport est l'un des quatre documents produits dans le cadre de l'étude, avec un état de l'art bibliographique, un recueil de retours d'expérience et un résumé exécutif. Il propose un cadre de classification de tous types de projets photovoltaïques sur terrains agricoles, à partir d'une sélection de critères et de points d'attention détaillés. Sur cette base, une définition de l'agrivoltaïsme a pu être formalisée. Enfin, ce guide propose des recommandations à destination des pouvoirs publics et des porteurs de projet pour le déploiement de ces projets photovoltaïques sur terrains agricoles, mais également pour l'enrichissement des connaissances à ce sujet et le partage de bonnes pratiques.

## ABSTRACT

The development of renewable energies in the agricultural sector is now a shared ambition in order to achieve the objectives set by the Energy Transition Act. However, this development, including photovoltaics, cannot be done without taking into account the need to preserve agricultural land. In response to these challenges, the notion of "agrivoltaics", which qualifies the coupling of a secondary photovoltaic production to a main agricultural production with a demonstrable operating synergy, has emerged within the French photovoltaic sector.

In view of the growing interest linked to this new market sector for photovoltaics, this study aims to characterize photovoltaic projects on agricultural land and to define precisely this notion of agrivoltaics. It was based on a bibliographic review, interviews with farmers and photovoltaic developers, and the involvement of a committee of experts specifically set up to monitor this work.

This report is one of four documents produced as part of the study, along with a bibliographic review, a collection of feedback and an executive summary. It offers a classification framework for photovoltaic projects on agricultural land, based on a selection of criteria and detailed points of attention. On this basis, a definition of agrivoltaism has been formalized. Finally, this guide offers recommendations for public authorities and project leaders for the deployment of these photovoltaic projects on agricultural land, but also for the enrichment of knowledge on this subject and the sharing of good practices.

## GLOSSAIRE

---

**Ombrière<sup>1</sup>** : Structure fournissant de l'ombre et constituée d'une surface horizontale ou oblique en hauteur et de ses supports, recouverte entièrement ou partiellement de panneaux photovoltaïques.

**Serre<sup>1</sup>** : Structure close destinée à la production agricole dont le toit est en partie transparent pour laisser passer la lumière. Les faces de type verres horticoles, plastique ou les filets brise vent et anti-insectes sont acceptés.

**Serre « ouverte »<sup>2</sup>** : Structure destinée à la production agricole dont le toit est en partie transparent pour laisser passer la lumière, possédant deux à trois parois latérales (de type verre horticole, plastique ou des filets brise-vents). A la différence des ombrières, les serres « ouvertes » peuvent permettre de contrôler les conditions microclimatiques (par la fermeture des parois latérales) et de maîtriser la pression parasitaire, autorisant ainsi la culture d'espèces et de variétés qui ne seraient pas cultivables dans ces zones géographiques sans ce matériel.

***NB :** Dans les retours d'expérience rencontrés, certaines structures possédaient la totalité de leurs parois en filets anti-insectes. Ainsi, selon les périodes de l'année, ces structures peuvent être closes ou ouvertes. Elles ont ainsi été placées dans la catégorie des « serres ouvertes », pour les distinguer des ombrières qui elles, sont entièrement ouvertes.*

**Tracker PV** : Structure motorisée constituée d'une surface surélevée recouverte de panneaux photovoltaïques suivant la course du soleil.

**Service direct à l'agriculture** : Les modules photovoltaïques apportent, via leur présence, un des services suivants à la production agricole : protection des aléas, amélioration du bien-être animal, apport d'un service agronomique précis répondant aux besoins des cultures, adaptation au changement climatique.

**Service indirect à l'agriculture** : Le projet photovoltaïque permet l'accès à un matériel technique (grange, serre ...), permettant lui-même une amélioration de la production agricole.

---

<sup>1</sup> A l'heure actuelle, les traitements administratifs des projets d'ombrières et de serres photovoltaïques ne sont pas les mêmes. Les définitions proposées ici pour les termes « ombrière » et « serre » reprennent en partie celles qui figurent dans les cahiers des charges des appels d'offres nationaux MTE-CRE pour le photovoltaïque.

<sup>2</sup> Dans le cadre de ce document, la notion de « serre ouverte » a été introduite bien que cette catégorie n'ait pas de valeur juridique et administrative. En effet, cette étude s'inscrit dans une approche technique, dans laquelle ce type de structure a été traitée à part.

## CLÉS DE LECTURE DU DOCUMENT

Ce guide n'a pas vocation à définir un cadre réglementaire propre aux installations photovoltaïques sur terrains agricoles mais à éclairer les pouvoirs publics et les filières professionnelles sur ce nouveau secteur de marché incluant le concept complexe de l'agrivoltaïsme. Il est effectivement important de noter que cette filière agrivoltaïque est très jeune, les projets souvent à un stade expérimental et que les retours d'expérience agronomiques sur les installations photovoltaïques sur terrains agricoles sont encore peu répandus, souvent lacunaires et basés sur des échantillons restreints.

En conséquence, il est indispensable de considérer cette étude comme une première pierre à l'édifice, permettant de mieux appréhender, à l'échelle nationale, l'ensemble des enjeux de cette filière et d'identifier les critères de caractérisation des projets photovoltaïques sur terrains agricoles.

Sur la base de l'ensemble des connaissances techniques recueillies pendant l'étude, ce guide propose également une définition de l'agrivoltaïsme qui se veut la plus aboutie possible en l'état des connaissances actuelles. De futurs travaux, sur la base du déploiement de nouvelles installations et l'obtention de retours d'expériences agronomiques détaillés, devront être menés et pourront peut-être permettre, à terme, d'aboutir à une quantification précise des seuils pouvant être liés à chacun des critères de cette définition.

En l'état actuel, le lecteur doit comprendre que ce guide lui permettra d'identifier les points d'attention fondamentaux à prendre en compte pour évaluer, au cas par cas, les projets photovoltaïques sur terrains agricoles qu'il pourrait avoir à rencontrer dans le cadre de ses missions.

D'autre part, ce document n'est qu'un des éléments constitutifs de cette étude. Pour plus d'informations, le lecteur pourra se référer aux autres livrables de cette étude : un état de l'art bibliographique, un recueil de retours d'expérience et un résumé exécutif.



Figure 1: Eléments constitutifs de cette étude

# 1. Contexte de l'agrivoltaïsme

---

## 1.1. Des objectifs de développement ambitieux pour l'énergie solaire

La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (dite PPE) fixe les objectifs périodiques de consommation et de production d'énergie pour répondre à la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. En ce qui concerne le solaire photovoltaïque, des objectifs ambitieux de développement du parc ont été fixés : celui-ci devant atteindre une puissance installée de 20,1 GW en 2023 et de 35,1 à 44 GW en 2028.

Fin 2020, la puissance solaire installée avoisinait les 11 GW<sup>3</sup>, principalement installée dans les zones à fort potentiel (Provence-Alpes Côtes d'Azur, Occitanie et Nouvelle Aquitaine notamment), dont 4,4 GW étaient positionnés au sol et 4,5 GW sur les toitures.

Les objectifs de développement à horizon 2028 sont ambitieux : pour les toitures, ils sont compris entre 14,5 et 19 GW, soit une multiplication par trois voire quatre de la puissance installée. En ce qui concerne la puissance au sol, les objectifs impliquent l'installation d'une puissance supplémentaire de centrales au sol de 16 à 21 GW par rapport à 2018. Cette évolution implique une occupation grandissante de l'espace par le solaire. En effet, ramené à un équivalent de centrales au sol d'une puissance moyenne de 1 MWc/ha, le développement du solaire prévu par la PPE pourrait demander entre 16 000 ha et 21 000 ha de foncier supplémentaire à horizon 2028.

Aujourd'hui, les orientations nationales poussent les développeurs d'installations photovoltaïques à cibler principalement des sites anthropisés, c'est-à-dire des sols artificialisés (espaces non agricoles, non forestiers, non naturels – ENAF), en particulier des anciens sites industriels (centres d'enfouissements techniques, friches industrielles, carrières, décharges...). Toutefois, en raison des difficultés de prospection de sites dégradés valorisables par des centrales solaires, certains projets s'orientent sur des terres agricoles (atout de grandes surfaces ouvertes, sécurisation du foncier, facilité d'implantation ...).

## 1.2. Des difficultés économiques croissantes pour les exploitations agricoles

En France comme dans d'autres pays européens, le monde agricole connaît des difficultés structurelles et économiques.

Depuis le début des années 1980, les exploitations agricoles connaissent des difficultés financières<sup>4</sup>. Ces difficultés sont le résultat de plusieurs phénomènes conjoints : la nécessité pour les exploitants de réaliser des investissements importants et d'agrandir leurs exploitations pour rester viables, ainsi que la fin du mécanisme de soutien des prix de vente des produits agricoles, depuis 1992<sup>5</sup>.

L'agriculture française est alors entrée dans une logique de mondialisation, avec des prix agricoles qui se sont alignés peu à peu sur les cours mondiaux, dont la volatilité est forte.

De plus, les années 2000 ont marqué le début d'une augmentation plus forte du prix d'achat des « intrants » que celui des prix de vente. Cet effet a conduit à diminuer la valeur ajoutée produite (par tête de bétail par exemple), et donc les marges des exploitations<sup>67</sup>.

Les exploitants tendent à le compenser par une augmentation de la taille de leur exploitation lorsque cela leur est possible : lorsqu'ils ont le temps et la capacité d'investissement nécessaires. En revanche, de nombreuses exploitations ont arrêté leur activité dans les deux dernières décennies : les moins

---

<sup>3</sup> Ministère de la Transition Ecologique - Commissariat général au développement durable - STAT INFO - Tableau de bord : solaire photovoltaïque - Quatrième trimestre 2020 – n°343 – Février 2021

<sup>4</sup> Colson, François, et Alain Blogowski. « Les exploitations agricoles en difficulté: Questions à la politique agricole française et européenne ». Pour 232, no 4 (2016): 191. <https://doi.org/10.3917/pour.232.0191>.

<sup>5</sup> Bourgeois, Lucien, et Magali Demotes-Mainard. 2000. « Les cinquante ans qui ont changé l'agriculture française ». Économie rurale 255 (1): 14-20. <https://doi.org/10.3406/ecoru.2000.5151>.

<sup>6</sup> « Description – Indice des prix à la consommation | Insee ». Consulté le 26 janvier 2021. <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/source/indicateur/p1653/description>.

<sup>7</sup> « Indice mensuel des prix agricoles à la production (IPPAP) - Indice général – Principaux indices et séries chronologiques | Insee ». Consulté le 26 janvier 2021.

« compétitives » dont la taille est la plus modeste, ou celles qui ne parviennent pas à réaliser les investissements requis pour atteindre un niveau plus élevé de productivité.

Ainsi, le nombre d'exploitations est en constante diminution depuis des décennies : entre 2000 et 2016, le nombre d'exploitants et de co-exploitants a diminué de 26%<sup>8</sup>.

Entre la baisse des prix des produits agricoles (en lien avec les marchés internationaux) et la hausse des coûts de production (prix de l'énergie, de la main d'œuvre, mises aux normes environnementales et sociales), les agriculteurs sont donc en quête de solutions de diversification et de levier de pérennisation de leurs activités : pour eux, la production d'électricité PV peut représenter une opportunité de toucher un complément de revenu ou d'avoir accès à une structure agricole à moindre coût.

### **1.3. Une Surface Agricole Utile (SAU) française en baisse depuis les années 1990**

La surface des sols artificialisés n'a cessé d'augmenter : elle est ainsi passée de 6.9% en 1992 à 9.4% du territoire métropolitain en 2015, d'après les enquêtes Tetri-Lucas<sup>9</sup>. Les chiffres montrent que **cette artificialisation se fait au détriment uniquement des surfaces agricoles**, puisque la part des zones boisées, zones humides ou en eau reste stable.

Les surfaces artificialisées sont majoritairement utilisées par de l'habitat (42% des surfaces artificialisées estimées), des transports (28%) et du foncier de services (16%)<sup>10</sup>. Or, en plus de permettre d'assurer une fonction de production de nourriture, le maintien des espaces agricoles est important au regard de divers enjeux environnementaux, et notamment ceux de préservation de la biodiversité et de stockage de carbone dans les sols.

La progression des surfaces artificialisées est due à plusieurs facteurs : d'une part, l'augmentation de la population et d'autre part l'augmentation de la surface artificialisée par habitant, aussi appelée « effet d'étalement à population égale<sup>7</sup> ». Cet étalement s'explique par plusieurs phénomènes : la préférence donnée à la maison individuelle, les déplacements de population sur le territoire (mouvement général vers les pôles urbains), les résidences secondaires et les terres agricoles liées à ces résidences, et plus généralement l'augmentation des surfaces de jardin, routes, ou parkings<sup>11</sup>.

Bien que, selon les indicateurs, la progression des surfaces artificialisées se situe entre 0.6% et 1.1% par an<sup>7</sup>, des politiques d'urbanisme tentent de contenir cette dynamique. En France, comme en Europe, des objectifs convergents de réduction de l'artificialisation ont été décidés par les pouvoirs publics. Ainsi, l'Union Européenne a pour objectif de « supprimer d'ici à 2050 toute augmentation nette de la surface de terres occupée »<sup>12</sup>. En parallèle, la France a publié le 4 juillet 2018 le Plan National Biodiversité, qui vise à atteindre le « Zéro artificialisation nette » (ZAN)<sup>13</sup>.

Cette volonté politique de réduire l'artificialisation doit cependant être relativisée, notamment au regard de l'année 2016-2017, qui marque une faible augmentation (+1 317 ha, soit +6 %) par rapport à l'année précédente. L'année 2018 confirme cette tendance d'augmentation.

Ces éléments incitent donc à la prudence quant à l'utilisation des terrains agricoles pour l'implantation de systèmes photovoltaïques afin de préserver leur vocation agricole.

---

<sup>8</sup> « Exploitations agricoles – Tableaux de l'économie française | Insee ». Consulté le 26 janvier 2021. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3676823?sommaire=3696937#documentation>

<sup>9</sup> INSEE. 2019. « Artificialisation des sols – Indicateurs de richesse nationale ». 12 2019. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3281689?sommaire=3281778#tableau-figure1>.

<sup>10</sup> France Stratégie. 2019. « OBJECTIF « ZÉRO ARTIFICIALISATION NETTE » : QUELS LEVIERS POUR PROTÉGER LES SOLS ? », 54.

<sup>11</sup> Couturier, Christian, Madeleine Charru, Sylvain Doublet, et Philippe Pointereau. 2016. « Le scénario Afterres 2050 version 2016 ». <https://afterres2050.solagro.org/>.

<sup>12</sup> Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources, 20 septembre 2011, <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0571&from=EN>

<sup>13</sup> Cerema Hauts-de-France, 2018. L'artificialisation et ses déterminants d'après les fichiers fonciers, Période 2009 – 2018, 64 p.



## 1.4. Un cadre réglementaire du photovoltaïque protégeant les terrains agricoles

Le foncier agricole est aujourd'hui catégorisé de deux façons :

- la première par les documents d'urbanisme (PLU/PLUi, CC, POS, RNT et SCoT) définissant les zones A pour agricoles ;
- et la deuxième par la présence d'une activité agricole.

Initialement, la circulaire du 18 décembre 2009 affirme que les projets d'installations photovoltaïques n'ont pas vocation à être installés en zones agricoles, notamment cultivées ou utilisées pour des troupeaux d'élevage. Dès lors, l'installation d'une installation photovoltaïque sur un terrain situé dans une zone agricole dite zone A des PLU, ou sur un terrain à usage agricole, est généralement inadaptée compte tenu de la nécessité de conserver la vocation agricole des terrains concernés.

En conséquence, les développeurs de projets photovoltaïques qui souhaitent implanter des installations en zone « A » (« agricole »), commencent le plus souvent par tenter de changer l'affectation du terrain. Ils se rapprochent alors de la mairie (ou collectivité compétente) pour questionner le passage du terrain en zone « U » (« urbaine »), « AU » (à urbaniser), voire en zone « N » (« naturelle »). La modification du zonage « A » au titre du PLU peut être réalisé après passage en CDPENAF (Commission Départementale de la Préservation des Espaces Naturels, Agricoles et Forestiers). Il s'agit là de l'un des organismes en charge de l'évaluation de l'adéquation de la répartition des zones et des documents d'urbanismes au regard des enjeux de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers.

Si la modification du zonage « A » est effective, le projet peut prétendre aux appels d'offres nationaux. Toutefois, si une activité agricole était présente sur le site initialement, le développeur devra prouver une activité agricole collective dans le cadre de la compensation agricole collective.

Néanmoins, l'installation de projets photovoltaïques reste possible sur des terres en zones « A » des PLU. En effet, la loi n° 2010-874 du 27 juillet 2010 apporte des précisions sur la préservation des espaces agricoles. Cette loi précise les règles applicables aux constructions et installations nécessaires aux équipements collectifs auxquels appartiennent les installations photovoltaïques. Ainsi, les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs peuvent être autorisées dans les zones naturelles, agricoles ou forestières des plans locaux d'urbanisme dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière du terrain sur lequel elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages.

Avant 2016, la démonstration de la compatibilité avec l'exercice agricole se limitait à l'étude du milieu humain et aux études d'impact environnemental. Depuis le décret n°2016-1190 du 31 août 2016, les installations photovoltaïques en zones agricoles et sur une surface supérieure à 5 ha (ou de 1 ha dans les départements considérés comme « sensibles ») sont soumises à la réalisation d'une étude préalable agricole<sup>14</sup>. Cette étude analyse l'état initial de l'activité agricole et de son économie ainsi que les effets du projet d'installation photovoltaïque sur cette dernière. Lorsqu'une activité agricole est prévue au sein de l'installation photovoltaïque, une comparaison entre l'activité initialement présente et celle projetée doit permettre de conclure quant à la compatibilité avec le maintien de l'activité agricole. Ces projets peuvent, eux aussi, être soumis à une compensation agricole collective, notamment s'ils sont de grande taille. Il convient de noter que le zonage agricole étant conservé, ils ne sont pas éligibles aux appels d'offres opérés par la CRE, hormis l'appel d'offres « innovation » dont il sera question par la suite.

---

<sup>14</sup> Etude préalable agricole relatives au Décret n°2016-1190 du 31 août 2016 publiées sur les sites des préfectures départementales ainsi que les avis des CDPENAF



Le schéma ci-dessous résume les différentes étapes administratives nécessaires à la mise en place d'installations photovoltaïques sur terrains agricoles :

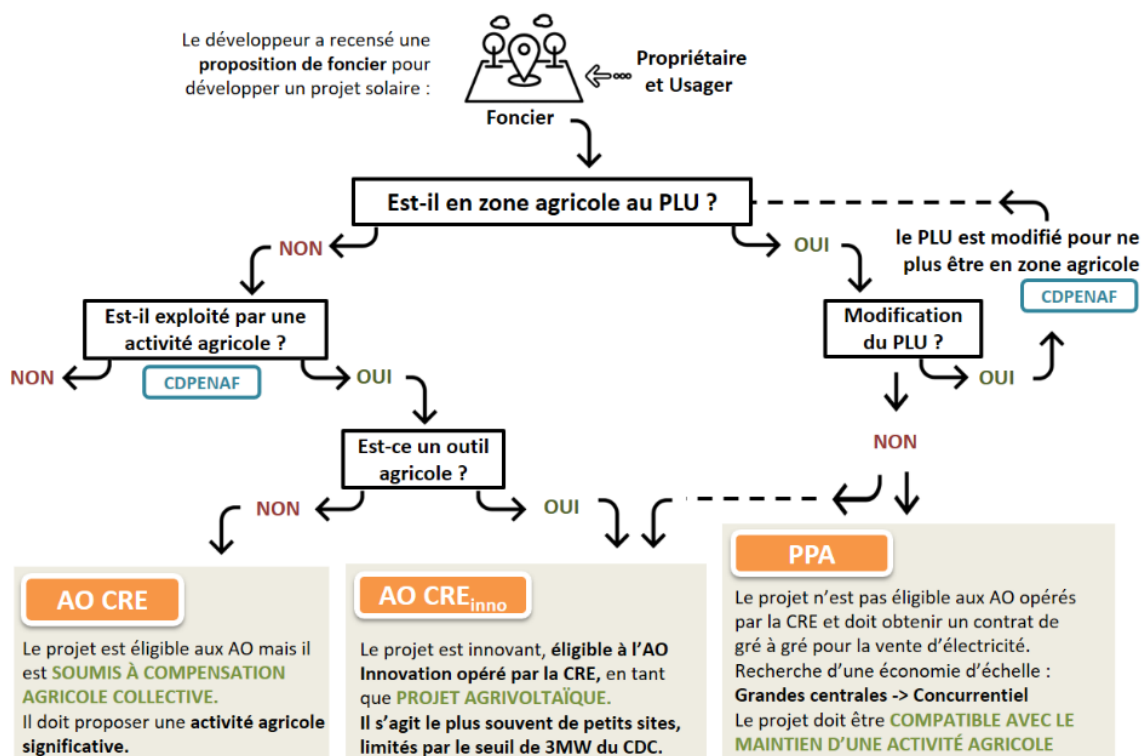


Figure 2: Schéma illustrant les démarches administratives d'autorisation et les types de soutiens associés aux différentes installations photovoltaïques sur terrains agricoles. Source : CETIAC

## 1.5. Des jurisprudences qui se développent

Le 12 Juillet 2019, le Conseil d'Etat<sup>15</sup> a publié un arrêté (n° 422542) qui explicite la réglementation du code de l'urbanisme mentionnée plus haut. Celui-ci précise que « la circonstance que des constructions et installations à usage agricole puissent aussi servir à d'autres activités, notamment de production d'énergie, n'est pas de nature à leur retirer le caractère de constructions ou installations nécessaires à l'exploitation agricole au sens de l'article R. 123-7 du code de l'urbanisme et du règlement des zones agricoles du plan local d'urbanisme (PLU) de la commune, dès lors que ces autres activités ne remettent pas en cause la destination agricole avérée des constructions et installations en cause. »

Autrement dit, les installations de production d'énergie solaire peuvent être autorisées même si elles ne sont pas entièrement consacrées à l'activité agricole, sous réserve que la destination principale de ces constructions et installations demeure agricole, et que les « autres activités » restent annexes.

Par ailleurs, l'arrêté du Conseil d'Etat du 8 février 2017<sup>16</sup> précise qu'« il appartient à l'administration, sous le contrôle du juge de l'excès de pouvoir, d'apprécier si le projet permet l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière significative sur le terrain d'implantation du projet, au regard des activités qui sont effectivement exercées dans la zone concernée du plan local d'urbanisme ou, le cas échéant, auraient vocation à s'y développer ».

<sup>15</sup><https://www.legifrance.gouv.fr/affichJuriAdmin.do?idTexte=CETATEXT000038759075>

<sup>16</sup><https://www.legifrance.gouv.fr/affichJuriAdmin.do?oldAction=rechJuriAdmin&idTexte=CETATEXT000034017910&fastReqId=79869073&fastPos=1>

Différents exemples montrent qu'en cas de contentieux, la justice tranche généralement en faveur de la mise en place des installations PV lorsqu'il s'agit de serres photovoltaïques. En ce qui concerne les centrales au sol, les décisions prises vont parfois dans le sens d'une interdiction des installations, parfois d'une autorisation<sup>17</sup>. Généralement, les plus petits projets et ceux qui apportent une plus-value significative au système agricole (amélioration de la qualité de l'herbe par exemple) sont autorisés préférentiellement<sup>18</sup>.

### 1.6. Une nouvelle notion : l'agrivoltaïsme

Pour répondre à ces différents enjeux et se différencier des centrales au sol « classiques », une nouvelle notion s'est développée : l'agrivoltaïsme. A ce jour, la seule définition de l'agrivoltaïsme donnée par un organisme d'Etat se trouve au sein de l'appel d'offres « innovation » opéré par la CRE<sup>19</sup>, qui est le seul à permettre l'implantation de ces installations « innovantes » sur terrains agricoles. Au sens de cet appel d'offres, les installations agrivoltaïques sont des « *installations permettant de coupler une production photovoltaïque secondaire à une production agricole principale en permettant une synergie de fonctionnement démontrable. Dans ce cas, les innovations concerneront des systèmes photovoltaïques équipés d'outils et de services de pilotage permettant d'optimiser les productions agricole et électrique* ». Par ailleurs, « *la garantie de la réversibilité du système photovoltaïque et les opérations de démantèlement en fin de vie* » doivent être décrits. Cette définition comporte des marges d'interprétation, en particulier autour des termes de « synergie de fonctionnement » et de productions « primaire » et « secondaire ».

Dans ce contexte, cette étude a permis d'identifier des critères de caractérisation des projets photovoltaïques sur terrains agricoles, de mieux appréhender l'ensemble des enjeux de cette filière et de proposer une définition plus aboutie de l'agrivoltaïsme.

## 2. Méthodologie

---

### 2.1. Présentation des grandes étapes de l'étude

Cette étude s'est déroulée en trois grandes étapes :

- Un état de l'art de tous les types d'installations photovoltaïques sur terres agricoles (en France et à l'étranger), permettant d'établir un diagnostic de la situation actuelle et du niveau de développement de ce type de projets mais également de caractériser les incidences de ce type de projets via une étude bibliographique ;
- Une enquête de terrain auprès d'agriculteurs, permettant de constituer des fiches techniques récapitulatives pour une dizaine de systèmes photovoltaïques identifiés ;
- Une phase d'analyse et de concertations des parties prenantes pour aboutir à l'élaboration d'un cadre de classification des projets agrivoltaïques sur terrains agricoles, d'une définition de l'agrivoltaïsme et à des recommandations de bonnes pratiques (objets du présent document).

Pour permettre la prise en compte des multiples facettes thématiques de l'agrivoltaïsme (agriculture, photovoltaïque, foncier agricole, paysage, biodiversité, environnement...), l'étude s'est notamment appuyée sur l'expertise d'un comité d'experts multidisciplinaire et sur la concertation d'un nombre important de parties prenantes (acteurs de la filière photovoltaïque et agricole mais aussi services et organismes publics) sollicités directement ou indirectement (via des interviews, présentations ou interventions).

---

<sup>17</sup> BCTG Avocats, Projets solaires au sol et agriculture : les enseignements de la jurisprudence

<sup>18</sup> Pour plus d'éléments sur la jurisprudence, le lecteur pourra se reporter à l'état de l'art bibliographique de cette étude : ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétiac. 2021. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme – Etat de l'art bibliographique

<sup>19</sup> Cahier des charges 2019 de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire, sans dispositifs de stockage

## 2.2. Etat de l'art du photovoltaïque sur terres agricoles<sup>20</sup>

Cette étape a été notamment nourrie par de nombreuses recherches bibliographiques : 106 publications ont ainsi été recensées, dont 75 considérées comme d'intérêt. La plupart des documents étudiés dans l'état de l'art sont des articles scientifiques (67%) et des documents techniques (13%). Il est à noter qu'il s'agit de ressources récentes : 56% ont été publiées après 2015, 35% entre 2010 et 2015, tandis que seulement 7% des publications sont antérieures à 2010. Il convient donc d'anticiper que l'état des connaissances va continuer d'évoluer dans les années à venir. Ces publications proviennent essentiellement de France et d'Europe (63%) et des pays d'Asie (21%). Sur le plan technique, les systèmes photovoltaïques les plus étudiés sont les ombrières fixes (30 des publications utilisées), les serres (26%) et les centrales au sol (22%). De plus, les impacts sur les productions agricoles les plus étudiés sont ceux sur le maraîchage (32% des publications de l'état de l'art), les grandes cultures (13%) et les prairies (10%).

Une dizaine d'entretiens avec des développeurs photovoltaïques a également été réalisée afin de tenir compte de la diversité des systèmes proposés, des différents modèles d'affaires existants et des méthodes de développement utilisées.

Enfin, un travail d'identification des projets agrivoltaïques en France et à l'international (notamment Japon, Etats-Unis, Allemagne, Italie, Chine et Vietnam) a également été initié pour anticiper le travail de la phase suivante de l'étude.

La collecte et l'analyse de ces informations ont permis :

- d'identifier les principaux couplages existants entre type d'installation photovoltaïque et production agricole associée ;
- d'établir une revue de littérature scientifique sur les couplages production photovoltaïque et production agricole, et ceci sur plusieurs aspects :
  - o Impacts du photovoltaïque sur les performances agricoles ;
  - o Impacts du couplage agricole sur les performances électriques du photovoltaïque ;
  - o Impacts du couplage sur les résultats économiques des exploitations agricoles ;
- d'établir un premier recensement des projets agrivoltaïques en France ;
- d'étudier les politiques publiques liées à ce type de système (réglementation, mécanismes de soutien, jurisprudence) en France et à l'étranger ;
- de réaliser un état de l'art de ces systèmes dans quelques pays d'intérêt, notamment sur les définitions et réglementations en vigueur afin de pouvoir comparer ces éléments à la situation française.

## 2.3. Enquête de terrain et retours d'expériences

La seconde phase de l'étude consistait à approfondir les résultats de la phase bibliographique à l'aide d'une enquête de terrain pour recueillir des retours d'expériences concrets auprès d'agriculteurs disposant d'installations photovoltaïques.

Pour ce faire, un recensement des installations photovoltaïques sur terrains agricoles en France, mais aussi d'installations d'intérêt à l'étranger, a été réalisé permettant d'aboutir à une liste d'environ 200 installations.

Au sein de cette liste, un échantillonnage d'une centaine d'installations a été réalisé dans l'objectif d'enquêter une cinquantaine d'installations, tenant compte de tous types d'installations photovoltaïques sur terrains agricoles. Cet échantillon a été choisi afin d'être le plus représentatif des systèmes photovoltaïques sur terrains agricoles existants : représentativité des systèmes, des régions et des productions agricoles associées.

Au cours de l'enquête, des entretiens développeurs ont parfois été nécessaires pour compléter les informations concernant les projets. Ainsi, 68 entretiens ont été réalisés dont 43 avec des exploitants

---

<sup>20</sup> ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétiac. 2021. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme – Etat de l'art bibliographique

agricoles et 25 avec des développeurs. Ces derniers ont également pu nous renseigner sur certaines installations encore au stade de projet. Au final, la typologie et la répartition des 55 exploitations étudiées sont présentées sur les figures suivantes.

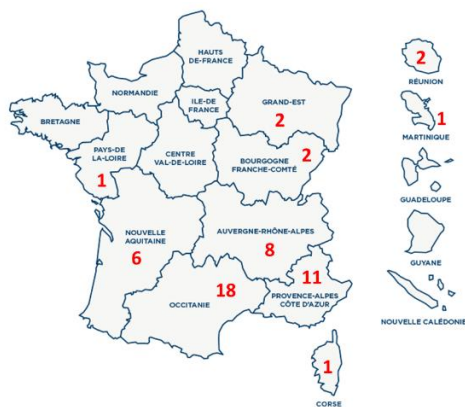


Figure 3 : Répartition géographique des exploitations enquêtées (non représentées : 3 exploitations en Allemagne)

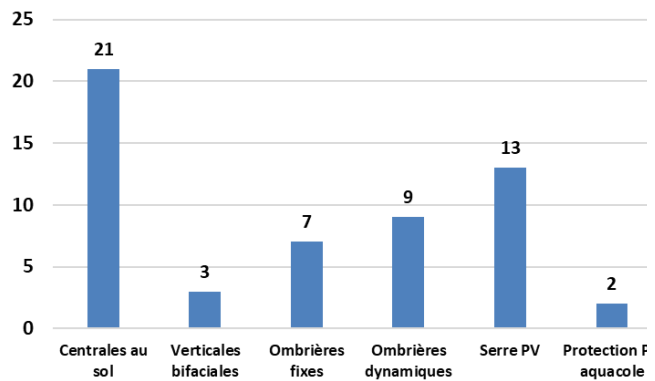


Figure 4 : Répartition des systèmes enquêtés

Les enquêtes ont permis de collecter, pour chaque installation, les informations suivantes :

- Une description du système : type de structure, puissance, surface installée, quantités autoconsommées... ;
- L'historique du montage du projet, et la manière dont se sont déroulés les contacts entre agriculteur et développeur et les éventuelles négociations ;
- Les modèles d'affaires des systèmes rencontrés avec une description des parties prenantes et de leur implication dans le projet ;
- Le modèle technico-économique agricole : existence d'un cahier des charges associé à la production agricole, impacts agronomiques des modules PV, adaptation des systèmes aux nouvelles contraintes liées aux modules, intégration du projet dans le fonctionnement des exploitations agricoles ;
- Les effets hors exploitations, à savoir l'acceptabilité locale des projets, les impacts environnementaux, sur le foncier et les filières agricoles ;
- Le niveau de satisfaction général des exploitants et le potentiel de développement associé aux projets.

L'analyse de ces retours d'expérience a permis d'identifier pour chaque système identifié les points forts, les points faibles et les bonnes pratiques permettant d'optimiser les avantages et de limiter les impacts négatifs existants. Ainsi, des fiches détaillées relatives à dix typologies de projets photovoltaïques sur terrains agricoles enquêtés ont été élaborées :

- Toitures photovoltaïques en autoconsommation
- Maraîchage sous serres photovoltaïques
- Horticulture sous serres photovoltaïques
- Arboriculture sous ombrières fixes ou serres photovoltaïques
- Ombrières mobiles sur viticulture, arboriculture ou maraîchage
- Elevage ovin sous centrales au sol
- Elevage sous ombrières ou serres photovoltaïques
- Trackers photovoltaïques en autoconsommation
- Protection photovoltaïque aquacole

- Agriculture et panneaux verticaux bifaciaux

Ces fiches sont consultables dans le rapport dédié de l'étude, intitulé « Recueil de retours d'expérience et fiches techniques récapitulatives »<sup>21</sup>.

## 3. Enseignements de l'étude

### 3.1. Résultats majeurs de l'état de l'art bibliographique

Les résultats sourcés et détaillés à partir de nombreuses références sont disponibles dans le rapport d'état de l'art<sup>22</sup>. Les paragraphes suivants présentent une version extrêmement synthétique de ces résultats.

Les deux activités (agricole et énergétique) devant se partager l'espace disponible et l'ensoleillement, les rendements respectifs des deux activités sont fortement influencés par les caractéristiques de l'installation photovoltaïque : densité, types de modules, inclinaison, possibilité de pilotage, etc.

De manière générale, la performance énergétique des systèmes photovoltaïques sur terre agricole est inférieure ou égale aux systèmes sans activité agricole. En effet, un des objectifs de ces systèmes étant de maintenir des rendements agricoles « acceptables » ou d'intégrer le bien-être animal pour l'élevage, la production d'électricité via les panneaux PV est mécaniquement contrainte. La moindre performance PV sur terre agricole se traduit par un coût de production (LCOE - Levelized Cost Of Energy) plus élevé.

De même, la mise en place de panneaux photovoltaïques a, en général, des effets neutres ou négatifs sur la production agricole. Celle-ci est influencée par quatre grands facteurs, qui peuvent alternativement avoir des effets positifs ou négatifs sur son rendement, sa qualité et son homogénéité : le rayonnement solaire, la température, l'évapotranspiration et l'efficacité de l'eau. Ainsi, la combinaison d'une production agricole avec une production photovoltaïque sera dépendante des interactions physiques ayant lieu entre chacune de ces productions et influençant directement les quatre facteurs déjà cités.

Il peut ainsi naître de ce couplage une incompatibilité pour certains facteurs, ou a contrario une amélioration de certains de ces facteurs permettant, par exemple, une protection de la culture face à divers aléas climatiques. Dans tous les cas, le couplage agrivoltaïque demande une adaptation des deux composantes comme présenté dans le schéma ci-dessous : le système photovoltaïque et le système agricole.

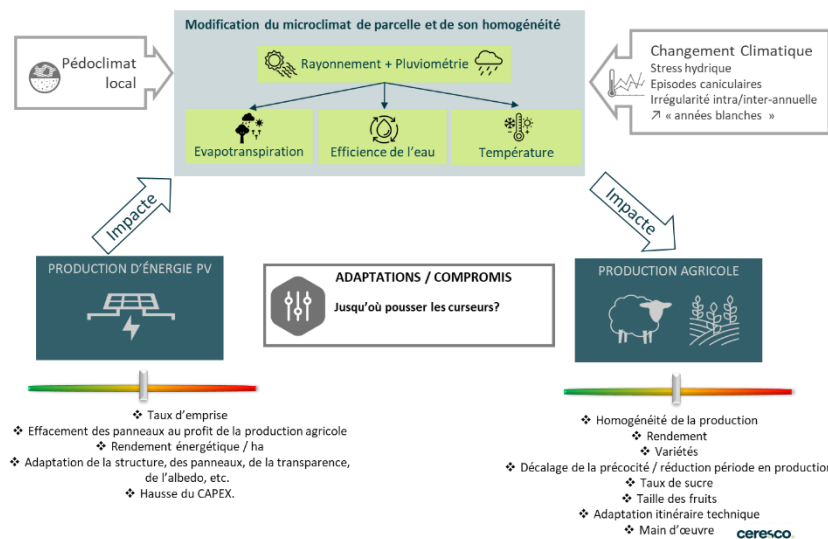


Figure 5: Schéma des interactions entre production d'énergie PV et production agricole (CERESCO, 2020)

<sup>21</sup> ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétiac. 2021. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme. Recueil de retours d'expériences et fiches techniques récapitulatives.

<sup>22</sup> ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétiac. 2021. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme – Etat de l'art bibliographique



La réduction de la lumière liée à la présence de modules PV constitue la principale contrainte écophysiological sur la productivité des plantes<sup>23</sup>. Les modules PV, placés au-dessus ou à côté des plantes, vont venir interférer avec la lumière qu'elles peuvent recevoir, sur son intensité mais aussi sur sa durée. Selon leur positionnement, les modules PV peuvent aussi entraîner des alternances d'ombre et de lumière généralement inexistantes en productions végétales. A noter que les seuils de tolérance à l'ombrage sont très variables selon les espèces. Selon les structures photovoltaïques, l'hétérogénéité spatiale de luminosité peut être plus ou moins importante. Ainsi, les structures en damiers ont une luminosité mieux répartie que les structures linéaires.

La diminution de l'évapotranspiration, impliquée par la présence des panneaux solaires du fait de la diminution du rayonnement et de la température pendant la majeure partie de l'année, peut avoir des effets bénéfiques, et notamment améliorer l'efficacité de l'eau (ratio entre la variation relative de la matière sèche et l'évapotranspiration réelle), notamment en conditions caniculaires. Cela peut permettre de limiter le besoin en eau, et ainsi de réaliser des économies d'irrigation (de 12 à 34% dans les essais sur vigne de Piolenc (84))<sup>24</sup>. Toutefois, cette amélioration n'est pas systématique, et dépend des espèces, des variétés et des conditions pédoclimatiques. Dans l'ensemble, plusieurs auteurs soulignent que dans un contexte de changement climatique et de raréfaction de ressource en eau, les panneaux PV ont un rôle potentiel à jouer pour atténuer le stress climatique et économiser de l'eau dans le futur. Le défi est en effet d'améliorer l'efficacité de l'eau tout en maintenant le rendement<sup>25</sup>, ce qu'un ombrage bien maîtrisé peut permettre de réaliser pour certaines cultures et pour certains climats.

Les modules solaires couvrant une proportion importante de la surface, on peut supposer qu'ils influent sur la distribution spatiale de la pluviométrie en concentrant les flux. L'information disponible dans la littérature sur les impacts des modules sur la distribution de l'eau et l'érosion est relativement limitée, avec des difficultés à comparer les résultats, compte tenu des différences de contextes pédoclimatiques entre les quelques publications disponibles. L'état de l'art montre que l'hétérogénéité spatiale de l'eau du sol sous modules est généralement importante, et très dépendante de la hauteur et de la géométrie de la structure photovoltaïque ainsi que de sa capacité à s'orienter parallèlement à la pluie dans le cas des modules photovoltaïques pilotables. Les modules génèrent de forts contrastes de répartition de l'eau dans le sol, avec la formation d'un « bulbe » d'eau dans le sol à l'aplomb du panneau, l'eau se propageant par gravité mais aussi sur les côtés par diffusion.

Pour résumer, l'impact des panneaux photovoltaïques semble fortement varier en fonction des conditions pédoclimatiques locales. Deux cas de figure peuvent ainsi se présenter :

- **La lumière est le facteur limitant la croissance des plantes** : dans ce cas, l'augmentation de l'ombrage a des conséquences négatives pour la croissance des plantes.
- **L'eau est le facteur limitant la croissance des plantes** : selon les cas, l'amélioration de l'efficacité de l'eau peut contrebalancer les effets de l'ombrage, et le rendement peut être supérieur à celui obtenu sans panneaux photovoltaïques.

**Ainsi, les résultats obtenus sur les rendements dépendent beaucoup des conditions pédoclimatiques des projets, des espèces et des variétés cultivées (dont les besoins en ensoleillement et en eau sont variables) et des caractéristiques des structures photovoltaïques associées (taux de recouvrement, orientation des panneaux, hauteur...).**

Il est enfin à noter que les références bibliographiques sont incomplètes et difficilement comparables, en particulier sur les serres photovoltaïques. L'état de l'art fait également apparaître un manque de retours expérimentaux sur des séries pluriannuelles.

---

<sup>23</sup> Dupraz, C., H. Marrou, G. Talbot, L. Dufour, A. Nogier, Ferard Y., 2011. Combining Solar Photovoltaic Panels and Food Crops for Optimising Land Use: Towards New Agrivoltaic Schemes. *Renewable Energy, Renewable Energy: Generation & Application*, 36, 10: 2725-32.

<sup>24</sup> Retours d'entretiens avec les chefs de l'exploitation expérimentale et les développeurs

<sup>25</sup> Wallace, 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agriculture Ecosystems & Environment*

### 3.2. Résultats majeurs issus de l'enquête de terrain

Cette partie synthétise les principaux enseignements issus des entretiens réalisés auprès d'exploitants agricoles et de développeurs photovoltaïques. Les résultats sont détaillés, système par système, dans le rapport dédié de l'étude intitulé « Recueil de retours d'expérience et fiches techniques récapitulatives »<sup>26</sup>.

Parmi les difficultés fréquemment rapportées, cette phase d'enquête a mis en évidence une méconnaissance des effets de l'ombrage sur les cultures ainsi qu'un manque de retours agronomiques. De nombreux exploitants agricoles ont mentionné la rareté des retours d'expériences existants et donc, la difficulté à capitaliser sur les expériences antérieures, ce qui les pousse à devoir expérimenter par eux-mêmes. Cette difficulté est parfois aggravée par un manque de conseil et d'accompagnement de la part des développeurs et structuristes sur l'adaptation des itinéraires culturaux et les variétés envisagées. Ce constat est à nuancer car certains développeurs proposent un accompagnement agronomique des exploitants. Cet accompagnement, lorsqu'il est proposé, est apprécié par les exploitants.

Aussi, les retours d'expériences collectés ont mis en lumière des modifications potentiellement profondes des itinéraires techniques et des productions des exploitations, notamment lorsque l'activité agricole pratiquée sous les panneaux photovoltaïques diffère de l'activité agricole initiale.

En outre, les bénéfices financiers parfois associés à ce type de projet peuvent entraîner des risques de spéculation foncière.

Enfin, si la fin de vie des installations reste parfois à négocier, le démantèlement est souvent anticipé et parfois provisionné par les développeurs et l'exploitant peut choisir de conserver, s'il le souhaite, les structures à la fin du bail.

Selon les exploitants agricoles interrogés, les principaux atouts de ces projets sont l'accès à des structures agricoles à coût nul ou à moindre coût, l'accès à du foncier supplémentaire ; la protection contre divers aléas (notamment météorologiques) et le soutien économique à la valorisation d'un foncier contraignant ou à la pérennisation d'une exploitation.

## 4. Elaboration d'un gradient de classification des projets photovoltaïques sur terrains agricoles

---

### 4.1. Approche méthodologique

L'analyse des résultats bibliographiques et des retours d'expérience collectés ont permis d'apporter des éléments factuels et concrets sur les installations photovoltaïques sur terrains agricoles.

Effectivement, le photovoltaïque sur terrains agricoles amène à réfléchir à de nombreux enjeux, non seulement sur les interactions directes entre ces deux productions mais également sur les conséquences économiques, sociales et territoriales d'une telle association. De plus, comme vu dans l'analyse bibliographique, les résultats agronomiques d'un projet sont dépendants de nombreux paramètres et notamment du contexte pédoclimatique. **En conséquence, une classification des projets par type de systèmes photovoltaïques et/ou de cultures n'est vraisemblablement pas réaliste et une analyse au cas par cas se révèle indispensable.**

Ainsi, une analyse transversale des différents systèmes et une cartographie des différentes interactions entre production agricole et production photovoltaïque ont permis d'identifier des thématiques d'intérêt et des questionnements importants, permettant de définir des critères pouvant caractériser ces projets.

---

<sup>26</sup> ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétiac. 2021. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme. Recueil de retours d'expériences et fiches techniques récapitulatives.

Ces critères ont ensuite été hiérarchisés, et classés en deux groupes :

- Des critères de qualification, caractérisant les liens et incidences entre production photovoltaïque et production agricole (permettant ainsi d'identifier les potentielles synergies agricoles ou couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture);
- Des critères d'attention, qui interrogent des dimensions complémentaires du projet pour permettre d'évaluer la cohérence et la pertinence globale du projet et se questionner sur sa solidité ou *a contrario* identifier de possibles zones de fragilité.

| CRITERES D'EVALUATION DES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES SUR TERRAINS AGRICOLES   |  |
|---|--|
| Critères de qualification   | Critères d'attention   |
| <i>Caractérisent les liens et incidences entre production photovoltaïque et production agricole (permettant ainsi d'identifier les potentielles synergies agricoles ou couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture)</i> | <i>Interrogent des dimensions complémentaires du projet pour se questionner sur sa solidité ou a contrario identifier de possibles zones de fragilité, et évaluent les potentielles externalités positives</i>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Services apportés à la production agricole</li> <li>- Incidence sur la production agricole</li> <li>- Revenus de l'exploitation agricole</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vocation et pérennité agricole du projet</li> <li>- Réversibilité et démantèlement du système</li> <li>- Adéquation territoriale</li> <li>- Impacts environnementaux et paysagers</li> <li>- Impact sur les sols</li> <li>- Adaptabilité du système</li> <li>- Flexibilité technique</li> </ul> |

Figure 6: Critères d'évaluation identifiés

Ainsi, l'ensemble de ces critères permet d'évaluer tout type de couplage entre un procédé photovoltaïque et une culture agricole. Leur hiérarchisation et catégorisation en différents niveaux de pertinence a permis d'établir un gradient de classification des projets (cf. §4.3), conduisant à l'identification des projets les plus vertueux et à la définition de l'agrivoltaïsme (cf. Définition de l'agrivoltaïsme au §5).

Dans cette hiérarchisation, le concept d'agrivoltaïsme est fondé sur la notion de synergie agricole entre la production agricole et la production photovoltaïque amenant à une sélectivité importante. Pour autant, la construction du gradient de classification des projets a permis d'identifier également des couplages pouvant présenter un intérêt pour l'agriculture, bien qu'ils ne respectent pas à proprement parler cette notion de synergie.

**Quoi qu'il en soit et pour tous les cas de figure, une analyse exhaustive de l'ensemble des critères, au cas par cas, doit permettre de juger de la pertinence d'un projet dans son contexte, local et territorial.**



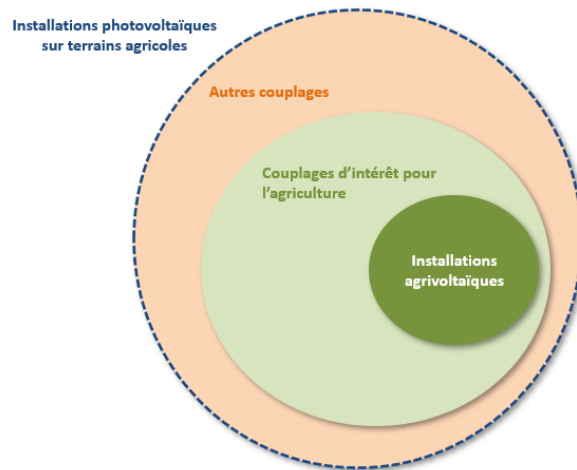


Figure 7: Schématisation de la catégorisation des systèmes photovoltaïques sur terrains agricoles

## 4.2. Critères de qualification de la synergie agricole

Trois critères de qualification ont été identifiés et étudiés, dans l'ordre d'importance suivant :

1. Les services apportés à la production agricole ;
2. L'incidence sur la production agricole ;
3. L'incidence sur les revenus de l'exploitation agricole.

### 4.2.1. Critère n°1 - Services apportés à la production agricole

Ce premier critère vise à répondre à la question suivante : « *Le projet photovoltaïque apporte-il un service à l'exploitation ? De quelle nature ?* ».

Pour justifier de sa présence sur terres agricoles, une installation photovoltaïque doit répondre à un besoin exprimé par l'exploitant agricole et, à fortiori, pour une installation agrivoltaïque, apporter une synergie agricole entre production photovoltaïque et production agricole grâce à un service agronomique.

**Par conséquent, la nature du ou des services rendus par le couplage doit être étudiée en priorité pour définir l'agrivoltaïsme. Ce critère est un prérequis conditionnant l'ensemble de la classification des couplages, présentés plus loin.**

#### 4.2.1.1. Evaluation du critère

Pour autant, ces services peuvent être de différentes natures impliquant des interactions agronomiques plus ou moins fortes sur l'exploitation. Ils ont ainsi été hiérarchisés en 4 catégories :

- **Catégorie 1 : services directs à l'échelle de la parcelle** : Adaptation au changement climatique, protection contre les aléas (notamment météorologiques), amélioration du bien-être animal ou service agronomique précis pour les besoins des cultures (limitation des stress abiotiques etc.).
- **Catégorie 2 : services indirects à l'échelle de la parcelle** : Accès à du matériel technique avec du photovoltaïque : serre photovoltaïque, bâtiment d'élevage avec toiture photovoltaïque, grange avec toiture photovoltaïque... *Par matériel technique, il est entendu du matériel technique traditionnellement utilisé dans le secteur agricole et pouvant être déployé dans une exploitation sans ajout de modules photovoltaïques : les serres, les bâtiments d'élevage, les granges...*
- **Catégorie 3 : autres services, rendus à l'échelle de l'exploitation ou déconnectés de l'agronomie** : Sécurisation du foncier ou accès à du foncier supplémentaire, pérennisation de l'exploitation.
- **Catégorie 4 : aucun service apporté**

La figure ci-dessous résume la classification de ces quatre niveaux de services :

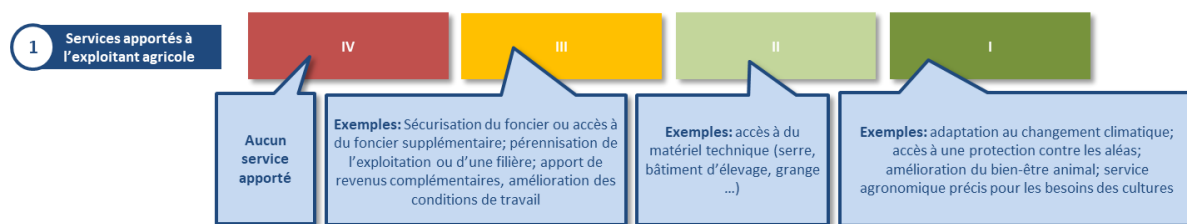


Figure 8: Schéma de la classification des différents types de services apportés à l'exploitation agricole

La distinction entre les catégories de service 1 et 2 est fondée sur le caractère « direct ou indirect » du service rendu. Dans le premier cas, le service est rendu directement par la mise en place de modules photovoltaïques sur les terrains agricoles ; dans le second cas, le service est rendu par un matériel technique, lui-même acquis via le projet photovoltaïque. Le schéma ci-dessous illustre cette distinction :



Par matériel technique, il est entendu du matériel technique traditionnellement utilisé dans le secteur agricole et pouvant être déployé dans une exploitation sans ajout de modules photovoltaïques, à savoir les serres, les bâtiments d'élevage, les granges...

Figure 9: Distinction entre les services directs et indirects

#### Il est impératif que ce service soit :

- **Argumenté**, en répondant à un besoin agricole justifié,
- **Prouvé**, par des résultats démontrés (bibliographiques ou des retours d'expérience probants) : amélioration de la qualité ou la quantité des productions, réduction de certaines pertes au champ, réduction de certains intrants, amélioration du bien-être animal évaluée par un organisme indépendant, etc. Une justification par des **moyens** (apport d'un ombrage, d'une protection etc.) n'est pas suffisante en elle-même
- **Et qu'il n'induisse pas de transferts d'impacts sur d'autres dimensions du projet.**

### 4.2.1.2. Exemples

Quelques exemples, devant être justifiés, permettent d'illustrer des situations où des services directs sont rencontrés :

- **Adaptation au changement climatique :**

Systèmes permettant d'apporter un ombrage bénéfique à la production agricole, et de limiter les effets néfastes du changement climatique, voire systèmes permettant de piloter l'ombrage (et donc l'évapotranspiration) et de l'adapter aux besoins des cultures (selon les stades phénologiques).

- **Accès à une protection contre les aléas, notamment météorologiques :**

Dans le cas de la fourniture par l'installation agrivoltaïque d'un service de protection des aléas météorologiques et/ou d'adaptation au changement climatique, l'installation photovoltaïque permet en premier lieu de maintenir la production à un niveau donné.

- **Service agronomique précis :**

Autre service agronomique permettant d'améliorer la performance agronomique, via la structure photovoltaïque elle-même ou son pilotage le cas échéant : limitation des stress abiotiques ou de certaines maladies, stabilisation d'un paramètre agronomique (T° des bassins piscicoles, pilotage de l'apport lumineux) ...

- **Amélioration du bien-être animal :**

Dans la pratique, cette amélioration devra être démontrée par des résultats, via une méthode d'évaluation du bien-être animal, par un auditeur indépendant et spécialisé.

### 4.2.1.3. Rôle du critère dans la définition de l'agrivoltaïsme

**Ce premier critère est déterminant pour définir l'agrivoltaïsme: seuls les couplages apportant un service direct de catégorie 1 peuvent prétendre à une qualification « agrivoltaïque ».**

## 4.2.2. Critère n°2 - Incidence sur la production agricole

Le second critère majeur à étudier vise à répondre à la question suivante : « *Quelle incidence du système PV sur la production agricole (performance quantitative et qualitative) à l'échelle de la parcelle ?* ».

Il évalue ainsi l'impact du système photovoltaïque sur la production agricole à l'échelle de la parcelle, dans son ensemble, c'est-à-dire qu'il compare deux indicateurs à la fois, celui des « quantités produites » et celui de la « qualité de ces productions » par rapport à une production agricole identique sans système photovoltaïque.

### 4.2.2.1. Evaluation du critère

L'évaluation concrète de ce critère nécessite, au préalable, de connaître le rendement et la qualité des productions agricoles sans installation photovoltaïque, et ce, dans les mêmes conditions que le projet photovoltaïque concerné.

Ces données peuvent être connues :

- grâce aux résultats de production des années précédentes au sein de l'exploitation (si la culture reste la même sur la parcelle),
- grâce à un suivi agronomique au sein d'une parcelle témoin à minima sur 3 campagnes pour les productions saisonnières et 5 campagnes pour les cultures pérennes,
- ou grâce à une référence locale (départementale, régionale...) de la culture considérée dans des conditions pédoclimatiques similaires.

De la même façon, l'évaluation de ce critère nécessite également de connaître, à priori, le rendement et la qualité des productions agricoles qui seront obtenues avec l'installation photovoltaïque. Ces informations, dans le cadre de l'évaluation d'un projet, ne sont pas connues et même dans le cadre d'un projet existant, ces informations peuvent ne pas être disponibles sans la réalisation d'un suivi agronomique.

Il convient de rappeler qu'étant donné l'état actuel des connaissances sur les systèmes photovoltaïques sur terrains agricoles, le peu de retours d'expérience agronomiques sur ces installations, la jeunesse de la filière agrivoltaïque et le stade expérimental des projets en cours, il est souvent impossible d'avoir accès à ces informations de façon détaillée.

**Dans le cadre de cette étude visant à définir la notion d'agrivoltaïsme, il convient donc d'accepter de se placer dans un cadre théorique où l'on dispose de toutes les informations nécessaires sur les projets.**

Dans la pratique, une étude au cas par cas, des justifications fournies par les porteurs de projet se révélera indispensable. Pour permettre de progresser dans la connaissance scientifique de ces projets, des recommandations sont proposées dans le chapitre dédié de ce guide (cf. §

Synthèse des recommandations).

### Quantités produites

L'idée est de comparer, de façon quantitative, un indicateur des quantités produites au champ (en général le rendement) avec l'installation photovoltaïque et celui sans l'installation photovoltaïque pour une même production agricole, cultivée dans les mêmes conditions pédoclimatiques.

Dans l'idéal, cet indicateur devra être obtenu à partir de retours d'expérience pluriannuels pour tenir compte des variations interannuelles intrinsèques aux productions agricoles et des potentiels aléas climatiques liés au changement climatique.

La comparaison de cet indicateur peut amener à une amélioration de la productivité par rapport à la référence, un maintien ou une diminution. Il conviendra de situer la productivité avec le système photovoltaïque dans l'une des catégories ci-dessous.

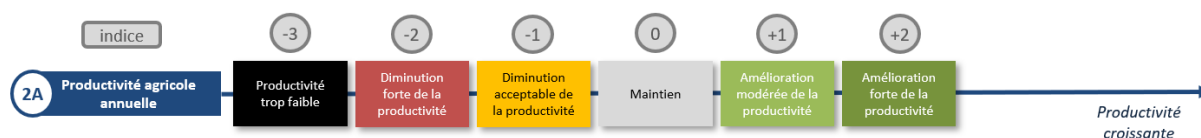


Figure 10: Evaluation des quantités produites

Comme présenté sur la Figure 10, un indice d'évaluation est attribué selon le résultat de l'évaluation des quantités produites (par exemple, un indice de 0 est attribué quand la productivité reste maintenue, alors qu'un indice de 2 sera attribué si l'installation photovoltaïque améliore fortement la productivité).

Un travail sur la quantification des seuils de chacune de ces catégories a été entamé pendant l'étude mais l'état actuel des connaissances scientifiques n'a pas permis d'aboutir à des valeurs faisant consensus au sein des parties prenantes sollicitées pendant l'étude. De plus, selon les cultures, les seuils pourraient être différents et cela entraînerait aujourd'hui trop de complexité dans l'élaboration d'une définition.

## Qualité des productions

Le deuxième indicateur à évaluer est celui de la qualité des productions. Cette qualité peut être appréciée par un ou plusieurs indicateurs, dont la pertinence devra être justifiée selon les situations rencontrées : valeur unitaire donnée aux différents lots de la production, qualité organoleptique et sensorielle, qualité de conservation...

La comparaison devra permettre d'indiquer si le système photovoltaïque améliore la qualité de la production, la maintient, ou la dégrade de façon acceptable ou non. Le schéma ci-dessous présente une catégorisation des cas de figures, dans le cas d'un indicateur portant sur la valeur unitaire des lots.

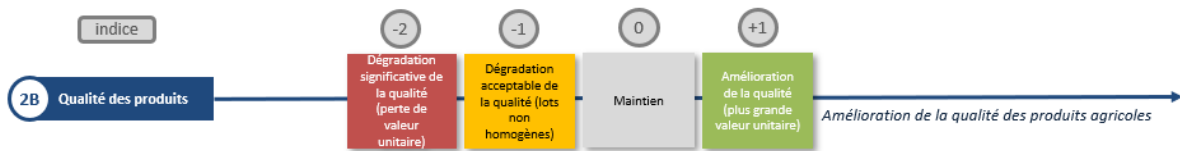


Figure 11: Evaluation de la qualité des productions

## Incidence du système PV sur la production agricole

Finalement, le critère d'incidence du système photovoltaïque sur la production agricole est évalué en faisant une combinaison des deux indicateurs précédents. Globalement, il convient d'ajouter les indices attribués individuellement à chaque indicateur pour obtenir l'évaluation du critère n°2, comme présenté dans la figure ci-dessous :

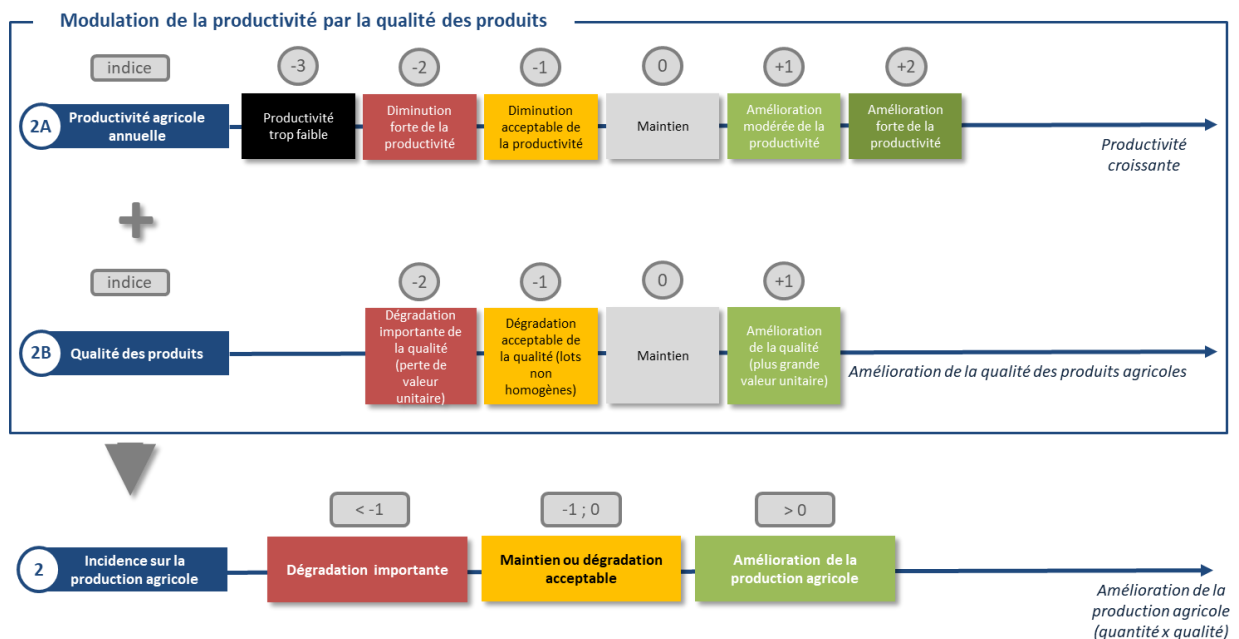


Figure 12: Combinaison des deux indicateurs composant le critère « Incidence sur la production agricole »

Dans les cas où les exploitations présentent plusieurs cultures en présence des modules photovoltaïques, une moyenne pondérée des notes pour chaque culture peut être effectuée pour avoir une notation globale.

### 4.2.2.2. Exemples

Quelques exemples permettent d'illustrer l'utilisation de ce critère :

- Exemple n°1 : une production qui, par rapport à une parcelle témoin (mêmes espèces, mêmes variétés, mêmes conditions pédoclimatiques), permet un maintien de la productivité et une amélioration de la qualité de la culture aura :
  - o Une note égale à 0 pour le critère 2A : « Productivité agricole annuelle »
  - o Une note égale à +1 pour le critère 2B : « Qualité des produits ».

Ainsi, cette production aura la note globale de  $0+1=1$ , et sera placée dans la catégorie « amélioration de la production agricole », voir ci-dessous.

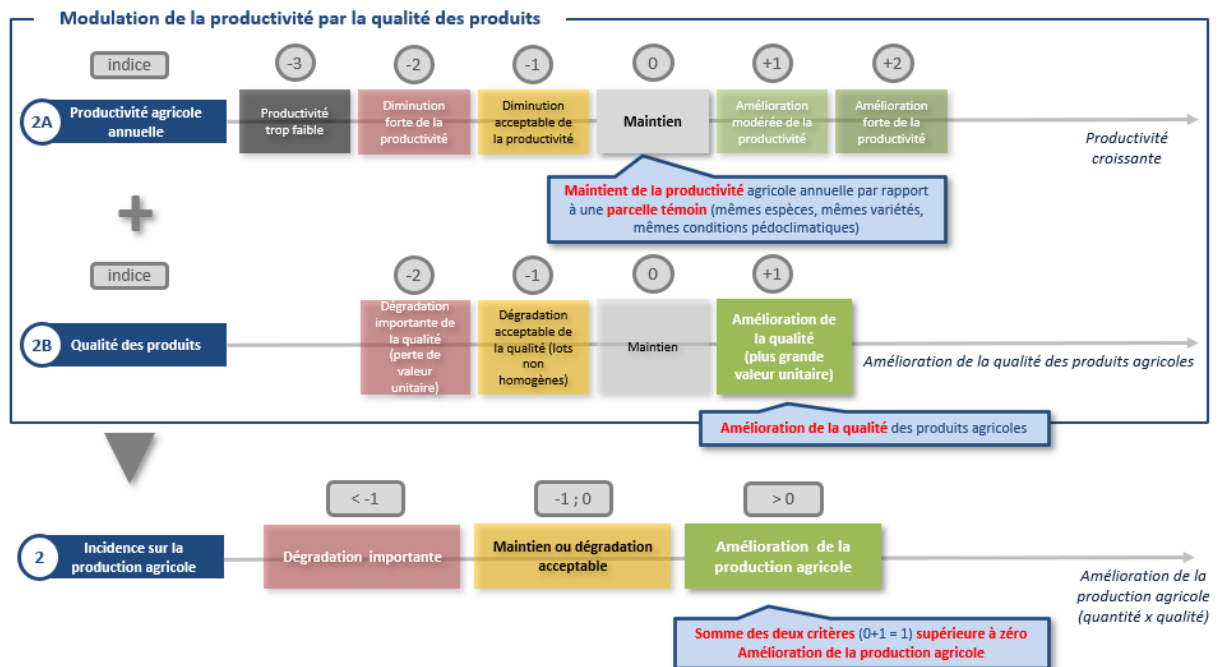


Figure 13: Exemple n°1 pour le critère 2 « Incidence sur la production agricole »

- Exemple n°2 : une production qui, par rapport à une parcelle témoin, connaît une amélioration modérée de sa productivité mais une légère dégradation de sa qualité (calibres moins homogènes) aura :
  - o Une note égale à +1 pour le critère 2A : « Productivité agricole annuelle »
  - o Une note égale -1 pour le critère 2B : « Qualité des produits »

Ainsi, cette production aura la note globale de  $-1+1 = 0$ , et sera placée dans la catégorie « maintien ou dégradation acceptable de la production agricole ».

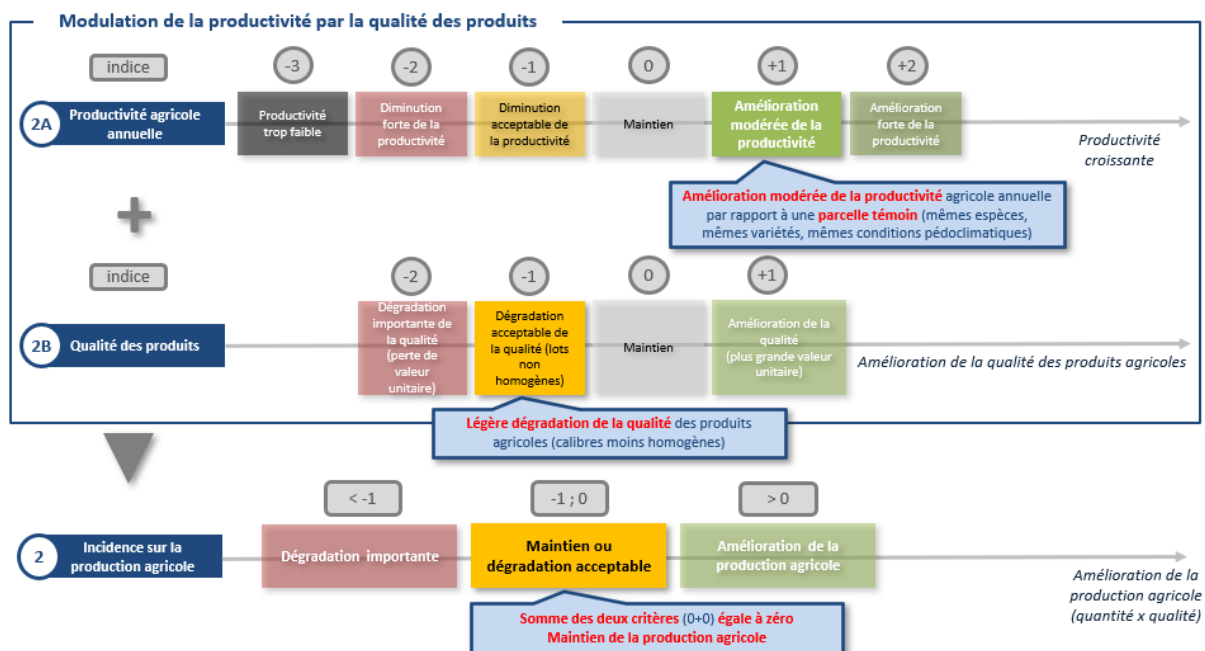


Figure 14: Exemple n°1 pour le critère 2 « Incidence sur la production agricole »

### 4.2.2.3. Rôle du critère dans la définition de l'agrivoltaïsme

Les évaluations possibles du critère n°2 sont résumées dans la figure ci-dessous :



Figure 15: Evaluation du critère « Incidence sur la production agricole »

Seuls les couplages permettant d'améliorer la production agricole (catégorie verte), ou de maintenir, sinon de dégrader de façon acceptable cette production (catégorie jaune) peuvent prétendre à une qualification « agrivoltaïque ».



### 4.2.3. Critère n°3 - Incidences sur les revenus de l'exploitation agricole

Le troisième critère majeur vise à répondre à la question suivante : « *Quelle est l'incidence du système PV sur les revenus de l'exploitation ?* ».

**Ce critère doit réaliser un bilan avant/après l'installation du projet photovoltaïque, c'est-à-dire qu'il compare les revenus de l'exploitation dans son ensemble après l'implantation du projet photovoltaïque par rapport aux revenus dont disposait l'exploitation avant l'implantation du système photovoltaïque. La référence correspond donc aux revenus de l'exploitation à l'état initial (avant le projet).**

De plus, une distinction est faite entre l'évolution des revenus agricoles de l'exploitation et les revenus potentiels pouvant être additionnés grâce à l'activité de production d'électricité (loyer, revente de l'électricité...).

#### 4.2.3.1. Evaluation du critère

De la même façon que pour le critère n°2, il convient d'accepter de se placer ici dans un cadre théorique où l'on dispose des informations nécessaires pour la quantification des revenus des exploitations.

##### Revenu issu de l'activité agricole

Il s'agit du revenu de l'activité de production agricole en elle-même. Ce revenu est le résultat de plusieurs facteurs :

$$\text{Revenu agricole} = \text{Production totale (dépend du rendement)} \times \text{Prix (dépend de la qualité des productions et des débouchés accessibles)} + \text{Subventions (PAC)} - \text{Charges de l'exploitation (modifications de l'ITK)}$$

Dans les cas où les agriculteurs ne touchent pas de revenu issu du photovoltaïque, ce revenu agricole correspond à l'excédent brut d'exploitation (EBE). Il est à noter que l'utilisation d'un indicateur comptable standard pourrait simplifier l'application opérationnelle de la définition pour les services instructeurs.

Actuellement en France, les exploitations agricoles accueillant des projets photovoltaïques perdent généralement leurs aides PAC. Leur montant dépend beaucoup de l'orientation initiale de l'exploitation agricole : le maraîchage et l'arboriculture ne bénéficient pas d'aides PAC, tandis que les productions animales et les céréales sont concernées.

Il existe également des aides à la surface, qui sont donc d'autant plus importantes que les surfaces concernées sont grandes.

Ce revenu agricole peut être augmenté, maintenu ou diminué.

##### Revenu lié à l'activité photovoltaïque

Il s'agit du revenu qui est touché par l'agriculteur grâce à l'installation photovoltaïque sur la durée du contrat conclu pour l'installation (généralement, 20 à 30 ans). Il peut être nul, ou positif puisqu'un revenu négatif ne semble pas possible (il n'y aurait alors aucun intérêt pour l'agriculteur).

Attention, il est bien question des revenus touchés par l'agriculteur, c'est-à-dire, celui qui exploite le terrain agricole muni de l'installation photovoltaïque.

- Dans le cas où l'agriculteur investit dans le projet, il s'agit du résultat de plusieurs facteurs :

$$\begin{aligned} &\text{Revenus de la vente de l'électricité} \\ &\quad - \text{les charges éventuelles liées à l'installation PV} \\ &\quad - \text{les coûts de mise en conformité du terrain pour l'implantation de l'installation photovoltaïque} \\ &\quad - \text{les amortissements de l'installation PV} \end{aligned}$$

- Dans le cas où l'agriculteur touche un loyer simple, il s'agit du résultat du calcul :

$$\begin{aligned} &\text{Loyer} \\ &\quad - \text{les coûts de mise en conformité du terrain pour l'implantation de l'installation photovoltaïque} \end{aligned}$$



Le schéma ci-dessous met en vis-à-vis les possibilités d'évolution de ces deux types de revenus pour permettre d'obtenir l'évolution globale des revenus de l'exploitation.

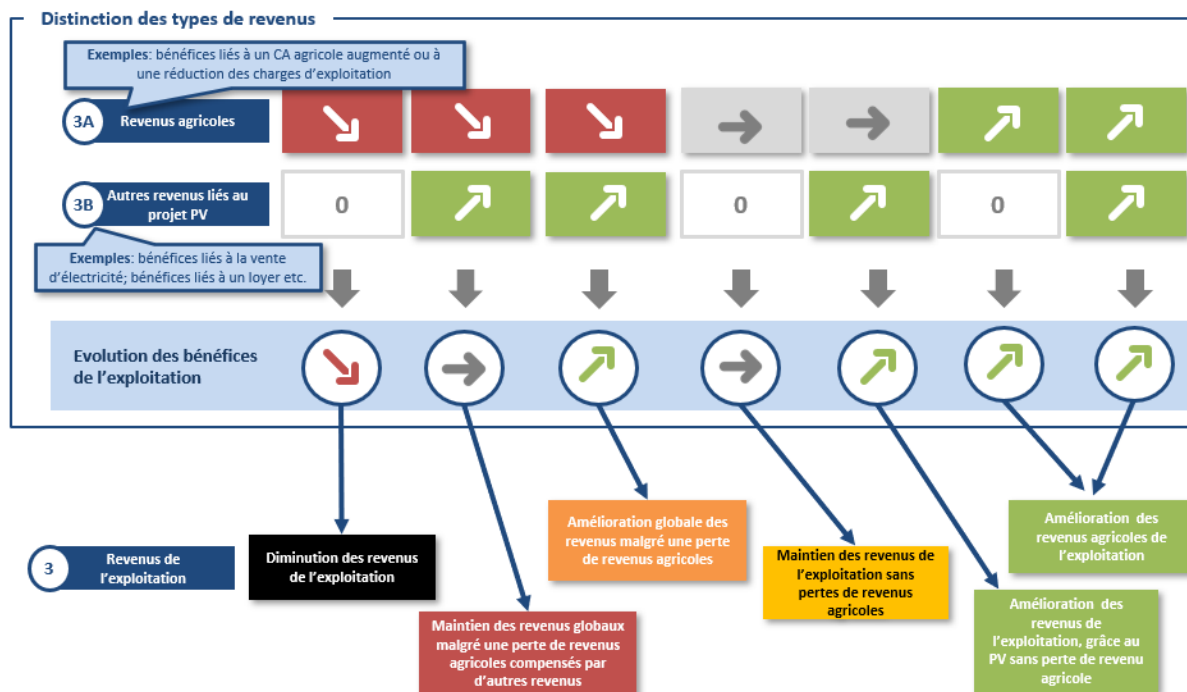


Figure 16: Combinaison des deux types de revenus du critère "Revenu de l'exploitation agricole"

Comme schématisé, ce critère favorise ainsi les exploitations dont le revenu global est maintenu ou amélioré, à condition de ne pas dégrader les revenus agricoles. Il est ainsi fait une distinction entre les exploitations dont le revenu global est amélioré grâce à l'augmentation des revenus agricoles, de celles dont le revenu global est amélioré uniquement par le revenu lié à l'activité électrique

### 4.2.3.2. Exemples

Pour rappel, ce critère est évalué en comparaison entre la situation avant le projet photovoltaïque et celle après le projet. Cela permet d'évaluer des projets dont la mise en place s'accompagne d'un changement de production et dont les revenus dépendront des futurs rendements agricoles et des débouchés commerciaux.

- Exemple n°1: un agriculteur passe, à l'aide de l'installation photovoltaïque, d'une production céréalière à une production de maraichage en agriculture biologique, ses revenus agricoles ont augmenté et il ne touche pas de revenus liés à la vente de l'électricité PV (serre prêtée par un bail emphytéotique):

Dans ce cas précis, le critère 3A implique un bénéfice financier sur les revenus agricoles et le critère 3B vaut zéro puisqu'il n'y a pas de revenus liés au photovoltaïque. L'exploitation se situe donc **dans la case verte**.

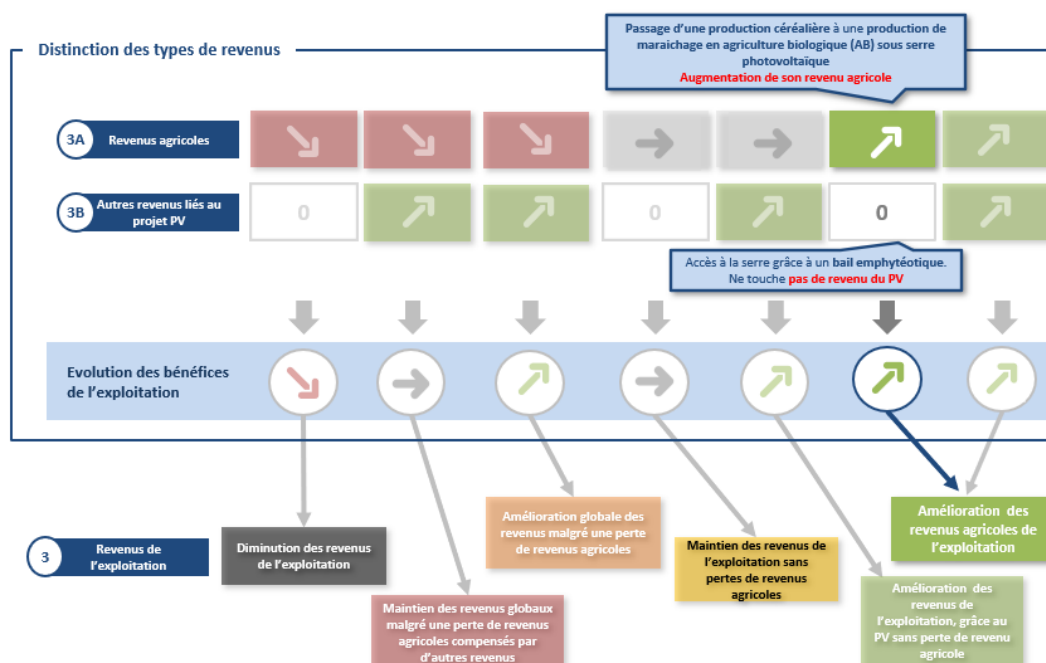


Figure 17: Exemple n°1 pour le critère 3 « Revenu de l'exploitation agricole »

- On considère un second exemple, dans lequel l'agriculteur touche un revenu lié à la vente d'électricité photovoltaïque parce qu'il a investi son projet. Le revenu du PV est donc supérieur à 0 (valeur positive pour le critère 3B). Ainsi, selon les résultats sur le revenu agricole (augmentation, diminution ou maintien), les cas suivants sont possibles :
  - o Dans le cas où les revenus agricoles diminuent, deux possibilités :
    - Ils ne sont pas compensés par les revenus PV. Dans ce cas, le projet appartiendra à la catégorie rouge.
    - Ils sont compensés par les revenus PV. Dans ce cas, le projet appartiendra à la catégorie orange.
  - o Si les revenus agricoles sont maintenus, le revenu global de l'exploitation augmente, mais tiré par les revenus PV. Dans ce cas, l'exploitation appartiendra à la catégorie verte. Une distinction sera néanmoins réalisée dans cette catégorie où le revenu de l'exploitation augmente, mais à la fois grâce au revenu PV et au revenu agricole. Ce cas appartient également à une catégorie verte.

### 4.2.3.3. Rôle du critère dans la définition de l'agrivoltaïsme

Pour synthétiser, les catégories possibles du critère n°3 sont résumées dans la figure ci-dessous :

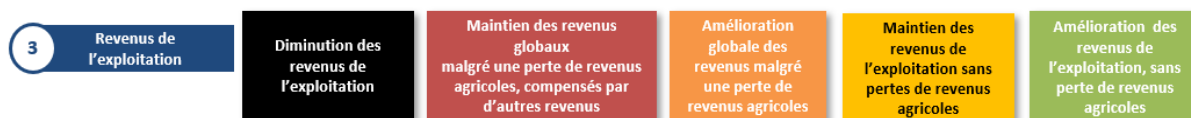


Figure 18: Evaluation du critère "Revenu de l'exploitation agricole"

**Le maintien, voire l'amélioration, du revenu agricole est indispensable pour pouvoir prétendre à une qualification « agrivoltaïque ».**

Ainsi, les catégories jaunes et vertes du schéma précédent sont les seules éligibles à la définition de l'agrivoltaïsme : le revenu agricole doit être à minima maintenu et le revenu global peut être soit maintenu ou mieux, amélioré grâce à l'activité PV.

Le cas où le revenu global de l'exploitation serait augmenté, avec une diminution du revenu agricole compensé par une augmentation du revenu lié au projet photovoltaïque a été exclu de la définition de l'agrivoltaïsme. En revanche, ce sont des systèmes qui peuvent présenter un intérêt pour l'agriculture, à condition qu'ils répondent bien aux critères d'attention (cf. Critères d'attention sur les risques éventuels et les externalités positives des projets au §6).

### 4.3. Gradient de classification des projets

Sur la base des trois critères précédents, un gradient de classification des projets photovoltaïques sur terrains agricoles a été constitué: du moins vertueux au plus vertueux en termes de synergie agricole. Ce gradient permet une première catégorisation des projets, présentée de façon hiérarchisée selon les trois critères présentés précédemment. Il doit être utilisé comme un arbre décisionnel, en partant de l'évaluation du critère n°1, puis en descendant pour évaluer le critère n°2 jusqu'à arriver à l'évaluation du critère n°3 pour qualifier le projet. Pour autant, ce gradient n'intègre pas les critères d'attention (cf. §6) qu'il conviendra néanmoins d'étudier par la suite pour assurer une pertinence et une cohérence globale du projet.

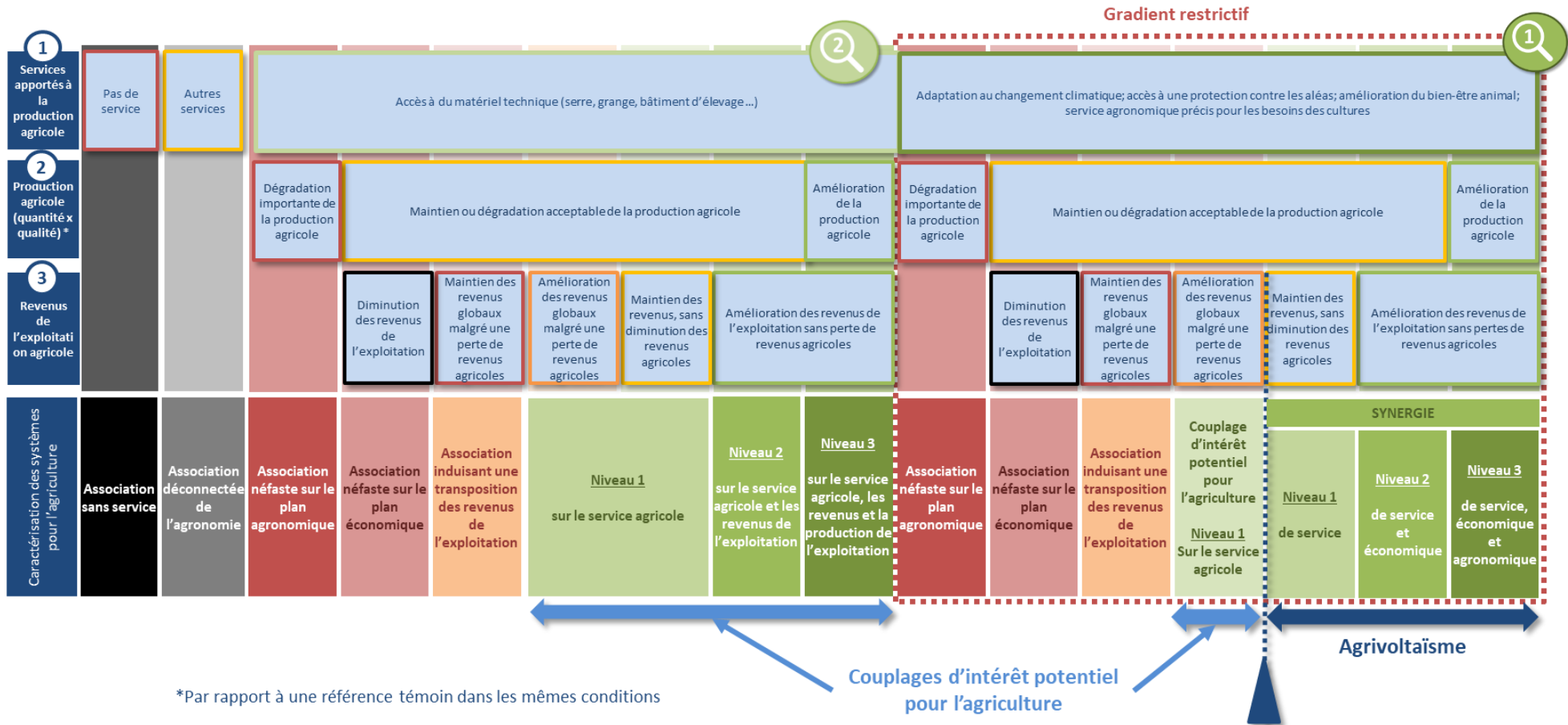


Figure 19: Gradient de classification des projets photovoltaïques sur terrains agricoles

Comme explicité dans les paragraphes précédents, les projets agrivoltaïques doivent, à minima :

- apporter un service direct à l'échelle de la parcelle (catégorie 1: adaptation au changement climatique, protection contre les aléas (notamment météorologiques), amélioration du bien-être animal ou service agronomique précis pour les besoins des cultures);
- permettre d'améliorer la production agricole, ou de la maintenir, sinon de dégrader de façon acceptable cette production agricole;
- maintenir, voire améliorer le revenu agricole.

Les projets répondant à ces conditions sont visibles sur la partie droite du gradient (zoom 1), qui distingue trois niveaux de synergie agricole :

- Niveau 1: Synergie de service
- Niveau 2: Synergie de service et économique
- Niveau 3: Synergie de service, économique et agronomique

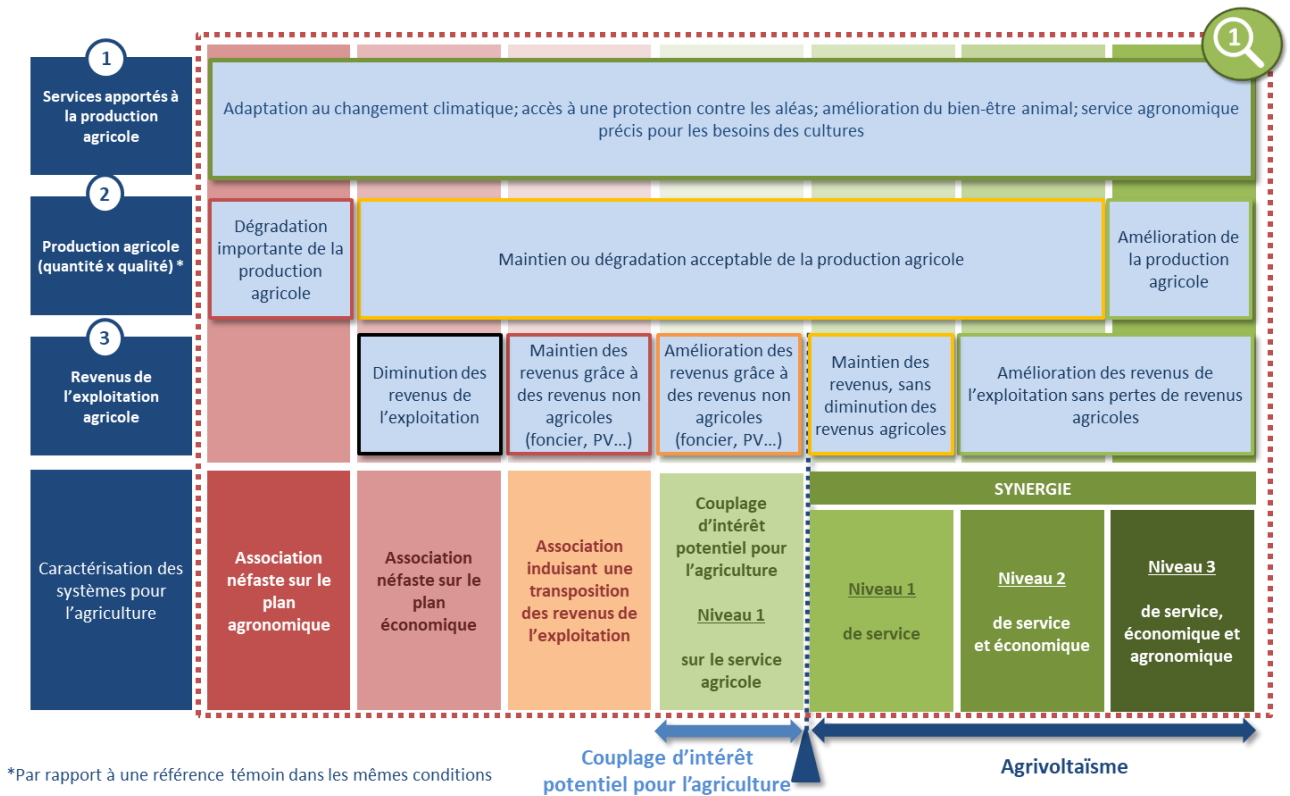
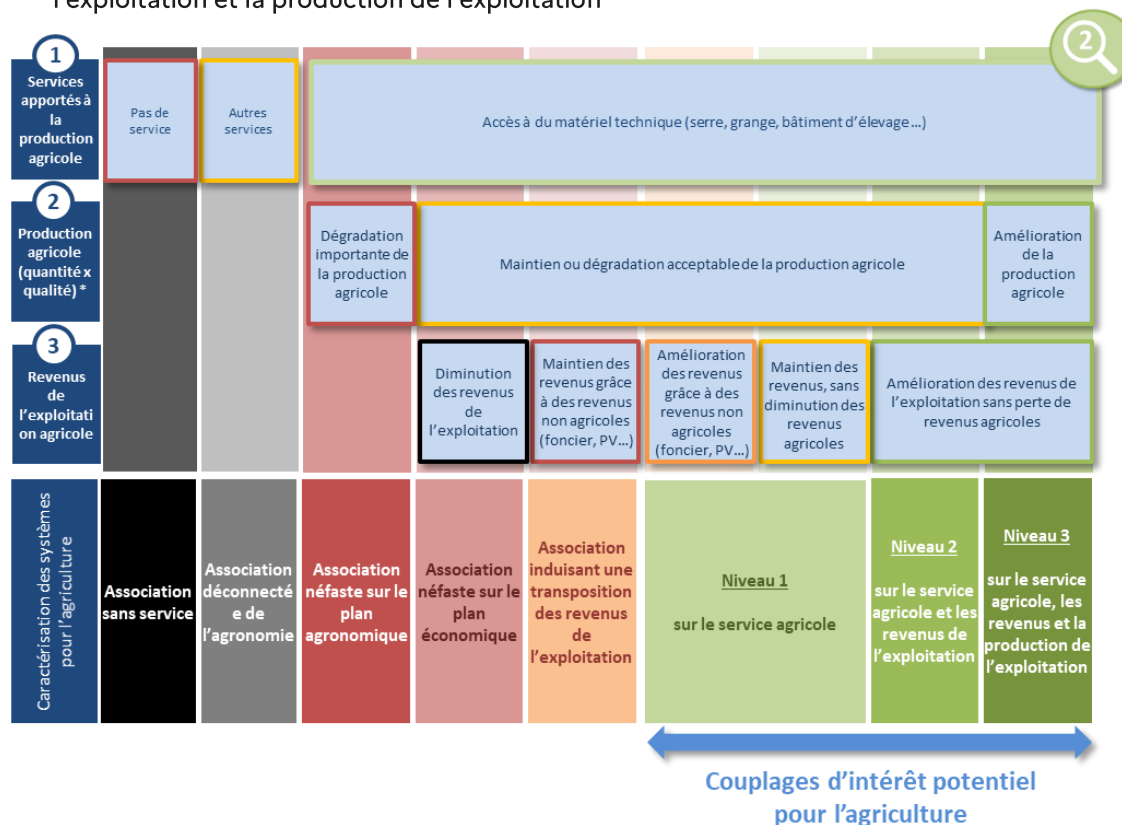


Figure 20: Zoom 1 sur le gradient permettant de qualifier, à priori, les projets d'agrivoltaïsme

Dans les cas où le service rendu à l'exploitation est indirect (accès à du matériel agricole / zoom 2), les couplages sont également classés. Parmi ces projets, certains sont des couplages d'intérêt pour l'agriculture, bien qu'ils ne soient pas classés comme étant « agrivoltaïques ».

Parmi les couplages d'intérêt potentiel pour l'agriculture, on distingue une nouvelle fois trois niveaux d'intérêt :

- Niveau 1 : Couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture sur le service agricole
- Niveau 2 : Couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture sur le service agricole et les revenus de l'exploitation
- Niveau 3 : Couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture sur le service agricole, les revenus de l'exploitation et la production de l'exploitation



\*Par rapport à une référence témoin dans les mêmes conditions

Figure 21 : Gradient des projets apportant des services indirects

Les retours d'expérience collectés ont montré une grande variabilité d'un projet à l'autre vis-à-vis de ces trois critères. **Le positionnement d'un projet sur le gradient se fait donc au cas par cas pour chaque projet.**

**Le type de système photovoltaïque utilisé pour le projet ne définit pas la position de ce projet sur le gradient.** Autrement dit, pour un type de système donné (serres photovoltaïques, centrales au sol...), certains projets pourraient être considérés comme d'intérêt potentiel pour l'agriculture, voire agrivoltaïques et d'autres non.

### Exemples d'utilisation du gradient

Afin de faciliter la compréhension de l'application concrète de ce gradient, trois exemples fictifs ont été détaillés en annexe A.

## 5. Définition de l'agrivoltaïsme

L'ensemble des éléments détaillés précédemment permettent d'aboutir à la définition suivante de l'agrivoltaïsme, basé sur les trois critères de qualification de la synergie agricole, mais également sur les critères d'attention qui seront détaillés dans les paragraphes suivants.

***Une installation photovoltaïque peut être qualifiée d'agrivoltaïque lorsque ses modules photovoltaïques sont situés sur une même surface de parcelle qu'une production agricole et qu'ils l'influencent en lui apportant directement (sans intermédiaire\*) un des services ci-dessous, et ce, sans induire, ni dégradation importante\* de la production agricole (qualitative et quantitative), ni diminution des revenus issus de la production agricole.***

- *Service d'adaptation au changement climatique*
- *Service d'accès à une protection contre les aléas*
- *Service d'amélioration du bien-être animal*
- *Service agronomique précis pour les besoins des cultures (limitation des stress abiotiques etc.)*

***Au-delà de ces aspects majeurs de caractérisation, le projet d'agrivoltaïsme se doit également d'assurer sa vocation agricole (en permettant notamment à l'exploitant agricole de s'impliquer dans sa conception, voire dans son investissement), de garantir la pérennité du projet agricole tout au long du projet (y compris s'il y a un changement d'exploitant: il doit toujours y avoir un agriculteur actif), sa réversibilité et son adéquation avec les dynamiques locales et territoriales (notamment pour la valorisation des cultures), tout en maîtrisant ses impacts sur l'environnement, les sols et les paysages. Enfin, en fonction de la vulnérabilité possible des projets agricoles, l'installation agrivoltaïque se doit d'être adaptable et flexible pour répondre à des évolutions possibles dans le temps (modification des espèces et variétés cultivées, changement des itinéraires de culture).***

*\* Se référer au chapitre 4.2 pour plus de détails sur ces notions.*

Par ailleurs, en l'état actuel des connaissances, il est indispensable de prévoir, lors de la conception d'une installation agrivoltaïque, la mise en place d'une zone témoin (avec les mêmes conditions pédoclimatiques, de taille représentative et cultivée dans les mêmes conditions (variétés, densité, itinéraires de culture) et sans modules photovoltaïques) et d'un suivi agronomique des cultures (ou zootechnique), sur plusieurs années, par un organisme professionnel ou scientifique indépendant afin de comparer à minima la production agricole sous la zone agrivoltaïque et la zone témoin.



## 6. Critères d'attention sur les risques éventuels et les externalités positives des projets

Au-delà des aspects de synergie agricole (qui sont indispensables pour un projet agrivoltaïque), d'autres enjeux sont à prendre en compte pour s'assurer qu'un système photovoltaïque sur terrain agricole est vertueux : enjeux sociaux, économiques, environnementaux, paysagers, territoriaux... Ainsi, ces projets peuvent également apporter des externalités positives à leur environnement, qui doivent être prises en compte dans leur évaluation.


Les critères d'attention, sur les risques éventuels et les externalités positives, permettent ainsi de compléter l'évaluation des projets. Ils visent à prendre en considération/interroger les autres incidences (positives ou négatives) des projets photovoltaïques sur terrain agricole, non couvertes par les trois critères de qualification déjà détaillés.

Dans le cas idéal, le respect de ces garde-fous devrait être vérifié en amont de l'acceptation des projets. Toutefois, cette vérification n'est pas toujours possible en l'état actuel des connaissances : des recommandations et bonnes pratiques sont proposées dans les paragraphes ci-dessous afin de palier à ces éventuels manques d'information. Ce guide a ainsi également pour objectif de mettre en évidence les manques et besoins d'approfondissement des connaissances.

Les paragraphes suivants présentent la nature de ces critères et leur évaluation mais également les bonnes pratiques à développer, qui leur sont associées.

### 6.1. Critère lié à la vocation et à la pérennité du projet agricole

Ce critère vise à s'assurer de la réussite du projet agricole. Il s'agit du point d'attention le plus important parmi les critères de risques et d'externalités positives des projets. Les éléments présentés ci-dessous sont bien sûr à considérer en parallèle d'une analyse spécifique du projet agricole pour évaluer sa viabilité.

|   | Questionnements associés   | Facteurs d'influence du critère   |
|---|--|---|
| <br>Vocation et pérennité du projet agricole | <i>Les besoins de l'agriculteur sont-ils bien pris en compte ?<br/>Participe-t-il au capital ?<br/>A-t-il accès à de l'information et/ou à un accompagnement ?<br/>Une zone témoin est-elle bien prévue ?<br/>Quelle est la part de la production agricole sous projet photovoltaïque ?<br/>Le prix du foncier est-il limitant ?<br/>La transmissibilité de l'exploitation est-elle prévue ?</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Accès à l'information de l'agriculteur</li><li>- Conception et pilotage du système en fonction des besoins de l'agriculteur</li><li>- Robustesse économique de l'investissement</li><li>- Suivi agronomique ou zootechnique pour capitalisation des connaissances</li><li>- Part de la production agricole sous projet photovoltaïque</li><li>- Prix du foncier</li><li>- Transmission du projet agricole</li></ul> |

#### 6.1.1. Prise en compte des besoins de l'agriculteur

Un des facteurs clé de succès est lié à la prise en compte des besoins de l'agriculteur, et ceci pour l'ensemble des étapes du projet :

- **Phase de conception** : Le système est-il conçu en fonction des besoins de l'agriculteur ? L'exploitant a-t-il son mot à dire dans le design et l'orientation de la structure ? Des adaptations ou des travaux complémentaires peuvent-ils être réalisés pour répondre à ses besoins ? Par ailleurs, il est utile de vérifier si la structure PV implique une adaptation des cultures ou des itinéraires techniques en place. Enfin, le partage de la lumière est-il équilibré et adapté aux cultures et variétés envisagées ? Quelle est la perte sur le productible photovoltaïque admise par le développeur pour répondre aux besoins de l'agriculteur ?
- **Phase d'exploitation** : Dans quelle mesure le développeur est-il disposé à répondre aux besoins de l'exploitant en cours d'exploitation, d'autant plus si ces besoins peuvent porter atteinte à la rentabilité du projet (possibilité de relever les panneaux pour faciliter le passage des engins par exemple ...) ?



- **Fin de vie**: Le démantèlement prend-il bien en compte les besoins agricoles, à terme, de l'agriculteur? A-t-il le choix de conserver les structures ou de les faire démanteler par le développeur?

Les bonnes pratiques à développer, associées à ce sous-critère, sont les suivantes :

- ✓ L'exploitant agricole devrait systématiquement être impliqué dans la phase de conception pour que ses besoins puissent être pris en compte concernant :
  - Les contraintes d'exploitation (passage des engins agricoles, itinéraires techniques ...);
  - Les besoins des productions (ensoleillement, besoins en eau, conditions microclimatiques ...).
- ✓ De manière systématique, la conception des structures doit être adaptée à la présence d'animaux ou au passage de matériel agricole (rehaussement des structures, optimisation du nombre de pieux, protection des câbles électriques, espacement inter-structures et préservation de tournières, ...)
- ✓ Dans le cas de structures mobiles, l'agriculteur devrait être systématiquement impliqué dans le pilotage des structures, afin de répondre aux exigences de ses cultures.
- ✓ Dans l'étude technico-économique du projet, il conviendrait d'intégrer l'analyse :
  - du partage de la lumière entre la production photovoltaïque et la production agricole.
  - Des incidences de la structure photovoltaïque sur les itinéraires techniques et le cas échéant, des mesures correctives d'adaptation de l'installation (dimensionnement, design ...) aux contraintes d'exploitation.
  - des incidences de la structure photovoltaïque sur les productions agricoles: rendement et qualité, en tenant compte des spécificités locales de l'installation (hauteur, orientation, conditions climatiques locales...). Le cas échéant, des mesures correctives devraient être proposées pour limiter les incidences négatives: redimensionnement de la structure, modification de l'orientation et/ou du taux de couverture par les panneaux PV, mesures favorisant une diffusion homogène de la lumière sous les panneaux, etc.
  - des adaptations et des mesures permettant de limiter les impacts sur la production agricole pendant la phase travaux: adaptation du calendrier et du phasage des travaux, mises en place d'éléments de protection etc.
- ✓ Les opportunités de services annexes liées au projet photovoltaïque devraient systématiquement être étudiées: récupération des eaux de pluie, optimisation de la gestion de l'eau (mise en place de bassins de récupération), mobilisation des structures PV pour l'installation de filets de protection, utilisation des structures comme clôtures, etc.

### 6.1.2. Participation capitalistique de l'agriculteur dans le projet

L'absence d'implication capitalistique de l'agriculteur, si elle est couplée à une rémunération supplémentaire liée au PV, est un facteur pouvant conduire à l'échec du projet agricole. En effet, l'opportunité de pouvoir toucher des revenus supplémentaires sans investir peut pousser certains propriétaires agricoles à se lancer de manière inconsidérée dans ces projets et à en négliger les aspects agricoles. La participation de l'agriculteur aux investissements dans la production photovoltaïque ou des investissements annexes (bassins de récupération d'eau, terrassement, plantation de vergers ...) peut garantir une meilleure vigilance vis-à-vis de la vocation agricole du projet.

A l'inverse, il ne s'agit pas non plus de s'endetter à outrance pour pouvoir participer au capital de la société de projet portant l'installation photovoltaïque ou pour réaliser les investissements annexes du projet (bassins de récupération d'eau, terrassement, plantation de vergers ...). L'ensemble des éléments financiers doit être étudié attentivement pour d'une part, garantir la vocation agricole du projet et d'autre part, définir le meilleur modèle économique pour l'exploitant agricole.

Les bonnes pratiques à développer, associées à ce sous-critère, sont les suivantes :

- ✓ Favoriser les projets où les agriculteurs investissent dans la structure, sans toutefois rendre cette condition obligatoire, du fait de la nature capital-intensif des projets photovoltaïques.
- ✓ Lors de l’instruction des projets, l’ensemble des éléments financiers devrait être étudié attentivement pour vérifier la vocation agricole du projet d’une part et la robustesse du modèle économique de l’exploitant agricole d’autre part. Une attention particulière pourrait être portée aux projets où l’agriculteur touche des revenus supplémentaires sans investir.

### 6.1.3. Information et accompagnement de l’agriculteur

Un autre écueil à la réussite du projet agricole peut être associé au manque d’information et d’accompagnement technique des exploitants. Ce manque d’information ne permet pas à l’agriculteur de se rendre compte des contraintes que lui imposera la structure PV et des potentielles adaptations d’itinéraires techniques nécessaires. Dans ces conditions, il ne dispose pas des éléments lui permettant de négocier le design de la structure PV.

Il est ainsi nécessaire que l’exploitant soit bien informé sur le projet en amont, notamment sur les risques qui y sont associés, qu’il bénéficie d’un retour d’expérience sur d’autres exploitations similaires et d’un accompagnement en amont et en cours de projet.

Les bonnes pratiques à développer, associées à ce sous-critère, sont les suivantes :

- ✓ Les développeurs et/ou concepteurs de structures devraient systématiquement proposer un accompagnement aux agriculteurs et prendre en charge la réalisation d’un suivi agronomique par un organisme professionnel ou scientifique indépendant.

### 6.1.4. Présence d’une zone témoin avec suivi agricole

Comme déjà précisé, l’état limité des connaissances actuelles sur les conséquences agricoles d’une installation photovoltaïque conduit à privilégier, dès la conception d’un projet photovoltaïque sur terrains agricoles avec activités agricoles en sous-face, la présence d’une zone témoin, sans modules photovoltaïques (avec des conditions pédoclimatiques similaires, de taille représentative et cultivée dans les mêmes conditions - variétés, densité (ou nombre d’UGB par ha pour les élevages), itinéraires de culture...) et la mise en place d’un suivi agronomique des cultures (ou zootechnique), sur plusieurs années, par un organisme professionnel ou scientifique indépendant afin de comparer à minima la production agricole sous la zone photovoltaïque et celle sur la zone témoin.

### 6.1.5. Proportion de surface sous projet photovoltaïque

Il convient d’être attentif à l’équilibre, au sein de l’exploitation globale, entre les surfaces agricoles sous système photovoltaïque et les surfaces sans système photovoltaïque. Considérant le peu de retours d’expériences existants actuellement, il paraît risqué de mettre 100% de sa production agricole sous photovoltaïque.

Il conviendrait donc de :

- ✓ Favoriser les projets où les agriculteurs trouvent un équilibre entre production sous installation photovoltaïque et sans photovoltaïque : en effet, cela permettrait de réduire le risque économique de l’exploitation dans le cas d’un échec du projet agricole sous installation photovoltaïque.

### 6.1.6. Valeur du foncier et transmissibilité de l’exploitation


Enfin, le projet doit garantir la pérennité du projet agricole tout au long de sa vie, y compris s’il y a un changement d’exploitant. Plusieurs risques associés à la transmission du projet agricole doivent être pris en considération dès la conception comme le risque de spéculation foncière et l’impact sur le prix du foncier. Au-delà du risque de non transmission, le changement d’exploitant ne doit pas mettre en danger la viabilité du modèle d’affaire. Aussi, la taille du projet peut constituer un frein à la transmission du projet (projets de grande taille souvent privilégiés par les développeurs pour maximiser la rentabilité des installations photovoltaïques).

Pour contrer ces risques :

- ✓ Le cadre contractuel devrait, autant que possible, apporter les mêmes garanties que le bail rural en ce qui concerne la pérennité de l'activité agricole. Le contrat devrait ainsi prévoir le maintien de l'activité agricole, en particulier en cas de changement de statut (intégration dans un GAEC par exemple) ou en cas de transmission de l'exploitation. Ce maintien de l'activité agricole devrait être inscrit dans la convention qui liera l'agriculteur à l'exploitant solaire, mais également dans celui qui reliera l'exploitant solaire au propriétaire des terrains. Autrement dit, le contrat devrait garantir la présence d'un agriculteur **actif** tout au long de vie du projet.
- ✓ Les services instructeurs devraient être attentifs à la taille des projets, en prenant comme référence la taille moyenne des parcelles dans le département, par exemple.

## 6.2. Critère lié à la réversibilité du projet

Ce critère caractérise le risque d'irréversibilité du projet.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p>Réversibilité du projet</p> | <p>Questionnements associés</p> <p><i>Le projet est-il réversible techniquement et juridiquement ?</i></p> | <p>Facteurs d'influence du critère</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Réversibilité technique</li><li>- Anticipation contractuelle du démantèlement</li></ul> |
|--|--|--|

### 6.2.1. Réversibilité technique

Il s'agit d'être attentif quant aux structures nécessitant de gros travaux, qui peuvent transformer durablement le milieu, et en particulier les sols. Le questionnement qu'on se pose ici est : « est-il techniquement possible de revenir à l'état initial ? Et si oui, à quel coût ? ». Une nuance est à apporter dans certains cas particuliers (notamment dans certains départements d'Outre-mer), où les spécificités locales (risques sismiques ou cycloniques par exemple) peuvent impliquer des contraintes supplémentaires sur les fondations.

Il conviendra ainsi de :

- ✓ Favoriser les systèmes qui permettent un retour à la production initiale après le démontage et l'enlèvement des panneaux photovoltaïques. Une attention particulière devrait ainsi être portée à la nature des ancrages nécessaires pour l'installation, en veillant à ne pas recourir au béton quand c'est possible.

### 6.2.2. Réversibilité contractuelle

On s'intéresse ici à l'anticipation du démantèlement dans les baux signés entre exploitant et développeur. Les projets les plus vertueux provisionnent le démantèlement dès la conception et laissent le choix à l'exploitation de pouvoir conserver ou de faire démanteler les structures (à la charge du développeur) à la fin du contrat.


La durée des contrats pourrait également être comparée. Toutefois, dans l'ensemble des cas rencontrés, la durée de vie des projets est identique et est égale à 30 ans.

La bonne pratique associée à ce sous critère est la suivante :

- ✓ Conditionner l'autorisation des projets photovoltaïques sur terrains agricoles à la présence d'une clause, dans les contrats passés entre le développeur et l'exploitant, octroyant le choix à ce dernier de conserver ou de faire démanteler l'installation photovoltaïque à la fin du contrat, et prévoyant, quoi qu'il en soit, le provisionnement financier nécessaire à ce démantèlement, pris en charge par le développeur.

### 6.3. Critère lié à l'adéquation territoriale du projet

Ce critère vise à évaluer l'adéquation du projet avec son contexte local, notamment la compatibilité du type de production envisagé avec les filières déjà en place localement.

|  <b>Adéquation territoriale des projets</b> | <b>Questionnements associés</b><br><br><i>Le projet s'inscrit-il dans une dynamique territoriale ? Le projet est-il compatible avec les filières agricoles locales ? Les acteurs locaux ont-ils été consultés ?</i> | <b>Facteurs d'influence du critère</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Adéquation des projets avec les dynamiques locales et les enjeux du territoire</li><li>- Création d'emplois ?</li><li>- Contribution à la transition énergétique locale ?</li><li>- Déstabilisation des filières en place ?</li><li>- Accompagnement par les acteurs locaux ? Consultation des citoyens ?</li></ul> |
|--|---|--|
|--|---|--|

On se demande ici comment le projet s'inscrit dans une dynamique territoriale, s'il engendre des problématiques paysagères, s'il est compatible avec les filières agricoles locales (par rapport au plan de filière par exemple) et quels impacts, positifs comme négatifs, il peut avoir sur ces filières, notamment dans le cas où les projets photovoltaïques sur terrains agricoles viennent modifier le type de production agricole initial. A noter que les filières agricoles locales intègrent un ensemble d'aspects autres qu'économiques, de l'ordre culturel, de santé, patrimoniaux et historiques qui doit également être questionné.

En outre, les enjeux d'artificialisation et d'occupation de l'espace doivent également être étudiés à l'échelle des territoires, en lien avec les plans et programmes locaux. Les questions de conflits d'usage se doivent d'être étudiées quand les projets induisent une modification de l'occupation de l'espace (remplacement de friches par exemple) en particulier à long terme.


Enfin, il est également indispensable d'assurer une consultation large des acteurs locaux pour assurer une appropriation territoriale du projet, voire de se faire accompagner ou de faire participer les acteurs locaux et compétents : en particulier les Chambres d'agriculture, mais aussi les communes et intercommunalités, tout en incluant si possible les citoyens (consultation, participation, gouvernance...).

Ainsi, pour chaque projet :

- ✓ La contribution (positive ou négative) à la dynamique de filière devrait être questionnée en amont de l'installation des projets, sur la base des plans de filières par exemple.
- ✓ Une consultation large des acteurs locaux, incluant, si possible, les citoyens devraient être systématiquement réalisée et un accompagnement par les Chambres d'Agriculture, les communes et les intercommunalités devrait être privilégié afin d'assurer une appropriation territoriale du projet.

## 6.4. Critère lié à l'impact du projet sur les sols

Ce critère vise à étudier si le projet a des impacts sur l'affectation des sols et leur qualité.

|   |   |   |
|---|---|---|
|  <p>Impacts sur les sols</p> | <p>Questionnements associés</p> <p><i>Le projet engendre-t-il une diminution de la surface exploitable? Des changements d'affectation des sols? Une dégradation de la qualité des sols?</i></p> | <p>Facteurs d'influence du critère</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Diminution de la surface exploitable</li><li>- Changement d'usage des sols, court et long terme, à regarder sur l'ensemble de l'exploitation et pas uniquement sur la parcelle occupée par du photovoltaïque</li><li>- Incidence sur la qualité des sols (imperméabilisation, travaux de terrassement...)?</li></ul> |
|---|---|---|

### 6.4.1. Diminution de la surface exploitable

La mise en place de panneaux photovoltaïques peut induire des pertes de surfaces liées aux structures PV. Cette perte peut-être :

- Directe : Liée à l'emprise au sol des pieux par exemple
- Indirecte lorsque les structures gênent le passage des engins agricoles qui n'exploiteront plus certaines surfaces (parfois par précaution, pour éviter d'abîmer les structures PV).

On peut considérer comme faible les impacts limités à quelques pourcents de la surface exploitable, souvent associés aux pieux. En revanche, à partir de 5%, on peut considérer que les structures PV induisent une perte significative de surface exploitable.

Les bonnes pratiques associées à ce sous-critère sont :

- ✓ D'estimer en amont de la conception la perte de surface exploitable directement (emprise des pieux au sol par exemple) et indirectement (gêne des engins agricoles et précautions).
- ✓ De placer les locaux techniques hors des espaces cultivés et mutualiser les voies d'accès avec celles existantes pour les engins agricoles ;
- ✓ De privilégier les ancrages de structures à emprises très limitées.

### 6.4.2. Changement d'usage des sols

Certains projets peuvent impliquer des changements d'usages du sol : il convient alors d'évaluer les impacts liés à ce changement au regard de l'usage initial du terrain avant l'implantation du projet photovoltaïque. **En particulier, il existe un point de vigilance en ce qui concerne les projets sur friches, lorsque celles-ci ont des externalités positives sur l'environnement et un intérêt écologique qui pourrait alors être remis en cause par l'implantation d'une activité agricole sous un système photovoltaïque.**

Ces changements d'usage sont à étudier à l'échelle globale de l'exploitation agricole. En effet, la mise en place d'un projet photovoltaïque sur terrain agricole peut entraîner une réorganisation globale du fonctionnement de l'exploitation, et alors des changements d'usages autres que sur la parcelle concernée.

Ainsi, il conviendra de :

- ✓ Questionner, le cas échéant, la modification de l'usage de la parcelle d'implantation du projet et des parcelles alentour (à l'échelle de l'exploitation) et ses conséquences positives, neutres ou négatives, en particulier pour les friches présentant un intérêt écologique.

### 6.4.3. Impacts sur la qualité des sols

Il est nécessaire d'évaluer si le projet a un impact sur la qualité des sols. Cet impact peut être lié à de l'imperméabilisation, des travaux de terrassement, mais également être une conséquence de la création de microclimats sur les conditions édaphiques, et en particulier la structure et l'hydromorphie du sol. La modification des conditions abiotiques pourrait en effet altérer l'activité fongique et la microbiologie du sol, engendrant des maladies.

Plusieurs bonnes pratiques ont été identifiées pour limiter ces impacts.

#### En phase conception :

- ✓ Evaluer l'impact du projet sur la qualité des sols (imperméabilisation, travaux de terrassement ...).

#### En phase chantier (exploitation et démantèlement) :

- ✓ Eviter le tassement du sol et/ou de prévoir son décompactage ou l'installation d'un couvert végétal avant l'installation de la culture ;
- ✓ Conserver les espèces végétales initiales, notamment dans le cas de projets sur prairies ;
- ✓ Veiller à ne pas endommager les plants existants en cas d'intervention sur terrain non vierge, notamment dans la manutention des éléments de structures et le battage des pieux.
- ✓ Etudier la répartition de l'eau au sol et mettre en place le cas échéant des dispositifs visant à éviter l'érosion des sols.
- ✓ Plus généralement, s'inspirer des mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts sur la qualité des sols du « Guide d'aide à la définition des mesures ERC »<sup>27</sup> et des mesures dédiées aux centrales photovoltaïques (notamment la mesure ER12) du « Guide technique PIESO d'écoconception des centrales photovoltaïques »<sup>28</sup>.

#### En phase exploitation :

- ✓ Suivre la qualité des sols sous le projet photovoltaïque par rapport à l'état initial et à la qualité des sols environnants, en particulier par rapport à la zone témoin en référence aux protocoles proposés dans la « Boîte à outils pour l'optimisation des suivis écologiques et des techniques d'intégration de l'énergie solaire » du projet PIESO<sup>29</sup>.

---

<sup>27</sup>CGDD – Evaluation Environnementale – Guide d'aide à la définition des mesures ERC – janvier 2018  
<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Guide%20d%E2%80%99aide%20%C3%A0%20la%20d%C3%A9finition%20des%20mesures%20ERC.pdf>


<sup>28</sup>Guide PIESO – Guide technique d'écoconception des centrales photovoltaïques – un outil d'aide à l'intégration écologique – septembre 2020

<sup>29</sup>PIESO BOOST – Boîte à outils pour l'optimisation des suivis écologiques et des techniques d'intégration de l'énergie solaire – septembre 2020



## 6.5. Critère lié aux impacts environnementaux et paysagers du projet

Cet axe d'évaluation concerne les incidences potentielles du projet sur l'environnement. Il peut s'agir d'impacts de flux (pollutions, GES etc.), d'impacts sur la biodiversité, sur les paysages ou encore de consommation de ressources naturelles.

| Impacts environnementaux et paysagers   | Questionnements associés  | Facteurs d'influence du critère   |
|---|---|---|
|  | <i>Le projet a-t-il des incidences notables sur l'environnement, y compris les paysages ?</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Impacts de flux : Impacts analysés par des ACV : incluent les diverses pollutions engendrées par les projets (pollutions de l'air, eutrophisation...), la contribution au réchauffement climatique (émissions GES) et la consommation de ressources naturelles</i></li><li>- <i>Impacts sur la biodiversité et les milieux naturels (fragmentation des milieux...)</i></li><li>- <i>Impacts paysagers (risque de mitage, territoires touristiques, notions de terroir ...)</i></li></ul> |

La prise en compte des impacts environnementaux nécessite d'évaluer :

- les impacts de flux, typiquement quantifiés via des analyses de cycle de vie (ACV), incluent les diverses pollutions engendrées par les projets (pollutions de l'air, eutrophisation etc.), la contribution au réchauffement climatique (émissions de GES) et la consommation de ressources naturelles ;
- les impacts sur les milieux naturels et la biodiversité (artificialisation des sols, fragmentation des milieux, piège écologique notamment via la polarisation de la lumière pour certains insectes polarotactiques ou pollinisateurs, etc...);
- les impacts paysagers avec notamment l'évaluation du risque de mitage paysager, avec une vigilance particulière pour les territoires touristiques ou pour les territoires présentant des notions de terroirs à préserver.

Pour la majorité des projets, ces impacts environnementaux peuvent être évalués dans le cadre de l'étude d'impact. Il convient néanmoins d'être attentif aux « petits » projets qui ne sont pas soumis à étude d'impact mais qui peuvent avoir des effets cumulés notables s'ils se multiplient.

**De plus, de manière générale, il n'existe que peu d'éléments chiffrés, publics et centralisés sur les impacts environnementaux de ces typologies spécifiques de structures photovoltaïques sur terrains agricoles, en comparaison avec les impacts des centrales photovoltaïques « classiques » au sol ou sur bâtiment.**


Pour l'ensemble de ces impacts, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

- ✓ Être attentif aux projets non soumis à l'étude d'impact qui, cumulés, peuvent avoir des effets notables.
- ✓ Améliorer les connaissances scientifiques sur les impacts environnementaux des projets photovoltaïques sur terrains agricoles du fait des structures spécifiquement utilisées, en comparaison des centres « classiques » au sol ou sur bâtiment.
- ✓ Recenser et partager les mesures d'évitement, de réduction et de compensation pertinentes pour les projets photovoltaïques sur terrains agricoles.
- ✓ Dans l'attente, se reporter aux bonnes pratiques recensées dans le guide<sup>28</sup> et la boîte à outil<sup>29</sup> du projet PIESO pour limiter les incidences environnementales des centrales photovoltaïques.

## 6.6. Critère lié à l'adaptabilité du système photovoltaïque

Ce critère vise à s'assurer de l'adaptabilité, dans le temps, des structures photovoltaïques aux projets agricoles. Celle-ci est considérée à la fois :

- Sur le plan agronomique : Est-ce que le projet est résilient vis-à-vis des menaces extérieures (pression parasitaire, conditions climatiques ...) ?
- Sur le plan commercial : Est-ce que ce système ne limite pas trop l'adaptabilité de l'exploitation et de ses productions en réponse à des changements futurs des conditions du marché (fluctuation des coûts, saturation du marché, etc. ?). Est-il compatible avec une diversification des débouchés commerciaux ?

|  |  |   |
|--|--|---|
|  <b>Adaptabilité du système</b> | <b>Questionnements associés</b><br><i>La présence de modules PV limite-elle l'éventail de diversité spécifique et variétale par rapport à une même production sans modules ?</i> | <b>Facteurs d'influence du critère</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre de variétés adaptées</li><li>- Nombre d'espèces adaptées</li><li>- Evolution des conditions de marché</li></ul> |
|--|--|---|


Un paramètre prépondérant à prendre en compte ici est le nombre d'espèces et variétés adaptées à ce couplage. On peut supposer que, plus le système est adapté à un grand nombre d'espèce, plus il sera résilient sur le plan commercial et agronomique.

Ainsi, il conviendrait d'intégrer dans l'étude technico-économique des projets:

- ✓ non seulement les impacts sur la production que l'agriculteur souhaite installer sous sa structure (comme précisé précédemment), mais également les alternatives identifiées en cas d'échec. Ainsi, la possibilité éventuelle de diversifier la production pourra être évaluée. En plus de cette évaluation, cette étape permettra de pousser les agriculteurs à envisager des solutions de diversification.
- ✓ un volet d'analyse sur les filières agricoles et leur évolution, ce qui permettra d'évaluer s'il existe un risque de saturation des débouchés pour les espèces adaptées à la structure.

## 6.7. Critère lié à la flexibilité technique du système photovoltaïque

Ce critère vise à évaluer la capacité des structures PV à permettre une adaptation future des itinéraires techniques.

|   |  |  |
|---|--|--|
|  <b>Flexibilité technique du système</b> | <b>Questionnements associés</b><br><i>Le projet est-il adapté à des évolutions potentielles des itinéraires techniques ?</i> | <b>Facteurs d'influence du critère</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Evolution des itinéraires techniques</li><li>- Innovations sur de nouveaux matériels</li><li>- Modularité de la structure</li></ul> |
|---|--|--|

Une faible adaptabilité de la structure à des changements d'itinéraires techniques agricoles est un risque pour les exploitants de ne pas pouvoir changer leurs modes de production ou de ne pas pouvoir utiliser de nouveaux matériels plus performants. Ce risque est d'autant plus important que les contrats ont une durée de 30 ans.

Ainsi, il sera nécessaire de :

- ✓ Soutenir les projets de recherche et développement sur l'adaptation des installations photovoltaïques aux itinéraires techniques agricoles actuels et futurs (possibilité de modulation des structures en cas d'évolution des itinéraires techniques).
- ✓ Promouvoir le développement des types de systèmes reconnus comme les plus flexibles (soutien publics, condition d'autorisation des projets...).

## 7. Synthèse des recommandations

---

Ce chapitre présente les principales recommandations concernant les projets photovoltaïques sur terrains agricoles à destination des différents acteurs de la filière, pour certaines, déjà présentes dans le corps du document.

### 7.1. Recommandations à destination des pouvoirs publics

#### 7.1.1. **Recommandations sur l'amélioration et la recherche en connaissances**

##### **Accompagner les exploitants agricoles en développant de la connaissance**

- Poursuivre et soutenir les projets de recherche et développement sur l'impact des structures photovoltaïques sur les productions végétales et animales (impacts sur les rendements, la qualité des produits, les indicateurs zootechniques...), en particulier sur des parcelles expérimentales à moyenne et longue durée.
- Initier et soutenir des travaux de recherche sur l'adaptation des installations photovoltaïques aux productions agricoles et itinéraires techniques actuels et futurs (nouveaux modules photovoltaïques, nouvelles structures modulaires en cas d'évolution des itinéraires techniques...).
- Soutenir les études sur les impacts socio-économiques de ces systèmes : impacts socio-économiques pour les agriculteurs, freins et leviers sociétaux pour l'agrivoltaïsme...
- Accompagner financièrement et techniquement la phase d'expérimentation des projets agrivoltaïques et des projets d'intérêt potentiel pour l'agriculture.
- Soutenir, former et accompagner les instituts techniques et/ou les chambres d'agriculture pour leur permettre de guider les agriculteurs qui souhaiteraient se lancer dans un projet photovoltaïque et de réaliser un suivi technique systématique des projets avec capitalisation des résultats (cf. la création d'un observatoire).
- A l'échelle des bassins de production, mener des études économiques et d'impacts sur l'emploi de ces projets photovoltaïques sur terrains agricoles.

##### **Créer un Observatoire du photovoltaïque sur terrains agricoles**

- Rendre obligatoire la capitalisation des retours d'expérience et des suivis agronomiques et zootechniques des projets photovoltaïques sur terrains agricoles autorisés en France, et donner la compétence de la collecte de données à un organisme de type « observatoire ». La centralisation des retours d'expérience permettra d'affiner le diagnostic de la performance des installations photovoltaïques sur terrains agricoles, et ainsi de disposer d'éléments concrets pour d'éventuelles réglementations futures ou pour affiner les recommandations.

L'Observatoire du photovoltaïque sur terrains agricoles aurait pour principales missions :

- La collecte et la centralisation de données remontées par les porteurs de projets (et notamment des indicateurs liés aux suivis agronomiques et zootechniques) avec l'identification et l'harmonisation des données à recueillir en fonction des productions et des projets.
- La mise à disposition publique, lorsque suffisamment de retours d'expérience auront pu être compilés, d'indicateurs ou de références « semi-génériques » liées à chaque production agricole sous différents systèmes photovoltaïques (pour une certaine orientation, sur certaines plantes, dans certaines conditions climatiques...). Le niveau de détail technique et géographique de ces références reste à définir : par exemple, l'échelle de la « petite région agricole » pourrait être envisagée. Ces informations pourraient ainsi permettre d'éclairer les prises de décisions sur de futurs projets ou d'apporter des éléments tangibles pour la formalisation de conditions nécessaires à une future réglementation de ces projets.

- Le développement d'une ou plusieurs plateforme(s) d'information à destination des agriculteurs compilant des informations générales, des bonnes pratiques, des points de vigilances et des retours d'expériences, notamment sur les adaptations des itinéraires techniques induites par le couplage avec une production photovoltaïque. Cette plateforme pourrait être déclinée par région et/ou type d'installation.
- Le recensement et la compilation des bonnes pratiques et des mesures de réduction des impacts sur la production agricole à destination des développeurs. Les bonnes pratiques présentées dans le livrable « Recueil de retours d'expérience et fiches techniques récapitulatives » de cette étude pourraient servir de base à ce travail, qui serait progressivement enrichi par les retours d'expériences futurs et viserait à proposer une palette de mesures d'adaptation pour chaque type de projet.
- La facilitation du partage d'information entre les acteurs : création et animation de réseaux d'acteurs pour le partage des retours d'expérience sous la forme d'un annuaire d'acteurs ou via les réseaux sociaux et/ou des journées techniques ou séminaires.

### 7.1.2. Recommandations sur l'autorisation des projets

En l'état actuel des connaissances et en complément d'un déploiement du photovoltaïque en toitures :

- Encourager et favoriser le déploiement des projets « agrivoltaiques » et des projets d'intérêt potentiel pour l'agriculture.
- Avantager ou accorder une bonification aux projets qui pourront répondre de la dénomination « agrivoltaïque » et nécessitant une obligation de résultats, démontrés, pour les trois critères de qualification : apport d'un service, impact sur la production agricole et impact sur les revenus de l'exploitation.
- Conditionner l'autorisation administrative des projets photovoltaïques sur terrains agricoles à :
  - Une analyse au cas par cas des projets sur la base d'un dossier de justification, rédigé par les porteurs de projets, pour l'ensemble des critères techniques précédemment présentés pour l'évaluation des projets (cf. §4.2 et §6).
  - La présence d'une zone témoin avec les mêmes productions, espèces et variétés agricoles (cultivée dans les mêmes conditions que la zone sous photovoltaïque : conditions pédoclimatiques, itinéraires techniques...). Cette parcelle témoin devrait être suffisamment grande pour éviter les effets de bords et les biais d'analyse, et la densité de cultures (ou le nombre d'UGB par ha pour les élevages) devrait être représentative des standards locaux (pas artificiellement basse).
  - L'obligation d'un suivi agricole permettant la comparaison entre zone photovoltaïque et zone témoin sur une période de 3 ans minimum pour les cultures saisonnières et productions animales, sur 5 ans pour les cultures pérennes (à partir de l'entrée en production de la culture si les végétaux sont plantés pendant le projet).  
*Ces deux dernières conditions, en plus de constituer des retours d'expériences concrets et de permettre la capitalisation de données scientifiques, devraient également permettre de distinguer les cas où les échecs sont liés au projet photovoltaïque, des échecs liés à un manque de technicité pour certaines productions (notamment en cas de changement profond des productions et habitudes de l'exploitation).*
  - La présence, dans les contrats passés entre le développeur et l'agriculteur, d'une clause prévoyant le démantèlement, provisionné par le développeur, voire séquestré sur un compte tiers pour éviter sa perte en cas de faillite de la société de projet.
  - La présence d'une production agricole en dehors de la zone photovoltaïque (au-delà de la seule zone témoin) : en l'état actuel des connaissances, il convient de favoriser les projets où les agriculteurs n'ont pas 100% de leur production agricole sous panneaux photovoltaïques afin de réduire le risque économique de l'exploitation en cas d'échec du projet.

- Favoriser les systèmes qui permettent un retour de la parcelle à son état initial (en termes de sol et d'usage) après le démontage et l'enlèvement du système photovoltaïque.
- Encadrer réglementairement les loyers payés dans le cadre du bail emphytéotique pour limiter le risque de spéculation foncière. Il est difficile de fixer un plafonnement unique du loyer payé par hectare, car le prix du foncier agricole est variable selon les zones géographiques. Cependant, une comparaison systématique du loyer payé par rapport au prix moyen du fermage local ou au prix du foncier doit permettre d'identifier les loyers excessifs.
- Clarifier le positionnement et la définition des ombrières et des « serres ouvertes » (c'est-à-dire celles dont tout ou partie de leurs côtés sont constitués de filets anti-insectes, qui peuvent être déployés ou retirés). En effet, en l'état actuel des choses, les « serres ouvertes » sont classées comme des ombrières alors qu'elles remplissent des services plus proches de ceux des serres quand leurs filets sont déployés en permettant le contrôle des conditions microclimatiques (humidité, chaleur) et de la pression parasitaire, contrairement aux ombrières qui ont pour unique vocation d'apporter de l'ombre, sans influencer les autres paramètres microclimatiques (et qui en ce sens ne constituent pas un matériel technique comme défini par le critère 1 sur le service apporté).

### 7.1.3. Recommandations sur l'instruction des projets

- Etudier attentivement l'ensemble des éléments financiers pour vérifier, d'une part, la vocation agricole du projet et d'autre part, la robustesse du modèle économique de l'exploitant agricole.
  - Favoriser les projets où les agriculteurs investissent dans la structure, sans toutefois rendre cette condition obligatoire, du fait de la nature capital-intensif des projets photovoltaïques.
  - Une attention particulière pourrait être portée pour les projets avec des baux tripartites (un propriétaire foncier, un agriculteur et un développeur), où les propriétaires fonciers touchent des revenus supplémentaires liés au PV, mais où les investissements sont portés par les agriculteurs. Dans ce type de cas, les projets avec des sociétés d'investissements pourraient permettre aux exploitants agricoles de participer au capital, et donc de posséder des parts dans le projet photovoltaïque, contrairement aux projets où seul le propriétaire foncier possède des parts dans le projet photovoltaïque.
- Evaluer l'impact du projet sur la qualité des sols (impermeabilisation, travaux de terrassement ...) sur l'ensemble des phases du projet (installation, exploitation, démantèlement).
- Le cas échéant, questionner la modification de l'usage de la parcelle ou des cultures en place et ses conséquences positives, neutres ou négatives.
- Être attentif aux projets non soumis à l'étude d'impact qui, cumulés, peuvent avoir des effets notables.
- Questionner la contribution (positive ou négative) à la dynamique de filière sur la base des plans de filières par exemple. Les conflits d'usage se doivent d'être étudiés, en particulier à long terme. Pour cela, un accompagnement par les Chambres d'Agriculture, les communes et les intercommunalités peuvent permettre d'assurer un projet de territoire cohérent tout en incluant, si possible, les citoyens.
- Être attentif à la taille des projets, en prenant comme référence la taille moyenne des parcelles dans le département, par exemple.



## 7.2. Recommandations à l'intention des porteurs de projet

### 7.2.1. Phase de conception

#### Réaliser une étude technico-économique systématique en phase conception

- Une étude technico-économique devrait systématiquement être réalisée avant la demande de permis de construire, y compris pour les « petits » projets, d'un hectare voire moins.
- L'objectif de cette étude technico-économique serait de limiter au maximum le risque d'échec et/ou d'abandon des projets agricoles. Pour cela, elle comprendrait à minima la description et la justification :
  - Du projet professionnel (insertion du projet photovoltaïque dans l'exploitation) ;
  - Des besoins de l'exploitant avec l'identification des services apportés par le projet photovoltaïque, démontrés<sup>30</sup> par des résultats bibliographiques, des retours d'expérience ou un audit par un organisme tiers, spécialisé et indépendant dans le cas d'une amélioration du bien-être animal.
  - Du dimensionnement et de la conception des installations photovoltaïques et agricoles au regard de l'exploitation et des productions envisagées (variétés et espèces) ;
  - De l'adéquation du projet photovoltaïque et de ses incidences (positives et négatives) sur la production agricole tenant compte du partage lumineux entre production énergétique et production agricole, des spécificités locales du projet, des itinéraires techniques de l'exploitation et le cas échéant, des mesures correctives d'adaptation de l'installation (dimensionnement, design de la structure, taux de couverture photovoltaïque, homogénéisation de l'irradiance, optimisation du positionnement des cultures par rapport à la position des panneaux, plantations différenciées, modélisation 3D...) aux contraintes d'exploitation ;
  - Des risques techniques et alternatives agricoles identifiées en cas d'échec du projet : ainsi, la possibilité éventuelle de diversifier la production pourra être évaluée dans le but de pousser les porteurs de projet à anticiper quelques alternatives et à évaluer la possibilité éventuelle de diversifier la production agricole.
  - De la perte de surface exploitable directement (emprise des pieux au sol par exemple) et indirectement (gêne des engins agricoles et précautions).
  - Des adaptations et des mesures envisagées pour permettre de limiter les impacts sur la production agricole pendant la phase travaux : adaptation du calendrier et du phasage des travaux, mises en place d'éléments de protection, etc.
  - De la viabilité des débouchés et des filières agricoles pour les productions envisagées et de l'insertion du projet dans ces dynamiques locales, ce qui permettra d'évaluer s'il existe un risque de saturation des débouchés pour les espèces adaptées à la structure ;
  - Du modèle économique du projet et le plan d'affaires prévu sur la durée de vie du projet avec une comparaison avant/après le projet photovoltaïque ;
  - Des risques économiques tout au long de la durée de vie du projet et des potentielles évolutions de l'exploitation agricole avec les pistes et solutions pour y répondre ;
  - Des dispositions liées au démantèlement et à la réversibilité de l'installation photovoltaïque ;
  - Enfin, de tous les éléments pertinents permettant d'évaluer les critères de qualification et d'attention présentés dans le présent document.

---

<sup>30</sup> Une justification par des moyens n'est pas suffisante en elle-même.



- Cette étude technico-économique devrait être compatible et cohérente avec le cadre réglementaire actuel, qui exige à minima la justification de la compatibilité du projet photovoltaïque avec le maintien d'une activité agricole. Si les pouvoirs publics le souhaitent, cette étude technico-économique pourrait être la pièce justificative permettant d'attester de cette compatibilité. Le cas échéant, cette étude technico-économique serait intégrée ou fusionnerait avec les études existantes (notamment avec le mémoire technique demandé dans le cadre de l'appel d'offre Innovation) pour éviter les redondances.
- Cette étude serait faite en complément de l'étude préalable agricole (EPA), qui interviendrait dans un second temps, dans le cadre de la demande du permis de construire. L'étude préalable agricole pourrait alors s'appuyer sur les résultats de cette étude technico-économique, pour juger si les éventuels impacts sur l'économie agricole du projet peuvent être évités, réduits ou compensés.

### **Pour les productions sous Signe d'Identification de Qualité et d'Origine (SIQO)**

- Le cas échéant, informer l'Organisme de Défense et de Gestion (ODG) du projet dès sa phase de conception : sa connaissance des spécificités et des éventuelles contraintes résultant du cahier des charges d'une production sous SIQO pourra contribuer à la réussite du projet. En effet, certaines installations pourraient être considérées comme incompatibles avec le cahier des charges et entraîner un retrait d'habilitation du producteur.
- Par ailleurs, les porteurs de projet pourront se rapprocher des services de la délégation territoriale de l'Institut national de l'origine et de la qualité (INAO) qui assure la reconnaissance et la protection des SIQO, en ce qui concerne leurs questions sur la réglementation relative à la protection des SIQO.

### **Impliquer l'exploitant agricole dans la phase de conception**

- L'exploitant agricole devrait systématiquement être impliqué dans la phase de conception pour que ses besoins puissent être pris en compte concernant :
  - Les contraintes d'exploitation (passage des engins agricoles, itinéraires techniques ...)
  - Les besoins des productions: ensoleillement, besoins en eau, conditions microclimatiques...)
- Etudier les possibilités de services annexes pouvant être apportés à l'exploitant : mobilisation des structures PV pour l'installation de filets de protection, utilisation des structures comme clôtures, optimisation de la gestion de l'eau (mise en place de bassins de récupération), etc.

### **Garantir le maintien de l'activité agricole**

- Le cadre contractuel devrait, autant que possible, apporter les mêmes garanties que le bail rural en ce qui concerne la pérennité de l'activité agricole. Le contrat devrait ainsi prévoir le maintien de l'activité agricole, en particulier en cas de changement de statut (intégration dans un GAEC par exemple) ou en cas de transmission de l'exploitation. Ce maintien de l'activité agricole doit être inscrit dans la convention qui liera l'agriculteur à l'exploitant solaire, mais également dans celui qui relie l'exploitant solaire au propriétaire des terrains.
- D'autre part, le risque de défaillance de l'exploitant agricole devrait être systématiquement anticipé par le porteur de projet. Ce dernier devrait ainsi être responsable et garant du maintien d'une activité agricole tout au long du projet avec, le cas échéant, le devoir de trouver un repreneur à l'exploitation.

## 7.2.2. Phase exploitation

- Mettre en place une parcelle témoin sans structure photovoltaïque, dans les mêmes conditions pédoclimatiques (exposition, etc...) que la parcelle du projet, et cultivée avec les mêmes espèces et variétés que celles du projet. Concernant les productions agricoles, la densité de cultures ou d'UGB par ha pour les élevages ne doit pas être plus basse que les standards locaux.
- Proposer et financer un accompagnement et un suivi technique systématique aux agriculteurs via un organisme professionnel ou scientifique, compétent pour la production agricole envisagé, reconnu et indépendant, préférentiellement par un institut technique public.
- Dans le cas de structures mobiles, impliquer systématiquement l'agriculteur dans le pilotage des structures, afin de répondre aux exigences de ses cultures.
- Recueillir et fournir les retours d'expériences et résultats des suivis agronomiques à un organisme de type « observatoire » compétent (cf. la création d'un Observatoire du photovoltaïque sur terrains agricoles au §7.1). La centralisation de ces retours d'expérience permettra d'affiner l'évaluation des incidences des installations photovoltaïques sur les productions agricoles, et ainsi de disposer d'éléments concrets pour d'éventuelles réglementations futures ou mettre à jour les recommandations.
- Mettre en place et partager des mesures d'évitement, de réduction et de compensation pertinentes pour les projets photovoltaïques sur terrains agricoles.

## 7.3. Temporalité des recommandations

Le schéma suivant reprend succinctement l'ensemble des recommandations sur l'échelle temporelle du développement d'un projet photovoltaïque sur terrain agricole.

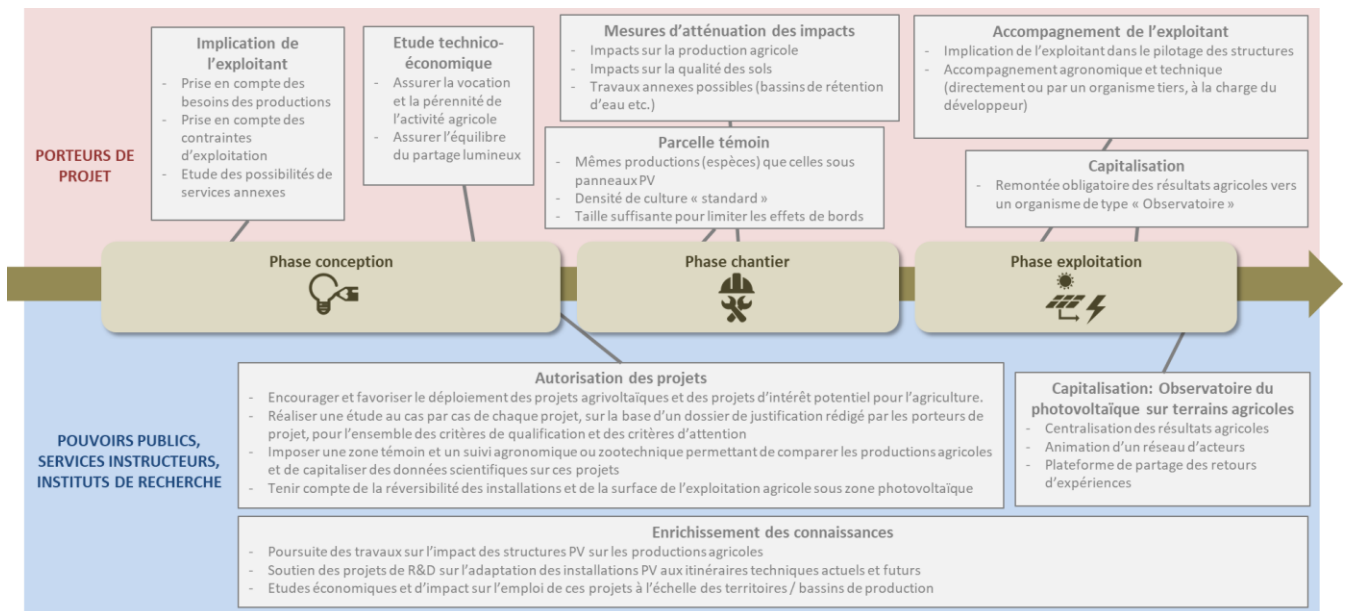


Figure 22: Temporalité des recommandations

## CONCLUSIONS

---

Les systèmes photovoltaïques sur terrains agricoles sont une solution potentielle pour concilier les enjeux associés aux filières photovoltaïques et agricoles. Toutefois, cette conciliation implique des équilibres et des compromis délicats à trouver entre production agricole et production d'énergie photovoltaïque.

Cette étude a permis de proposer un éclairage sur ces équilibres, sur la base des connaissances à date et d'une large consultation, impliquant toutes les parties prenantes et connexes de ce secteur. Les réflexions menées ont ainsi permis d'identifier trois critères majeurs de qualification, permettant d'évaluer le niveau de synergie agricole d'un projet. Au-delà de ces critères de qualification, l'étude a également mis en lumière les nombreux enjeux et paramètres pouvant influencer les risques et les externalités positives de ces projets. Ce travail a ainsi permis de définir plusieurs critères d'attention, indispensables à évaluer pour chaque projet, afin de vérifier notamment que les projets n'ont pas d'effets délétères sur la profession agricole, l'environnement ou les filières locales.

Au-delà d'une classification pour tous types de projets photovoltaïques sur terrains agricoles, cette étude a également permis d'aboutir à une définition approfondie de l'agrivoltaïsme, caractérisant les synergies entre production agricole et production photovoltaïque et tenant compte de l'ensemble des enjeux gravitant autour de cette nouvelle notion.

De plus, le gradient de classification des projets photovoltaïques sur terrains agricoles a également révélé l'existence de projets moins synergiques que les projets agrivoltaïques, mais pouvant toutefois être pertinents pour l'agriculture, sous réserve qu'ils respectent eux-aussi l'ensemble des critères d'attention.

Enfin, l'ensemble des connaissances acquises pendant l'étude ont permis de formuler un certain nombre de recommandations pour l'encadrement, le déploiement et l'exploitation des systèmes photovoltaïques sur terrains agricoles.

Pour autant, cette étude est la première réalisée à l'échelle nationale sur ce sujet complexe et les connaissances des incidences des systèmes photovoltaïques sur la production agricole sont aujourd'hui encore lacunaires et variables selon les types de projets. La recherche, le partage des retours d'expérience et la capitalisation des suivis agricoles seront donc indispensables pour permettre l'approfondissement des connaissances.

## INDEX DES ILLUSTRATIONS

|  |    |
|--|----|
| Figure 1: Eléments constitutifs de cette étude .....   | 9  |
| Figure 2: Schéma illustrant les démarches administratives d'autorisation et les types de soutiens associés aux différentes installations photovoltaïques sur terrains agricoles. Source: CETIAC..... | 13 |
| Figure 3: Répartition géographique des exploitations enquêtées (non représentées : 3 exploitations en Allemagne).....  | 16 |
| Figure 4: Répartition des systèmes enquêtés.....   | 16 |
| Figure 5: Schéma des interactions entre production d'énergie PV et production agricole (CERESCO, 2020).....  | 17 |
| Figure 6: Critères d'évaluation identifiés .....   | 20 |
| Figure 7: Schématisation de la catégorisation des systèmes photovoltaïques sur terrains agricoles.....   | 21 |
| Figure 8: Schéma de la classification des différents types de services apportés à l'exploitation agricole  | 22 |
| Figure 9: Distinction entre les services directs et indirects .....  | 22 |
| Figure 10: Evaluation des quantités produites .....  | 24 |
| Figure 11: Evaluation de la qualité des productions .....  | 25 |
| Figure 12: Combinaison des deux indicateurs composant le critère « Incidence sur la production agricole ».....   | 25 |
| Figure 13: Exemple n°1 pour le critère 2 « Incidence sur la production agricole » .....  | 26 |
| Figure 14: Exemple n°1 pour le critère 2 « Incidence sur la production agricole ».....   | 27 |
| Figure 15: Evaluation du critère « Incidence sur la production agricole ».....   | 27 |
| Figure 16: Combinaison des deux types de revenus du critère "Revenu de l'exploitation agricole".....   | 29 |
| Figure 17: Exemple n°1 pour le critère 3 « Revenu de l'exploitation agricole » .....   | 30 |
| Figure 18: Evaluation du critère "Revenu de l'exploitation agricole".....  | 31 |
| Figure 19: Gradient de classification des projets photovoltaïques sur terrains agricoles.....  | 32 |
| Figure 20: Zoom 1 sur le gradient permettant de qualifier, à priori, les projets d'agrivoltaïsme.....  | 33 |
| Figure 21: Gradient des projets apportant des services indirects .....   | 34 |
| Figure 22: Temporalité des recommandations.....  | 50 |
| Figure 23: Critères de qualification pour l'exemple A.....   | 55 |
| Figure 24: Position sur le gradient - Exemple A.....   | 56 |
| Figure 25: Position potentielle (a priori) sur le gradient - Exemple B.....  | 57 |
| Figure 26: Critères de qualification a priori (phase projet) pour l'exemple B.....   | 58 |
| Figure 27: Position sur le gradient visée par le porteur de projet – Exemple B.....  | 59 |
| Figure 28: Critères de qualification a posteriori - Exemple B .....  | 60 |
| Figure 29: Position réelle sur le gradient - Exemple B.....  | 61 |

## SIGLES ET ACRONYMES

|             |  |
|-------------|--|
| ADEME       | Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie                                   |
| AO CRE      | Appels d'offres nationaux, opérés par la Commission de Régulation de l'Énergie             |
| CAA         | Cour Administrative d'Appel  |
| CAPEX       | Capital Expenditure  |
| CC          | Carte Communale  |
| CDPENAF     | Commission Départementale de la Préservation des Espaces Naturels, Agricoles et Forestiers |
| CRE         | Commission de Régulation de l'énergie  |
| CTIFL       | Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes                                  |
| DDT         | Direction Départementale des territoires   |
| DGEC        | Direction Générale de l'Énergie et du Climat   |
| DTA         | Directives Territoriales d'Aménagement   |
| EPA         | Etude préalable agricole   |
| ETP         | Equivalent Temps Plein   |
| FNO         | Fédération Nationale Ovine   |
| GW          | Gigawatt   |
| ha          | Hectare  |
| IDELE       | Institut de l'Elevage  |
| INAO        | Institut National de l'Origine et de la Qualité  |
| INRAE       | Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement       |
| kW          | kilowatt   |
| LCOE        | Levelized Cost Of Energy   |
| LER         | Land Equivalent Ratio  |
| Modules OPV | Modules photovoltaïques organiques   |
| MTES        | Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire   |
| MW          | Mégawatt   |
| OPEX        | Operational Expenditure  |
| PCAET       | Plan Climat-Air-Energie Territorial  |
| PLU         | Plan Local d'Urbanisme   |
| PNR         | Parc Naturel Régionaux   |
| POS         | Plan d'Occupation des Sols   |
| PPA         | Power Purchase Agreement   |
| PPE         | Programmation Pluriannuelle de l'Énergie   |
| PV          | Photovoltaïque   |
| SCOT        | Schéma de Cohérence Territoriale   |
| SDAGE       | Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux                                      |
| SIQO        | Signes Officiels de la Qualité et de l'Origine   |
| SRADDET     | Schémas Régionaux d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires      |
| SPE         | Solar Power Europe   |
| SYNALAF     | Syndicat National des Labels Avicoles de France  |
| ZAN         | Zéro artificialisation nette   |

## ANNEXE A : EXEMPLES D'UTILISATION DU GRADIENT

---

Ce paragraphe vise à illustrer l'utilisation qui peut être faite du gradient de classification des projets photovoltaïques sur terrains agricoles, afin de caractériser le couplage « photovoltaïque – agriculture » et ce, pour différents états d'avancement du projet.

**Attention, ces exemples ne proposent que l'examen des trois critères de qualification pour identifier le positionnement des projets dans le gradient de classification : l'examen des critères d'attention reste un point fondamental pour valider la cohérence et la pertinence globale des projets et justifier de leur statut.**

Trois exemples fictifs sont proposés ci-après :

- Exemple A - une serre photovoltaïque en service depuis plusieurs années ;
- Exemple B - une installation d'ombrières mobiles pour arboriculture en phase projet ;
- Exemple C - une installation de centrale photovoltaïque pour élevage ovin en phase projet.



- Exemple A

Un maraîcher a fait installer il y a 8 ans une serre photovoltaïque sur une de ses parcelles. Il ne dispose pas d'une zone témoin à proprement parler, ni d'un suivi agronomique mais il a des parcelles à côté, sans modules photovoltaïques, où il cultive les mêmes espèces dans les mêmes conditions. Il a constaté que les rendements et la qualité des productions issues de sa parcelle sous modules PV sont légèrement inférieurs à ceux des parcelles voisines mais il vend désormais sa production en circuit court et l'ensemble ne remet pas en cause ses revenus agricoles.

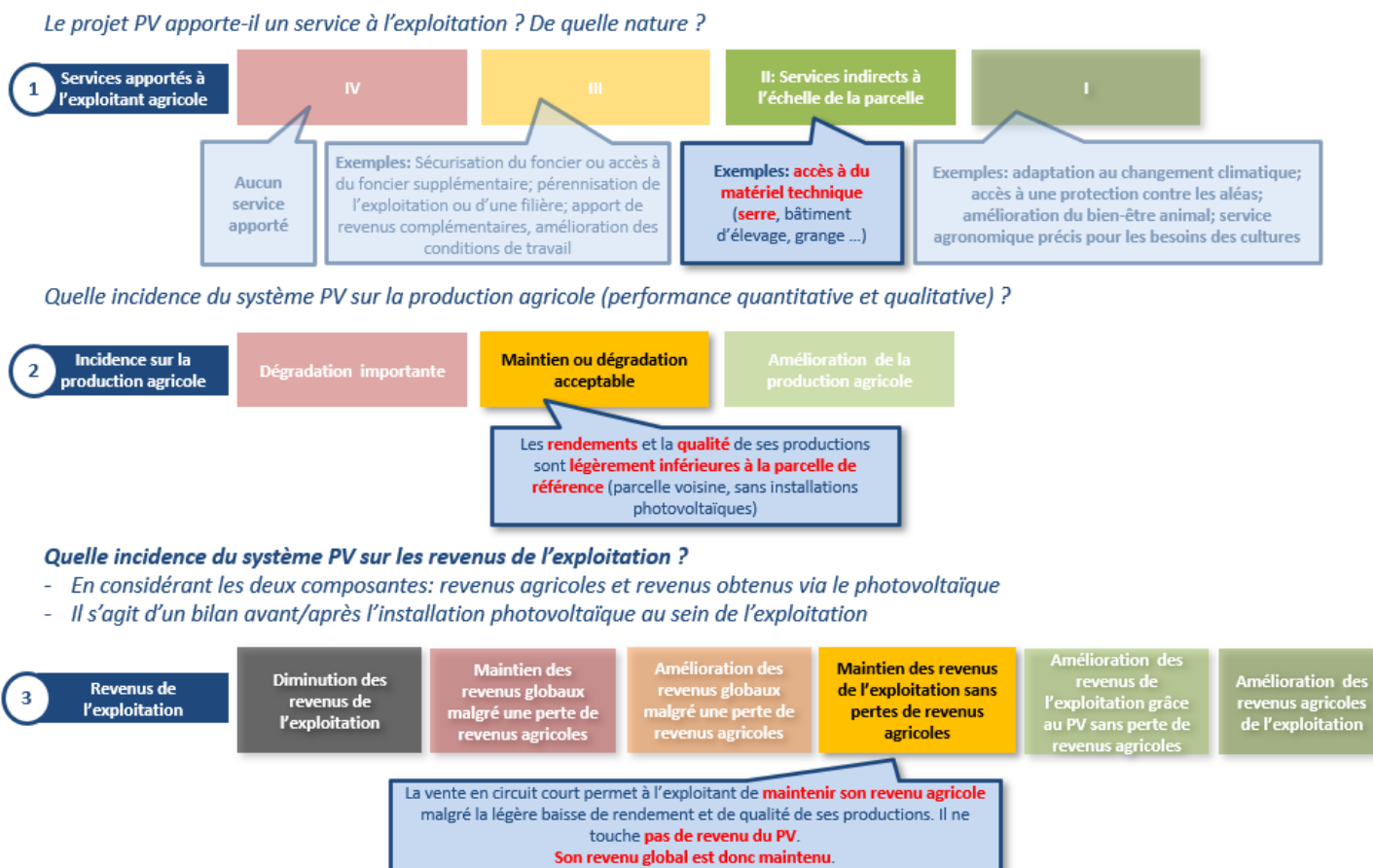


Figure 23: Critères de qualification pour l'exemple A

Ce projet pourrait donc être qualifié de couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture, car la présence des modules photovoltaïques apportent un service indirect à l'exploitant agricole, via l'accès à un matériel technique agricole (une serre) sans remettre fortement en cause la production agricole, tout en maintenant les revenus agricoles de l'exploitation. Pour autant, l'examen des critères d'attention reste un point fondamental pour valider la cohérence et la pertinence globale du projet.

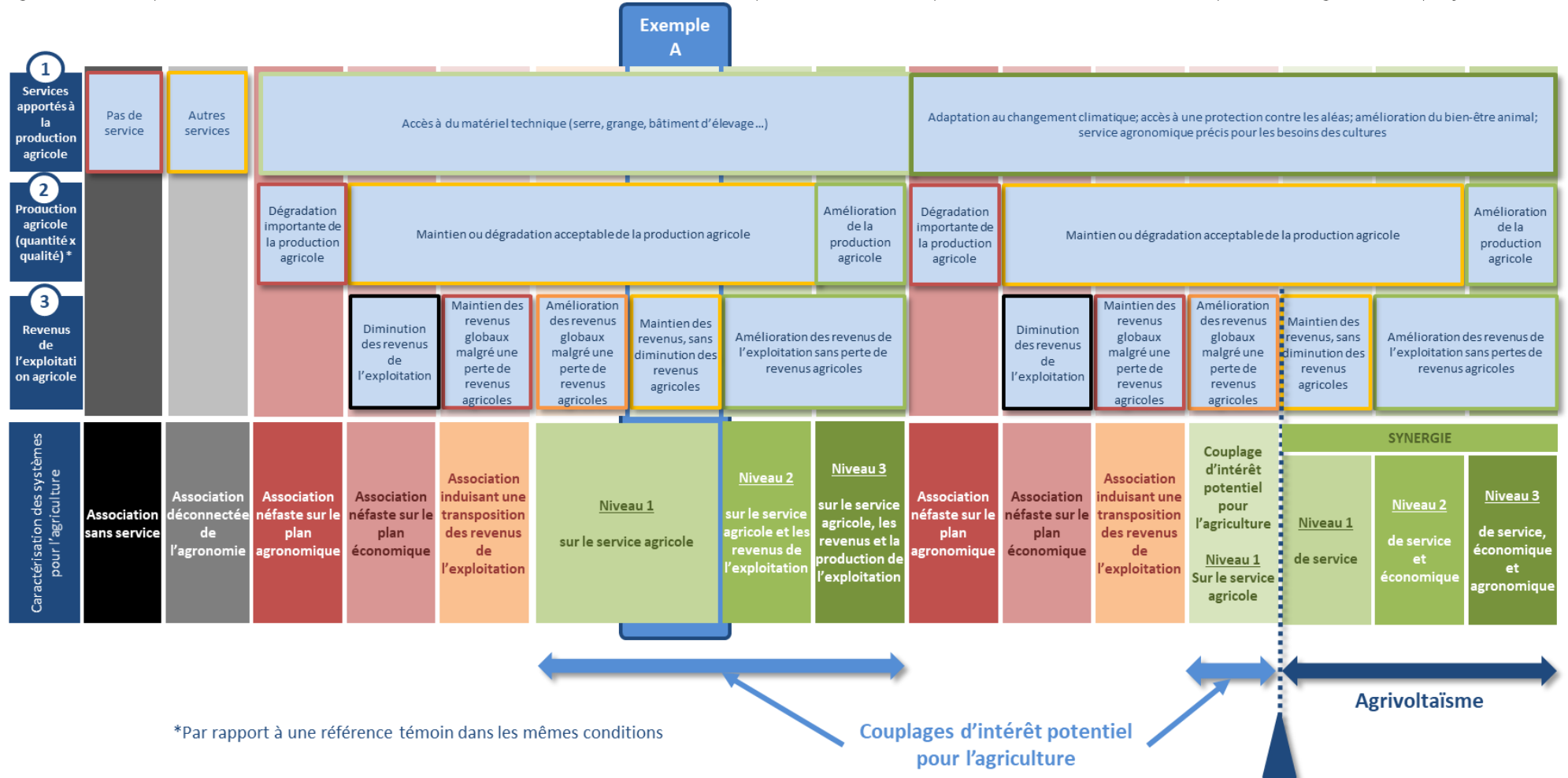


Figure 24: Position sur le gradient - Exemple A

- Exemple B : Utilisation du gradient *a priori*

Un arboriculteur souhaite mettre en place des ombrières photovoltaïques mobiles au-dessus d'une de ses parcelles où il cultive des abricotiers car le contexte climatique évolue dans sa région : il remarque des pertes de rendement et de qualité gustative sur ses productions et subit des épisodes de grêle réguliers. Il est intéressé car il a appris que ces ombrières mobiles peuvent être pilotées afin de répondre aux besoins de ses cultures et que ce type d'installation aurait déjà fait ses preuves pour d'autres types de productions. Il souhaiterait connaître *a priori* quelles incidences auront ces ombrières sur son exploitation.

A priori, l'arboriculteur démontre ici un besoin agricole de protection de ses cultures face au contexte du changement climatique et de la protection contre les aléas. Pour autant, la réponse à ce besoin via un service apporté à la production agricole (critère n°1) par les ombrières doit être justifié sur la base de résultats bibliographiques ou de retours d'expérience probants. Concernant les deux autres critères de qualification, le projet peut a priori rentrer dans tous les cases. Le projet peut ainsi potentiellement aller d'une association néfaste sur le plan agronomique (s'il s'avère que la production agricole est dégradée de façon importante par comparaison à une parcelle témoin) jusqu'à une installation agrivoltaïque de niveau 3, permettant une synergie de service, économique et agronomique (s'il s'avère au contraire que la production agricole sous panneaux photovoltaïque donne de meilleurs résultats agronomiques que la parcelle témoin).

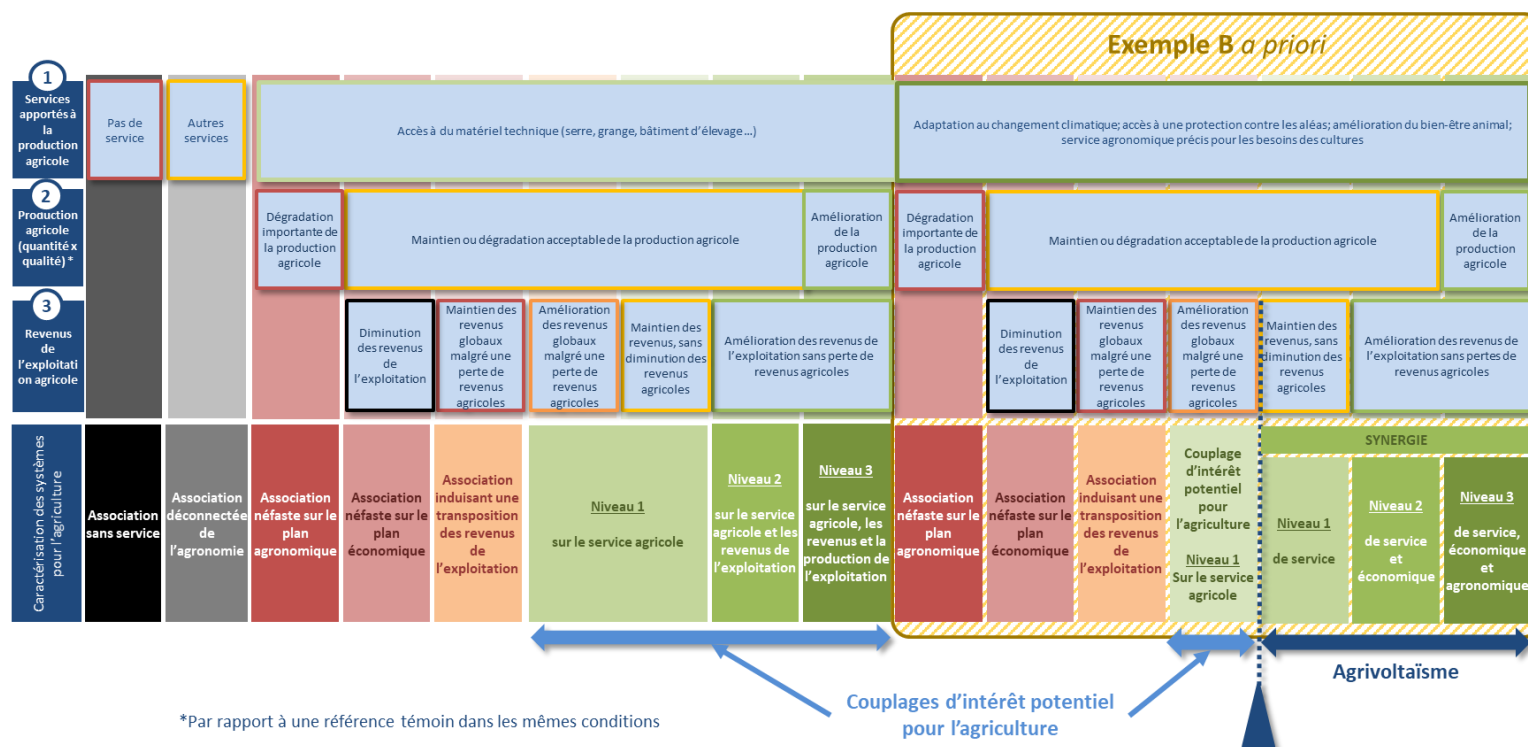


Figure 25: Position potentielle (a priori) sur le gradient - Exemple B

## Année 0 : Phase projet

Un porteur de projet propose à l'arboriculteur une structure photovoltaïque ayant déjà démontré de bons résultats agronomiques pendant cinq ans sur un démonstrateur pour des cerisiers dans des conditions climatiques similaires à celle du projet. Pour autant, il ne dispose pas d'éléments concrets sur des abricotiers. Pour justifier du service apporté à cette espèce, il constitue donc un dossier de justification basé sur des analyses bibliographiques, des simulations d'irradiation dans le cadre du projet avec la mise en place d'un pilotage spécifique et la prise en compte des fréquences des épisodes de grêle dans la région. Sur cette base, il estime que la production agricole pourrait a priori être améliorée par rapport à la parcelle témoin (qui sera mise en place en parallèle du projet) et donc, les revenus agricoles devraient également augmenter. A priori, le porteur de projet vise donc un couplage agrivoltaïque avec une synergie de niveau 3 (de service, économique et agronomique). Cet objectif nécessite d'être confirmé par des résultats. Bien entendu, il conviendrait également de procéder à l'examen des critères d'attention pour valider la cohérence et la pertinence globale du projet et confirmer ainsi la possibilité d'entrer dans ce statut.

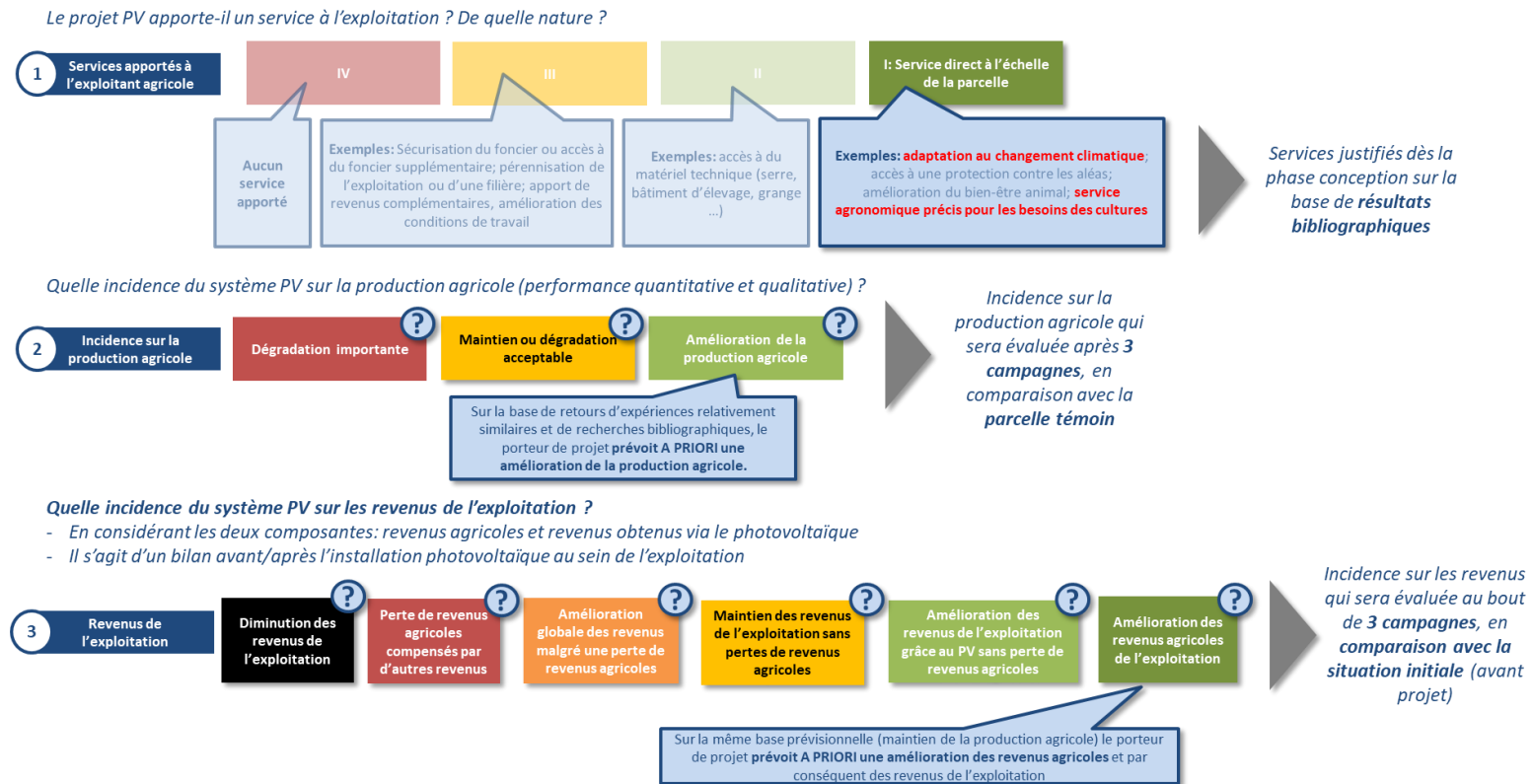


Figure 26: Critères de qualification a priori (phase projet) pour l'exemple B

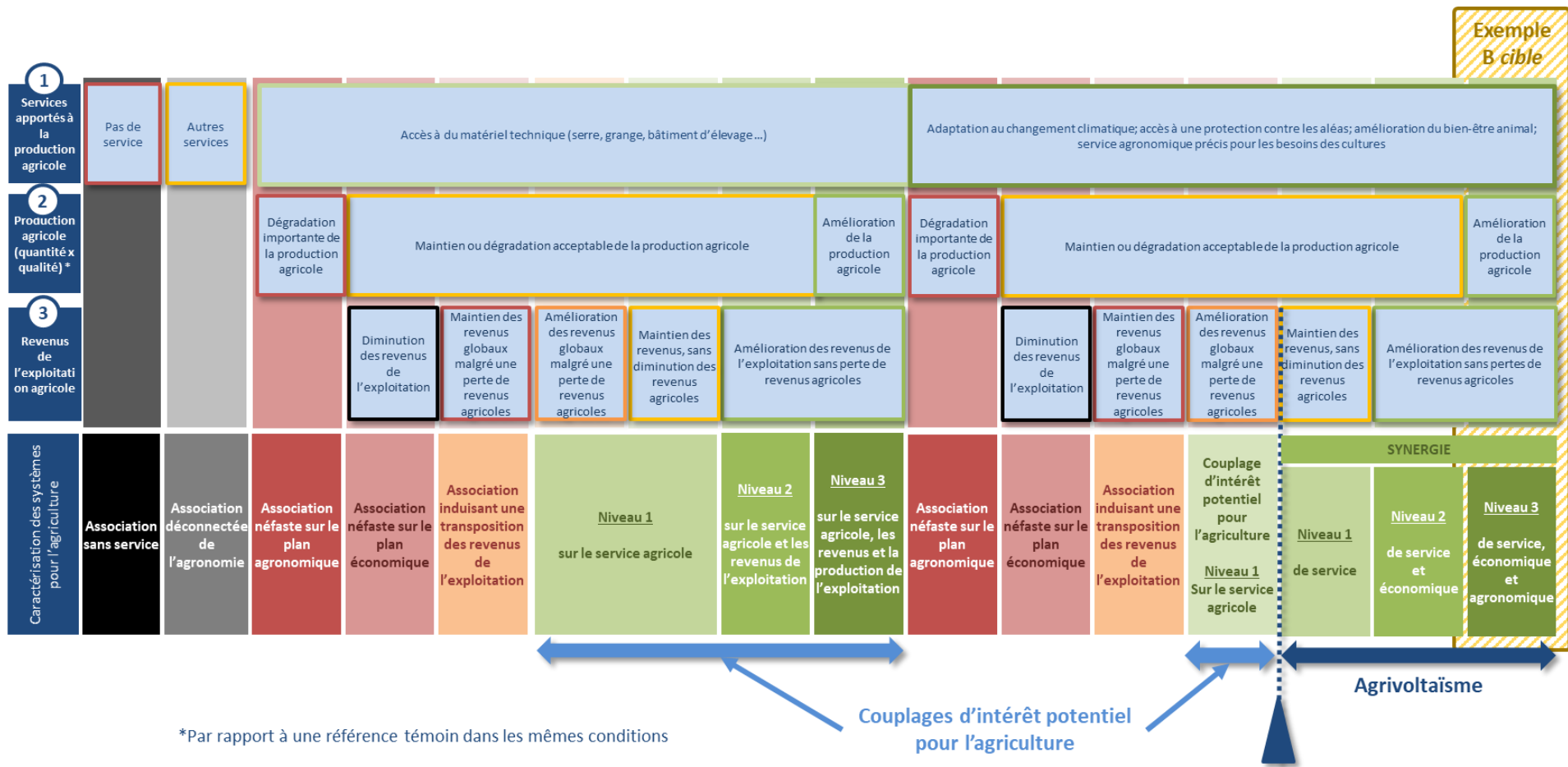


Figure 27: Position sur le gradient visée par le porteur de projet – Exemple B

## Année 4 : Phase exploitation

Quatre années plus tard, après 3 campagnes complètes, l'analyse comparative des résultats de la parcelle sous panneaux photovoltaïques et de la parcelle témoin donne son verdict : les productions agricoles des deux parcelles sont comparables en termes de rendements et de qualité des produits, mais elles ne sont pas améliorées comme l'anticipaient les prévisions du porteur de projet. Pour autant, les ombrières ont permis de protéger les productions des épisodes de grêle permettant ainsi de protéger les abricotiers et donc d'augmenter les revenus agricoles (et a fortiori les revenus de l'exploitation) par rapport à la situation avant-projet. On peut donc qualifier cette association d'agrivoltaïque, et plus précisément de niveau 2, sur le service et les aspects économiques, si l'on part du principe que les critères d'attention ont tous été jugés de façon favorable.

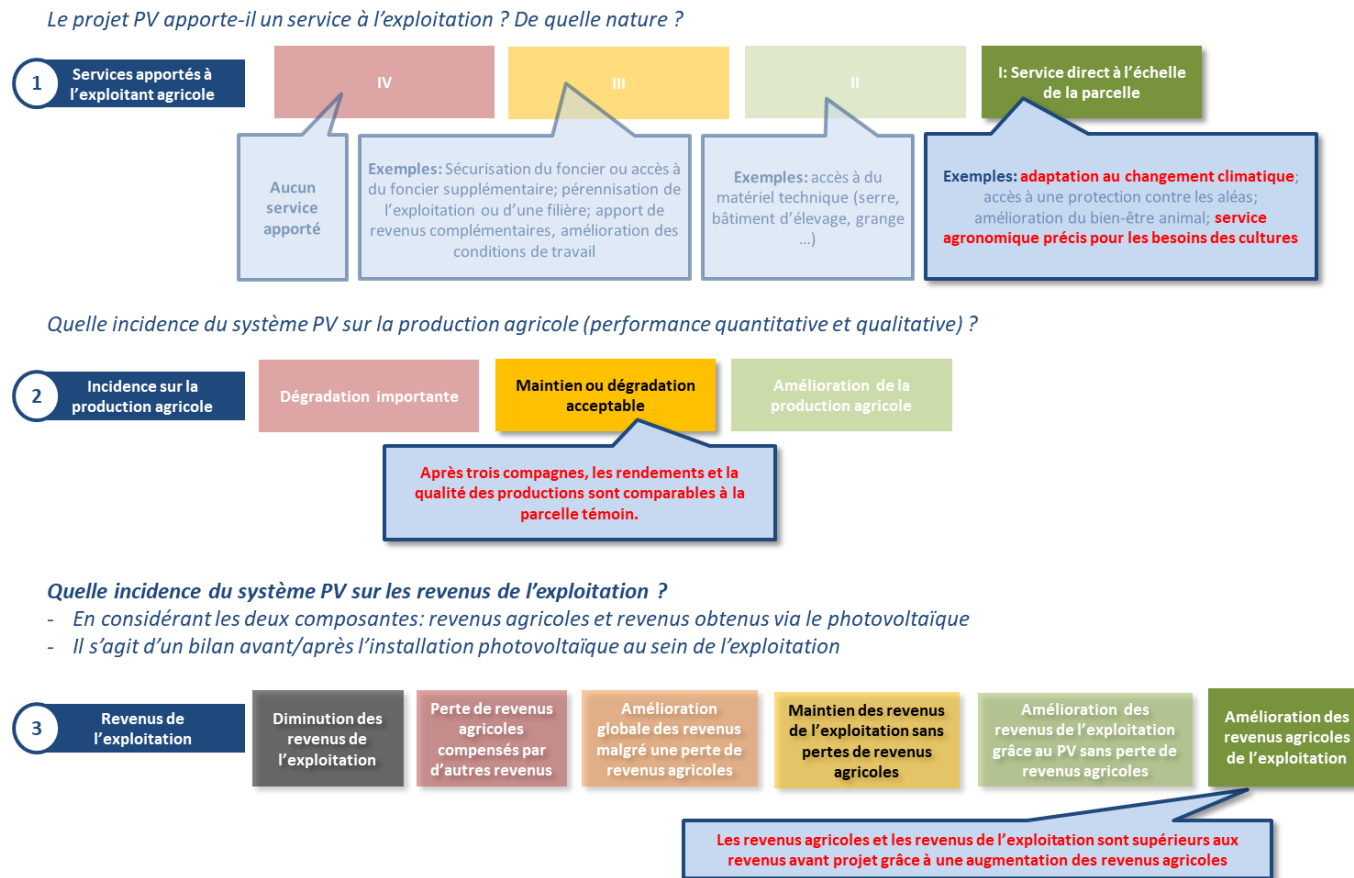


Figure 28: Critères de qualification a posteriori - Exemple B



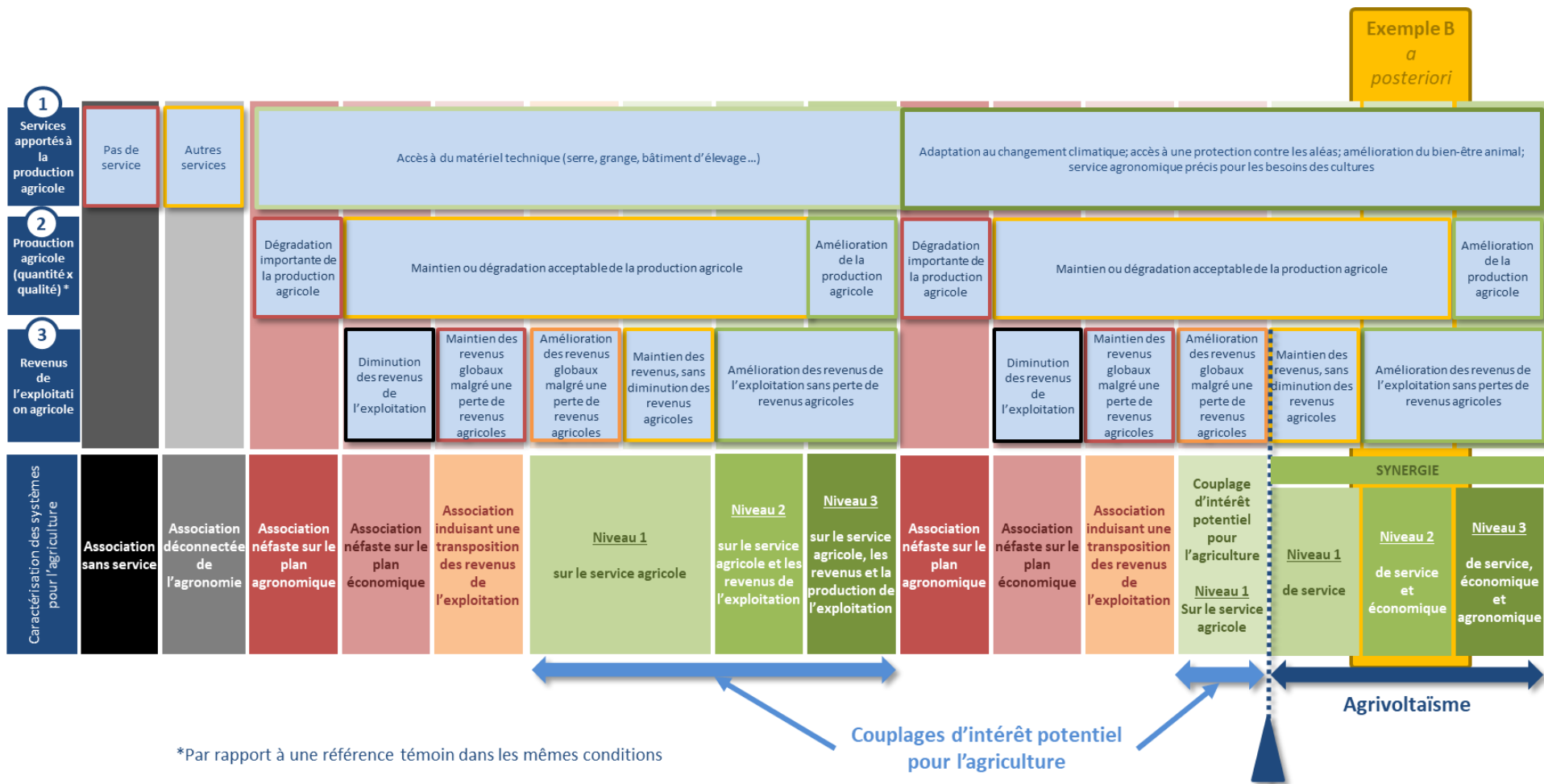


Figure 29: Position réelle sur le gradient - Exemple B

## • Exemple C

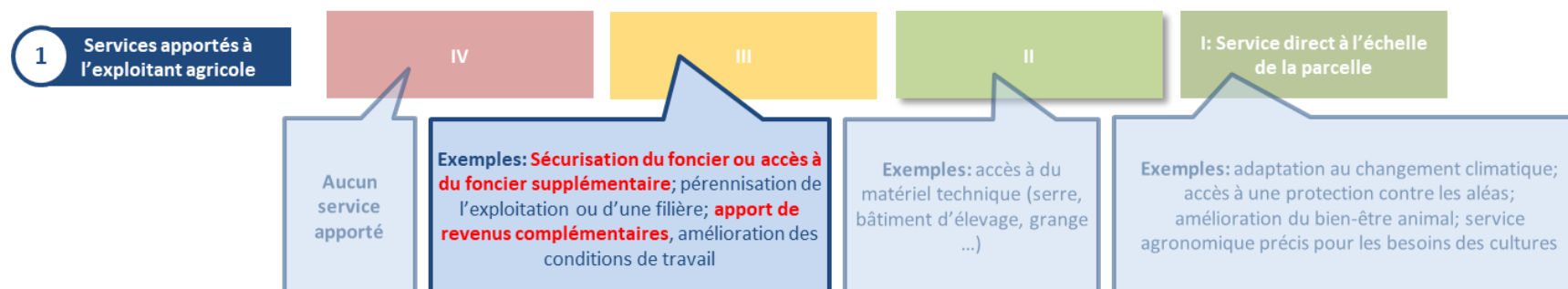
Un instructeur d'un service déconcentré de l'état s'interroge sur la pertinence d'un projet photovoltaïque qui lui a été présenté, nécessitant la réalisation d'une centrale photovoltaïque au sol sur neuf hectares permettant le pâturage d'ovins en conduite bouchère. Le nombre d'ovins par ha est cinq fois plus faible que la moyenne du département. Le projet lui a été présenté par le porteur de projet comme permettant une augmentation de la surface d'exploitation de l'éleveur (qui accède ainsi à une nouvelle parcelle, où seront mis en place les panneaux photovoltaïques), l'amélioration du bien-être des brebis par la mise à disposition d'un ombrage pour les animaux et l'apport de revenus supplémentaires pour l'éleveur.

Dans cet exemple, l'éleveur pourrait ainsi bénéficier :

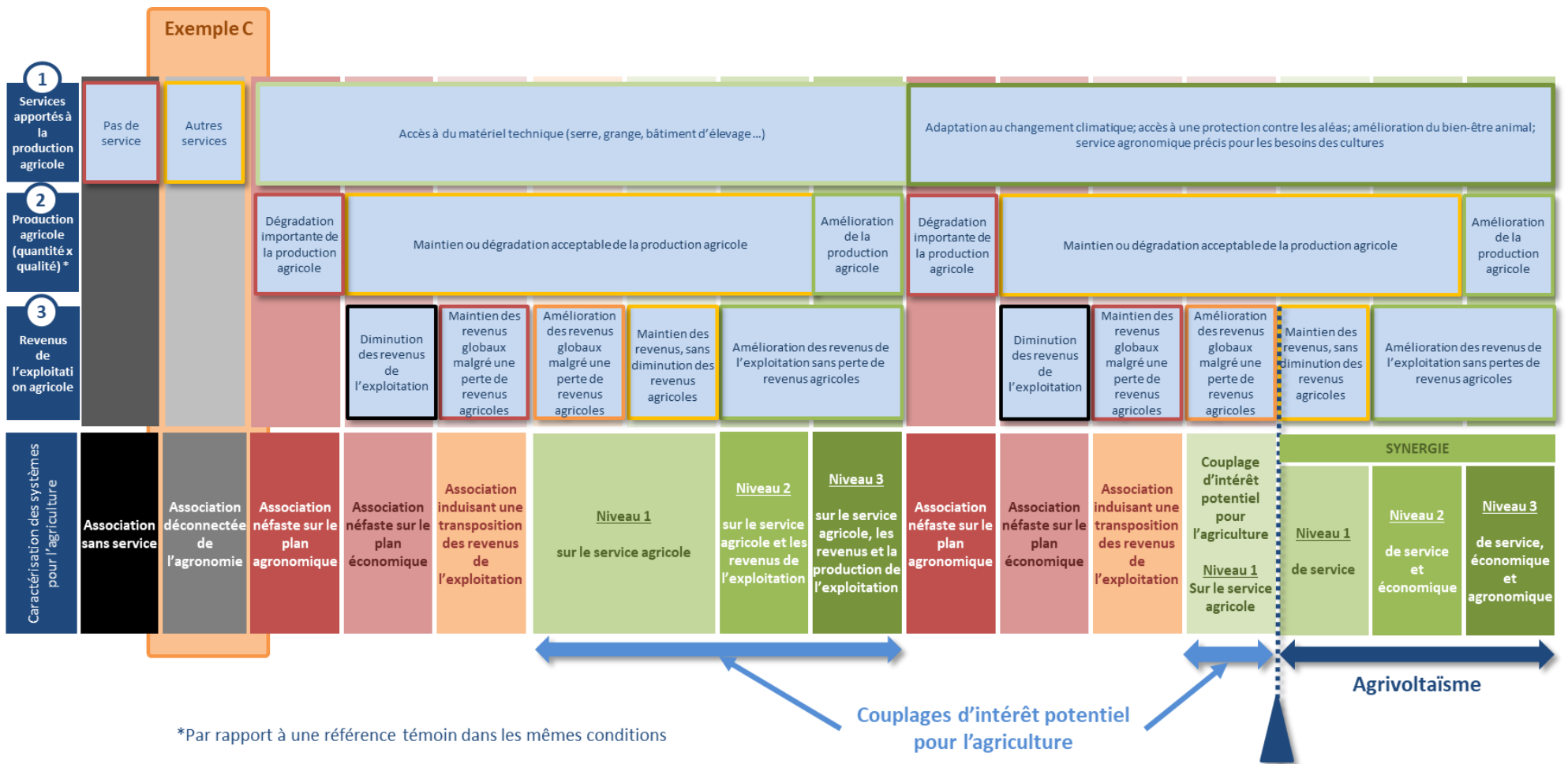
- d'un accès à du foncier supplémentaire et l'apport de revenus complémentaires : services déconnectés de l'agronomie et entrant dans la catégorie III (jaune) ;
- et d'une amélioration du bien-être animal, service de catégorie I, qui n'est pas justifié ici, a priori : la mention d'un apport d'un ombrage n'étant pas suffisant.

En l'état, l'instructeur pourra donc estimer que l'évaluation du critère 1 se limite à l'apport d'un service de catégorie III, ne permettant pas au projet d'être qualifié de couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture ou d'agrivoltaïsme.

### Le projet PV apporte-il un service à l'exploitation ? De quelle nature ?

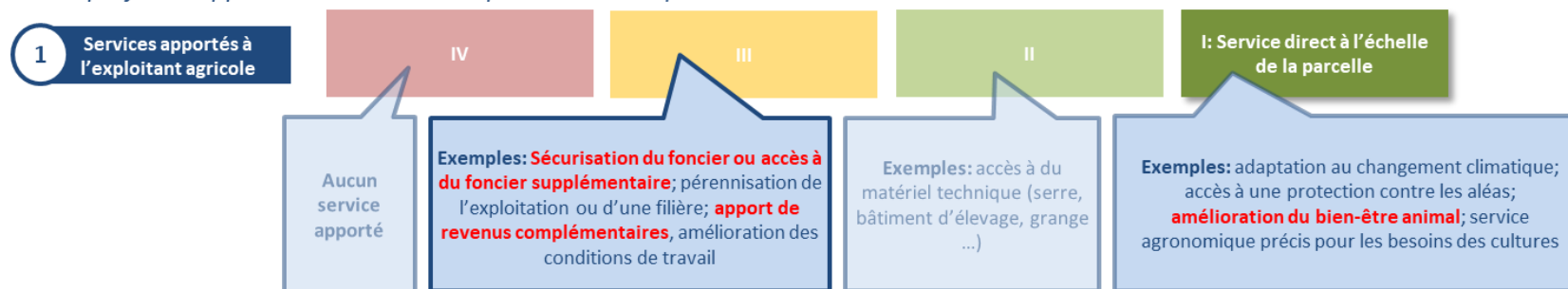


De plus, l'évaluation du critère 2 révèle que la productivité annuelle est bien en deçà des références habituelles sur ce type d'élevage, la surface de la centrale étant surdimensionnée par rapport aux besoins de l'élevage, entraînant ainsi une productivité jugée trop faible.



Suite à ce refus, le porteur de projet a réalisé des analyses et des expérimentations grâce à l'accompagnement d'un auditeur indépendant et spécialisé pour revoir son projet et étudier les interactions de son système avec les animaux et les itinéraires techniques de l'élevage. Il a entièrement revu la conception et le dimensionnement de son projet, en cohérence avec les besoins directs de l'éleveur, afin de permettre un maintien de la production agricole. Il propose également la mise en place de structures annexes ainsi qu'une gouvernance du projet, avantageuse sur le plan économique pour l'éleveur. Il axe donc la justification de son projet sur un couplage bénéfique du photovoltaïque avec la production animale et fournit des justifications pertinentes pour valider l'apport d'un service d'amélioration du bien-être animal.

### Le projet PV apporte-il un service à l'exploitation ? De quelle nature ?

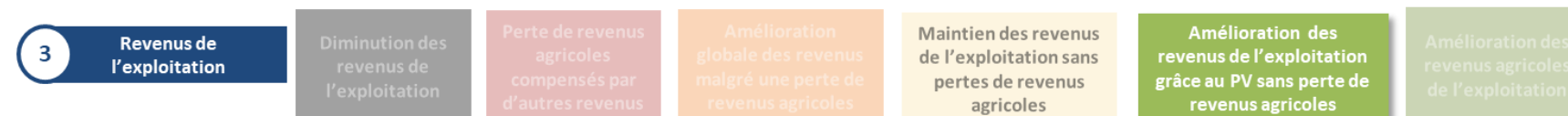


### Quelle incidence du système PV sur la production agricole (performance quantitative et qualitative) ?

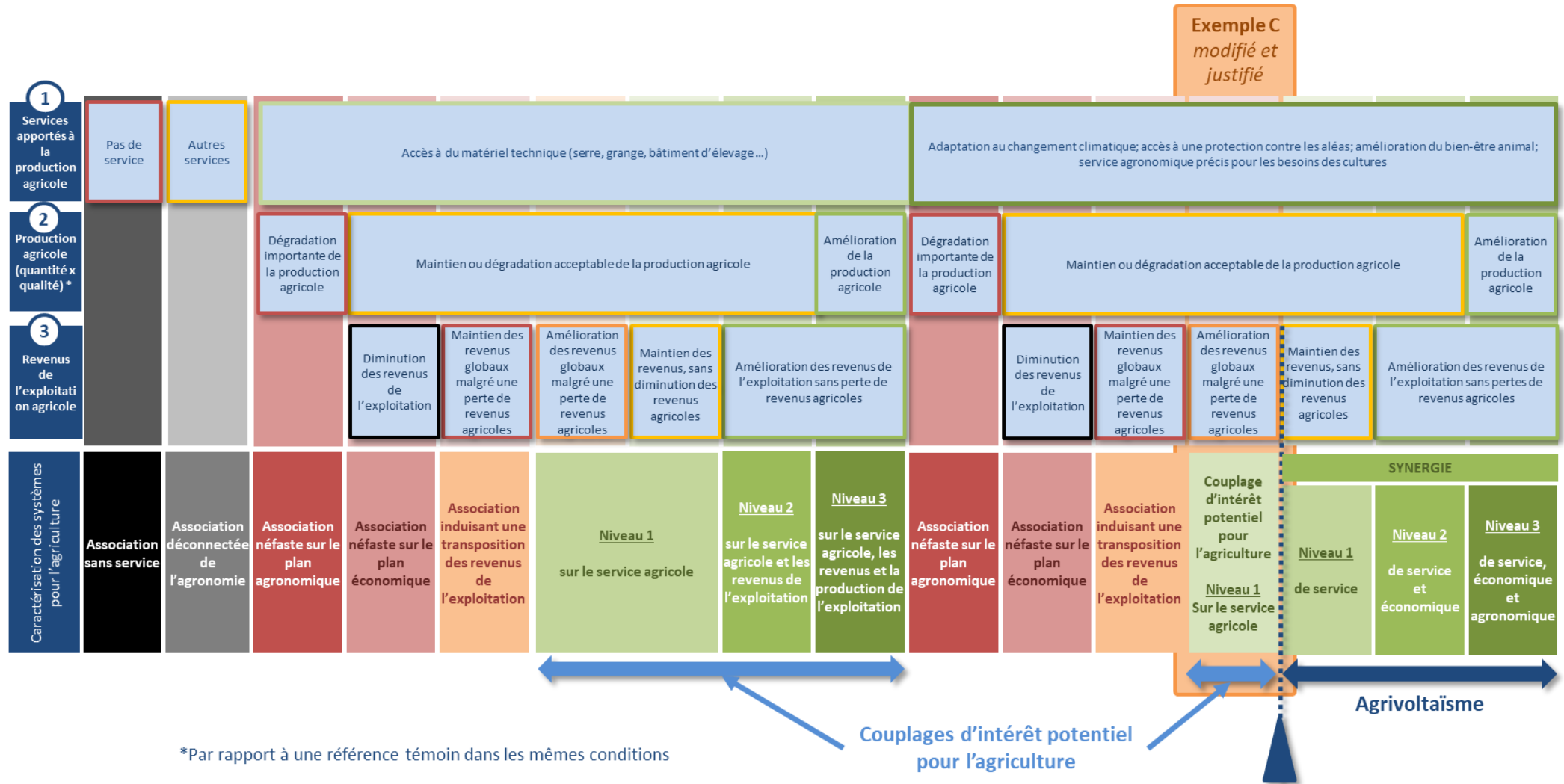


### Quelle incidence du système PV sur les revenus de l'exploitation ?

- En considérant les deux composantes: revenus agricoles et revenus obtenus via le photovoltaïque
- Il s'agit d'un bilan avant/après l'installation photovoltaïque au sein de l'exploitation



Le projet, modifié et justifié, permet alors d'atteindre une qualification en tant que couplage d'intérêt potentiel pour l'agriculture. Pour autant, l'examen des critères d'attention reste un point fondamental pour valider la cohérence et la pertinence globale du projet.



## L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.





## CARACTERISER LES PROJETS PHOTOVOLTAIQUES SUR TERRAINS AGRICOLES ET L'AGRIVOLTAÏSME

Cette étude vise à caractériser les projets photovoltaïques sur terrain agricole et à définir précisément la notion d'agrivoltaïsme.

Elle s'est basée sur un état de l'art bibliographique, des entretiens avec des agriculteurs et développeurs et l'expertise d'un comité d'experts, constitué spécifiquement pour suivre ces travaux.

Ce rapport est l'un des quatre documents produits dans le cadre de l'étude, avec un état de l'art bibliographique, un recueil de retours d'expérience et un résumé exécutif. Il constitue la phase finale

### *Guide de classification des projets et définition de l'agrivoltaïsme*

*Ce rapport, issu de l'ensemble des connaissances acquises pendant cette étude (étude bibliographique et retours d'expérience), propose un gradient de classification des projets photovoltaïques sur terrains agricoles bâti à partir de trois critères de qualification de la synergie agricole entre panneaux photovoltaïques et production agricole.*

*L'évaluation des projets selon ces trois critères permet ainsi de les classer, du moins au plus vertueux, au regard de cette synergie agricole. Sur ce gradient, peuvent ainsi être distingués, à priori, les projets agrivoltaïques, les projets d'intérêt et les projets sans synergie avec la production agricole.*

*Au-delà de permettre la caractérisation de cette synergie, ce guide propose également la définition d'un certain nombre de critères d'attention qui visent à prendre en considération/interroger les autres incidences (positives ou négatives) des projets photovoltaïques sur terrain agricole, non couvertes par les trois critères de qualification.*

*Enfin, ce guide formule un certain nombre de recommandations pour l'encadrement, le déploiement et l'exploitation des systèmes photovoltaïques sur terrains agricoles à destination des pouvoirs publics et des porteurs de projet.*

