

C.C.T.P

Cahier des Clauses Techniques Particulières

**Analyse de cycle de vie du photovoltaïque en France :
mise à jour de la fabrication des panneaux**

SOMMAIRE

1. ELEMENTS DE CONTEXTE.....	4
1.1. PRESENTATION DE L'ADEME.....	4
1.2. CONTEXTE SECTORIEL.....	4
1.3. ETUDES ET RESSOURCES DISPONIBLES POUR LA REALISATION DE L'ETUDE	4
1.3.1. <i>Le modèle paramétré.....</i>	<i>4</i>
1.3.2. <i>Les données d'inventaire du cycle de vie de la fabrication de panneaux photovoltaïques.....</i>	<i>5</i>
1.3.3. <i>La prise en compte du changement d'affectation des terres pour le photovoltaïque.....</i>	<i>5</i>
2. LES ATTENTES DE L'ADEME VIS A VIS DES PRESTATIONS A REALISER	5
2.1. OBJECTIFS DE LA PRESTATION ET CHAMP DE L'ETUDE	5
2.2. TRANSFERT DU MODELE PARAMETRE	6
2.3. COMMUNICATION PREVUE.....	6
3. CONTENU DETAILLE DES PRESTATIONS.....	6
3.1. DETAIL DE LA PARTIE FORFAITAIRE	6
3.1.1. <i>Intégration des données d'ICV des étapes de fabrication des panneaux photovoltaïques au modèle paramétré.....</i>	<i>7</i>
3.1.2. <i>Prise en compte des remarques de la revue critique de l'étude précédente.....</i>	<i>8</i>
3.1.3. <i>Modification de la prise en compte de la fin de vie des panneaux solaires dans le modèle paramétré</i>	<i>9</i>
3.1.4. <i>Etude de la faisabilité des objectifs complémentaires.....</i>	<i>10</i>
3.2. DETAILS DES PRESTATIONS UNITAIRES :.....	11
3.2.1. <i>Prise en compte du changement d'affectation des terres : Prestation Unitaire 1</i> 11	
3.2.2. <i>Prise en compte des impacts évités : Prestation Unitaire 2.....</i>	<i>11</i>
3.2.3. <i>Affiner les choix des technologies photovoltaïques et des modes de fixation des panneaux : Prestation Unitaire 3</i>	<i>11</i>
3.2.4. <i>Validation du modèle paramétré par un panel d'experts pour le respect de la norme ISO 14040 premier tour et un maximum de 3 tours supplémentaires : Prestations Unitaires 4 et 5.....</i>	<i>12</i>
Premier tour de revue critique : Prestation Unitaire 4.....	12
Tours supplémentaires de revue critique : Prestation Unitaire 5	12

3.2.5.	Valorisation du modèle paramétré via une plateforme web : Prestation Unitaire	6	12
3.2.6.	Détails des prestations unitaires complémentaires : Prestations Unitaires 7 à 14	12	
3.2.7.	Récapitulatif des prestations unitaires	13	
4.	EXIGENCES PARTICULIERES.....	15	
4.1.	EXIGENCE TECHNIQUE POUR FAVORISER LA CIRCULATION DES DONNEES ET DU SAVOIR.....	15	
5.	ORGANISATION ET PILOTAGE DE LA PRESTATION.....	17	
5.1.	COMITE TECHNIQUE (COTECH).....	17	
5.2.	COMITE DE SUIVI.....	18	
5.3.	COMITE DE PARTIES PRENANTES (COPIL)	18	
5.4.	AUTRES REUNIONS	18	
6.	LIVRABLES ET RAPPORTS PREVUS AU CONTRAT	18	
6.1.	LIVRABLES PREVUS AU CONTRAT	18	
6.2.	RAPPORTS PREVUS AU CONTRAT	19	

1. ELEMENTS DE CONTEXTE

1.1. Présentation de l'ADEME

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, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - 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 à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche, du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

1.2. Contexte sectoriel

La filière PV se positionne comme l'une des principales filières d'EnR, avec une forte augmentation de la puissance mondiale installée au cours des dernières années. Ainsi, la capacité totale de systèmes PV installés dans le monde était de 70 GW en 2011, 228 GW en 2015 pour atteindre 1 185 GW en 2022. Les systèmes photovoltaïques génèrent des impacts environnementaux très faibles, voire négligeables, pendant la phase d'opération. Cependant, ils ne sont pas sans effet en amont et en aval de cette phase, notamment lors de l'extraction et la transformation de matières premières, la fabrication des panneaux et des onduleurs, le transport ou la fin de vie.

L'application de l'analyse de cycle de vie (ACV) s'est répandue aussi bien dans la recherche publique que dans l'industrie, au cours des trois dernières décennies en tant que méthode normée pour l'évaluation globale de l'impact environnemental des produits et des procédés, des services et des organisations.

Les procédés de fabrication et de fin de vie dans la filière photovoltaïque ont considérablement évolué au cours des années grâce au développement des filières industrielles, conduisant à une meilleure performance économique et environnementale. Cependant, au regard de la vitesse de ces améliorations et particulièrement dans le domaine de la technologie photovoltaïque, les inventaires disponibles, et nécessaires pour la réalisation d'ACV, peinent à suivre le rythme de ces évolutions.

La performance environnementale des systèmes de production énergétique s'exprime typiquement en impact par kWh produit, et, dépend donc de la quantité d'énergie produite par les systèmes PV au long de leur vie. L'énergie produite pour ces systèmes PV dépend fortement de la localisation géographique et d'autres paramètres liés à la configuration du système, comme la durée de vie de l'installation.

1.3. Etudes et ressources disponibles pour la réalisation de l'étude

1.3.1. Le modèle paramétré

Dans le cadre de deux projets de recherche subventionnés par l'ADEME, un modèle d'ACV paramétré pour le photovoltaïque a été développé. Ce modèle paramétré permet d'estimer les impacts environnementaux d'une installation photovoltaïque à partir de paramètres tels que la technologie photovoltaïque, la puissance installée ou l'origine de la fabrication entre autres. Ce modèle paramétré a été élaboré à partir d'inventaires de cycle de vie (ICV) publiques pour la fabrication des panneaux par exemple ou bien à partir d'inventaires de cycle de vie transmis par des industriels pour la fin de vie. Ce modèle n'a pas fait l'objet d'une revue critique mais une étude illustrant les impacts environnementaux de deux installations photovoltaïques utilisant le modèle paramétré a fait l'objet d'une revue critique.

L'ADEME mettra au service du prestataire les éléments suivants dont elle dispose, pour la réalisation de l'étude :

- Des rapports reprenant l'ensemble des choix de paramètres et de modélisation pour la construction du modèle paramétré ;
- Un guide utilisateur du modèle paramétré ;
- Le rapport d'étude de deux cas d'installations photovoltaïques calculant les impacts environnementaux à partir du modèle paramétré ;
- Le rapport de revue critique du rapport d'étude.

Il faudra s'assurer que le modèle paramétré qui sera utilisé pour la présente étude respecte les choix et la modélisation décrite dans ces documents.

1.3.2. Les données d'inventaire du cycle de vie de la fabrication de panneaux photovoltaïques

A travers les appels d'offres opérés par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE), l'ADEME bénéficie d'analyses de cycle de vie de procédés de fabrication de panneaux photovoltaïques.

L'ADEME a pu construire des ICV des différentes étapes de fabrication de panneaux photovoltaïques en agrégeant les données des industriels. Lors de ces élaborations, l'ADEME s'est attachée à représenter au mieux les panneaux solaires qui se sont implantés en France dans le cadre de ces appels d'offres.

L'ADEME mettra à disposition ces ICV agrégés au prestataire de l'étude. Le format de ces ICV est décrit dans le paragraphe 4.1.1.

1.3.3. La prise en compte du changement d'affectation des terres pour le photovoltaïque

L'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol peut affecter les stocks de carbone présents dans les écosystèmes en induisant des changements dans l'occupation et l'utilisation des sols (c'est-à-dire l'affectation des terres). Dans le cas de défrichement ou d'altération des sols et des stocks de carbone qu'ils contiennent, ces changements peuvent générer des émissions de CO₂ vers l'atmosphère et/ou des pertes de puits de carbone. Pour un parc solaire installé en milieu forestier, cela peut entraîner un rejet net de carbone de plusieurs dizaines de gCO₂ par kWh sur la durée de vie de la centrale. Cet impact est généralement omis dans les évaluations environnementales d'une installation photovoltaïque. A travers cette étude, l'ADEME souhaite intégrer cet impact dans le modèle paramétré.

Pour cela, l'ADEME mettra à disposition un outil développé avec l'appui du bureau d'étude I Care pour prendre en compte cet impact direct du changement d'affectation des terres dans la conception de projets photovoltaïques au sol. En associant des valeurs de stocks de carbone de référence aux milieux d'implantation et aux emprises du projet, il permet de quantifier les impacts d'un projet sur les stocks de carbone (en tCO_{2eq} et gCO_{2eq}/kWh).

L'outil et la méthode associée sont disponibles sur la librairie de l'ADEME.

2. LES ATTENTES DE L'ADEME VIS A VIS DES PRESTATIONS A REALISER

L'étude comporte une part forfaitaire et une part unitaire à bons de commande.

2.1. Objectifs de la prestation et champ de l'étude

Deux projets de recherches subventionnés par l'ADEME ont permis de démontrer l'intérêt et la pertinence d'un modèle paramétré pour évaluer les impacts environnementaux de divers projets photovoltaïques.

Malgré ces travaux, les résultats ne sont pas satisfaisants. En effet, les données de fabrication des panneaux sont trop anciennes. De plus le travail de revue critique pour ce modèle paramétré a mis en exergue des éléments à améliorer.

Face à ce constat, l'ADEME a réuni des données pour la fabrication des panneaux plus récents et a réalisé des ICV des étapes de fabrications des panneaux comme décrit au paragraphe 1.3.2.

L'objectif de cette étude est de développer un nouveau modèle paramétré tenant compte des documents fournis par l'ADEME. De plus, ce modèle devra remplir les objectifs suivants :

- 1) Intégrer les données d'ICV de chaque étape de fabrication des panneaux photovoltaïques travaillées à l'ADEME dans le modèle paramétré,
- 2) Tenir compte des remarques de la revue critique dans le développement du modèle
- 3) Prendre en compte la fin de vie dans le modèle paramétré en tant que bénéfice environnemental
- 4) Intégrer dans le modèle paramétré un travail réalisé par l'ADEME sur le changement d'affectation des sols
- 5) Intégrer dans le modèle paramétré un travail réalisé par l'ADEME sur la notion d'impacts évités
- 6) Ajouter des paramètres dans le modèle sur le type de panneaux et le type de fixation au sol
- 7) Évaluer les impacts environnementaux de différentes qualités de panneaux ainsi que d'analyser les impacts environnementaux du réemploi des panneaux
- 8) Respecter la norme ISO 14040
- 9) Être dimensionné pour un partage gratuit et disponible selon une plateforme web par exemple.

La part forfaitaire du marché devra remplir les 3 premiers objectifs ainsi qu'étudier la faisabilité des autres objectifs. Si ces objectifs sont considérés comme atteignables, des bons de commandes seront déclenchés si l'ADEME estime que les conditions sont réunies pour le faire.

2.2. Transfert du modèle paramétré

L'objectif de l'étude est la création d'un modèle paramétré pour réaliser des analyses de cycles de vie d'installation photovoltaïque. L'ADEME devra être autonome pour utiliser le modèle paramétré. Le prestataire devra s'assurer du transfert et de la fonctionnalité du modèle dans les conditions d'utilisation du système informatique de l'ADEME.

L'ADEME possède une licence ecoinvent qui pourra être utilisable pour exécuter le modèle paramétré développé dans le cadre de cette étude.

2.3. Communication prévue

L'ADEME envisage une communication large des résultats :

- Auprès des pouvoirs publics
- Auprès des maîtres d'ouvrage
- Auprès des développeurs de projets photovoltaïques
- Auprès de bureaux d'études
- Auprès de réseaux de conseillers tels que le réseaux Les Générateurs
- Auprès du grand public

Les livrables et rapports résultants de cette étude devront s'adapter aux publics visés en termes de niveau de détail et de pédagogie. Ils seront publiés sur la librairie numérique de l'ADEME. L'ADEME envisage également de créer une plateforme web qui utilisera le modèle paramétré.

3. CONTENU DETAILLE DES PRESTATIONS

3.1. Détail de la partie forfaitaire

3.1.1. Intégration des données d'ICV des étapes de fabrication des panneaux photovoltaïques au modèle paramétré

Comme décrit au paragraphe 1.3.2 l'ADEME bénéficie d'analyses de cycle de vie de procédés de fabrication de panneaux photovoltaïques dans le cadre de la procédure d'appel d'offres opérés par la CRE. L'ADEME a ainsi pu construire des ICV des différentes étapes de fabrication de panneaux photovoltaïques. Lors de ces élaborations, l'ADEME s'est attachée à représenter au mieux les panneaux solaires qui se sont implantés en France dans le cadre de ces appels d'offres.

Des inventaires de cycles de vie complets ont été réalisés pour les étapes de fabrications suivantes :

- Polysilicium
- Silicium recyclé
- Lingot
- Brick
- Wafer
- Cellule TopCon
- Cellule PERC
- Module monofacial
- Module bifacial

Ces inventaires sont exprimés en flux par mètre carré de panneaux pour les étapes de fabrication des modules, des cellules et des wafers et par kilogramme pour les autres étapes de fabrication.

Les matières premières et les consommables pour les étapes sont exprimés en kilogramme, les transports sont exprimés en tonnes kilomètre, les énergies sont exprimées en kilowattheure ou en mégajoules, les déchets sont exprimés en kilogramme ou en mètre cube.

Chaque flux est aligné avec un flux ecoinvent 3.09. Une réattribution de ces flux pourra être proposée par le prestataire à valider par le COTECH.

Ces inventaires sont dans un fichier Excel qui sera fourni au prestataire. Le fichier Excel fourni devra être utilisé par le prestataire uniquement dans le cadre de ce marché et ne devra pas être diffusé.

Il sera nécessaire de proposer trois installations solaires types en comité technique pour validation afin d'illustrer leurs impacts environnementaux.

Livrables attendus :

Document reprenant la prise en compte de chaque ICV dans le modèle paramétré. Ce document devra montrer l'évolution des impacts environnementaux des trois installations types selon la méthode EF 3.1 avec les modifications réalisées et avec les inventaires précédemment disponibles dans ecoinvent 3.09.

Le modèle paramétré mis à jour.

3.1.2. Prise en compte des remarques de la revue critique de l'étude précédente

Dans le cadre d'un des projets de recherche subventionné par l'ADEME, une étude ACV utilisant le modèle paramétré développé a fait l'objet d'une revue critique par un panel d'experts indépendants afin de vérifier si la norme ISO 14040 était respectée.

Le rapport de revue critique met en exergue des points importants à améliorer dans le modèle afin de respecter la norme.

Sur les deux tours de revue critique sur le rapport d'étude, 148 commentaires détaillés ont été faits couvrant les points suivants :

- Méthodologie (ISO et science) : 40 commentaires ;
- Données et calculs : 55 commentaires ;
- Analyse et interprétations : 23 commentaires ;
- Rapport, éditorial et autres commentaires : 30 commentaires.

A ces commentaires sur le rapport, s'ajoutent 15 commentaires sur le modèle réalisés lors de la revue en février 2024.

Un travail important a été réalisé par le praticien pour répondre aux commentaires de façon détaillée, et les prendre en compte au sein de son rapport final.

Néanmoins lors de la relecture de la version finale du rapport, le panel a établi 40 nouveaux commentaires qui couvrent les points suivants :

- Méthodologie (ISO et science) : 14 commentaires ;
- Données et calculs : 4 commentaires ;
- Analyse et interprétations : 8 commentaires ;
- Rapport, éditorial et autres commentaires : 13 commentaires.

A ces commentaires sur le rapport, s'ajoutent 4 commentaires sur le modèle.

Aucun autre tour n'ayant été prévu, ces commentaires n'ont pas donné lieu à une nouvelle version. Ils sont donc pour les principaux repris dans les conclusions du rapport de revue critique.

L'objectif de cette prestation est de prendre connaissance du rapport d'étude et de l'ensemble des commentaires qui ont été faits. Il s'agira d'en tenir compte afin de faire des propositions de modifications qui une fois validées par le COTECH devront être intégrées au modèle paramétré.

Livrables attendus :

Document reprenant les commentaires du panel de revue critique et justifiant les modifications ou non réalisées dans le modèle paramétré.

Le modèle paramétré mis à jour.

3.1.3. Modification de la prise en compte de la fin de vie des panneaux solaires dans le modèle paramétré

Les projets précédents sur le photovoltaïque ont permis d'inclure l'étape de fin de vie des panneaux solaires dans un modèle paramétré selon les spécificités de collectes et de traitements françaises.

Cependant dans le modèle paramétré la valorisation des matières recyclées n'était pas estimée. En effet, les matières premières recyclées étaient prises en compte dans les étapes de fabrication dans lesquelles certaines matières premières sont issues du recyclage selon un modèle de recyclage mondial (acier, cuivre, aluminium...) et aucune valorisation des matières recyclées spécifique au photovoltaïque n'est prise en compte.

En se basant sur les connaissances du comité technique, le prestataire devra réaliser les deux études suivantes :

- Une étude pour identifier les différentes options de valorisations des matières recyclées dans le cadre du photovoltaïque et ainsi prendre en compte les bénéfices environnementaux de ces valorisations.
- Une étude affinée de l'utilisation de matières recyclées dans la fabrication des panneaux photovoltaïques.

Livrables attendus :

Document reprenant les conclusions des deux études menées avec le COTECH, les modifications apportées, leurs justifications et leurs effets sur les impacts environnementaux calculés pour les trois installations solaires types déterminées au 4.1.1.

Le modèle paramétré mis à jour.

3.1.4. Etude de la faisabilité des objectifs complémentaires

Le dernier objectif de la part forfaitaire de l'étude est d'étudier la faisabilité des objectifs complémentaires réalisables sous la forme de prestations unitaires.

Les objectifs complémentaires sont les suivants :

- 1) d'intégrer dans le modèle paramétré un travail réalisé par l'ADEME sur le changement d'affectation des sols
- 2) d'intégrer dans le modèle paramétré un travail réalisé par l'ADEME sur la notion d'impacts évités
- 3) d'ajouter des paramètres dans le modèle sur le type de panneaux et le type de fixation au sol
- 4) d'évaluer les impacts environnementaux de différentes qualités de panneaux ainsi que d'analyser les impacts environnementaux du réemploi des panneaux
- 5) de faire valider le modèle d'ACV paramétré selon la norme ISO 14040
- 6) de valoriser ce modèle avec un partage gratuit et disponible selon une plateforme web par exemple.

Dans cette partie il sera nécessaire d'étudier les ressources disponibles pour chacun des objectifs complémentaires est d'éclairer le comité technique sur les possibilités et les limitations de chacune des réalisations.

Livrable attendu :

Document illustrant les possibilités et les limitations pour remplir chacun des objectifs complémentaires et les décisions prises par le comité technique avec les justifications.

3.2. Détails des prestations unitaires :

Les prestations unitaires sont réparties en deux catégories :

- Des prestations unitaires concernant des évolutions majeures du modèle paramétré. Ces prestations unitaires seront déclenchées après consultation du comité technique et décision de l'ADEME sur la possibilité et la pertinence de les réaliser. Chacune de ces prestations sont détaillées dans les paragraphes 4.2.1 à 4.2.5.
- Des prestations unitaires complémentaires pour répondre aux besoins apparaissant en cours d'étude des analyses de cycle de vie. Elles sont au nombre de 8 et détaillées au paragraphe 4.2.6.

Les livrables attendus pour chaque prestation unitaire ainsi que les dates de remises de ces derniers sont précisés dans le tableau du paragraphe 3.2.7.

3.2.1. Prise en compte du changement d'affectation des terres : Prestation Unitaire 1

L'objectif est ici d'intégrer comme option du modèle paramétré la quantification des impacts sur les stocks de carbone des changements d'affectation des terres directs associés au photovoltaïque au sol. Cette intégration devra tenir compte des principaux facteurs déterminant ces impacts, notamment :

- Les milieux d'implantation initiaux : occupation des sols, contexte pédoclimatique
- L'intensité de l'artificialisation, des dégradations des sols et des défrichements
- La gestion de la végétation dans les emprises associées aux installations photovoltaïques (emprise clôturée et obligations légales de débroussaillage)

L'étude pourra s'appuyer sur l'outil CAT'EnR, qui sera mis à disposition par l'ADEME. L'outil, sous format Excel, permet d'associer des valeurs de stocks de carbone de référence aux milieux d'implantation (forêt, prairies, cultures, milieux artificialisés, ...) et aux emprises du projet (fondations, sous-panneaux, inter-rang, voiries, zones sous gestion au sein de l'emprise clôturée, ...). Les impacts d'un projet sur les stocks de carbone (en tCO₂eq et gCO₂eq/kWh) sont calculés comme la différence entre les stocks de carbone dans le milieu d'implantation et les stocks de carbone dans les emprises associées au projet. Les données de références utilisées sont représentatives des contextes français (données issues de l'outil ADEME pour l'hexagone - <https://aldo.territoiresentransitions.fr/> - et données issues de l'étude 4 pour 1000 pour l'outre-mer - <https://www.etude-4p1000-outre-mer.fr/>).

L'outil et la méthode associée sont disponibles sur : <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique/6991-projets-photovoltaïques-eoliens-et-changement-d-affectation-des-terres-sur-les-sites.htm>

3.2.2. Prise en compte des impacts évités : Prestation Unitaire 2

Le mix électrique français repose en effet dès aujourd'hui très largement sur des sources bas-carbone. Le développement des énergies renouvelables n'a eu, jusqu'à présent, qu'un effet très marginal sur la production nucléaire. En effet, dans un système électrique européen où la production issue de centrales thermiques utilisant des combustibles fossiles occupe encore une place significative, les énergies renouvelables installées en France viennent s'ajouter à la production nucléaire et se substituent, dans la très grande majorité du temps, à la production thermique en France, ou en Europe via l'export d'électricité vers les autres pays.

L'ADEME travaille sur les différentes méthodologies actuellement utilisées pour calculer les émissions évitées liées au déploiement des énergies renouvelables.

Cette prestation unitaire consiste en l'ajout d'un module dans le modèle paramétré qui permettrait d'évaluer les impacts évités d'un projet photovoltaïque. Ce module serait optionnel comme pour le changement d'affectation des sols. Il faudra s'appuyer sur la méthodologie que l'ADEME a choisi de privilégier pour ces calculs. L'ADEME mettra à disposition les éléments pour les calculs.

3.2.3. Affiner les choix des technologies photovoltaïques et des modes de fixation des panneaux : Prestation Unitaire 3

Les technologies cadmium-tellurium (CdTe), CIGS et silicium sont différentes technologies qui existent pour la production d'énergie photovoltaïque, cependant la technologie majoritairement présente en France est le silicium cristallin. Il faudra s'assurer que cette technologie soit la mieux modélisée et étudier l'utilité de représenter les technologies peu représentatives ou non conformes réglementairement.

Les modes de fixation se sont beaucoup diversifiés ces dernières années et les fixations toiture surimposées, intégrées et au sol ne suffisent plus. Il est possible d'intégrer des modes d'implantations suivantes : ombrières, agriPV, flottant lacustre, flottant ultra marin. De plus, pour certains modes d'implantations au sol, différentes fondations pourront être étudiées. L'ADEME fournira tous les éléments en sa possession pour la composition des modes de fixation, cependant une revue bibliographique ou la consultation du comité technique et de parties prenantes sera nécessaire de la part du prestataire.

3.2.4. Validation du modèle paramétré par un panel d'experts pour le respect de la norme ISO 14040 premier tour et un maximum de 3 tours supplémentaires : Prestations Unitaires 4 et 5

Premier tour de revue critique : Prestation Unitaire 4

Il est impératif que le modèle paramétré respecte la norme ISO 14040, ainsi l'ADEME sélectionnera et contractualisera avec des experts indépendants compétents pour valider le fait que le modèle paramétré respecte la norme 14040-44.

Les frais relatifs à cette revue critique seront pris en charge par ailleurs par l'ADEME et ne sont donc pas à prendre en compte dans le cadre de la présente prestation.

Le processus de revue engendre un accès au modèle paramétré et à des documents tels que le guide utilisateur. Au moins quatre réunions sont à prévoir dans le cadre de cet exercice de présentation du modèle et de clarification des commentaires reçus.

Le rôle du prestataire est de prendre en compte les commentaires et d'y apporter des réponses afin de garantir un respect de la norme qui conditionne la publication des travaux du présent marché.

Tours supplémentaires de revue critique : Prestation Unitaire 5

Afin de garantir le respect de la norme ISO 14040, le processus de revue critique peut nécessiter des itérations de commentaires entre le prestataire et le panel de revue critique.

Ainsi un maximum de 3 tours de revue critique supplémentaires correspondant, pour chaque tour, à deux réunions et des réponses aux commentaires de la revue critique pourront être déclenchés.

3.2.5. Valorisation du modèle paramétré via une plateforme web : Prestation Unitaire 6

L'ADEME sélectionnera et contractualisera avec un prestataire compétent pour réaliser une plateforme web qui valorisera ainsi le modèle paramétré.

L'objectif de la plateforme web sera de donner accès aux bureaux d'études, maîtres d'ouvrages, collectivités, pouvoirs publics et au grand public aux évaluations d'impacts environnementaux calculées avec le modèle paramétré via une interface facile d'usage.

Cette prestation consiste en l'interaction entre le prestataire retenu par l'ADEME pour cette étude et celui en charge de la réalisation de la plateforme web pour la bonne réalisation de cette dernière.

3.2.6. Détails des prestations unitaires complémentaires : Prestations Unitaires 7 à 14

Une Analyse de Cycle de Vie est par nature incrémentale. Pour répondre aux besoins apparaissant en cours d'étude, des prestations unitaires complémentaires pourront faire l'objet de bons de commande permettant de s'ajuster aux besoins.

Les prestations unitaires complémentaires concernent :

- Prestation 7 : La collecte supplémentaire de données spécifiques : la collecte des données d'inventaire est fondamentale pour la réalisation des travaux et la qualité des résultats. Des investigations complémentaires pourraient être nécessaires pour consolider cet inventaire selon les résultats de collecte réalisés auprès des bases de données et des acteurs du secteur d'activité.
- Prestation 8 : Pour chaque cas d'installation solaire type définis, une synthèse technique de l'étude de 2 à 8 pages maximum, mise en page de façon graphique et pédagogique pour être communicable en l'état et permettant d'apporter une synthèse de l'étude et de ses principaux résultats.

- Prestation 9 : L'organisation d'un comité supplémentaire (de suivi, technique ou de revue critique) : selon la complexité des données recueillies, leur traitement, les difficultés rencontrées, etc., l'organisation d'un comité supplémentaire pourrait s'avérer nécessaire. Cette prestation unitaire comprend la préparation du comité, sa tenue et la rédaction d'un compte-rendu.
- Prestation 10 : La réalisation d'une analyse de sensibilité ne nécessitant pas de modification du modèle paramétré.
- Prestation 11 : L'étude d'un système d'implantation ou de fixation supplémentaire
- Prestation 12 : La rédaction et la publication d'un article scientifique en anglais dans la littérature internationale : compte-tenu de l'intérêt de ces travaux, l'ADEME souhaite avoir la possibilité de publier des éléments dans plusieurs journaux spécialisés.
- Prestation 13 : La création de jeux de données, ou data set, et leur soumission dans une base de données : les données spécifiquement collectées dans le cadre de l'étude et présentant une valeur ajoutée en termes de qualité – et notamment de représentativité – par rapport aux données disponibles dans les bases d'inventaire existantes, pourront être soumises à Ecoinvent pour publication. Chaque jeu de données constitué (en version désagrégée (Unit Process), au format Ecospold) sera soumis par le prestataire à Ecoinvent pour publication. La prestation unitaire couvre la relation entre le prestataire, Ecoinvent et le reviewer du jeu de données, ainsi que la correction par le prestataire du jeu de données pour répondre aux demandes du reviewer (soit les étapes nécessaires jusqu'à publication dans la base Ecoinvent).
- Prestation 14 : La traduction en anglais de la synthèse technique 2 à 8 pages produite dans le cadre de la prestation 8

L'annexe financière indique un nombre maximal de bons de commande qui pourra être émis pour chaque prestation unitaire. L'ADEME a la possibilité de commander entre 0 et ce nombre maximal pour chacune des prestations.

3.2.7. Récapitulatif des prestations unitaires

*TBC est la date d'émission du bon de commande

N°	Nom de la prestation unitaire	Nbre max	Livrable(s) associé(s)	A inclure dans le rapport final	Durée, TBC * (mois)
PU.1	Prise en compte du changement d'affectation des sols	1	Description des modalités d'intégration dans le modèle paramétré ; illustration sur 3 cas d'études	Oui	TBC+4
PU.2	Prise en compte des impacts évités	1	Description des modalités d'intégration dans le modèle paramétré ; illustration sur 3 cas d'études	Oui	TBC+4
PU.3	Affiner les choix technologiques des modules et des modes de fixation des installations solaires	1	Description des modalités d'intégration dans le modèle paramétré ;	Oui	TBC+6

			illustration sur 3 cas d'études		
PU.4	Validation du modèle paramétré par un panel d'experts - Premier tour de revue critique	1	Fichier Excel de réponses aux commentaires	Non	TBC+4
PU.5	Validation du modèle paramétré par un panel d'experts - Tour supplémentaire de revue critique	3	Fichier Excel de réponses aux commentaires	Non	TBC+4
PU.6	Valorisation du modèle paramétré via une plateforme web	1	CR de réunions d'échange avec le prestataire développant la plateforme web	Non	TBC+12
PU.7	Collecte supplémentaire de données spécifiques	4	Données collectées sous forme de tableau	Oui	TBC +2
PU.8	Réalisation d'une synthèse technique pour chaque installation solaire type	3	Synthèse technique	Non	TBC + 3
PU.9	Organisation d'un comité supplémentaire	3	CR de réunion	Non	TBC + 2
PU.10	La réalisation d'une analyse de sensibilité	6	Résultats de l'analyse de sensibilité	Oui	TBC + 4
PU.11	L'étude d'un système d'implantation ou de fixation supplémentaire	3	Données collectées sous forme de tableau	Oui	TBC +2
PU.12	Publication d'un article scientifique en anglais dans la littérature internationale	2	Article scientifique	Non	TBC +4
PU.13	Création de jeux de données, ou data set, et leur soumission dans une base de données	2	Jeux de données et accusé de réception de soumission	Non	TBC + 12
PU.14	Traduction en anglais de la synthèse technique produite en prestation PU.8	3	Synthèse technique en anglais	Non	TBC+3

4. EXIGENCES PARTICULIERES

4.1. Exigence technique pour favoriser la circulation des données et du savoir

Circulation des données et du savoir

En vertu de la loi n° 2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique (dite Loi Lemaire) et en particulier le titre Ier sur la circulation des données et du savoir l'ADEME, comme toutes les structures publiques, est tenue de mettre à disposition en libre accès les études qu'elle réalise, ainsi que l'ensemble des éléments ayant servi à réaliser cette étude (code source du modèle, données de sortie et résultats, données d'entrée, hypothèses, méthodologie...). Cela afin de **favoriser l'accès des citoyens à la décision publique, de développer le mécanisme de revue par les pairs**, et de permettre à d'autres acteurs de questionner ou de confirmer les conclusions émises, afin d'enrichir le débat public et scientifique.

Pour y parvenir l'ADEME s'applique à respecter le **principe FAIR**¹. Pour plus d'information, vous pouvez consulter le [guide sur les données de recherche](#).

Favoriser la circulation des données

Dans le cadre de la Loi Lemaire, depuis 2018, l'agence s'applique à favoriser l'ouverture de ses données via son portail open data (<https://data.ademe.fr>) : les données non confidentielles (brutes ou transformées) ayant servi à produire une étude, une analyse ou une publication, doivent être accessibles via le portail open data de l'ADEME (data.ademe.fr) et **doivent donc être normalisées et documentées**. Cette exigence de normalisation et de documentation s'applique également aux données confidentielles, qui pourront être réutilisées en interne.

Normalisation des données :

- Les données doivent être accessibles sous un **format ouvert** (CSV, JSON, PARQUET...), et pas uniquement via des formats propriétaires comme Excel.
- Pour les données au format CSV, les données doivent respecter le **principe TIDY**, et suivre les bonnes pratiques suivantes :
 - **Privilégier des noms de variables pour nommer les colonnes** plutôt que des valeurs (exemple : privilégier une seule colonne "année" plutôt que trois colonnes "2020", "2021" et "2022").
 - **Privilégier une colonne dédiée par variable** plutôt que de regrouper plusieurs variables dans une même colonne (exemple : privilégier deux colonnes "nom" et "prénom" plutôt qu'une colonne "nom, prénom").
 - **Privilégier une table unique par unité d'observation** plutôt que plusieurs tables (exemple : Privilégier une table "nombre d'habitants" avec une colonne "sexe" plutôt que deux tables, une pour les femmes et une autre pour les hommes)
- Lorsque c'est possible, les données doivent être structurées de sorte à respecter le **principe MECE** (*Mutually Exclusive and Collectively Exhaustive*). L'objectif est d'éviter le double comptage ou les jeux de données incomplets.
- Lorsque c'est possible, éviter le recours à des grandeurs intensives comme les pourcentages, les taux ou les rapports. **Privilégier les grandeurs extensives (sommables)** afin de permettre

¹ Les principes FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) décrivent comment les données doivent être organisées pour être plus facilement accessibles, comprises, échangeables et réutilisables.

aux ré-utilisateurs de calculer la grandeur intensive sur le périmètre de leur choix (exemple : privilégier une colonne "PIB" et une colonne "nombre d'habitants" plutôt qu'une seule colonne "PIB par habitant")

- Lorsque c'est possible, **utiliser les référentiels d'usage** pour permettre un enrichissement à posteriori des données (exemple : utiliser le code SIREN pour les entreprises et les collectivités, le code commune INSEE pour les communes, et non le code postal).

Documentation des données et métadonnées :

- **Métadonnée.** Chaque fichier plat (CSV, JSON...) doit être accompagné d'une documentation décrivant le fichier (donc la table) ainsi que chacun des champs qu'il contient. Chaque champ (colonne) doit être décrit individuellement. La description doit *a minima* préciser :
 - La date de fraîcheur des données ou leur fréquence de mise à jour
 - La couverture spatiale et temporelle
 - Les hypothèses et la méthodologie employés pour construire ce jeu de donnée
 - Un contact référent en cas de questions ou de remarques
- Une **cartographie des données sources** qui explique où, quand et comment chaque jeu de donnée a été récupéré. L'objectif est de pouvoir reproduire de nouveau la récupération de ces données pour leur mise à jour.
- Un **modèle physique de donnée** (MPD) pour les modèles impliquant un nombre important de tables (3 ou plus) liées entre elles. Les modèles logique (MLD) et conceptuel (MCD) sont également les bienvenus.

5. ORGANISATION ET PILOTAGE DE LA PRESTATION

Trois instances seront mises en place afin de suivre le projet, tant sur les aspects contractuels, techniques que méthodologiques.

- Un comité technique, composé du prestataire, d'experts de l'ADEME et de parties intéressées par ce secteur (entreprises et syndicats ou associations professionnelles, ONG, ministères, etc.) pour les deux parties. La sollicitation et la mobilisation de ces parties prenantes revient à l'ADEME et non au prestataire, celui-ci devant être neutre vis-à-vis des intérêts de la filière. L'ADEME est en contact avec une liste d'entreprises en lien avec les secteurs concernés par l'étude, susceptibles de participer au Comité technique. Le prestataire pourra préciser s'il a des préconisations et des contacts pertinents. La capacité des acteurs à partager des données sera appréciée au lancement de l'étude,
- Un comité de suivi, qui a pour vocation de permettre des échanges réguliers entre le prestataire et l'ADEME, pour le suivi du déroulement du projet (avancement, tenue des délais etc.) et l'orientation stratégique et méthodologique de l'étude, composé du prestataire et d'experts de l'ADEME en charge du suivi de l'étude pour les deux parties.
- Un comité avec les parties prenantes de la filière photovoltaïque en France qui a pour vocation de tenir compte de leurs avis lors de la construction et de la finalisation du modèle paramétré. Le but de ces réunions sera de faire en sorte que les parties prenantes s'approprient l'outil pour en faciliter la diffusion.

5.1. Comité technique (COTECH)

Un comité technique (COTECH) sera mis en place afin de suivre le projet, sur les aspects de collecte de données (orientations, arbitrages), de choix des hypothèses et d'expertises dans les domaines de l'étude.

Avant chaque COTECH, le prestataire remettra au groupe un document de préparation de la réunion (ordre du jour minuté) et de description de l'avancée des travaux et des éléments à débattre. Ce document sera discuté et amendé lors des réunions.

Les comptes rendus des réunions des COTECH seront rédigés et diffusés par le prestataire dans les 15 jours qui suivent la réunion. Ces comptes rendus auront été préalablement validés par les membres du comité.

6 réunions sont prévues au cours de l'étude :

- Une réunion de démarrage dans le mois suivant la notification de l'accord-cadre, en distanciel,
- Une réunion d'avancement en cours d'étude de la partie forfaitaire à T0 + 4 mois, en distanciel,
- Une réunion à T0 + 14 mois, après lecture du rapport final de la partie forfaitaire pour la prise de décision sur les prestations unitaires à retenir pour la partie à bons de commande, en distanciel,
- Une réunion d'avancement des prestations unitaires à T0 + 18 mois, en distanciel,
- Une réunion d'avancement des prestations unitaires à T0 + 24 mois, en distanciel,
- Une réunion après remise du rapport final provisoire de l'étude (partie forfaitaire et partie unitaire à bons de commande) à T0 + 34 mois, pour remarques et ajustements à intégrer au rapport final, en distanciel.

5.2. Comité de suivi

Un comité de suivi sera mis en place afin de suivre le bon déroulement du projet, tant sur les aspects contractuels (financiers, délais, organisation), techniques (avancement des travaux, difficultés rencontrées, etc.) que stratégiques et méthodologiques (choix des hypothèses...). Il sera composé du prestataire et d'experts de l'ADEME en charge du suivi de l'étude.

Avant chaque réunion du comité de suivi, le prestataire remettra au groupe un document de préparation de la réunion (ordre du jour minuté) et de description de l'avancée des travaux et des éléments à débattre. Ce document sera discuté et amendé lors des réunions.

Les relevés de décision des réunions des comités de suivi seront rédigés et diffusés par le prestataire dans les 15 jours qui suivent la réunion. Ces comptes rendus auront été préalablement validés par les membres du comité.

Il est prévu d'organiser un comité de suivi tous les mois. Ces réunions seront en distanciel.

5.3. Comité de parties prenantes (COPIL)

L'ADEME proposera une liste de contacts de parties prenantes de la filière photovoltaïque en France.

Un maximum de 3 réunions durant lesquelles le prestataire présentera les objectifs et l'avancement du travail seront à prévoir au cours de l'étude. L'objectif de ce COPIL est de faire en sorte que les parties prenantes s'approprient l'outil pour en faciliter la diffusion.

Le prestataire remettra à l'ADEME les comptes-rendus de ces réunions.

5.4. Autres réunions

Des échanges intermédiaires par téléphone, mail ou visioconférence pourront être organisés en tant que de besoin, à l'initiative de l'ADEME ou du prestataire.

6. LIVRABLES ET RAPPORTS PREVUS AU CONTRAT

La langue de travail sera le français.

6.1. Livrables prévus au contrat

La mission conduira à la production des documents suivants :

Livrables de la partie forfaitaire :

- Document reprenant la prise en compte de chaque ICV dans le modèle paramétré. Ce document devra montrer l'évolution des impacts environnementaux des trois installations types selon la méthode EF 3.1 avec les modifications réalisées et avec les inventaires précédemment disponibles dans ecoinvent 3.09.
- Document reprenant les commentaires du panel de revue critique et justifiant les modifications ou non réalisées dans le modèle paramétré.
- Document reprenant les conclusions des deux études menées avec le COTECH, les modifications apportées, leurs justifications et leurs effets sur les impacts environnementaux calculés pour les trois installations solaires types déterminées au 4.1.1.

- Document illustrant les possibilités et les limitations pour remplir chacun des objectifs complémentaires et les décisions prises par le comité techniques avec les justifications.
- Le modèle paramétré mis à jour.

Livrables des prestations unitaires : (TBC étant la date d'émission du bon de commande)

PU.1 à PU.3 :

- Un document décrivant les modalités d'intégration dans le modèle paramétré. Le document devra également comporter les résultats d'impacts environnementaux pour les 3 cas d'études décidés dans la partie forfaitaire. Date de remise : TBC+4 pour PU.1 et PU.2, TBC+6 pour PU.3

PU.4 et PU.5 :

- Tableau informatique reprenant les réponses fournies aux commentaires de la revue critique. Date de remise : TBC+4

PU.6 :

- Compte rendu de réunions d'échange avec le prestataire développant la plateforme web. Date de remise : TBC +12

PU.7 :

- Données collectées sous forme de tableau informatique. Date de remise : TBC+2

PU.8 :

- Une synthèse technique de l'étude de 2 à 8 pages maximum pour chaque cas installations solaire type définis. Date de remise : TBC+3

PU.9 :

- Compte rendu de réunion du comité supplémentaire. Date de remise : TBC+2

PU.10 :

- Un document reprenant l'ensemble des résultats de l'analyse de sensibilité. Date de remise : TBC+4

PU.11 :

- Données collectées sous forme de tableau informatique. Date de remise : TBC+2

PU.12 :

- Un article scientifique en anglais qui pourra être soumis par le prestataire aux journaux pertinents (e.g. International Journal of Life Cycle Assessment, Journal of Cleaner Production). Date de remise : TBC+4

PU.13 :

- Les jeux de données et l'accusé réception de soumission. Date de remise : TBC+12

PU.14 :

- Une synthèse technique rédigée en anglais. Date de remise : TBC + 3

6.2. Rapports prévus au contrat

La durée de l'accord-cadre est fixée à 37 mois à compter de la date de notification.

T0 désigne dans la suite la date de notification de l'accord-cadre.

Les rapports suivants devront être remis à l'ADEME :

Pour la partie forfaitaire :

- 1 rapport d'avancement à T0 + 5 mois reprenant l'avancement des livrables de la partie forfaitaire.
- 1 rapport final à T0 + 10 mois reprenant la totalité des livrables de la partie forfaitaire.

Pour les prestations unitaires :

- 1 rapport d'avancement à T0 + 24 mois. Ce rapport reprendra les livrables des bons de commande émis à cette date, la liste des actions réalisées durant la période concernée, la liste des actions à prévoir pour la période suivante, les points de vigilance identifiés et le planning éventuellement mis à jour.
- 1 rapport final à T0 + 34 mois.

Le rapport final de la partie forfaitaire et la totalité des livrables relatifs aux bons de commandes émis constitueront les différentes parties du rapport final. Le modèle paramétré mis à jour fait également partie des livrables à rendre à cette échéance.

Le rapport final sera accompagné d'une fiche de synthèse sur le projet. Cette fiche devra, en deux pages, aborder les **8 points** suivants :

1. Contexte
2. Objectif (résultats attendus)
3. Description de l'opération (les grandes phases du projet)
4. Synthèse des résultats (objectifs atteints ou non, suites à donner ...)
5. Les 3 messages-clés de l'étude à retenir
6. Points forts et points faibles à retenir
7. Valorisation (prévue ou réalisée)
8. Suite envisageable (autre que valorisation)

La fiche de synthèse sera rédigée en **versions française et anglaise** ; elle pourra faire l'objet d'une publication.

Seront également à joindre au rapport final une **présentation Powerpoint de 10 diapositives et une de 30 diapositives**, ainsi qu'un **document communicant de 3 à 5 pages** avec les messages clés des résultats obtenus pour un public non averti.

Les rapports devront respecter la présentation indiquée dans le Guide de présentation des rapports ADEME qui sera transmis au prestataire par voie électronique après notification de l'accord-cadre.

Le rapport final devra être fourni en version électronique.