Préfecture du Pas de Calais

Arrondissement de Béthune

Communes de BEUVRY & LABOURSE
Projet d'implantation d'une centrale photovoltaïque

****

Dossier de demande de permis de construire

Enquête Publique
du 14 novembre au 14 décembre 2011

****

RAPPORT

du commissaire enquêteur

Commissaire Enquêteur : Jean-Paul HÉMERY

SOMMAIRE

A – Rapport et Avis du commissaire enquêteur

Chapitre 1 : Généralités concernant l'objet de l'enquête : page 03

Chapitre 2 : Rappel résumé du dossier page 04

Chapitre 3 : Cadre juridique page 21

Chapitre 4 : Organisation et déroulement de l'enquête page 23

Chapitre 5 : Observations page 26

B – Conclusions motivées du commissaire enquêteur page 34

C – Annexes

- Annexe 1 : rapport de dépollution du site page 39
- Annexe 2 : aspects environnementaux, de santé et de sécurité des systèmes photovoltaïques page 42

Annexe 3 : émissions en cours de vie photovoltaïque page 45

Chapitre I

Généralités concernant l'objet de l'enquête.

Pour répondre aux enjeux du développement durable, plusieurs décisions politiques ont été adoptées au niveau international, depuis le sommet mondial de Rio de 1992.

A la signature du Protocole de Kyoto de 1997, l'Union européenne (UE) s'était engagée, d'ici 2010, à réduire ses émissions de CO_2 de 8 % par rapport à l'année 1990. Elle s'était fixée pour objectif, dans la directive 2001/77/CE, de faire croître la part des énergies renouvelables dans les consommations nationales d'électricité.

Début 2007, la Commission Européenne a dressé un état des lieux du progrès des énergies renouvelables en Europe.

Plus récemment, le ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) a présenté le 17 novembre 2008, un plan de développement des énergies renouvelables en France issu du Grenelle de l'Environnement. Ce programme a pour objectif de porter à au moins 23 % la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie à l'horizon 2020.

Pour atteindre les objectifs de développement qu'elle s'est fixé, la France doit développer toutes ces énergies.

Pour cela, les pouvoirs publics ont mis en place un ensemble de dispositifs : tarif d'achat, appels d''offres biomasse, implantation d'éoliennes off-shore et terrestres, implantation de centrales photovoltaïques, plan de développement des énergies renouvelable issu du Grenelle de l'Environnement...

Fin 2008, la puissance photovoltaïque, installée et raccordée au réseau, était de 68 MW en métropole, contre environ 12 MW fin 2006 et 27 MW fin 2007. La France se place ainsi au quatrième rang européen, derrière l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie. La très grande majorité des installations (environ 4 300 sur un total de 5 200 installations) est de petite taille (moins de 3 kW). Ces petites installations représentent environ 40 % de la puissance installée totale.

Le développement des centrales photovoltaïques est encore naissant en France. Entre septembre 2007 et juillet 2008, 22 demandes d'autorisation ont été déposées auprès de l'administration pour des projets (entre 4,5 et 12 MW) cumulant 215 MW de puissance installée (Source : www.developpement-durable.gouv.fr).

La présente enquête a pour objectif d'évaluer les impacts sur l'environnement du ***projet de centrale photovoltaïque déposé par la Société JUWI****, représentée par SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY, sur le territoire des communes de LABOURSE et BEUVRY.*

Le projet porte sur l'installation d'une centrale de puissance 4,4 MW, dont les structures devraient couvrir une surface au sol de 29 000 m², sur un site de 11,5 ha.

Le site retenu pour l'implantation de l'équipement projeté est celui de l'ancienne centrale thermique de Beuvry, transformé en friche depuis sa déconstruction qui a débuté en 1979.

La mise à disposition du dossier auprès du public a pour but de l'informer sur le

projet, de recueillir ses appréciations, suggestions et contre-propositions postérieurement à l'étude d'impact, afin d'aider le commissaire enquêteur dans son analyse du projet et dans la motivation de ses conclusions, puis de permettre à l'autorité compétente de disposer de tous les éléments nécessaires à son information (art L 123-3 du code de l'environnement) et à sa prise de décision.

Le dossier présente les moyens mis en œuvre par le pétitionnaire pour installer son projet et réduire, atténuer, voire supprimer les impacts de l'ouvrage sur l'environnement.

Le présent dossier d'enquête publique accompagne les dossiers de Permis de Construire déposés en vue de la construction du dit parc photovoltaïque.

Chapitre II

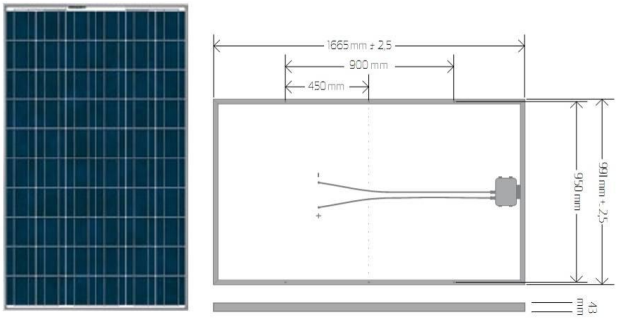
Rappel résumé du projet

Présentation sommaire du projet :

*Le projet présenté par la **Société JUWI**, représentée par SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY, consiste créer à une centrale photovoltaïque sur le territoire des communes de LABOURSE et BEUVRY.*

Cette unité de production électrique, si elle est autorisée, aura une puissance de 4,4 MW (4 400 kW), pour une production annuelle estimée à 4.4 Millions de kilowatt heure par an, soit les besoins de 1780 foyers) et une économie de CO_2, estimée, par le pétitionnaire, de 28 000 tonnes pendant la durée du projet.

Elle devrait être constituée de modules montés sur des châssis inclinés (tables).



Chaque module sera constitué de cellules photovoltaïques (figure ci-contre) qui sont des semi-conducteurs en contact étroit pris entre deux électrodes métalliques.

Chaque cellule sera capable de produire un courant électrique à une tension constante. Ce courant dépendra de l'apport d'énergie en provenance du soleil.

Chaque cellule produira en fait un faible courant, mais la disposition en série, pour la totalité des cellules par module, produira un courant exploitable. La quantité d'énergie apportée par le soleil étant très variable, le courant qu'un module fournit l'est également.

Les modules seront aussi munis d'une plaque de verre thermo durcie afin de les protéger des intempéries. Ils comprendront également des connexions adéquates aux raccordements principaux du parc.

La hauteur maximale des tables au-dessus du sol sera de 2,50 m pour un impact réduit, et le bas des tables sera d'au moins 80 cm.

Les dimensions des tables seront de 2 à 3 m en largeur et de 11 à 18 m en longueur.

La technique de fixation des supports au sol sera fonction de l'étude géotechnique qui sera menée préalablement à la construction.

Les châssis seront ainsi soit fixés (par des pieux battus ou par des vis) et enterrés entre 1,20 m et 1,80 m de profondeur soit lestés par des plots en béton.

Les modules produisant un courant continu à faible tension, très sujet aux pertes en ligne, il sera primordial de rendre ce courant alternatif et à plus haute tension, ce qui est le rôle respectivement remplis par les onduleurs et les transformateurs.

Les « tables » de panneaux photovoltaïques seront reliées à 5 locaux techniques :

4 locaux onduleurs et 1 local de livraison.

Le local de livraison sera raccordé au poste de transformation électrique de Beuvry, par une liaison souterraine à moyenne tension.

type de poste de livraison

type de poste onduleur

Par mesure de sécurité la centrale photovoltaïque sera close pour interdire tout accès au public et le site, non gardienné, fera l'objet d'une surveillance à distance.

Contenu du dossier :

*Les dossiers mis à l'enquête (en double exemplaire pour chaque commune, excepté les dossiers de demande de **Permis de Construire** spécifiques pour chacune des communes) sont constitué des pièces suivantes :*

Pièce A : Note explicative.

Pièce B : Dossier de demande de permis de construire contenant l'étude d'impact.

Pièce C : Plan de situation.

Pièce D : Plan général des travaux.

Pièce E : Caractéristiques principales des ouvrages les plus importants.

Pièce F : Avis de l'autorité environnementale.

Pièce G : Eléments d'information apportés suite à l'avis de l'autorité environnementale.

Pièce A - Note Explicative

La notice explicative permet de replacer l'enquête dans le contexte législatif et les différentes procédures légales, et de présenter les textes réglementaires qui régissent l'enquête. Ella a également pour objet de renseigner sur les principales caractéristiques techniques du projet (8 pages).

Pièce B – Permis de construire avec étude d'impact (EI)

La demande de permis construire adressée à chaque commune contient l'ensemble des formulaires exigés par la réglementation.

La réglementation spécifique à ce type d'ouvrage prévoit également la production d'une étude d'impact.

Etude d'impact (EI)

Introduction du CE :

L'EI est un document dont le contenu est donné par l'article 2 du décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977, modifié par les décrets 93-245 du 25 février 1993 et 2003-767 du 1 août 2003, pris par application de la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature et le décret n° 85-453 du 23 avril 1985 pris pour l'application de la loi du 12juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement.

Selon les textes législatifs, le contenu de l'EI doit être en relation avec l'importance des travaux et aménagements projetés et avec leurs incidences prévisibles sur l'environnement.

L'EI présente successivement :

1 - Une analyse de l'état initial du site et de son environnement portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs, affectés par les aménagements ou ouvrages.
2 - Une analyse des effets "directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement", et en particulier sur la faune et la flore, les sites et paysages, "le sol, l'eau, l'air, le climat", les milieux naturels et les équilibres biologiques, "sur la protection des biens et du patrimoine culturel" et, le cas échéant, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses), ou sur l'hygiène, " la santé, ", "la sécurité" et la salubrité publique.
3 - Les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations d'environnement, parmi les partis envisagés " qui feront l'objet d'une description ", le projet présenté a été retenu.
4 - Les mesures envisagées par le maître de l'ouvrage ou le pétitionnaire pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement " et la santé ", ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.
5 - Une analyse des méthodes utilisées pour évaluer les effets du projet sur l'environnement mentionnant les difficultés éventuelles de nature technique ou scientifique rencontrées pour établir cette évaluation.
Afin de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude, celle-ci fera l'objet d'un résumé non technique.
Des arrêtés interministériels peuvent préciser pour certaines catégories d'ouvrages le contenu des dispositions qui précèdent.

Chapitre 1 - Résumé non technique de l'EI (pages7 à 20)

Le chapitre a pour but de faciliter la compréhension du public pour une approche simplifiée de l'EI. Il résume, sous forme synthétique, l'analyse du projet développé plus longuement dans le dossier.

Chapitre 2 – Préambule (pages 21 à 28)

Le chapitre reprend :

Avant-propos :

- *objet l'EI ;*
- *présentation de la Société EQUINERGIE, rédactrice du présent document ;*
- *société JUWI, maître d'ouvrage ;*
- *historique du site d'implantation du projet ;*
- *présentation du parc photovoltaïque.*

Situation du projet :

- *situation géographique et administrative ;*
- *aire d'étude.*

Chapitre 3 – Etat initial du site d'étude (pages 29 à 92)

Le chapitre décrit les différents contextes dans lequel le projet est inscrit.

3.1 – Environnement physique :

- *relief et la topographie locale ;*

- *<u>hydrologie</u>, avec indication du sous bassin versant de Douvrin dans lequel les communes de Labourse et Beuvry sont inscrites.*
    - *la qualité des eaux à proximité du site est médiocre ;*
- *<u>géologie</u> : contexte général, structure géologique et description des terrains géologiques locaux ;*
- *<u>hydrogéologie :</u> des précisions sont données sur la sensibilité des nappes souterraines dans le secteur étudié. Aucun captage destiné à l'alimentation en eau potable n'est présent à moins de 500 m du site, le captage le plus proche se trouve à 2,5 km du site d'implantation envisagé.*
- *<u>qualité des sols :</u> en conclusion de ce sous chapitre, le pétitionnaire indique que* "la qualité des sols ne fait pas l'objet de pollution notable".

<u>Avis du CE :</u> compte tenu du passé industriel du site, le pétitionnaire aurait dû justifier davantage son affirmation (page 40) par l'évocation des analyses qui lui ont permis de conclure sur la qualité des sols.

- *<u>climat :</u> précipitation, vents et ensoleillement (le tableau ci-contre présente l'ensoleillement à Labourse pour une inclinaison des tables à 35°)*

Fixed system: inclination=35°, orientation=0° (Optimum at given orientation)				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.89	27.7	1.08	33.5
Feb	1.79	50.2	2.20	61.7
Mar	2.25	69.7	2.83	87.7
Apr	3.21	96.4	4.18	125
May	3.54	110	4.70	146
Jun	3.51	105	4.75	142
Jul	3.70	115	5.03	156
Aug	3.35	104	4.55	141
Sep	2.68	80.3	3.55	106
Oct	1.94	60.2	2.49	77.2
Nov	1.27	38.2	1.57	47.1
Dec	0.69	21.5	0.84	26.0
Yearly average	**2.41**	**73.2**	**3.15**	**95.8**
Total for year		**878**		**1150**

- *<u>Risques naturels :</u> les risques sismiques, d'inondation et de mouvements de terrain sont faibles au droit du site retenu, de plus il n'est pas implanté dans une zone inondable.*

L'environnement physique et ses enjeux sont synthétisés dans le tableau ci-après :

Thèmes	Explication sur l'enjeu	Niveau de l'enjeu sur le site	Incidence potentielle d'un projet solaire	Sensibilité du projet	Recommandations
Climat	Ensoleillement local suffisant pour l'installation d'un tel projet	Faible	Positive modérée sur le long terme	Très faible	Pas de recommandation particulière.
Géologie, hydrogéologie	Sol limoneux argileux. Aucun captage sur le secteur d'implantation.	Faible	Très faible	Très faible	Pas de recommandation particulière.
Hydrographie, hydrologie, qualité des nappes	La présence de cours d'eau à proximité : la Loisne (250 m) et le courant de Douvrin (500 m) Présence d'un forage exploité sur le site d'implantation envisagé.	Faible	Très faible	Très faible	L'accès au forage devra être maintenu.
Risques naturels	Risques d'inondation et de mouvement de terrain faible sur le secteur d'implantation prévu	Faible	Très faible	Faible	Le site n'est pas situé sur une zone inondable, et n'est donc soumis à aucune réglementation particulière
Qualité de l'air	Qualité de l'air satisfaisante.	Très faible	Positive modérée sur le long terme	Très faible	Pas de recommandation particulière.

Tableau 6 - Synthèse des enjeux sur l'environnement physique

3.2 – Environnement biologique :

Cette partie présente le milieu et les habitats naturels.

- *zones d'inventaires et de protection : le projet, s'il n'est implanté dans aucune Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF), se trouve à un peu plus de 200 mètres de la ZNIEFF de type 1 « Marais de la Loisne ».*
- *les milieux naturels ;*
- *la flore : méthodologie, résultats de l'inventaire, bio évaluation patrimoniale, interprétation légale ;*

En conclusion de l'étude floristique, il est indiqué que : « Quatre espèces patrimoniales dans le Nord – Pas-de-Calais ont été observées sur la zone d'étude, il s'agit de : l'Acinos des champs (Acinos arvensis), la Bugrane épineuse (Ononis spinosa), l'Œillet velu (Dianthus armeria) et le Saule à oreillettes (Salix aurita).

Parmi celles-ci deux espèces sont sur liste rouge régionale et devront faire l'objet d'une attention particulière :

- ✓ la Bugrane épineuse (Ononis spinosa) espèce Vulnérable
- ✓ l'Œillet velu (Dianthus armeria) espèce gravement menacée d'extinction »

- *la faune : méthodologie et résultats de l'inventaire, avifaune, bio évaluation patrimoniale, en particulier :*
  - *les mammifères (hors chiroptères) ;*
  - *les chiroptères ;*
  - *les amphibiens et les reptiles ;*
  - *les insectes.*

En conclusion de l'étude faunistique, il est indiqué que : « L'avifaune révèle une diversité modérée avec 4 espèces patrimoniales avec potentiellement, une diversité faible à modérée (entre 2 et 10 espèces) d'espèces patrimoniales nicheuses au sein du site.

Les autres groupes (amphibiens, reptiles, insectes, mammifères) ne présentent pas d'enjeux particuliers.

Les enjeux globaux peuvent toutefois être qualifiés de faibles à modérés, étant donné la faible diversité d'habitats et de leur surface relative trop déséquilibrée (e.g. très faible surface de bosquet arbustif comparativement au reste des habitats présents), ainsi que de la présence de nombreux secteurs globalement beaucoup plus favorables à la faune situés à proximité du site (le marais de Loisne à 230 m et les marais de Beuvry, Cuincy et Festubert à 1000 m).

Le site ne constitue donc pas un milieu de dépendance pour les espèces patrimoniales observées ».

Les enjeux et recommandations sont synthétisés dans le tableau placé ci-après :

Thèmes	Explication sur l'enjeu	Niveau de l'enjeu sur le site	Incidence potentielle d'un projet solaire	Sensibilité du projet	Recommandations
Zones naturelles d'intérêt remarquable	Emprise directe sur une zone naturelle Perte d'intérêt de la zone naturelle	Nul	Nul	Nulle	Pas de recommandation particulière.
Habitats	Destruction d'habitats naturels Création d'habitats homogènes	Faible	Fort	Faible	Pas de recommandation particulière.
Flore	Destruction directe lors de la phase travaux Perte de diversité spécifique Artificialisation et banalisation du site	Modéré à fort	Fort	Modéré à fort	Mettre en place une gestion adaptée sur les zones favorables à la Bugrane épineuse et à l'Œillet velu. Repérage de ces espèces avant travaux et périmètre de protection autour lors des travaux. Remanier au minimum le sol et favoriser la recolonisation spontanée à proximité de ces zones (si possible).
Avifaune nicheuse	Perte de zone d'alimentation Perte de zone de nidification pour certaines espèces	Faible à modéré	Modéré	Faible à modéré	Travaux de défrichement et de terrassement à réaliser entre fin août et début mars, soit en dehors de la période de nidification. Maintien ou à défaut plantation d'un réseau continu de haies autour et au sein du site.
Avifaune migratrice et hivernante	Perte de zone d'alimentation Disparition d'une zone de halte migratoire et/ou d'hivernage	Faible	Faible	Faible	Pas de recommandation particulière.
Chiroptères	Perte de zone d'alimentation	Faible	Faible	Faible	Maintien ou à défaut plantation d'un réseau continu de haies autour et au sein du site.
Mammifères (hors Chiroptères)	Perte de zones d'alimentation	Faible	Faible	Faible	Maintien ou à défaut plantation d'un réseau continu de haies autour et au sein du site.
Amphibiens	Perte de zones refuges (hivernage)	Faible	Faible	Faible	Maintien ou à défaut plantation d'un réseau continu de haies autour et au sein du site.
Reptiles	Perte d'habitats (zone de gravat de béton)	Faible	Faible	Faible	Création de pierriers en périphérie du projet
Insectes	Perte de zone d'alimentation Perte de zone de reproduction	Faible	Faible	Faible	Maintien ou à défaut plantation d'un réseau continu de haies autour et au sein du site. Maintien lors des travaux de bandes de prairies entre les zones de panneaux

Tableau 15 - Synthèse des enjeux sur l'environnement biologique

3.3 – Environnement humain :

Dans cette partie de l'étude, sont repris entres autres informations, celles qui concernent les communes de Labourse et Beuvry :

- *la démographie, l'habitat et le logement, le contexte socio-économique avec l'éventail des professions et les équipements des communes ;*
- *les documents d'urbanisme avec leur hiérarchisation, le cadre de vie :*
  - *ambiance sonore,*
  - *voisinage sensible,*
  - *risques technologiques ;*

Avis du CE : en ce qui concerne l'ambiance sonore, le pétitionnaire se contente de généralités, sans apporter de justifications quantifiées dans son analyse de l'état initial.

- *les réseaux, l'occupation des sols, les servitudes ;*
- *le tourisme et les loisirs.*

Cette partie est résumée dans le tableau suivant :

Thèmes	Explication sur l'enjeu	Niveau de l'enjeu sur le site	Incidence potentielle d'un projet solaire	Sensibilité du projet	Recommandations
Perceptions du projet	Réunion avec les élus et information de la population	Faible	Positive modérée	Faible	Une réunion publique à Labourse a eu lieu le 4 novembre 2010. Celle-ci a donné l'occasion à la population de s'exprimer sur le projet de requalification de leur environnement. Le projet a reçu un accueil favorable. Par ailleurs de nombreux articles de presse (locale ou régionale) ont été réalisées (Voix du Nord, bulletin ArtoisComm, Bulletins municipaux, ...) (voir annexes)
Habitat	Les habitations les plus proches se trouvent à 50 m du secteur d'étude La création d'un lotissement en limite est du projet a été accordée	Modéré	Faible	Modéré	Limiter les nuisances en phase chantier. Eloigner au maximum le poste onduleur / livraison des habitations Le photovoltaïque n'émettant pas de bruit en fonctionnement, aucune d'étude bruit n'est à réaliser
Urbanisme	SCOT du Béthunois et Plan Locaux d'Urbanisme pour Labourse et Beuvry	Faible	Forte	Très Faible	Projet compatible avec les orientations du SCOT approuvé (PADD et DOG) Projet en zone UI, compatible avec la réalisation d'un projet photovoltaïque
Réseaux et servitudes	Le réseau routier proche du site supporte un trafic assez important (RD 941, 943, ...). A26 à 2 kilomètres. Nombreux réseaux électriques dans et à proximité du périmètre rapproché. Présence de 2 canalisations d'eau potable au sein de l'emprise	Fort	Faible	Modéré	Respect des recommandations en phase chantier, notamment celles concernant les lignes et pylônes électriques et les canalisations d'eau potable. DICT obligatoires avant travaux Distance d'au moins 35 mètres entre le projet et les routes, conformément aux PLU.
Agriculture et sylviculture	Le site ne prélève pas de surface agricole.	Très faible	Très faible	Très Faible	Pas de recommandation particulière.
Tourisme et loisirs	Pratique de la promenade et de la course à pied sur le site et ses alentours Quelques hôtels et restaurants	Faible	Faible	Positive fort	Créer une aire pédagogique pour informer le public dans un secteur en plein développement pour les jeunes (chevalement, aire de jeux...) Amélioration du chemin à l'ouest du site pour la pratique de la course à pied
Activités industrielles, commerciales et artisanales	Activités économiques importantes sur les communes	Modéré	Positive forte	Positive forte	Rechercher des synergies potentielles avec les communes et la communauté de communes
Ambiance sonore	Ambiance sonore impactée par les différents réseaux de transport (voie ferrée, routier, ...)	Très faible	Très faible	Très faible	Pas de recommandation particulière.
Risque technologique	Plusieurs ICPE recensées sur Labourse et Beuvry, aucun directement sur le site. Site constitué d'une friche industrielle d'ancienne centrale thermique	Faible	Très faible	Très faible	Pas de recommandation particulière.
Santé publique	Risque lié au transport de matières dangereuses. Phase chantier de plusieurs mois	Faible à modéré	Très faible	Très faible	Précautions en phase chantier Non concerné pour le transport de Matières Dangereuses

Tableau 24 - Synthèse des enjeux sur l'environnement humain

3.4 – Etat initial paysager :

Dans cette partie, sont présentés :

- *les entités paysagères : paysages miniers et paysages de la plaine de la Lys ;*
- *le site d'étude ;*
- *les éléments structurants du paysage ;*
- *la découverte du site depuis les axes de communication et des lieux de vie.*

3.4 – Etat initial du patrimoine :

Des monuments patrimoniaux recensés dans un rayon de 5 km autour du site, seul le « Moulin de Beuvry », à 50 m du site, est directement impacté par le projet.

Chapitre 4 – Présentation du projet (pages 93 à 116)

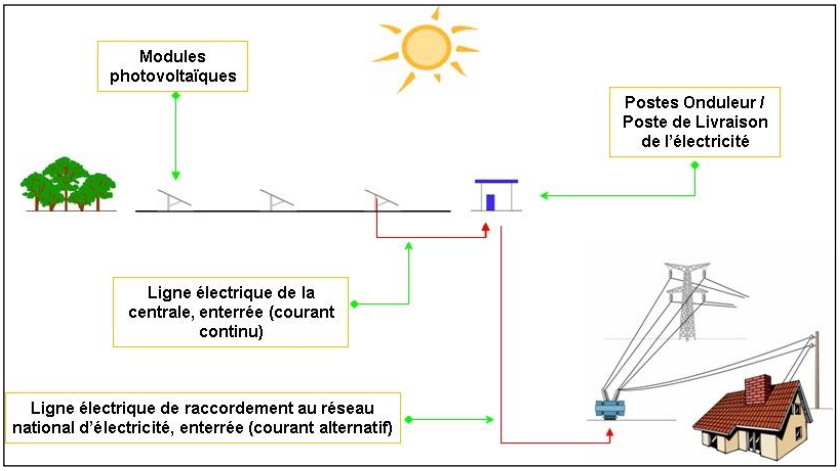
4.1 – Contexte général :

- *Energie solaire photovoltaïque*

  Le panneau solaire est un capteur de lumière qui transforme l'énergie solaire en énergie électrique, qui est conditionné par :

  - *une bonne luminosité,*
  - *des panneaux orientés en direction du sud,*
  - *une implantation qui évite les ombres produites par la proximité d'obstacles divers.*

Ce principe est résumé dans la vue ci-contre.



- *Intérêt de cette forme de production énergétique*

  L'énergie solaire répond aux enjeux énergétiques d'avenir et présente un impact acceptable pour l'environnement en émission de CO_2 tel que présenté dans le tableau suivant.

Modes de production pour 1 kWh	*Hydraulique*	*Nucléaire*	*Eolien*	*Photovoltaïque*	*Cycle combiné*	*Gaz naturel*	*Fuel*	*Charbon*
Emissions CO2/kWh (en g)	*4*	*6*	*3 à 22*	*60 à 150*	*427*	*883*	*891*	*978*

Tableau 1 - Emissions de CO2 selon différentes filières

4.2 – Caractéristiques de l'installation :

Le projet est présenté en détail dans cette partie :

- *Emprise du projet de 10,72 ha sur un site de 11,5 ha disponibles*

- *Surface au sol des structures : 29 000 m²*
- *Puissance crête estimée à 4,4 MWc*
- *Production estimée à environ 4,4 Millions de kWh/an, soit la consommation d'environ 1716 habitants*
- *Economie de 28 800 tonnes de CO_2 sur la durée des 25 années du projet.*

Le projet prévoit que l'installation solaire devrait être composée de :

- *Modules ou panneaux photovoltaïques*
- *Structures support*
- *Locaux techniques*
- *Câblages enterrés*
- *Clôture rigide périphérique*
- *Voies de circulation et aménagements connexes*
- *Espaces dédiés aux espèces remarquables à protéger :*
    - *427 m² pour l'Œillet velu, espèce gravement menacée d'extinction*
    - *2700 m² pour le Bugrane épineuse, espèce vulnérable.*

Pour son exploitation, le projet prévoit l'exclusion de produits phytosanitaires, une fauche mécanique avec évacuation des déchets, le maintien des espèces à protéger dans l'inventaire floristique évoqué plus avant et création d'un espace pédagogique.

Avis du CE : compte tenu de la présence sur le site d'espèces floristiques sensibles, le pétitionnaire devra proposer un organisme indépendant et compétent, qui sera retenu dans le cadre du suivi écologique du site.

La phase chantier est détaillée dans cette section du sous-chapitre :

- *Charte « chantier vert »*
- *Communication en phase chantier*
- *Planning du chantier (qui devrait durer 8 mois)*
- *Organisation du chantier*
- *Transport des matériels, matériaux et engins de chantier*

Avis du CE : le responsable dédié au « chantier vert » devra s'assurer que les personnels des entreprises titulaires des marchés et de leurs sous-traitants ont connaissance et respectent en permanence la charte. Ce respect devra également s'étendre aux personnels des entreprises chargées des transports de toutes natures.

La phase exploitation fait l'objet d'une description détaillée, jusqu'aux opérations de démantèlement.

- *Entretien des installations techniques*
- *Entretien du sol qui exclue tout traitement phytosanitaire*
- *Sécurité du site, active et passive*
- *Sécurité électrique*
- *Démantèlement et remise en état :*
    - *démantèlement du parc*
    - *traitement et recyclage des matériaux*

4.3 – Raison du choix du site :

Les raisons pour lesquelles un site peut être retenu

Pour le pétitionnaire, pour retenir le site d'un parc photovoltaïque, il n'y pas véritablement d'analyse de différentes variantes, mais des adaptations au regard des sensibilités identifiées lors des différentes études. C'est donc pour cela que les critères du choix du site sont déterminants pour la réussite du projet. Les préoccupations environnementales, paysagères, techniques, réglementaires, d'urbanisme doivent être intégrées dès la phase de conception.

On peut ainsi citer les critères suivants :

- *les contraintes et règlementation environnementales générales,*
- *les règles d'urbanisme,*
- *la qualité et la nature des terres,*
- *les possibilités d'évacuation de la production électrique,*
- *le potentiel solaire,*
- *l'intégration paysagère et les visibilités à partir de villages proches, lieux emblématiques et lieux de passages importants de public,*
- *la volonté des Elus locaux,*
- *la possibilité de conclure les accords fonciers indispensables,*
- *les conditions techniques de construction,*
- *les conditions techniques d'exploitation,*
- *la configuration des terrains (plats, sans ombrages proches et éloignés).*

Les principaux critères retenus

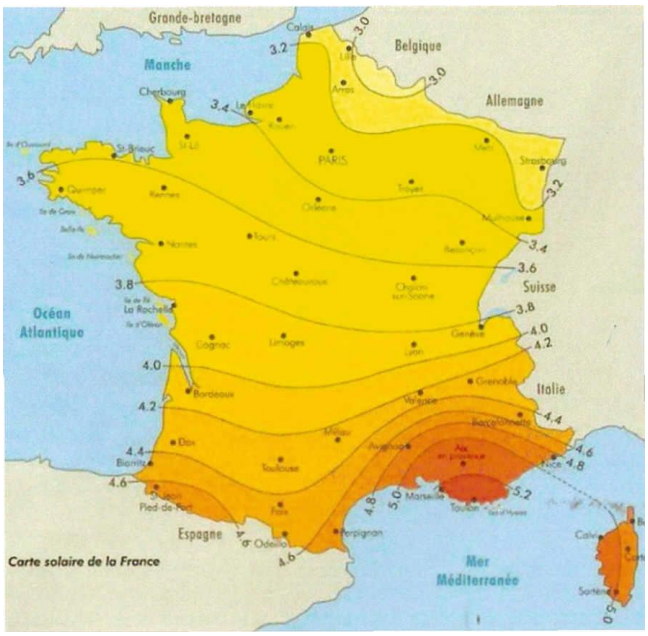
Dans le cas présent, pour le porteur du projet, après recherche d'un territoire très large, le site de Labourse et Beuvry a été retenu prioritairement car le site proposé répond aux principaux critères à prendre en considération pour les raisons suivantes :

- *configuration des terrains (plats, sans masques importants),*
- *concordance du projet avec la réglementation et les documents d'urbanisme,*
- *usage du site : friche industrielle provenant de la démolition d'une ancienne centrale thermique,*
- *intégration du projet dans un ensemble naturel avec une protection visuelle naturelle,*
- *proximité immédiate d'un poste électrique,*
- *absence de sensibilités écologiques majeures.*

Ensoleillement

JUWI indique que si d'autres régions de France sont plus ensoleillées que sur le site proposé, la zone d'étude possède un potentiel exploitable aujourd'hui, selon les méthodes de calcul PV.GIG.

Selon ces calculs, le secteur reçoit annuellement 1150 kWh/an/m², avec une inclinaison de 35°.
(http://re.eu.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php)



D'autres éléments sont également présentés, tels que la source de développement local, l'historique du site, l'évolution du projet depuis son initiation, et en fon de développement :

Le projet retenu (illustré par plusieurs planches)

L'implantation du parc solaire a été conçue de manière à s'insérer au maximum dans l'environnement naturel. Une zone, située au sud du site, a été délimitée pour une aire pédagogique.

- **Les ombrages**

Les parcelles ne présentent que peu d'ombrage mise à part celle induite par les haies périphériques et internes ainsi que par le futur quartier. Une distance est alors maintenue entre les panneaux et les haies.

- **L'aménagement du site**

La figure (ci-après) représente un plan de masse du projet, avec l'ensemble des modules. On remarque en particulier les 4 postes techniques situés au sein des différents modules.
La voie d'accès à ceux-ci mesurera entre 4 et 6 m de largeur et sera gravillonnée.

- **La puissance totale**

Les préconisations finales chiffrent la puissance de l'ordre de 4,4 MWc pour environ 4 m d'espacement entre les rangées. Du point de vue des ombrages cette solution permet une productivité optimum.

- **La clôture**

Afin d'éviter les risques inhérents à une installation électrique, il est nécessaire de doter le futur projet d'une clôture l'isolant du public.
Une clôture sera réalisée sur l'ensemble des contours du projet. Elle aura une hauteur de 2 m et sera réalisée en acier galvanisé de couleur verte pour les piliers et pour le maillage.

- **Couverture du sol**

Le sol sera doté d'une couverture enherbée où la flore pourra s'exprimer librement sur la base d'une gestion par fauche mécanique avec exportation.

Chapitre 5 – Impacts et mesures retenues (pages 117 à 136)

Pour le CE, ce chapitre est fondamental au niveau des engagements de la société en charge de la réalisation du présent projet. Il marque sa volonté d'inscrire son projet dans l'intégration le respect des règles de l'environnement auxquelles il est confronté.

Cette partie s'attache à présenter les impacts spécifiques et résiduels du projet retenu, qui n'ont pu être évités par le choix exposé dans la partie précédente.

Sont présentées ici les mesures que le Maître d'Ouvrage propose de prendre pour supprimer, réduire ou compenser les impacts résiduels du projet.

Chaque effet du projet et en corollaire les mesures qui seront prises par le pétitionnaire pour assurer leur suppression, réduction, compensation ou accompagnement. Ces mesures sont déclinées dans ce chapitre.

5.1– Environnement physique :

Les effets les plus significations qui ont été identifiés sont ceux qui sont en relations avec la phase travaux.

- ***Climat et qualité de l'air***
  - *sans mesures compensatoires nécessaires identifiées.*
- ***Sols et sous-sol***

Protection et préservation des sols

Pendant le chantier, la réduction des impacts sera obtenue, selon le pétitionnaire :

« - en limitant l'emprise au sol de la zone d'intervention et des voies d'accès destinées aux engins de travaux ;

- en réalisant un tri des terres lors de l'excavation des tranchées dans le cas où plusieurs horizons pédologiques sont présents. Les matériaux déblayés seront stockés temporairement dans les différentes catégories qui constituent les couches du sous-sol. Lors du remblaiement, après la pose des gaines électriques, la reprise des matériaux triés permettra de reconstituer le sous-sol à l'identique ;

- en assurant, au terme du chantier, la remise en état des sols. Elle pourra concerner des opérations de remise à niveau des terrains pour éviter la création de ruissellements, de ravinements ou de cuvettes d'accumulation des eaux de pluies.

En cas de démantèlement du site, les tranchées de raccordement, les câblages et les fouilles resteront en l'état ».

Erosion et ruissellement

« Afin de limiter au maximum les éventuels processus d'érosion et de ruissellement des sols, une couverture végétalisée sera favorisée.

Seule la piste lourde, présente au centre du parc photovoltaïque, sera gravillonnée pour permettre le déplacement des véhicules et des personnels de maintenance, notamment dans le cas d'une éventuelle intervention au niveau du réseau d'eau potable traversant le site.

Pour les autres pistes du site, dites légères, un espace sera laissé libre pour le passage mais il n'y aura pas de traitement de terrain spécifique.

Deux zones seront délimitées afin de préserver deux espèces floristiques protégées : la Bugrane épineuse et l'Œillet velu. Une gestion écologique adéquate sera mise en place sur chacune d'elles ».

Avis du CE : compte tenu de la présence des deux espèces floristiques protégées, leur site d'implantation devra être matérialisé d'une manière particulièrement visible et la circulation et plus encore le stationnement des engins de chantier devront être évités à proximité de ces espaces.

- ***Géologie et hydrogéologie***
  - *sans mesures compensatoires nécessaires identifiées*
- ***Hydrographie, hydrologie, qualité de l'eau***

Si en situation d'exploitation, le site ne devrait pas générer de risques vis à vis des incidences au titre de la loi sur l'eau, selon les services de la Mission Inter Services de l'Eau (MISE) du Nord – Pas-de-Calais, la phase chantier pourrait être à l'origine de pollutions accidentelles. Pour les prévenir, le pétitionnaire a prévu pendant la phase chantier :

« L'espace chantier est aménagé et sécurisé dès son ouverture avec la mise en place en premier lieu de la clôture, d'un accès réservé aux engins et personnel habilités.
Aucun rejet des eaux usées (sanitaires, cuisine) du chantier ne sera effectué sur le site ou sur ses abords. Les entreprises sélectionnées auront la responsabilité de respecter les filières de collecte et d'élimination des déchets. L'abandon sauvage, le déversement, le camouflage ou l'enfouissement de quelque déchet que ce soit sera strictement proscrit.

L'entretien courant des engins de chantier sera effectué en dehors du site. Aucune opération de vidange ou de lavage des véhicules ne sera autorisée sur le chantier. Ces opérations de maintenance courante, quand elles devront être effectuées, seront menées sur des installations spécifiques et aménagées à cet effet pour garantir la protection de la qualité des sols et des eaux.

Il ne sera pas entreposé d'hydrocarbures sur le site. Le ravitaillement en carburant sera effectué à partir d'installations de distribution extérieures.

De plus, tout au long de l'exploitation du parc solaire, aucun produit phytosanitaire ne sera utilisé pour l'entretien du site et le désherbage. Ainsi il n'y aura aucun rejet de ces produits dans les eaux lors de l'exploitation.

La charte chantier vert, citée plus haut, permet de prendre en compte tous ces points ».

Avis du CE : compte tenu de ses engagements confirmés à plusieurs reprises dans son dossier d'enquête, le pétitionnaire devra s'assurer en permanence de leurs respect. Dans le cas de déversement accidentel de produits ou matières polluants, il devra voir élaboré une procédure « réactive » pour limiter les risques à l'environnement.

- ***Risques naturels***
  - *sans mesures compensatoires nécessaires identifiées*

5.2– Environnement biologique :

➢ ***Impacts et mesures sur l'écologie***

Les mesures présentées par le porteur du projet concernent aussi bien la phase chantier, que la phase exploitation Ces mesures complètent des mesures annoncées précédemment :

« En fonction de la croissance de la végétation, deux fauches par an devraient suffire à l'entretien de la zone. Une première relativement tôt au printemps et une seconde au début de l'automne afin de laisser à la végétation le temps d'accomplir son cycle biologique.
La même gestion sera effectuée au niveau des zones à vocation écologique dédiées à l'Œillet velu et la Bugrane épineuse. En effet, ces espèces affectionnent les pelouses sèches sur substrat caillouteux et sont sensibles à l'eutrophisation et à la fermeture du tapis végétal. Cette gestion permettra le maint du milieu en présence lors de leur observation.
Il est à noter que cette gestion sera également favorable à l'Acinos des champs, autre espèce patrimoniale présente sur le site.

Le personnel intervenant sur les opérations d'exploitation et de maintenance sur site sera sensibilisé et informé en conséquence, notamment sur la sensibilité des zones à vocation écologique.

Une mesure d'accompagnement sera mise en place afin d'évaluer l'incidence du projet et de la gestion mise en place sur les deux zones à vocation écologique. Celle-ci consiste à mettre en place un suivi de l'évolution des populations de l'œillet velu et de la Bugrane épineuse. Pour ce faire une évaluation des populations sera faite avant travaux puis à l'année N+1, N+3, N+5 après les travaux puis tous les 5 ans ».

5.3– Environnement humain :

➢ ***Impacts sur les activités humaines***

Les impacts seront, à priori, limités dans le temps et liés à la phase chantier, ils concernent essentiellement :

- *la perception visuelle du parc photovoltaïque ;*
- *les documents d'urbanisme ;*
- *les réseaux et servitudes ;*
- *l'agriculture ;*
- *le tourisme et les loisirs ;*
- *les activités industrielles ;*
- *les risques technologiques ;*
- *les effets sur la santé publique :*
    - *« énergie propre »*
    - *nuisances sonores,*
    - *sons basses fréquences : infrasons,*
    - *champs électromagnétiques basses fréquences,*
    - *effets optiques,*
    - *sécurité,*
    - *protection du personnel.*

Avis du CE : si pour chaque effet évalué plus avant, la réponse est donnée, soit par une absence d'effet significative en phase exploitation ou par le respect de la

réglementation en phase travaux, rien n'est démontré en ce qui concerne les bruits en phase d'exploitation.

Aucun état initial de l'ambiance sonore n'a été réalisé, à ce jour, et les habitations de la future résidence « les moulins de Beuvry » ne seront implantées qu'à 32,50 mètres des équipements les plus proches (page 124 de l'EI).

5.4– Paysage et patrimoine :

Les photomontages présentés dans le dossier anticipent la perception du site, après travaux depuis plusieurs voies du secteur.

La synthèse en est donnée page 133

Cohérence de sens

L'aménagement du site permettra de redonner une valeur et un usage bien défini à ce site à vocation industrielle en mal d'identification suite à la destruction de la centrale thermique.

Présence visuelle du projet

Le projet a un impact visuel assez ponctuel mais important depuis les rues Volta et Ampère ainsi que depuis le haut du terril de Labourse notamment.
Il pourra également être perceptible depuis les rues Desuert et Basly mais de manière plus discrète.
La plantation de haies sur les limites nord-est du projet et la préservation de la végétation sur la limite ouest permettent de limiter ces impacts.

En conclusion du chapitre, les mesures compensatoires destinées à supprimer, réduire ou compenser les effets du projet sur l'environnement et la commodité du voisinage sont présentées sous forme de tableau.

Synthèse des mesures compensatoires avec les couts associés

	Mesures	Descriptif	Cout estimé
Ecologie	Suivi flore		4 200 €
	Suivi avifaune		12 000 €
	Pierriers et tas de bois pour les lézards		1 000 €
	Gestion du site en fauche tardive exportatrice	Fauches 1 à 2 fois par an	8 500 €/an HT
	Végétalisation du site	Végétalisation spontanée des zones remaniées	
Paysage	Haies bocagères	lignes en quinconce, avec protection rongeur et paillage ou géotextile au sol Le pré-verdissement (utilisation d'espèces déjà présentes sur le site et vouées à être abattues) permettra de réduire le coût	23 750 à 47 500 €
	Haies périphériques	lignes en quinconce, avec protection rongeur et paillage ou géotextile au sol Le pré-verdissement (utilisation d'espèces déjà présentes sur le site et vouées à être abattues) permettra de réduire le coût	42 400 à 65 000 €
Tourisme et loisirs	Espace pédagogique avec des panneaux		5 000 €
	Création d'un chemin de course à pied		Coût intégré dans le coût du chantier

Les coûts mentionnés ci-dessus sont des estimations HT établies au stade actuel des études. Ils seront éventuellement affinés dans le cadre des études ultérieures.

Chapitre 6 – Analyse des méthodes (pages 137 à 140)

Cette dernière partie de l'étude d'impact présente les méthodes utilisées pour évaluer les impacts du projet.

Chapitre 7 – Annexes (pages 141 à 163)

Les annexes sont constituées de copies de courriers, d'extraits des documents d'urbanisme des communes le Labourse et Beuvry, et de documents et extraits de presse relatifs à la réunion publique du 4 novembre 2010.

Pièce C – Plan de situation

1 page format A3, avec indication de l'accès au terrain depuis la voie publique et le plan des parcelles.

Pièce D – Plan général des travaux

Ce plan présente les travaux soumis à la présente enquête publique : 1 page format A4, avec détail des implantations des équipements.

Pièce E – Caractéristiques principales des ouvrages les plus importants

Cette pièce détaille les caractéristiques techniques des différentes installations du parc photovoltaïque, avec la composition et l'occupation du sol du parc solaire photovoltaïque (5.pages).

Pièce F – Avis de l'Autorité Environnementale (AE)

Note du CE :

*Le décret n° 2009-496 du 30 avril 2009 a créé l'**AE** du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable. Cette autorité donne son avis sur les évaluations des impacts des grands projets et programmes sur l'environnement. Ses prescriptions visent à faciliter la participation du public à l'élaboration des décisions qui le concernent (convention d'Aarhus, charte constitutionnelle), et à améliorer la qualité des projets avant la prise de décision.*

L'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement est la formation d'autorité environnementale pour les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements qui donnent lieu à une décision du ministre chargé de l'environnement. Dans les cas ne relevant pas de l'autorité administrative de l'Etat, l'autorité environnementale est le Préfet de la Région sur le territoire de laquelle le projet de travaux, d'ouvrage ou d'aménagement doit être réalisé.

*Le document de **9 pages**, a été rédigé après analyse par les services de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (**DREAL**), sur la base de la version de décembre 2010 de l'Etude d'Impact, transmise le 7 mars 2011.*

Après analyse, l'AE fait un certain nombre d'observations sur la forme et le fond du projet qui lui a été soumis.

*En conclusion de sa contribution l'**AE** précise :*

Le résumé non technique permet une bonne prise de connaissance par le public du projet, et est représentatif de la qualité de l'EI.

L'EI est intéressante et proportionnée aux enjeux du territoire et à la nature et l'ampleur du projet, exceptée pour le volet sanitaire qui, en raison de la présence de pollutions historiques, pourrait être davantage développée. Ainsi, un diagnostic de pollution (approche qualitative et quantitative) fixant les usages possibles du sol pourrait être réalisé, dans le but de déterminer la compatibilité du projet (et des techniques d'implantation) avec les caractéristiques et la vulnérabilité du site retenu.

Compte tenu des enjeux liés à la ressource en eau (vulnérabilité importante de la nappe), aux paysages (proximité des habitations et du moulin de Beuvry) et à la biodiversité (présence d'espèces protégées et patrimoniales, et milieux naturels refuges), des éléments complémentaires, repris au présent avis, mériteraient d'être avancés.

Le projet constitue une réponse aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (protocole de Kyoto, paquet énergie-climat de l'Union Européenne, et sa déclinaison française: produire 23% d'énergie d'origine renouvelable) dans l'optique d'une qualité environnementale globale. Toutefois, il aurait été particulièrement intéressant afin de compléter la prise en compte de l'ensemble des orientations des lois Grenelle, d'envisager l'implantation de ce type d'installation sur des surfaces déjà imperméabilisées (type zones logistiques ou parkings). Dans le cas présent, l'utilisation pour cette centrale d'un site potentiellement urbanisable (car à proximité du tissu urbain existant) exclut ces surfaces d'une réurbanisation dont la conséquence indirecte est la consommation d'autres espaces probablement agricoles pour les besoins en logements de la commune.

Pièce G – Eléments de réponse apportées suite à l'avis de l'AE

Cette pièce de 16 pages permet au Maître d'Ouvrage de répondre, point par point, à l'avis de l'AE ; et d'apporter au public des éléments complémentaires pour son appréhension du dossier et du choix du site d'implantation du projet de centrale photovoltaïque.

Chapitre III

Cadre juridique

*L'enquête a été ouverte et organisée par arrêté du **Préfet du Pas-de-Calais**, en date du **17 octobre 2011**, pour une durée de trente et un jours (31), soit du lundi **14 novembre** au vendredi **14 décembre 2011** inclus.*

Cette enquête a été décidée au vu :

- du Code de l'Environnement, notamment ses articles L123-1 et suivants et R123-1 et suivants (Loi sur l'Eau) ;

- du Code de l'Urbanisme, et notamment ses articles R422-1 et suivants, R423-20, R423-32 et R424-2 ;

- du Code du Patrimoine et notamment ses articles L510-1 et suivants ;

- de la Loi n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité ;

- de la Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité ;

- du Décret n° 2000-877 du 7 septembre 2000 relatif à l'autorisation d'exploiter les installations de production d'électricité ;

- du Décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000 fixant par catégories d'installations les limites de puissance des installations pouvant bénéficier de l'obligation d'achat d'électricité ;

- du Décret n° 2001-410 du 10 mai 2001 relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par les producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat ;

- de l'Arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produites par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000 ;

- du Décret n° 2009-1414 du 19 novembre 2009 relatif aux procédures administratives applicables à certains ouvrages de production d'électricité ;

- de la demande présentée le 10 janvier 2011 par la Société JUWI, représentée par SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY en vue d'obtenir les permis de construire un parc photovoltaïque implanté sur les territoires des communes de LABOURSE et BEUVRY.

- des pièces des dossiers produits à l'appui de la demande, comprenant notamment une étude d'impact ;

- de l'avis de l'Autorité Environnementale du 5 mai 2011 et des réponses apportées dans le dossier d'enquête publique ;

- du rapport de Monsieur le Directeur Départemental des Territoires et de la Mer (DDTM) du Pas-de-Calais en date du 1 septembre 2011 ;

- de l'ordonnance n° E11 000 288/59 de Monsieur le Président du Tribunal Administratif de Lille en date du 13 octobre 2011 ;

- de l'arrêté préfectoral n° 2010-10-49 du 1 septembre 2011 portant délégation de signature ;

***Considérant** que :*

- *la puissance crête des ouvrages de production électrique supérieure à deux cent cinquante kilowatts (250 kW) nécessite une enquête publique ;*
- *le projet est soumis à enquête publique par le préfet lorsque le permis de construire est délivré au nom de l'Etat.*

La présente enquête a été ouverte sur proposition de Monsieur le Secrétaire Général de la Préfecture du Pas-de-Calais.

Chapitre IV

Organisation, déroulement de l'enquête

Concertation et information du public :

Les études du projet la centrale photovoltaïque Labourse-Beuvry ont été menées après que les conseils municipaux des communes de Beuvry (5 octobre 2009) et Labourse (19 février 2010) ont délibéré favorablement sur le principe du présent projet.

Les services de l'Etat et les Personnes Publiques Associées (PPA) ont été consultés avant finalisation du dossier. Les avis recueillis ont permis l'achèvement dossier soumis à l'enquête.

*Le public a été informé du projet par des articles parus dans les journaux communaux, en particulier "**LABOURSE Un village pour tous**", n° 11 du 16 mai au 18 août 2010 et "**Beuvry Actualités**" n° 28 de novembre 2010.*

De plus, une réunion d'information publique a été organisée, le 4 novembre 2010 dans la salle des fêtes de la commune de LABOURSE.

Publicité légale de l'enquête :

*Conformément à l'article 2 de l'arrêté préfectoral du **17 octobre 2011,** et afin de respecter le délai légal de quinze (15) jours, les affichages en mairies ont été réalisés les 20 et 24 octobre 2011 dans les mairies de **BEUVRY** et **LABOURSE.***

*Les affichages ont été maintenus jusqu'au **14 décembre 2011**, date de la clôture de l'enquête. Les maires des communes susnommées ont attesté de cette formalité par la production de certificats d'affichages qui ont été remis au commissaire enquêteur, conformément à l'article 2 de l'arrêté préfectoral.*

De plus, dans les mêmes conditions de délai et de durée, la Société SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY (JUWI ENR), sise avenue Louis Philibert – 13 857 Aix en Provence, représentée par Madame Anne ROBIN, a procédé à l'affichage du même avis sur les lieux ou au voisinage des travaux projetés et visibles de la voie publique.

La Société SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY (JUWI ENR), a fait constater ces affichages par Maître Philippe-Marie DECOURCELLE, huissier de justice à BETHUNE, les 8 et 30 novembre 2011.

En outre, en application de l'article R.11-14-7 du Code de l'Expropriation, l'avis de l'enquête a été inséré dans plusieurs journaux locaux ou publiés dans le département concerné, habilités à recevoir les annonces judiciaires et légales :

Ces parutions ont eu lieu :

Pour la première,

« La Voix du Nord » du 28 octobre 2011 ;
« Nord Eclair » du 28 octobre 2011.

Un second avis au public a été publié dans les mêmes conditions et dans les mêmes journaux locaux ou publiés dans les départements concernés, dans les huit premiers jours de l'enquête.

Ces parutions ont eu lieu :

« La Voix du Nord » du 18 novembre 2011 ;
« Nord Eclair » du 18 novembre 2011.

Les délais légaux prévus par la réglementation ont bien été respectés.

Le 28 octobre 2011, j'ai vérifié et validé personnellement la bonne exécution de l'affichage en mairies de Beuvry et Labourse.

A la même date, j'ai également vérifié la présence des panneaux d'affichage constatés par Maître DECOURCELLE.

En complément aux affichages réglementaires, j'ai demandé et obtenu l'insertion de l'avis d'enquête sur le site internet de la mairie de Beuvry, la mairie de Labourse en étant dépourvue.

Organisation de l'enquête :

Avant enquête, le 28 octobre 2011, je me suis rendu en mairies de Labourse et Beuvry afin d'y viser les pièces du dossier mis à l'enquête.

Les registres d'observations ont été cotés et paraphés par mes soins à cette occasion.

J'ai rappelé aux personnels présents les conditions dans lesquelles les dossiers d'enquête et les registres d'observations devaient être mis à la disposition du public.

Par la suite, je me suis tenu à la disposition du public dans les conditions prévues par l'arrêté préfectoral :

*En mairie de **LABOURSE :***

Le lundi 14 novembre 2011,	*de 09 h 00 à 12 h 00*
Le mardi 22 novembre 2011,	*de 14 h 00 à 17 h 00*
Le samedi 03 décembre 2011	*de 09 h 00 à 12 h 00*
Le mercredi 14 décembre 2011,	*de 09 h 00 à 12 h 00*

*En mairie de **BEUVRY :***

Le vendredi 09 décembre 2011,	*de 14 h 00 à 17 h 00*

Au cours de mes permanences, je n'ai reçu qu'une seule visite en mairie de Labourse et aucune en mairie de Beuvry.

A l'expiration du délai d'enquête, les registres d'enquête ont été clos et signés par les Maires.

Les dossiers et les registres m'ont été remis dans les conditions prescrites par l'arrêté préfectoral.

Déroulement de l'enquête :

Par ordonnance n° E11 000 288/59 du 13 octobre 2011, Monsieur le Président du Tribunal Administratif de Lille m'a désigné en tant que commissaire enquêteur pour conduire la présente enquête.

Dès que la notification de l'ordonnance m'est parvenue, je me suis mis en relations avec les services de la Préfecture du Pas-de-Calais.

Le 17 octobre, la programmation de la période de l'enquête et des permanences ont été arrêtés avec les services préfectoraux.

Dès réception de l'arrêté préfectoral, j'ai contacté Madame ROBIN représentant la Société SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY (JUWI ENR).

Le 18 octobre, Mme Robin m'a communiqué les coordonnées de son représentant local, Monsieur Nicolas VALET avec lequel la présentation physique du site a été programmée.

La visite du site de l'ancienne centrale thermique de Beuvry a été programmée pour le 28 octobre.

A cette date, M. Valet m'a présenté en détail, le projet objet de l'enquête. Il m'a communiqué toutes les informations souhaitées par moi, sans restriction.

Souhaitant me rendre compte de l'impact « physique » d'une centrale photovoltaïque, Mme Robin m'a proposé la visite d'un site implanté dans le Sud de la France. Des sites plus proches étaient accessibles, mais ils n'étaient pas gérés par sa société.

Le 8 novembre, j'ai visité la centrale photovoltaïque de TOREILLES (Pyrénées-Orientales). Cette centrale, d'une puissance d'environ 12 MWc occupe une superficie approximative de 35 hectares.

Le 14 novembre, les registres d'enquête ont été ouverts par les maires de Labourse et Beuvry et les registres ont été clos, le 14 décembre, par les premiers magistrats des communes sus nommées.

Le 19 décembre, après clôture de l'enquête, et après avoir récupéré les registres d'enquête, j'ai rencontré Monsieur Nicolas VALET afin de faire, avec lui, le bilan de l'enquête et lui remettre les observations du public et du commissaire enquêteur.

Les réponses aux observations, datées du 23 me sont parvenues le 26 décembre.

Des éléments complémentaires (annexes 1 à 4), qui auraient dû être joints au mémoire en réponse me sont parvenus, par courriel, le 5 janvier 2012.

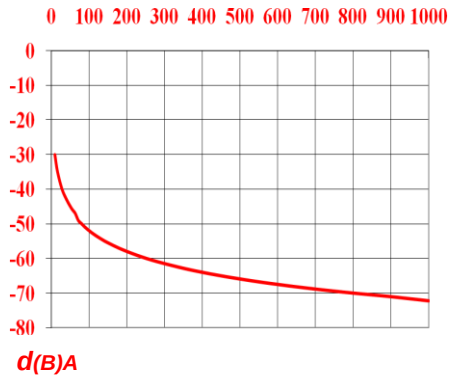
Hormis le désintérêt du public, cette enquête s'est déroulée sans évènement notable, à ma connaissance.

Chapitre V

Observations :

I – Observations du Commissaire Enquêteur (CE)

Observations	*Réponses du pétitionnaire*
① *Des centrales photovoltaïques utilisent une technique qui permet aux panneaux de suivre la course du soleil. Elles mettent en évidence un rendement nettement supérieur aux systèmes fixes (Centrale EXOSUN de Martillac en Gironde).* ***Quelle analyse a conduit à la préférence du système à panneaux fixes pour le projet LABOURSE-BEUVRY ?***	Les systèmes de « trackers », qui permettent de suivre la course du soleil, permettent effectivement d'avoir un meilleur rendement. Cependant, ils présentent un certain nombre de contraintes : a/ Ils nécessitent davantage de place au sol pour leur installation, sachant qu'il est nécessaire de prévoir le dégagement nécessaire pour la rotation des panneaux. De ce fait, la puissance installée dans cette configuration aurait probablement été inférieure. b/ En termes de travaux ils sont beaucoup plus lourds car il est indispensable de prévoir une fondation pour le massif soutenant la structure c/ La maintenance sera beaucoup plus importante et donc plus coûteuse, s'agissant de pièces en mouvement. d/ Les impacts sur l'environnement que ce soit au niveau paysager (structures plus hautes) ou faune flore sont beaucoup plus importants. Il ne nous est donc pas apparu judicieux d'utiliser cette technique sur le site de Labourse et Beuvry.
Le CE prend acte de la réponse du pétitionnaire. Ce type d'équipement aurait pu être indiqué dans le dossier et le choix retenu précisé.	
② *Aucune étude acoustique ne semble avoir été réalisée préalablement à la réalisation du projet.*	Comme l'indique l'étude d'impact en page 129 : « Le seul équipement pouvant émettre un niveau sonore audible par une personne est l'onduleur qui transforme le courant électrique continu produit par les panneaux solaires en courant alternatif afin de pouvoir y être injecté dans le réseau EDF. Cependant, il s'agit de niveau sonore peu important et audible seulement dans le voisinage immédiat de l'onduleur.

Quelles sont les nuisances sonores susceptibles d'être générées par les différents équipements constituant la centrale photovoltaïque, en particulier les locaux « onduleur » et le poste de livraison ?	Le principal bruit pouvant être engendré par l'onduleur ne provient pas de son propre fonctionnement, mais du système de ventilation permettant de le refroidir. Afin d'injecter sur le réseau un courant de puissance maximale, on adapte le point de fonctionnement dynamique de l'onduleur au point de puissance maximale (MPP, Maximum Power Point) du générateur solaire, qui change selon les conditions de rayonnement et de température. Il convient de choisir pour l'onduleur un endroit aussi frais et sec que possible, qui soit aussi facilement accessible. Lorsque la température ambiante augmente, les pertes dans l'onduleur augmentent aussi. Le bon fonctionnement de l'installation doit être régulièrement contrôlé grâce aux indications fournies par l'onduleur. Selon la nature et la conception de l'onduleur (avec ou sans aérateur, par exemple), le niveau sonore peut être d'à peine perceptible jusqu'à gênant dans l'environnement immédiat. Le niveau sonore doit être pris en considération pour le choix de l'emplacement de l'onduleur. Les onduleurs seront positionnés dans des locaux, et dotés de grilles d'aération. D'après les données du fournisseur, le niveau sonore engendré par les onduleurs est de 56 dB(A) Comme le montre le graphique ci-contre, pour une distance de 100 m le niveau sonore diminue de plus de 50 dB(A). L'onduleur fonctionnera exclusivement en journée, lors des périodes d'ensoleillement. En effet, la nuit en l'absence de soleil, l'onduleur ne marche pas (pas de fabrication d'électricité). D'autre part, les postes techniques sont situés vers le centre du parc, éloignés des habitations. Le niveau sonore engendré par l'onduleur sera imperceptible par la population environnante. »  Figure 1 : Variation du niveau sonore avec la distance Nous pouvons ajouter que le poste onduleur le plus proche est situé à une distance minimale de 53 m de la limite du Parc ; cependant à ce niveau-là, il n'y a pas

	d'habitation. Celui situé le plus au Nord et qui est à environ 15 m de la limite de propriété, se trouve à environ 50 m du bâtiment existant qui de plus est un local industriel. Les autres postes se trouvent respectivement à 80 et 110 m des limites séparatives ce qui confirme l'absence de nuisance vis-à-vis des habitants.
Avis du CE : Malgré une lecture attentive du dossier d'enquête, le CE considère que le volet acoustique n'a pas été abordé dans le dossier d'enquête. La page **129** de l'Etude d'Impact (mise à l'enquête) ne porte pas sur le volet « bruit » mais sur la présence visuelle du projet vis-à-vis des quartiers environnants (3 photomontages, l'information évoquée est donnée en page 124). Si, effectivement, une centrale solaire ne fonctionne pas la nuit, elle devient active dès le lever du soleil. Le fait que l'équipement industriel projeté soit générateur de nuisances sonores atténuées n'exonère pas le porteur du projet d'une analyse plus fine qu'une simple affirmation.	
③ ***Quel est le niveau de dépollution de l'ancienne centrale électrique de Beuvry ?***	L'avis de l'autorité environnementale, émis le 5 mai 2011, a soulevé ce point. La réponse que Juwi EnR y a apporté figure ci-dessous : ***Compatibilité du projet avec la qualité des sols***
	p. 6 : « Afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec la qualité des sols au droit du site correspondant, ces éléments devraient être davantage détaillés, et au besoin renforcés par des investigations de terrain adaptées »
La construction de l'ensemble des équipements liés à la mise en œuvre de la centrale photovoltaïque projetée nécessitera des déplacements de terres (nivellements, fondations des supports et des voies de circulation, tranchées, etc…). ***Des analyses des terres sont-elles prévues pendant la phase chantier ?*** ***Les terres polluées seront-elles réemployées ou mises en décharge ?***	La pollution des sols du site est présentée dans l'étude d'impact en page 40. Une étude récente (juin 2001) a été réalisée par le Syndicat des Zones Industrielles de Nœux-les-Mines, Beuvry, Labourse et Sally-Labourse et démontre l'absence de pollution notable du site. Cette étude a été réalisée par Sols études Fondations – Bureau d'études Géotechniques à Carvin (annexe 1). D'autre part, l'état des sols ne présente aucun inconvénient à l'installation d'un parc photovoltaïque. En effet, le projet ne nécessite pas de présence humaine continue en phase exploitation (seules des interventions ponctuelles de maintenance seront effectuées par du personnel habilité et formé aux risques industriels). De plus, les composants du parc solaire ne portent pas atteinte au sous-sol. En conséquence, aucune analyse de terre n'est prévue en phase chantier. Concernant les terres éventuellement déplacées, elles seront réutilisées à l'intérieur du site
Avis du CE : L'Etude d'Impact comporte de nombreuses annexes de toutes natures. Pour une meilleure compréhension du volet « Qualité des sols » le pétitionnaire aurait pu faire figurer dans cette partie (page 40) les résultats des	

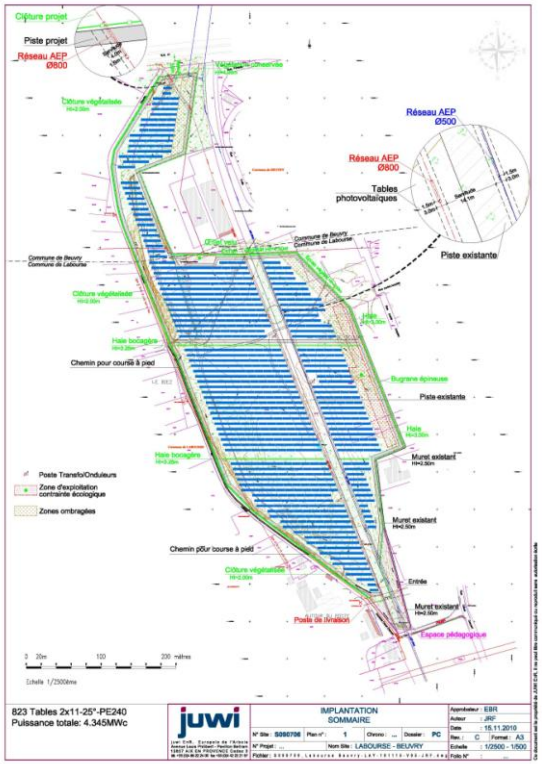
analyses réalisées par « SOLS ETUDES FONDATIONS », en septembre 2001, pour le compte du SIZI (annexe 1). Si la fiche BASIAS est familière des experts en charge de ce type d'analyse, les conclusions d'une étude sur la dépollution des sols est plus accessible aux populations concernées par les projets qui leur sont soumis.	
④ ***En cas de destruction, accidentelle ou volontaire des panneaux photovoltaïques, quels sont les risques pour l'environnement susceptibles d'être générés par les débris des matériaux ?***	Il n'y a pas de risque pour l'environnement en cas de bris des panneaux. En effet la technologie à utiliser n'est pas encore arrêtée mais il existe deux possibilités : les technologies « couches minces » et les technologies cristallines. S'agissant de la technologie cristalline le matériau semi-conducteur étant composé de silicium, celui-ci ne présente aucun danger pour l'environnement. Concernant la technologie «couches minces», des études indépendantes montrent que lors d'un incendie ou dans le cas de la casse d'un module, la très grande majorité du CdTe est absorbé dans le verre des modules, et que les fuites dans l'environnement sont minimes (voir en annexes 2 & 3).
Avis du CE : La réponse du pétitionnaire ne porte que sur le choix des technologies à retenir, si le projet est accepté. Les annexes qui complètent sa réponse, semblent apporter des garanties suffisantes sur les techniques utilisées.	
⑤ *Après sa mise en service, le site retenu pour l'implantation du projet ne sera pas gardienné.* ***Quel délai sera-t-il nécessaire pour faire intervenir le ou les personnels habilités à se rendre sur place en cas d'incident grave sur le site ?***	Les incidents les plus graves pouvant survenir sur un site photovoltaïque seraient : Des blessures graves sur une personne intervenant sur des équipements électriques : cette intervention sera, soit réalisée par du personnel de juwi EnR ; soit par une entreprise extérieure sous le contrôle de juwi EnR. Dans les deux cas une intervention sur un matériel électrique étant toujours réalisée avec au moins deux personnes habilitées, l'alerte des secours pourra réalisée dans les meilleurs délais. Un arrêt de la production électrique, le site étant supervisé à distance, une alarme préviendra la personne d'astreinte qui interviendra dans un délai d'environ 2 à 3 h
Le CE prend acte des réponses du pétitionnaire en ce qui concerne la sécurité des conditions d'exploitation des personnels et des délais d'intervention en cas de désordres de la centrale photovoltaïque.	
⑥ *Les 2 canalisations d'eau potable qui traversent le site actuel se trouveront au centre de la centrale photovoltaïque projetée. La société gestionnaire de ces canalisations (qui appartiennent à la Communauté d'Agglomération Lens-Liévin) sera autorisée à accéder au site de la centrale projetée.* ***Quelles seront les procédures d'accès au site, dès qu'il sera mis en exploitation ?***	Les coordonnées des personnes gérant le site seront communiquées à la société des eaux. Celle-ci devra prévenir de son intervention, si possible à l'avance afin qu'elle puisse être accompagnée pour pénétrer sur le site, bien entendu les cas d'urgence (fuite sur les canalisations), seront pris en compte.
Avis du CE : L'exploitant du site devra s'assurer que les personnels d'intervention sur les canalisations d'eau sont habilités et compétents en matière de sécurité électrique.	

⑦ *La durée d'exploitation du site a été fixée contractuellement avec son propriétaire.* ***Une prolongation du bail est-elle possible (ou prévue) et sous quelles conditions (prolongation ou remplacement des équipements) ?***	Le bail envisagé est un bail emphytéotique d'une durée fixe, pour lequel une tacite reconduction ne peut être prévue au départ. Il est prévu la remise en état du site au terme de ce contrat. Cependant, rien ne s'oppose à ce que les parties se rapprochent pour convenir d'une suite à donner. Les conditions seront définies au moment du renouvellement éventuel, entre 6 mois et un an avant le terme du bail.
Le CE prend acte de la réponse du pétitionnaire qui ne peut pas s'engager, dans l'immédiat, sur la poursuite de son exploitation au-delà de délai contractuel.	
⑧ *Après la fin de cycle, la déconstruction des panneaux photovoltaïques utilisera la méthode des panneaux broyés.* ***L'énergie nécessaire au processus a-t-elle été évaluée ?*** ***Une filière de recyclage existe t'elle en France ?***	L'énergie nécessaire au processus de recyclage des panneaux n'a pas été évaluée. Elle dépendra fortement de la technologie utilisée. Au niveau de la filière de recyclage, elle existe bien en France, en effet, l'intégralité des fabricants avec lesquels Juwi EnR travaille s'est engagée, dans le cadre de l'association professionnelle PV Cycle, dans programme préfinancé de suivi, de récupération et de recyclage de chaque panneau solaire. Concernant le projet de Labourse et Beuvry, les modules photovoltaïques seront recyclés au point de collecte Ipanema Energies (78630 Morainvilliers), le plus proche du projet. Les matériaux contenus dans les modules photovoltaïques seront récupérés et réutilisés soit en produisant de nouveaux modules, soit en récupérant de nouveaux produits comme le verre ou le silicium. Plus d'informations dans les liens suivants : http://www.pvcycle.org/
Avis du CE : La réponse du pétitionnaire est insuffisante. Compte tenu de l'expérience de JUWI dans le domaine photovoltaïque, le choix des panneaux devra privilégier ceux qui, à performances égales, sont les moins gourmands en énergie à l'occasion de la déconstruction du site.	

II - Registres d'enquête

Commune de Beuvry : 0 observation

Commune de Labourse : 2 observations

Observations	Réponses du pétitionnaire
① *Monsieur Frédéric Kowalski du CPIE « chaîne des terrils »* ***Remarques sur le Projet de parc photovoltaïque Société Le Moulin de Beuvry sur les communes de Labourse et Beuvry (62)*** *Ce projet permet un retour aux sources sur l'affectation originelle du site, à savoir la fabrication de l'électricité. Le passage de la production thermique, autrefois produit par la centrale des mines de Nœux, à la production solaire et renouvelable d'aujourd'hui semble fort intéressant.* *J'attire cependant votre attention sur les questions de continuité physique de la Trame verte et Bleue du Bassin Minier. Depuis le milieu des années 90 dans le contexte de création du parc de la Loisne, l'EPF par l'intermédiaire de sa maîtrise d'œuvre « Paysages » ont requalifiés la majeure partie des sites charbonniers (terrils 57, fosse 6, cavaliers, etc…) conférant ainsi une armature linéaire intéressante sur le plan des corridors biologiques et des déplacements doux.* *Seul le site de la centrale (espace privé) n'a jamais été requalifié ? A travers ce projet de parc photovoltaïque, la collectivité a l'opportunité de négocier le rétablissement des continuités physiques entre la fosse 6 et le rivage minier de Préolan à Beuvry. (Voir carie).* *Par ailleurs, l'idée de maintenir au possible les arbres remarquables du site sans remettre en cause la performance des panneaux photovoltaïques (effet de masque), la volonté de plus de doter le site de cheminements (contournement) permettant d'observer au plus près le site pour des objectifs pédagogiques, semblent une aubaine de valorisation de ce bon projet de reconversion.* *Le réseau de sentiers proposés en orthophotoplan (Voir carte), permettrait de retrouver des alternatives de balades sur l'ensemble du corridor de la Loisne.*	Comme illustré sur le plan ci-après, le projet prévoit le maintien du chemin piéton situé en bordure ouest du site, ainsi qu'un certain nombre d'aménagement paysagers qui contribueront à la valorisation du site. Par contre, concernant le maintien de la transversale, ceci est totalement impossible. En effet, il est interdit aux personnes non habilitées de pénétrer sur un parc photovoltaïque. Ceci imposerait donc une double clôture du parc au niveau du chemin ce qui entraînerait des surcoûts importants (clôture mais également vidéo surveillance). 

Avis du CE : Après consultation du cadastre de la commune de Labourse, le CE précise qu'une partie de parcours proposé par Monsieur Kowalski emprunte le chemin d'exploitation agricole d'une propriété privée.
Pour le CE, la demande du requérant n'est pas recevable dans l'intégralité du parcours proposé.

② <u>Courrier du Syndicat des Zones Industrielles (SIZI)</u> <u>NOEUX LES MINES – BEUVRY – LABOURSE – SAILLY LABOURSE</u> *Je viens par la présente vous faire part de la position du Syndicat Intercommunal des Zones Industrielles de Nœux, Labourse, Sailly Labourse et Beuvry, que je représente, concernant le projet d'implantation d'une ferme photovoltaïque sur une propriété du syndicat sur les territoires de Labourse et Beuvry.* *Le rôle du S1Z1 étant de fédérer des moyens afin de développer des zones industrielles sur les territoires communs entres ses villes adhérentes, il n'est pas aménageur. Cependant, l'acquisition foncière et la passation de marchés publics pour la création de zones économiques sont parmi ses prérogatives. En l'espèce il s'agissait de requalifier une friche qui, compte tenu de sa situation, ne peut accueillir que des activités' passives. Rien que sur la période des dix dernières années, les seuls contacts concernaient des entreprises se proposant d'implanter des centres de concassage, de triage de déchets... brefs des machines, de la poussière et/ou du bruit non pas pendant l'implantation mais tout au long du fonctionnement, ce qui n'est pas le cas ici.* *JUWI étant candidate, et ayant démontré son expérience en ce domaine, je pense pouvoir affirmer que les élus du syndicat ont privilégié la sécurité apportée par cette expérience.* *Nous comprenons les inquiétudes sur la possibilité d'une friche à l'issue de' l'exploitation puisque le terrain en est une. C'est pourquoi, le devenir de ce site fût une de nos premières craintes, rapidement dissipée par l'obligation pour JUWI de nous rendre un terrain vierge et clos.* *Enfin, la location du terrain permet aux communes de toucher des taxes communales avec un impact positif, cette fois-ci, pour les budgets locaux.*	Compte tenu du contenu du courrier du SIZI, le CE n'a pas demandé de réponse au pétitionnaire.
<u>Le CE</u> prend acte de l'avis du SIZI qui conforte le choix de l'activité proposé par le pétitionnaire, en cohérence avec l'urbanisation voisine de la centrale photovoltaïque.	

❁❁❁

Fait à Quesnoy / Deûle,
le 13 janvier 2012

Jean-Paul HÉMERY,
Commissaire Enquêteur

❁❁❁

Préfecture du Pas de Calais

Arrondissement de Béthune

Communes de BEUVRY & LABOURSE
Projet d'implantation d'une centrale photovoltaïque

****

Dossier de demande de permis de construire

Enquête Publique
du 14 novembre au 14 décembre 2011

****

CONCLUSIONS MOTIVEES

du commissaire enquêteur

Pour répondre aux enjeux du développement durable, plusieurs décisions politiques ont été adoptées au niveau international, depuis le sommet mondial de Rio de 1992.

Le Protocole de Kyoto de 1997 a engagé l'Union Européenne dans la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'année 1990. Elle s'était fixée, entre autres objectifs, de faire croître la part des énergies renouvelables dans les consommations nationales d'électricité.

Plus récemment, en France, le ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) a présenté le 17 novembre 2008, un plan de développement des énergies renouvelables en France issu du Grenelle de l'Environnement. Ce programme a pour objectif de porter à au moins 23 % la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie à l'horizon 2020.

Pour atteindre les objectifs de développement qu'elle s'est fixé, la France doit développer toutes ces énergies.

Pour cela, les pouvoirs publics ont mis en place un ensemble de dispositifs pour favoriser les énergies renouvelables.

Fin 2008, la puissance photovoltaïque, installée et raccordée au réseau, était de 68 MW en métropole, contre environ 12 MW fin 2006 et 27 MW fin 2007. La très grande majorité des installations de petite taille (moins de 3 kW). Ces petites installations représentent environ 40 % de la puissance installée totale.

Le développement des centrales photovoltaïques est encore naissant en France. Entre septembre 2007 et juillet 2008, 22 demandes d'autorisation ont été déposées auprès de l'administration pour des projets (entre 4,5 et 12 MW) cumulant 215 MW de puissance installée (Source : www.developpement-durable.gouv.fr).

Le projet présenté à la présente enquête porte sur l'installation d'une centrale photovoltaïque de 4,4 MW de puissance, dont les structures devraient couvrir une surface au sol de 29 000 m². L'emprise du projet occupera une surface de 10,72 ha sur un site disponible de 11,5 ha.

Le site retenu pour l'implantation de l'équipement projeté est celui de l'ancienne centrale thermique de Beuvry, transformé en friche depuis sa déconstruction qui a débuté en 1979.

***Le projet de centrale photovoltaïque a été déposé par la Société JUWI**, représentée par SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY.*

Le projet, s'il est autorisé sera implanté à 80 % sur le territoire de la commune de LABOURSE et à 20 % sur celui de la commune de BEUVRY.

Bien que moins ensoleillée que certaines autres régions de la France, la zone d'étude possède un ensoleillement qui est aujourd'hui pleinement exploitable.

Selon les estimations de la Société JUWI, la puissance moyenne annuelle reçue au sol est d'environ 1 150 kWh/m²/an sur le site de Labouse-Beuvry à l'inclinaison 35 degrés par rapport au sol.

Avec un tel gisement au niveau du site, cette ressource est suffisamment importante pour générer une rentabilité acceptable.

L'utilisation de panneaux solaires tels que ceux qui sont prévus, d'une puissance nominale de l'ordre de 75 W, permettra un captage effectif de l'énergie solaire locale.

- Vu la demande présentée le 10 janvier 2011 par la Société JUWI, représentée par SASU PV LE MOULIN DE BEUVRY en vue d'obtenir les permis de construire un parc photovoltaïque implanté sur les territoires des communes de LABOURSE et BEUVRY.

- Vu les pièces des dossiers produits à l'appui de la demande, comprenant notamment une étude d'impact.

- Vu le Code de l'Environnement, le Code de l'Urbanisme, et le Code du Patrimoine qui régissent ce type d'enquête.

- Vu les Lois et Décrets relatives aux enquêtes publiques et plus particulièrement celles qui concernent les producteurs et installations d'électricité produites par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil, de puissance supérieure à 250 kilowatts (250kW).

- Vu l'avis de l'Autorité Environnementale du 5 mai 2011 et des réponses apportées dans le dossier d'enquête publique.

- Vu l'ordonnance n° E11 000 288/59 de Monsieur le Président du Tribunal Administratif de Lille en date du 13 octobre 2011, qui a désigné le Commissaire Enquêteur chargé d'instruire la présente enquête.

*- Vu le déroulement de l'enquête qui s'est déroulée du lundi **14 novembre** au vendredi **14 décembre 2011**, par arrêté du **Préfet du Pas-de-Calais**, en date du **17 octobre 2011**.*

- Vu les observations collectées au cours de l'enquête et des réponses apportées par le pétitionnaire.

Considérant que :

- la puissance crête du projet de centrale photovoltaïque de production électrique, de 4400 kW, est supérieure aux deux cent cinquante kilowatts (250 kW), ce qui justifie la présente enquête ;

- le projet de centrale photovoltaïque s'inscrit dans le cadre du développement des énergies renouvelables en France, issu du Grenelle de l'Environnement ;

- que ce programme a pour objectif de porter à au moins 23% la part des énergies renouvelables à l'horizon 2020 ;

- que depuis que l'ancienne centrale thermique de Beuvry a été déconstruite, à partir de l'année 1979, le site est resté à l'état de friche.

- que le site est localisé dans une zone dégradé et non entretenue ;

- que le site est implanté dans les zones UI des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) des communes de Labourse & Beuvry, zones où sont acceptées, entre autres, des activités industrielles sans nuisance ;

- que depuis le début des années 2000, le SIZI, Syndicat des Zones Industrielles NŒUX LES MINES – BEUVRY – LABOURSE – SAILLY LABOURSE, a recherché à requalifier, sans succès, un site dont il a la gestion ;

- que le site prévu pour l'implantation du projet répond aux différentes exigences du SIZI, aux PLU des communes et à celles de l'installation d'une centrale photovoltaïque, en particulier sa proximité avec le poste de transformation électrique de Beuvry ;

- que le projet est compatible avec les documents d'urbanisme, en particulier du Schéma de COhérence Territoriale (SCOT) de l'Artois ;

- que potentiel solaire local est favorable au développement de centrales photovoltaïques au sol ;

- que la production à partir de l'énergie solaire sera source d'économie de CO_2 et exempte de pollution significative ;

- que la production photovoltaïque est non polluante, à priori silencieuse, n'entraîne aucune perturbation du milieu et ne produit pas de déchets, pendant sa phase d'exploitation ;

- que les Conseils Municipaux des communes de Labourse & Beuvry ont émis des avis favorables quant au projet d'implantation d'une centrale photovoltaïque sur le site de Labourse-Beuvry ;

- que le projet ne concerne aucun milieu naturel protégé ;

- que la société JUWI s'est engagée à préserver deux espèces remarquables, recensées dans l'inventaire floristique de l'Etude d'Impact :

- ✓ la Bugrane épineuse (Ononis spinosa) espèce Vulnérable ;
- ✓ l'Œillet velu (Dianthus armeria) espèce gravement menacée d'extinction ;

- que la société JUWI s'est engagée à traiter les sols, en période d'exploitation, sans traitement phytosanitaire ;

- que l'Etude d'Impact présentée à l'enquête est complète, même si le volet acoustique aurait pu être amélioré, qu'elle propose des mesures compensatoires, d'intégration et d'accompagnement adaptés au site ;

- qu'au terme du bail, le site libéré pourra être remis au SIZI dans une situation non dégradée, voire améliorée par rapport à la situation initiale.

Pour ces motifs :

- J'émets un avis favorable, sans réserves, au projet d'implantation de la centrale photovoltaïque projetée sur les territoires des communes de Labourse et Beuvry, présenté par la Société JUWI.

<u>Cet avis est assorti des recommandations suivantes :</u>

- *compte tenu de la présence, sur le site, d'espèces floristiques remarquables et sensibles, le pétitionnaire devra proposer un organisme compétent et indépendant, pour assurer le suivi écologique du site, pour garantir les engagements pris par la Société JUWI.*

- *le responsable dédié au « chantier vert » devra s'assurer que les personnels des entreprises titulaires des marchés et de leurs sous-traitants éventuels ont connaissance et respectent en permanence la charte rédigée dans le cadre du chantier de construction de la centrale photovoltaïque. Ce respect devra également s'étendre aux entreprises chargées des transports de toutes natures ;*
- *dans le cas d'un déversement accidentel de produits ou matières polluants, le pétitionnaire devra avoir élaboré, dans la charte « chantier vert » une procédure « réactive » pour limiter les atteintes potentielles à l'environnement ;*
- *l'emplacement des espèces floristique remarquables devra être matérialisée et signalé d'une manière particulièrement visible. La circulation et plus encore le stationnement des engins de chantier devront être évités, dans la mesure du possible, à proximité de ces espaces ;*
- *si la centrale photovoltaïque est à l'arrêt la nuit, elle sera active dès le lever du soleil. Des mesures de bruit devront être réalisées, in situ, dès la mise en service de l'équipement projeté. Ces mesures devront être réalisées à proximité des futurs logements du lotissement « Les moulins de Beuvry ». Dans le cas de dépassement des émergences réglementaires, un correctif devra être apporté, dans les délais les plus brefs.*

Fait à Quesnoy / Deûle,
le 13 janvier 2012

Jean-Paul HÉMERY,
Commissaire Enquêteur

ANNEXE 1

SOLS ETUDES FONDATIONS

Bureau d'Etudes Géotechniques BP 111 62220 CARVIN

TEL : 03.21.79.71.00 - FAX : 03.21.79.71.01

SYNDICAT DES ZONES INDUSTRIELLES
NOEUX-LES-MINES - BEUVRY - LABOURSE - SAILLY LABOURSE
Villes de BEUVRY et LABOURSE
Zone Industrielle de la Centrale
Projet d'aménagement

Diagnostic de pollution des sols

-=-=-=-=-=-=-=-=-

Dans le cadre des études relatives au projet d'aménagement de la zone industrielle de la Centrale située sur les territoires des villes de BEUVRY et LABOURSE, le Syndicat des Zones Industrielles de NOEUX-LES-MINES, BEUVRY, LABOURSE et SAILLY LABOURSE, nous a confié une mission de diagnostic de pollution des sols du site.

Le diagnostic a été réalisé conjointement à l'étude géotechnique du site (notre rapport A/2001.347 en date du 20 Septembre 2001).

Les analyses chimiques ont été réalisées par le laboratoire SMC2 de HENIN-BEAUMONT.

La présente note expose les analyses réalisées et les résultats obtenus.

Dossier A/2001.347.BIS

I - ANALYSES CHIMIQUES

Les analyses chimiques suivantes ont été réalisées sur une série d'échantillons sélectionnés.

- mesure de la perte au feu
- dosage des hydrocarbures totaux, HCT
- dosage des métaux lourds (Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Nn, Ni, Pb, Zn)

La répartition des mesures et analyses s'établit comme suit :

S1-P9 :
0 - 1 m schistes noirs = perte au feu
1 - 1,30 m schistes noirs = perte au feu + métaux lourds + HCT

PPM2 :
0 - 0,40 m schistes noirs = perte au feu
0,40 - 1,20 m silts sableux = métaux lourds + HCT

PPM4 :
0,80 - 1,10 m schistes noirs = perte au feu + métaux lourds + HCT
1,40 m schlamms = métaux lourds + HCT

PPM6 :
1,1 - 1,40 m silts = métaux lourds + HCT

II - RESULTATS

Ceux-ci figurent sur les rapports d'essais joints en annexe.

Dans le tableau qui suit nous avons repris l'ensemble des résultats avec en regard les valeurs de VDSS (Valeur de Définition de Source Sol) actuellement en vigueur (Juin 2001).

	S1-P9		PPM2	PPM4			PPM6	VDSS
	0/1 m	1/1,3 m	0/0,4 m	0,4/1,20 m	0,8/1,10 m	1,10/1,40m	1,10/1,40 m	
perte au feu	32%	25,6 %	23,3 %	48,3 %				
HCT		58,4		55,6	82,8	49,3	60,6	2500
Argent		<5		<5	<5	<5	<5	/
Cadmium		<2		<2	<2	<2	<2	10
Chrome		15		35	25	25	40	65
Cobalt		20		10	10	10	10	120
Cuivre		80		45	60	35	30	95
Fer		29800		29600	12900	22000	16500	/
Manganèse		420		500	220	420	340	/
Nickel		35		20	25	2000	15	70
Plomb		35		20	25	15	20	200
Zinc		35		55	50	55	60	4500

III - COMMENTAIRES

La valeur de perte au feu est élevée en PPM4 avec 48,3 % et moyenne pour les autres points avec 23,3 à 32 %

Des traces d'hydrocarbures ont été décelées sur les échantillons (valeurs nettement inférieures à la VDSS).

Pour les métaux, tous les dosages sont inférieurs aux VDSS actuelles sauf pour le Nickel dans les schlamms en PPM4 de 1,10 m à 1,40 m avec 2000 mg/kg. Il s'agit toutefois d'une valeur singulière ponctuelle qui nécessitera éventuellement d'être contrôlée par quelques investigations complémentaires lorsque le projet d'aménagement de la zone sera défini.

Le fer est rencontré en quantité importante sur tous les points testés en relation avec les vestiges de démolition (béton armé) rencontrés sur de nombreux points.

Nous demeurons bien entendu à la disposition du Maître d'Ouvrage pour tout renseignement complémentaire au sujet de cette note.

FAIT A CARVIN, le 28 SEPTEMBRE 2001

Pour S.E.F.	Rapport établi par :	vérifié par :
Le Gérant, J. LEHU	JM.HUIN	A. COLSON O.QUESTE
ingénieur géotechnicien	géologue	ingénieurs géotechniciens

ANNEXE 2

Résumé de synthèse
Aspects environnementaux, de santé et de sécurité
des systèmes photovoltaïques de First Solar contenant du tellure de cadmium
6 et 7 juillet 2009

Daniel Lincot, Coordinateur
Directeur de recherche au CNRS

Experts : Daniel Lincot (CNRS), Rodolphe Gaucher (INERIS), Erik Alsema (Université d'Utrecht), Alain Million (CEA), Arnulf Jäger-Waldau (JRC, Commission européenne)

Réalisé sous l'autorité du Ministère français de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

L'étude a été réalisée sous l'autorité du Ministère français de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, à la demande de First Solar et d'EDF-Énergies Nouvelles dans le but d'effectuer une évaluation indépendante et complète des aspects environnementaux, de santé et de sécurité des systèmes photovoltaïques de First Solar contenant du tellure de cadmium. Elle vise à évaluer ces différents aspects en se fondant sur l'analyse du cycle de vie et en prenant en compte la fabrication, l'utilisation, le recyclage et la mise au rebut de ces systèmes. Cinq experts, ont été choisis au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), à l'Université d'Utrecht, à l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), au Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) et au Centre Commun de Recherche de la Commission Eeuropéenne. Ils sont spécialistes de l'analyse du cycle de vie des produits industriels, des réglementations environnementales, de santé et de sécurité, de la recherche sur les matériaux du tellure de cadmium et de la technologie photovoltaïque, Aucun de ces experts ne possède de lien avec First Solar. L'étude a été dirigée par le Docteur Daniel Lincot du CNRS.

Le panel d'experts a basé ses évaluations sur des documents tiers portant sur le tellure de cadmium et la technologie photovoltaïque au tellure de cadmium, ainsi que sur des documents internes à First Solar. Par ailleurs, ils se sont rendus sur les sites de fabrication et de recyclage de First Solar en Allemagne, où ils ont pu rencontrer les principaux dirigeants de l'usine et de l'entreprise, et visiter les installations. Ils ont ainsi pu analyser en profondeur les aspects techniques relatifs à l'environnement, à la santé et à la sécurité qui sont au cœur des processus de fabrication, de gestion des déchets et de recyclage mis en place au sein de First Solar.

L'étude s'appuie sur un audit collectif similaire en date de 2005, organisé par le Centre Commun de Recherche (JRC) de la Commission européenne et dirigé par le Ministère fédéral allemand de l'Environnement (BMU). Le panel d'experts a examiné les résultats du précédent audit, ainsi que les mises à jour et les changements intervenus depuis.

Les éléments suivants constituent les conclusions du panel d'experts, basées sur un rapport complet et approfondi :

- Durant le fonctionnement des systèmes photovoltaïques au tellure de cadmium, aucune émission de cadmium n'intervient dans l'air, dans l'eau ou dans le sol. Dans le cas exceptionnel de feux accidentels ou de bris de panneaux, des études scientifiques ont montré que les émissions de cadmium sont négligeables. De ce fait, le déploiement à grande échelle de panneaux photovoltaïques au tellure de cadmium peut être considéré comme sûr pour la santé humaine et l'environnement.

- L'empreinte de CO_2 des systèmes photovoltaïques de First Solar est la plus faible parmi toutes les technologies photovoltaïques actuellement disponibles et peut être comparée aux technologies nucléaire et éolienne. La technologie photovoltaïque au tellure de cadmium peut ainsi contribuer de manière décisive à l'objectif de réduction des émissions de CO_2 visant à combattre le réchauffement climatique.

- La période de recouvrement de l'investissement des systèmes photovoltaïques de First Solar au tellure de cadmium est de moins d'un an, soit la période la plus courte en comparaison à toutes les autres technologies photovoltaïques actuellement disponibles.

- Les taux d'émissions de cadmium rejetées dans l'atmosphère par les systèmes photovoltaïques au tellure de cadmium sont très faibles. Les émissions de déchets liquides sont largement inférieures aux plafonds réglementaires relatifs aux effluents d'eaux usées et les avancées régulièrement réalisées permettent de réduire progressivement ces taux.

- Les faibles taux d'émissions de cadmium, la faible empreinte de CO_2 et la courte période de recouvrement de l'investissement des systèmes de First Solar sont essentiellement le résultat de la technologie de pointe utilisée par l'entreprise et de son engagement à améliorer de manière continue la compétitivité et l'excellence environnementale de sa technologie photovoltaïque au tellure de cadmium.

- Le programme préfinancé de First Solar de collecte et de recyclage des panneaux en fin de vie, exploitant la technologie la plus efficace du marché, répond aux inquiétudes concernant la récupération du cadmium contenu dans les panneaux usagés.

S'agissant des aspects environnementaux, de santé et de sécurité des panneaux photovoltaïques de First Solar, le panel d'experts est parvenu aux conclusions suivantes :

- Aucun problème majeur n'a été identifié lors de l'étude concernant les aspects environnementaux, de santé et de sécurité relatifs aux activités de fabrication et de recyclage de First Solar. Ces dernières années, First Solar a mis en place des politiques et des systèmes de gestion en matière environnementale, de santé et de sécurité qui ont contribué à améliorer continuellement ces domaines au plan global. First Solar veille au respect de ses propres politiques et réglementations environnementales, de santé et de sécurité par le biais de contrôles internes, mais également d'audits réguliers réalisés par des tiers.

- First Solar a obtenu la certification ISO 14001 pour ses systèmes de gestion environnementale installés en Allemagne et aux États-Unis ; l'entreprise est sur le point d'obtenir la même certification pour son usine de Malaisie à la fin 2009.

- First Solar a un engagement sincère dans la prévention des risques environnementaux, de santé et de sécurité sur le long terme.

- First Solar a adopté une stratégie volontariste d'évaluation des risques pour les questions environnementales, de santé et de sécurité et recherche continuellement les améliorations afin de réduire ces risques toujours davantage.

- First Solar a mis en place de nombreux projets de gestion des questions environnementales, de santé et de sécurité, comme notamment des programmes spécifiques de gestion du cadmium.

- Les informations détaillées du site de fabrication de Francfort-sur-Oder de First Solar relatives à la santé au travail ainsi qu'aux émissions dans l'environnement présentés lors de l'étude, ont montré que les taux d'émissions de l'entreprise sont faibles en comparaison aux valeurs limites légales, recommandées et internes. Dans bien des cas, ceux-ci sont près d'un ordre de grandeur plus faibles que les valeurs limites autorisées.

- First Solar analyse régulièrement la fréquence d'exposition de ses employés aux composés de cadmium (par un suivi de la qualité de l'air sur le lieu de travail et par un suivi médical). Sur une durée de dix ans, l'entreprise et ses auditeurs externes n'ont déploré aucune exposition au cadmium parmi les salariés.

En conclusion, la technologie photovoltaïque au tellure de cadmium telle qu'elle a été développée par First Solar arrive en tête de classement en matière d'empreinte de CO_2 et de période de recouvrement de l'investissement ; elle présente dans le même temps le plus faible coût de fabrication par watt de toutes les technologies photovoltaïques disponibles sur le marché. En fonctionnement normal, mais également en cas d'incendie ou de dégâts des panneaux, les risques sont négligeables ; le déploiement à grande échelle de la technologie photovoltaïque au tellure de cadmium peut donc être considéré comme sûr pour la santé humaine et l'environnement. La technologie photovoltaïque de First Solar représente une grande innovation technologique dans le domaine des énergies renouvelables, car elle ouvre la voie à des applications à grande échelle, contribue de manière décisive au déploiement rapide et indispensable de cette technologie et dispose d'un excellent profil environnemental. S'agissant des activités de fabrication, First Solar dispose de politiques internes, pratiques et systèmes de gestion efficaces permettant de protéger la santé et la sécurité de ses ouvriers. L'entreprise a également mis en place des politiques, pratiques et systèmes de gestion visant à protéger l'environnement sur les sites de fabrication et de recyclage et cherche sans cesse à améliorer ces techniques.

ANNEXE 3

Environ. Sci. Technol. **2008,** *42,* 2168–2174

Émissions au cours du cycle de vie photovoltaïque

VASILIS M. FTHENAKIS,*,†,‡
HYUNG CHUL KIM,† AND ERIK ALSEMA§

PV Environmental Research Center, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, Center for Life Cycle Analysis, Columbia University, New York, New York, et Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, Pays-Bas

Document reçu le 17 juillet 2007. Version modifiée reçue le 19 décembre 2007. Document approuvé le 4 janvier 2008.

Les technologies photovoltaïques (PV) ont récemment fait des progrès remarquables en termes de capacité de production annuelle et de performances environnementales au cours du cycle de vie, ce qui rend nécessaire l'actualisation régulière des indicateurs environnementaux. S'inspirant des données de production PV de 2004–2006, cette étude porte sur les émissions de gaz à effet de serre au cours du cycle de vie, les émissions de polluants-critères et les émissions de métaux lourds provenant de quatre types de systèmes PV très répandus dans le commerce : en silicium multicristallin, en silicium monocristallin, en silicium rubané, et en tellure de cadmium en couches minces. Les émissions du cycle de vie ont été déterminées à l'aide de panachages électriques moyens venant d'Europe et des États-Unis lors de la production de modules et de matériaux pour chaque système photovoltaïque. Dans le millésime actuel des technologies photovoltaïques, ce sont les modules photovoltaïques au tellure de cadmium en couche mince (CdTe) qui rejettent la plus faible quantité d'émissions atmosphériques nocives, car ils nécessitent la plus faible quantité d'énergie lors de la production des modules. Mais les différences de niveaux d'émissions sont très faibles entre les diverses technologies photovoltaïques, comparées aux émissions des technologies énergétiques conventionnelles que le photovoltaïque pourrait remplacer. Les effets d'un générateur photovoltaïque ont été étudiés dans le cadre d'une analyse prospective. De façon globale, toutes les technologies photovoltaïques produisent bien moins d'émissions atmosphériques par GWh pendant le cycle de vie que les technologies de génération électrique à base de combustibles fossiles. Au moins 89 % des émissions liées à la production d'électricité pourraient être évitées si l'électricité photovoltaïque remplaçait celle provenant du réseau électrique.

1. Introduction

La production d'énergie par combustibles fossiles rejette de nombreux polluants et du dioxyde de carbone dans l'environnement. De fait, toutes les sources de production d'énergie anthropogènes, y compris l'énergie solaire, rejettent des polluants dès lors qu'on prend en compte la totalité de leur cycle de vie. Les émissions du cycle de vie résultent de l'utilisation d'énergie à base de combustibles fossiles pour produire les matériaux nécessaires aux cellules, modules et systèmes solaires, de même que des équipements de fusion, de production et de fabrication par voie directe. Ces émissions varient d'un pays à l'autre en fonction du panachage électrique effectué sur le réseau, ainsi que des différentes méthodes utilisées pour traiter les matériaux/combustibles.

Des études précédemment menées sur le cycle de vie indiquent une grande variation dans la consommation d'énergie primaire pour les modules photovoltaïques. Alsema a analysé les études réalisées sur les modules photovoltaïques en silicium cristallin dans les années 1990 et a constaté des variations considérables entre les estimations de consommation d'énergie primaire données par les investigateurs. À cette époque, la fabrication de cellules solaires reposait essentiellement sur l'utilisation de produits hors spécifications pour le silicium de qualité électronique et diverses règles d'allocation étaient appliquées aux consommations d'énergie et de matériaux pour chaque qualité de silicium ; par ailleurs les cellules solaires étaient bien plus épaisses que les cellules actuelles (*1*). Meijer et al. ont évalué des modules PV en Si de 270-μm d'épaisseur présentant une efficacité cellulaire de 14,5 %, fabriquées à partir de silicium très pur de qualité électronique (*2*). Ils ont estimé le temps de retour énergétique (EPBT, soit le temps nécessaire à un système photovoltaïque (PV) pour produire autant d'énergie que celle utilisée pour sa fabrication) du module à seulement 3 ans et demi avec le faible rayonnement solaire des Pays-Bas (1 000 kWh/m²/an). Jungbluth a rapporté les mesures de cycle de vie de différents systèmes PV (année 2000) pour le rayonnement solaire moyen de la Suisse (1 100 kWh/m²/an) (*3*). Il a estimé que les émissions de gaz à effet de serre (GES) varient de 39 à 110 g CO2- équiv/kWh et que le temps de retour énergétique est compris entre 3 et 6 ans.

Il existe des études sur le cycle de vie concernant les technologies PV à couches minces ; parmi elles, citons celle sur les modules PV au CdTe par Palz et Zibetta, Hynes et al., et Kato et al., et les études sur le silicium amorphe réalisées par Keoleian et Lewis (*4–7*). Les études sur le CdTe se fondent sur des données issues des départements de R&D et des lignes de production hypothétiques, puisque l'exploitation commerciale de tels modules n'a commencé qu'en 2004 (*4–6*). Pour leur étude, Keoleian et Lewis ont exploité les données de démarrage d'UniSolar, Auburn Hills, MI (*7*). Leur étude a démontré que le temps de retour énergétique du module sans cadre en silicium amorphe à double jonction avec rendement de 5 % est de 4,6 ans à Detroit (Michigan) et de 2,2 ans à Phoenix (Arizona). Cette étude n'est pas applicable à la production actuelle de cette même société qui intègre désormais des modules à triple jonction avec un rendement de 8 %. Fthenakis et Alsema (*8*) ont dressé le bilan 2004-début 2005 des temps de retour énergétique et des émissions de gaz à effet de serre (GES) de quatre installations photovoltaïques différentes installées sur toiture : silicium rubané, silicium multicristallin (multi- ou mc-Si), silicium monocristallin, et systèmes à couches minces de CdTe. Les temps de retour énergétiques qu'ils ont calculés pour le rayonnement solaire moyen d'Europe du sud de 1 700 kWh/m²/an étaient de 1,7, 2,2, 2,7 et 1,1 an. Les temps de retour des modules PV au CdTe étaient bien plus courts que les autres systèmes, bien que leur rendement de conversion électrique ait été le plus faible du groupe (soit 9 % pour le CdTe contre 11,5 % pour le silicium rubané, 13,2 % pour le silicium multicristallin et 14 % pour le silicium monocristallin).

Dresser le bilan et effectuer une comparaison des émissions du cycle de vie des différentes technologies de production d'énergie qui préoccupent l'opinion publique est un aspect important dans le processus d'acceptation d'une technologie en particulier. Dans cette publication, nous faisons une présentation actualisée des émissions de gaz à effet de serre et procédons à la première évaluation globale des émissions de polluants-critères et de métaux lourds, de la conception à la sortie de l'usine, de quatre systèmes PV disponibles dans le commerce, sur la base des données les plus récentes (2004–2006) : silicium rubané, silicium multicristallin, silicium monocristallin et couche mince de tellure de cadmium. Les émissions de métaux lourds, de gaz toxiques et de GES sont les principales émissions provenant des technologies PV d'application commerciale. Il s'agit, pour l'essentiel, d'émissions indirectes liées à l'utilisation de combustibles fossiles pour générer l'énergie requise dans le cycle de vie photovoltaïque. Cela comprend aussi les émissions directes de métaux lourds issus de l'extraction et de la fusion, y compris les matières sous forme de particules, tandis que les déchets liquides et solides sont pour l'essentiel recyclés et n'ont donc pas été pris en compte dans cette étude. Le choix des sources électriques et combustibles joue un rôle important pour déterminer la quantité totale des émissions. En l'occurrence, nous avons étudié un scénario d'alimentation photovoltaïque dans lequel le PV fournit une part de l'électricité nécessaire à la fabrication.

*Auteur référent, tél. : 631-344-2830 ; fax : 631-344-7650 ; mél. : vmf@bnl.gov.
† Brookhaven National Laboratory.
‡ Columbia University.
§ Utrecht University.

10.1021/es071763q CCC: $40.75
© 2008 American Chemical Society
Publié sur le Web le 02/06/2008

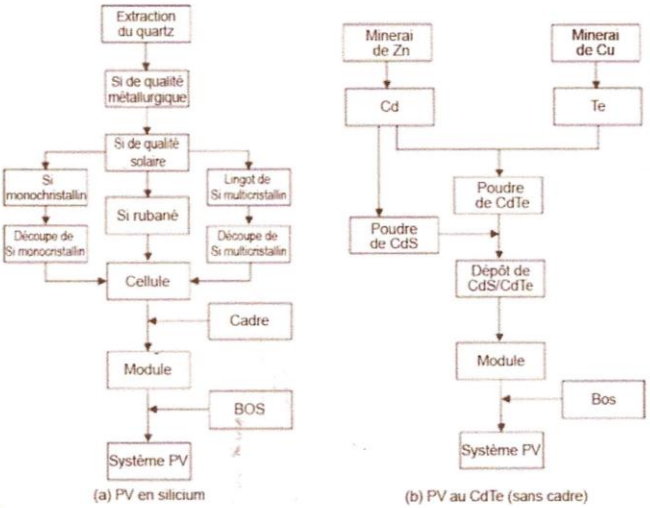


FIGURE 1. Schémas opérationnels simplifiés de l'extraction minière jusqu'à la fabrication du système, c'est-à-dire du berceau à la sortie de l'usine, pour le silicium (a) monocristallin, rubané et multicristallin, ainsi que pour les (b) couches minces de CdTe. Des descriptions détaillées du cycle de vie sont disponibles ailleurs (*10, 12, 13*).

2. Cycle de vie des modules photovoltaïques en silicium et en CdTe à couches minces

Le cycle de vie des systèmes PV commence avec l'extraction du sable quartzique (PV en silicium) ou de minerai métallique (PV au CdTe). Le silice contenu dans le sable quartzique est réduit dans un four à arc afin d'obtenir du silicium de qualité métallurgique, qui doit ensuite être purifié pour donner du silicium de « qualité électronique » ou de « qualité solaire » (Figure 1). L'étape de purification du silicium implique de recourir soit à la méthode « Siemens », dans laquelle une chambre de réaction contenant du trichlorosilane (SiHCl3) et de l' hydrogène (H2) est chauffée entre 1 100 et 1 200 ▯C afin d'obtenir des bâtonnets de silicium, soit à la méthode « Siemens » modifiée, dans laquelle du silane (SiH4) et de l'hydrogène (H2) sont chauffés à ^800 ▯C pour le même résultat, avec une consommation d'énergie plus faible (*9*).

Un inventaire détaillé du cycle de vie (ICV) des modules en silicium cristallin a récemment été établi pour la purification des charges de silicium polycristallin, la cristallisation, le découpage, le traitement des cellules et l'assemblage des modules, sur la base des connaissances technologiques actuelles (2004-début 2005) dans le cadre du projet « CrystalClear » de la Commission européenne (*10*). Les sources documentaires utilisées pour l'inventaire de ce projet comprennent 11 fabricants européens et américains de modules photovoltaïques, que viennent compléter des chiffres tirés de publications spécialisées. En fonction du type de matériau utilisé pour la cellule, on procède ensuite à une cristallisation ou à un enrobage de la tranche de silicium, puis à la découpe des tranches. La fabrication de la cellule, puis son assemblage, qui est en principe le même pour chaque module, concluent le cycle de vie (Figure 1). Chaque assemblage de module est généralement constitué de soixante-douze cellules solaires de 0,125 m x 0,125 m munies de contacts à pastille d'argent à l'avant et à l'arrière. Des feuillets d'acétate de vinyle d'éthylène et de verre encapsulent le module PV afin de le protéger physiquement pendant son fonctionnement. Les modules en silicium cristallin possèdent habituellement un cadre en aluminium qui les renforce et facilite le montage.

Fthenakis (*11*) décrit les flux de matériaux de cadmium (Cd) et les émissions aux différents stades du cycle de vie des modules PV au tellure de cadmium (CdTe). Le cycle de vie commence avec la production de Cd et de Te, qui sont des sous-produits de la fusion de Zn et de Cu . Le cadmium est obtenu par fusion du Zn contenu dans des flux de déchets, c'est-à-dire des particules collectées par précipitation électrostatique et dans des sacs filtrants et des boues collectées lors des étapes de purification par électrolyse du Zn . Le Te est récupéré à partir des boues produites lors du raffinage électrolytique du cuivre, qui contiennent donc du Cu, du Se et d'autres métaux. Les boues sont traitées avec de l'acide sulfurique dilué afin d'extraire le Te. Après cémentation avec le cuivre, le CuTe est lixivié avec de la soude caustique afin de produire une solution de tellure de sodium, utilisée comme charge d'alimentation en Te et TeO2. Le cadmium est ensuite traité et purifié soit par lixiviation et distillation sous vide, soit par électrolyse suivie d'une fusion et d'une atomisation ou d'une distillation sous vide afin d'obtenir la pureté de 99,999 % requise pour la synthèse du CdTe. Le tellure subit lui aussi d'autres étapes de purification selon les méthodes susmentionnées. Le CdTe est produit à partir du Cd et du Te selon des procédés brevetés.

Nous avons analysé en détails l'inventaire du cycle de vie de modules PV au CdTe au cours de la production à l'échelle commerciale (*12*). Les données proviennent d'une usine de fabrication de modules PV au CdTe située à Perrysburg, OH, ayant une capacité de production de 25 MW (www.firstsolar.com). Les dimensions des modules au CdTe sans cadre habituellement fabriqués dans cette usine sont de 1,2 m x 0,6 m, avec un rendement de conversion électrique de 9 % (le rendement des modules fabriqués dans cette usine est passé à 10 % en septembre 2007 ; mais cette amélioration n'est pas prise en compte dans le présent article). La couche absorbante de tellure de cadmium (CdTe) et la couche de sulfure de cadmium (CdS) prévues dans le plan de production de First Solar sont constituées par dépôt de vapeur (VTD), basé sur la sublimation des poudres et la condensation des vapeurs sur les substrats en verre. Un flux de gaz inerte porteur guide le nuage de vapeur dense sublimée pour déposer une pellicule sur les substrats en verre à une température comprise entre 500 et 600 ▯C, selon une vitesse de plus de 1 um/s (*13*). Le dépôt de couches de métaux ordinaires suivi de plusieurs séries de découpe et de traitements thermiques forme des interconnexions et des contacts repos. Aucun métal/élément rare n'est utilisé dans les couches formant les contacts repos.

Le tableau S1 présenté en annexe de cette publication présente la composition des matériaux des modules en silicium et au CdTe. Le verre est l'élément le plus lourd parmi les composants du module PV, notamment dans le module au CdTe sans cadre dans lequel deux panneaux de verre assurent la rigidité de la structure. Ce concept à double vitrage rend le cadre en aluminium inutile, lequel est responsable d'une partie significative des émissions imputables aux modules en silicium. L'utilisation de poudre de CdTe par m^2 de couche mince du module au CdTe est minime comparée aux modules en silicium, car l'épaisseur des matériaux qui forment les cellules est de -3 um contre

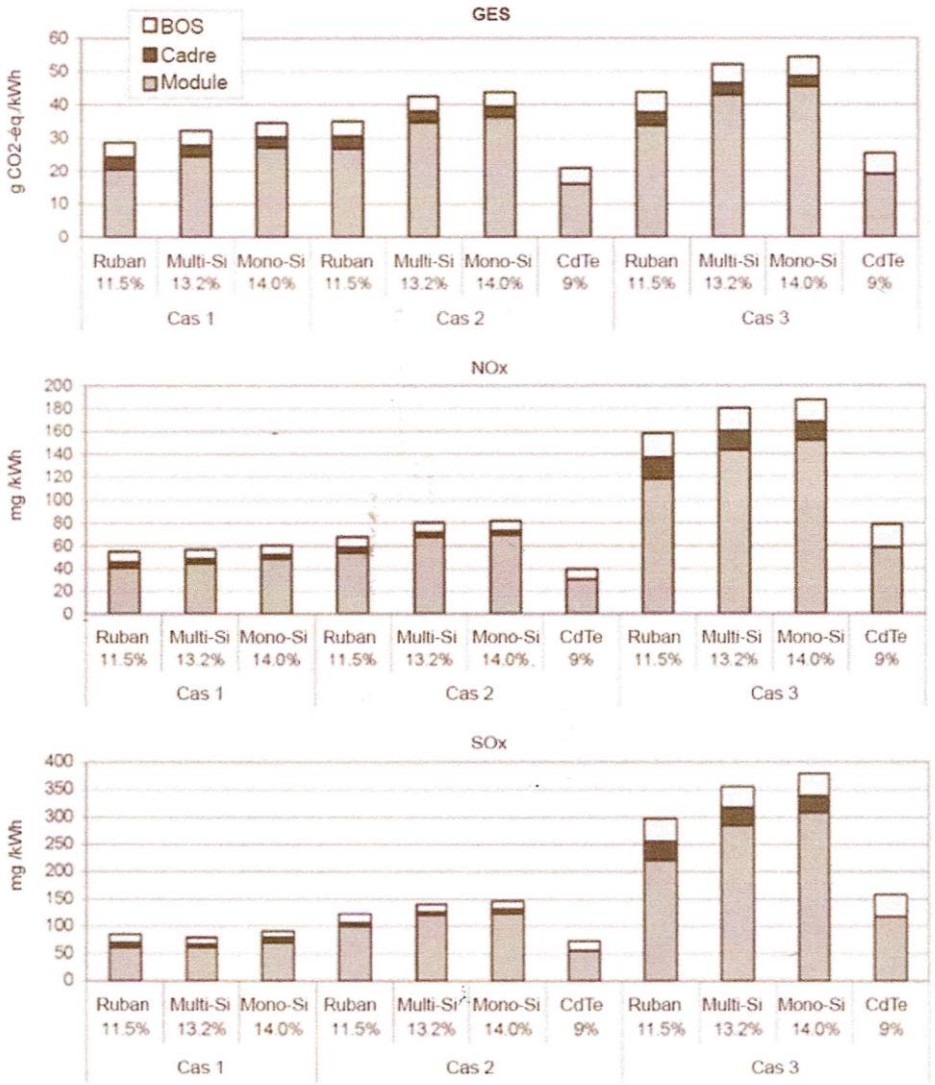


FIGURE 2. Émissions du cycle de vie de modules PV au CdTe. BOS correspond à l'équilibre du système (c'est-à-dire aux supports du module, au câblage et au conditionnement de l'alimentation). Conditions : systèmes montés au sol, rayonnement solaire d'Europe du sud, 1 700 kWh/m²/an, ratio de performance de 0,8 et durée de vie de 30 ans. Cas 1 : panachage électrique dans la production de Si projet Crystal Clear et base de données Ecoinvent. Cas 2 : panachage électrique de l'Union pour la coordination du transport de l'électricité (UCTE) et base de données Ecoinvent. Cas 3 : panachage du réseau américain et base de données Franklin.

270–300 μm pour les modules en silicium. Le module au CdTe nécessite également de moins grandes quantités de gaz, liquides et autres produits intermédiaires qu'un module en silicium.

3. Émissions de GES et de polluants-critères

Nous avons fait une estimation des émissions de GES, de SO2 et de NOx au cours du cycle de vie des modules photovoltaïques. Avec les émissions de métaux lourds qui seront estimées ci-après, ces émissions constituent les principaux risques pour l'environnement et la santé humaine en matière d'utilisation énergétique et d'extraction de matériaux au cours du cycle de vie du PV. Ces émissions sont calculées de façon standard en fonction de l'électricité générée au cours du cycle de vie des modules PV. Les principaux paramètres à prendre en compte pour le cycle de vie, c'est-à-dire pour l'alimentation électrique d'un système PV tout au long de son existence, sont le rendement de conversion (*E*), le rayonnement solaire (*I*), le ratio de performance (PR) et la durée de vie (*L*). **2170** ■ ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY / VOL. 42, NO. 6, 2008

La génération d'électricité au cours de la durée de vie totale (*G*) par m² du module PV est calculée de la façon suivante : $G = E \times I \times PR \times L$. Pour notre propre analyse, nous utilisons à des fins de cohérence le rayonnement solaire moyen de l'Europe du sud qui est de 1 700 kWh/m²/an, un ratio de performance de 0,8 et une durée de vie de 30 ans.

Alsema et de Wild rapportent que les émissions de GES de modules en Si pour l'année 2004 sont comprises entre 30 et 45 g CO2-équiv/ kWh, avec un temps de retour énergétique de 1,7 à 2,7 années pour une application sur toiture avec un rayonnement solaire d'Europe du sud de 1 700 kWh/m²/an et un ratio de performance (PR) de 0,75 (*8,10*). Leurs estimations se fondent sur le panachage électrique correspondant à la production géographique spécifique actuelle de Si (Figure 2, Cas 1).

Fthenakis et Kim (*12*) ont récemment étudié les émissions de GES et le temps de retour énergétique des modules PV au CdTe, sur la base de la production et des conditions de rayonnement solaire aux États-Unis (rayonnement solaire = 1 800

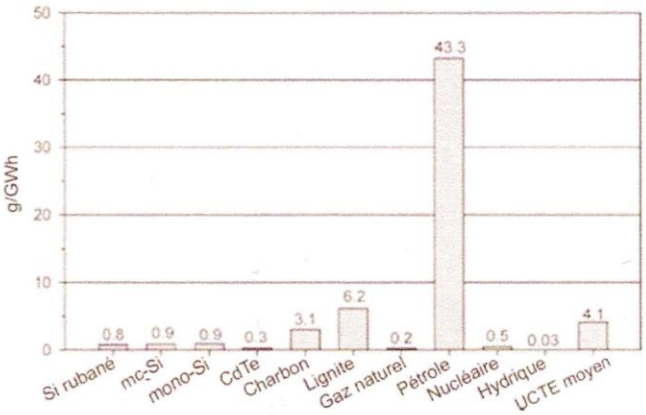


Figure 3. Émissions atmosphériques de cadmium du cycle de vie des systèmes PV à partir de la consommation d'électricité et de combustible, standardisées pour le rayonnement solaire moyen d'Europe du sud, qui est de 1 700 kWh/m²/an, pour un ratio de performance de 0,8 et une durée de vie de 30 ans. L'équilibre du système (BOS) monté au sol (*18*) est supposé pour tous les systèmes PV ; comparaisons avec d'autres options de génération d'électricité.

kWh/m²/an ; ratio de performance 0,8 ; durée de vie de 30 ans). Ils ont estimé à 24 g $CO_{2\,équiv}$/kWh les émissions de GES, et à 1,1 an le temps de retour énergétique des installations montées au sol. Dans la suite du document nous avons actualisé les estimations précédentes et les avons normalisées en fonction d'un rayonnement solaire, d'un ratio de performance et d'un panachage électrique constants. Le cas n°2 de la figure 2 présente des émissions correspondant à l'alimentation électrique en amont pour le réseau moyen d'Europe Continentale (Union pour la coordination du transport de l'électricité, UCTE), tandis que le cas n°3 de la figure 2 présente les mêmes émissions pour le réseau américain. Les bases de données les plus communément utilisées pour l'ACV, c'est-à-dire Ecoinvent pour le réseau européen et Franklin pour le réseau américain, sont employées pour déterminer les facteurs énergétiques et les facteurs d'émissions (*14, 15*).

La production du silicium polycristallin est l'étape la plus énergivore du cycle de vie du module en silicium ; elle représente 45 % de la consommation totale d'énergie primaire pour le cycle de vie du module en silicium multicristallin (*10*). Les besoins en électricité au moment du dépôt de la couche de CdTe correspondent à la consommation d'énergie primaire la plus élevée (54 %) du cycle de vie du module au CdTe (*12*). Le niveau estimé des émissions dans le cas n°1, basé sur le panachage électrique du projet CrystalClear, est inférieur à celui des cas n°2 et n°3, essentiellement en raison du pourcentage élevé d'énergie hydraulique et des centrales électriques à cycle combiné alimentées au gaz naturel actuellement utilisées par les fabricants de silicium polycristallin de qualité solaire (tableau S2 dans les informations annexes). Ces mêmes raisons expliquent que les émissions estimées sur la base du réseau de l'UCTE (cas n°2) soient généralement inférieures à celles effectuées sur la base du réseau américain (cas n°3) (ce dernier est un panachage plus propre de combustibles). Les émissions du cycle de vie de modules PV en silicium monocristallin sont plus élevées que celles provenant d'autres PV en silicium, principalement parce que le silicium monocristallin nécessite une quantité substantielle d'énergie pendant le processus de croissance de lingot (méthode de tirage en creuset de Czochralski).

4. Émissions de métaux lourds

Nous avons suivi les émissions directes et indirectes (liées à l'utilisation d'énergie) de métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, plomb, mercure et nickel) au cours des cycles de vie des quatre technologies PV que nous avons étudiées. Les modules PV au CdTe peuvent émettre du Cd à la fois directement et indirectement, tandis que les étapes de fabrication de PV en silicium cristallin n'en émettent qu'indirectement.

4.1. Émissions directes de cadmium. Fthenakis (*11*) a compilé les émissions atmosphériques directes de cadmium provenant du cycle de vie de modules PV au CdTe sur la base d'une durée de vie de 30 ans, d'un rendement de 9 % et d'un rayonnement solaire moyen aux États-Unis de 1 800 kWh/m²/an. Les émissions directes totales de cadmium au cours de l'extraction, de la fusion et de la purification de ce matériau et de la synthèse du CdTe sont de 0,015 g/GWh. Les émissions directes totales de cadmium au cours de la fabrication du module sont de 0,004 g/GWh (*11*). Les émissions dues à une libération accidentelle (par exemple un incendie) sont extrêmement rares, voire inexistantes. Elles pourraient porter le total à 0,02 g/GWh. Ces dernières ont été étudiées de façon expérimentale à l'aide de microsondes par rayonnement synchrotron de haute énergie (*16*). On estime que les émissions de cadmium provenant du cycle de vie des modules au CdTe (tableau S3 dans les documents en annexe) sont de 90 à 300 fois inférieures à celles provenant des centrales à charbon, qui sont de 2 à 7 g Cd/GWh (*17*).

4.2. Émissions indirectes de cadmium dues à l'utilisation d'électricité et de combustibles. Nous avons donc pris en compte les émissions de cadmium lors de la génération de l'électricité utilisée pour produire un système PV. La production d'électricité à l'aide de combustibles fossiles entraîne des émissions de métaux lourds, car ceux-ci sont contenus dans le charbon et le pétrole, dont une partie est libérée dans l'atmosphère lors de la combustion. Nous avons étudié les besoins en électricité pour les modules PV, ainsi que l'équilibre du système (BOS) en nous basant sur l'inventaire du cycle de vie de chaque module et la quantité d'électricité utilisée pour produire les matériaux nécessaires à l'équilibre du système. Ensuite, les émissions de cadmium provenant des besoins électriques de chaque module ont été calculées en supposant que l'électricité du cycle de vie des modules PV en silicium et au CdTe est fournie par le réseau de l'UCTE.

Les émissions indirectes de cadmium comprennent celles provenant de l'utilisation de combustibles fossiles, dont le gaz naturel, le pétrole lourd et le charbon, qui fournissent la chaleur et l'énergie mécanique nécessaires au traitement des matériaux, au contrôle des conditions climatiques de l'usine de fabrication et au transport des matériaux et produits tout au long du cycle de vie des modules PV. Les principales sources responsables des émissions indirectes de cadmium se trouvent être l'utilisation de charbon au cours des processus de fabrication de l'acier et l'utilisation de gaz naturel au cours de la fabrication du verre. Les émissions de cadmium liées à l'utilisation de gaz naturel sont indirectes, c'est-à-dire qu'elles proviennent des matériaux de la chaudière et de l'alimentation électrique nécessaire à la chaudière, et non de la combustion du gaz lui-même.

Les estimations ont porté sur l'ensemble des émissions atmosphériques de cadmium au cours du cycle de vie grâce à l'ajout des émissions provenant des besoins en électricité et en combustibles, associés à la fabrication et à la production des matériaux entrant dans la composition des modules PV et du système d'équilibre (BOS). Elles sont indiquées sur la figure 3. Les résultats montrent que les modules PV au CdTe qui viennent en remplacement d'autres technologies de production d'électricité empêchent donc le rejet dans l'atmosphère d'une quantité significative de cadmium. Chaque GWh d'électricité généré par un module PV au CdTe permet d'éviter le rejet d'environ 4 g de cadmium s'il est utilisé en substitution ou en complément du réseau électrique de l'UCTE. Les émissions directes de cadmium au cours du cycle de vie des modules PV au CdTe sont 10 fois inférieures aux émissions indirectes liées à l'utilisation d'électricité et de combustibles au cours

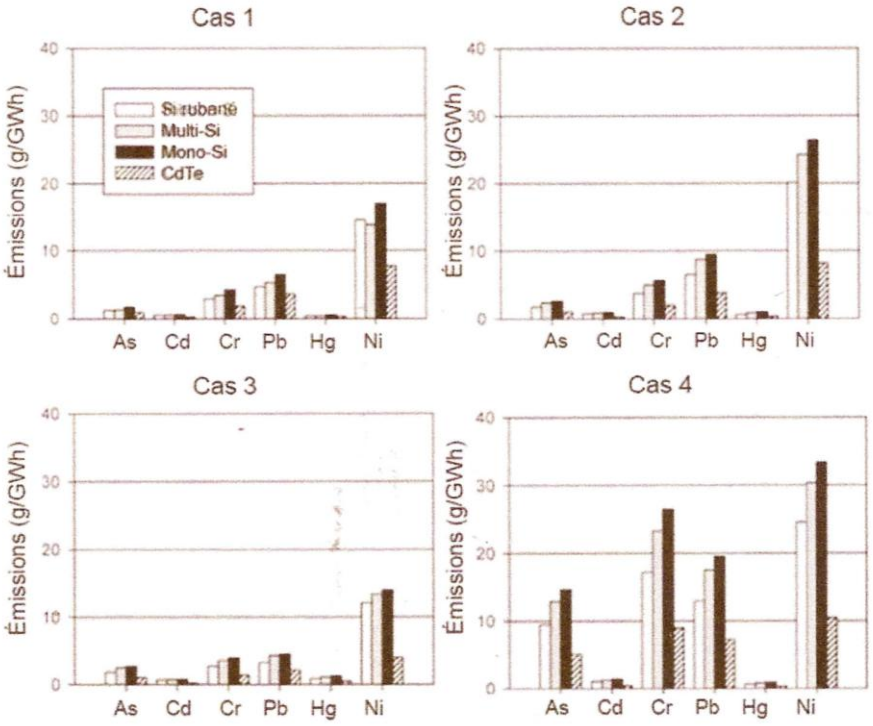


FIGURE 4. Émissions atmosphériques de métaux lourds du cycle de vie des systèmes PV (standardisées pour le rayonnement solaire moyen d'Europe du sud, qui est de 1 700 kWh/m²/an, pour un ratio de performance de 0,8 et une durée de vie de 30 ans). L'hypothèse admise est que le système PV inclut des composants d'équilibre du système (BOS) montés au sol, tels que décrits par Mason et al. (*18*). Les quatre types de modules PV et les rendements correspondants sont le silicium rubané (11,5 %), le silicium multicristallin (13,2 %), le silicium monocristallin (14 %) et le CdTe (9 %).

du même cycle de vie, et environ 30 fois inférieures aux émissions indirectes du cycle de vie des modules photovoltaïques cristallins.

D'autres émissions de métaux lourds provenant de l'utilisation d'électricité et de combustibles au cours du cycle de vie des systèmes PV sont présentées à la figure 4. Les facteurs pris en compte pour le calcul des émissions sont les produits dérivés de l'utilisation d'électricité et de combustibles au cours du cycle de vie des modules PV et les facteurs d'émissions tirés des bases de données de l'ACV. Les facteurs d'émissions de métaux lourds pris en compte dans les cas 1 à 4 sont respectivement fondés sur les panachages de réseau et les bases de données suivantes : Cas n°1, base de données Ecoinvent et panachage réseau du projet CrystalClear, dans lequel un panachage électrique de cycle combiné alimenté au gaz et d'énergie hydraulique a été utilisé pour la production et la purification de silicium polycristallin (*10,14*) ; Cas n°2, base de données Ecoinvent pour l'approvisionnement électrique d'intensité moyenne provenant du réseau de l'UCTE (*14*) ; Cas n°3, base de données Franklin pour le panachage moyen du réseau électrique américain (*15*) ; Cas n°4, facteurs d'émission identifiés dans une étude récente menée par Kim et Dale pour le panachage du réseau américain (*19*). Ce dernier reprend la base de données DEAM LCA et le modèle eGRID élaboré par l'agence américaine de protection de l'environnement. Les émissions varient considérablement d'une source d'informations à une autre, les facteurs retenus par Kim et Dale (*19*) étant les plus élevés. En particulier, les émissions de chrome sont 5 fois supérieures aux estimations d'Ecoinvent. C'est le module PV au CdTe qui présente les meilleures performances. Par ailleurs, le substituer au réseau électrique habituel peut impliquer une réduction importante des émissions atmosphériques de métaux lourds.

4.3. Émissions directes lors des traitements des matériaux. La présente étude ne s'est pas intéressée aux émissions autres que de cadmium, notamment aux émissions directes de métaux lourds provenant des opérations de traitements des matériaux, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les émissions générées au cours des opérations de traitement dépendent en grande partie du choix des limites du système et donc de la méthode d'allocation adoptée dans l'ACV. Par exemple, une quantité significative

d'émissions de cadmium est attribuée à l'aluminium recyclé, car des rebuts de cuivre présents sous la forme d'additifs dans les alliages et contenant du cadmium sont involontairement mélangés et fusionnés avec des rebuts d'aluminium au cours du recyclage. Dans ce cas, l'allocation de ces émissions peut être évitée (conformément à la recommandation ISO) si les émissions de cadmium sont attribuées à la production de l'alliage de cuivre primaire. De plus, il est possible que la quantité des émissions restant inchangée diminue de façon significative grâce au progrès technologique et à l'adoption de normes règlementaires plus strictes. À titre d'exemple, les émissions de chrome provenant de la production d'acier utilisant un four électrique à arc selon une base de données sont 15 fois plus élevées que les chiffres cités par une autre base de données (1,5 mg/kg d'acier dans une base de données contre 0,1 mg/kg d'acier selon une autre source). En fin de compte, la composition du métal, à savoir la quantité d'impuretés mélangées à la matrice métallique, est souvent déterminante pour les facteurs d'émissions de métaux lourds. D'après la base de données Ecoinvent, l'acier de convertisseur faiblement allié génère six fois plus d'arsenic et 150 fois plus de chrome que l'acier non allié (*14*). Le fait d'estimer les émissions de métaux lourds directement à partir des opérations de traitement des matériaux, c'est-à-dire de leur extraction, fusion et purification, s'accompagne d'importantes incertitudes inhérentes à la méthode.

À des fins de démonstration, nous avons commencé par comparer les émissions de métaux lourds provenant de l'électricité et des combustibles avec les émissions directes provenant des opérations de traitement des matériaux basées sur les facteurs d'émission de métaux lourds de la base de données Ecoinvent (Figure 5). Les émissions directes de métaux lourds provenant des procédés d'alliage de cuivre, de plomb et d'acier, ajoutées à celles imputables au recyclage de l'aluminium qui ne sont pas liées à l'électricité ni aux combustibles, ont fait l'objet d'une estimation concernant le module PV en silicium multicristallin. Il a été démontré que la consommation d'électricité est la principale source d'émissions de métaux lourds, aussi bien pour As, Cd, Hg que pour Ni. Le pourcentage élevé d'émissions directes de plomb provenant du traitement des matériaux est lié à la fabrication de verre solaire, qui représente environ 80 % du

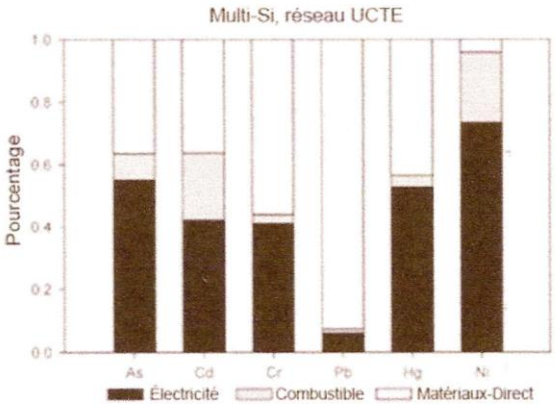


FIGURE 5. Décomposition des émissions de métaux lourds des modules PV. Les facteurs d'émissions de métaux lourds que sont l'électricité, les combustibles et les matériaux sont tirés du réseau de l'UCTE et de la base de données Ecoinvent.

total de ces émissions de plomb. Toutefois, il est possible que ces chiffres soient surestimés, car la base de données Ecoinvent part du principe que le verre solaire est un verre de qualité architecturale et que le verre utilisé dans les modules PV contient habituellement moins de plomb, dans la mesure où le verre solaire ne compte pas le plomb parmi ses additifs (*20*). De fait, le principal facteur d'émission dans la fabrication du verre est 250 fois inférieur dans la base de données ETH-ESU (prédécesseur d'Ecoinvent) par rapport à Ecoinvent (*14, 21*). Les raisons développées ci-dessus expliquent que les estimations des émissions directes de métaux lourds soient plus incertaines que les émissions liées aux sources d'énergie. Des progrès sont encore nécessaires pour améliorer la fiabilité de ces estimations.

5. Générateur PV

Dans le cadre d'une analyse prospective, certains ont pu évaluer les effets d'une meilleure pénétration du PV sur la « qualité » du panachage énergétique utilisé dans la production photovoltaïque. À la limite, toute l'électricité nécessaire à la fabrication de modules PV peut être générée sur place ou à proximité de l'installation PV. Nous consacrons cette partie à l'analyse des avantages potentiels que présente la restitution de l'électricité produite par le PV dans le cycle d'alimentation du module PV. Étant donné que la puissance électrique générée par le module PV est variable en fonction du rayonnement solaire, il est nécessaire de prévoir un système de stockage électrique pour répondre à la totalité des besoins électriques de la production PV ; la réalité du réseau électrique actuel (*22*) fait qu'environ 30 % de l'électricité nécessaire à la production PV peut être fournie sans système de stockage. La figure 6 illustre les effets obtenus en augmentant la part d'électricité fournie par un système de générateurs PV (des modules PV fournissent de l'électricité dans les cycles de vie PV) constitué de modules PV en silicium multicristallin et au CdTe. Concernant le silicium multicristallin, environ 250 kWh d'électricité est nécessaire par m^2 tout au long des étapes de production du silicium polycristallin, de découpe, de production des cellules et des modules, alors que la production de la même surface de CdTe nécessite 59 kWh d'électricité (*10, 12*). Si le système de générateur PV considéré fournit 30 % de l'électricité nécessaire dans chaque procédé de production de PV en silicium (c'est-à-dire pour le silicium, la découpe, la cellule et le module), de même que dans chaque procédé de production de PV au CdTe, il est possible d'éviter respectivement 6 et 2 g/kWh d'émissions de GES, par rapport à l'utilisation du réseau de l'UCTE (Figure 6). Une étude récente a démontré que des centrales photovoltaïques à grande échelle peuvent utiliser de l'air comprimé pour stocker de l'électricité (*23*), ce qui couvrirait 100 % des besoins électriques nécessaires à la fabrication de modules PV. Cela permettrait de réduire d'environ 50 % les émissions de GES au long du cycle de vie des modules PV en silicium et au CdTe (Figure 6). Une simulation similaire réalisée par Pacca et al. a permis d'obtenir des réductions de GES encore plus importantes, respectivement de 68 % et 82 % pour le silicium multicristallin et le silicium amorphe (*24*). L'importance de ces réductions est liée au taux supérieur d'émissions de CO2 provenant de l'électricité traditionnelle remplacée par le PV dans leur étude, puisque le réseau américain moyen émet 45 % de carbone de plus que le réseau de l'UCTE (*14, 15*). Un système de générateur PV pourrait fournir un pourcentage important des besoins électriques liés à la fabrication. D'après ce scénario,

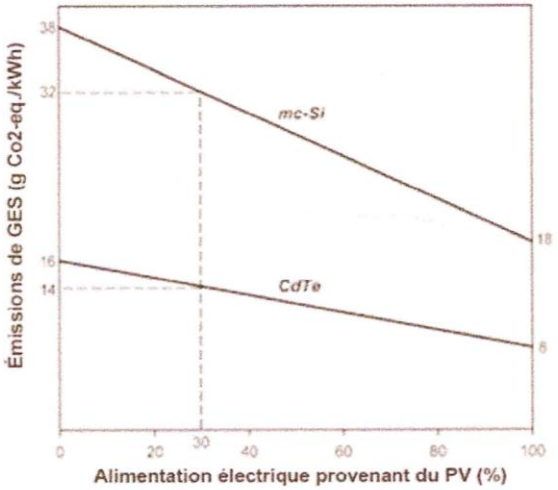


FIGURE 6. Profil d'émissions de gaz à effet de serre pour les modules PV avec utilisation d'un générateur PV qui fournit l'électricité nécessaire à la production PV. Hypothèses : rayonnement solaire de 1 700 kWh/m^2/an, ratio de performance de 0,8 et durée de vie de 30 ans. Le BOS n'est pas pris en compte. En 2005, la quantité totale d'électricité (100 %) nécessaire correspondait à 250 kWh/m^2 pour le silicium multicristallin et à 59 kWh/m^2 pour les modules PV au CdTe.

il est tout à fait possible de réduire les émissions de GES en ayant à l'avenir davantage recours à une production électrique avec empreinte carbone nulle. En parallèle, d'autres paramètres influençant la génération d'électricité et la production PV, tels que le rendement de conversion photon-électricité et l'épaisseur des cellules/couches, sont en train d'être développés et pourraient également permettre de réduire les émissions.

6. Discussion

En nous fondant sur des données compilées à partir des dossiers originaux de douze fabricants de systèmes PV, nous avons quantifié les émissions du cycle de vie de quatre technologies photovoltaïques majeures disponibles dans le commerce ; nous avons démontré qu'elles sont insignifiantes par rapport aux émissions des systèmes qu'elles remplacent lorsqu'elles sont introduites dans les réseaux européen et américain moyens. Selon notre analyse, le fait de remplacer l'électricité provenant du réseau par des systèmes PV centraux offre des avantages significatifs pour l'environnement, notamment celui d'obtenir une réduction de 89 à 98 % des émissions de GES, des polluants-critères, des métaux lourds et des composants radioactifs grâce aux modules PV au CdTe. Ces réductions peuvent être encore plus importantes pour les installations sur toitures, car cela permet de réduire les charges des réseaux de transmission et de distribution et d'éviter une partie des émissions liées au cycle de vie de ces réseaux. Il est intéressant de voir que les émissions de métaux lourds sont largement réduites même pour les types de technologies PV qui utilisent pourtant directement des composés apparentés. Les émissions de cadmium provenant du cycle de vie des modules PV au CdTe sont par exemple 90 à 300 fois inférieures à celles des centrales au charbon possédant les meilleurs dispositifs de contrôle de particules. En fait, les émissions de cadmium sont même plus faibles pour le cycle de vie de modules PV au CdTe que dans les PV en silicium cristallin, parce que les premiers ont besoin de moins d'énergie que les seconds au cours de leur cycle de vie. En règle générale, les modules photovoltaïques à couche mince ont besoin de moins d'énergie pour leur fabrication que les modules PV en silicium cristallin, ce qui se traduit par de plus faibles émissions de métaux lourds, de SO_x, de NO_x, de PM et de CO2. Quoi qu'il en soit, les émissions de n'importe quel type de système PV sont normalement inférieures à celles émanant des systèmes énergétiques conventionnels, car le photovoltaïque n'a pas besoin de combustible pour fonctionner. Les technologies PV ont pour avantage de réduire significativement les émissions nocives pour l'homme et les écosystèmes. Les profils environnementaux des systèmes photovoltaïques ne cessent de s'améliorer à mesure que les rendements et les taux d'utilisation de matériaux progressent, rendant nécessaire la mise à jour régulière ce type d'analyse. De même,

la très forte pénétration du photovoltaïque qui s'annonce modifiera la composition du réseau, ce qui devra être pris en compte dans les futures analyses.

Remerciements

Les recherches sur le silicium cristallin ont été conduites dans le cadre du projet intégré CrystalClear et financées par la Commission européenne sous le numéro de contrat SES6-CT_2003-502583. Les recherches sur le BOS et le tellure de cadmium ont été menées au PV Environmental Research Center, BNL, sous le contrat DE-AC02-76CH000016 avec la participation du ministère américain de l'Énergie. Nous adressons nos remerciements à M. de Wild-Scholten (ECN), A. Meader (First Solar), T. Hansen (Tucson Power Electric), J. Mason (Solar Energy Campaign, NY), Terry Jester (Shell Solar), ainsi qu'aux différents experts industriels qui ont contribué à recueillir les données de fond. Nous souhaitons également remercier les entreprises suivantes pour leur soutien : Deutsche Cell, Deutsche Solar, Evergreen Solar, First Solar, HCT Shaping Systems, Isofoton, Photowatt et Shell Solar (actuellement Solar Word). Des liens vers des données professionnelles d'inventaire de matériaux sont répertoriés ci-dessous sous les références *25* et *26* ; une version actualisée des inventaires de silicium multicristallin, témoignant d'améliorations importantes, est disponible sous la référence *27*.

Documents annexés

Inventaires de matériaux et de sources énergétiques, et émissions de contaminants distincts. Ce document est disponible gratuitement par Internet à l'adresse http://pubs.acs.org.

Références bibliographiques

(1) Alsema, E. A. Energy Pay-back Time and CO2 Emissions of PV Systems. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **2000**, *8*, 17–25.
(2) Meijer, A.; Huijbregts, M. A. J.; Schermer, J. J.; Reijnders, L. Life-cycle assessment of photovoltaic modules: Comparison of mcSi, InGaP and InGaP/mc-si solar modules. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **2003**, *11*, 275–287.
(3) Jungbluth, N. Life cycle assessment of crystalline photovoltaics in the Swiss ecoinvent database. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **2005**, *13*,429–446.
(4) Palz, W.; Zibetta, H. Energy pay-back time of photovoltaic modules. *Int. J. Sol. Energy.* **1991**, *10*, 211–216.
(5) Hynes, K. M.; Baumann, A. E.; Hill, R. *An Assessment of the Environmental Impacts of Thin Film Cadmium Telluride Modules based on Life Cycle Analysis*. Presented at the IEEE 1st World Conference on Photovoltaic Conversion (WCPEC), HI, 1994; pp 958–961.
(6) Kato, K.; Hibino, T.; Komoto, K.; Ihara, S.; Yamamoto, S.; Fujihara, H. A life-cycle analysis on thin-film CdS/CdTe PV modules. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **2001**, *67*, 279–287.
(7) Keoleian, G. A.; Lewis, G. M. Application of life-cycle energy analysis to photovoltaic module design. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **1997**, *5*, 287–300.
(8) Fthenakis, V. M.; Alsema, E. Photovoltaics energypayback times, greenhouse gas emissions and external costs: 2004-early 2005 status. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **2006**, *14*, 275–280.
(9) Aulich, H. A.; Schulze, F. Crystalline silicon feedstock for solar cells. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **2002**, *10*, 141–147.
(10) Alsema, E.; de Wild-Scholten, M. *Environmental Impact of Crystalline Silicon Photovoltaic Module Production. Presented at Materials Research Society Symposium*, Boston, Nov. 2005, 0895-G03–05.
(11) Fthenakis, V. M. Life cycle impact analysis of cadmium in CdTe PV production. *Renew. Sust. Ener. Rev.* **2004**, *8*, 303–334.
(12) Fthenakis, V. M.; Kim, H. C. *Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in the Life Cycle of CdTe Photovoltaics*. Presented at Materials Research Society Symposium, Boston, MA, Nov. 2005; 0895-G03-06.
(13) Powell, R. C.; Meyers, P. V. Research Leading to High Throughput Processing of Thin-Film CdTe PV Module, Phase I Annual Report; National Renewable Energy Laboratory: Golden, CO, 2003; NREL/SR-520-35348.
(14) Ecoinvent Centre. *Ecoinvent data v1.1. Final reports ecoinvent 2000 No. 1–15*; Swiss Centre for Life Cycle Inventories: Dübendorf, 2004.
(15) *USA LCIDatabase Documentation*; Franklin Associates: Prairie Village, KS, 1998.
(16) Fthenakis, V. M.; Fuhrmann, M.; Heiser, J.; Lanzirotti, A.; Fitts, J.; Wang, W. Emissions and encapsulation of cadmium in CdTe PV modules during fires. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **2005**, *13*, 713–723.
(17) *PISCES databaseforUSpowerplantsand UScoal*; Electric Power Research Institute: Palo Alto, CA, 2002.
(18) Mason, J. M.; Fthenakis, V. M.; Hansen, T.; Kim, H. C. Energy payback and life-cycle CO2 emissions of the BOS in an optimized 3.5 MW PV installation. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **2006**, *14*, 179–190.
(19) Kim, S.; Dale, B. E. Life Cycle Inventory Information of the United States Electricity System. *Int. J. LCA* **2005**, *10*, 294–310.
(20) de Wild-Scholten, M. J.; Wambach, K.; Alsema, E.; Jäger-Waldau, A. *Implications of European Environmental Legislation for Photovoltaic Systems*; 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, June 6–10, 2005.
(21) Frischknecht, R., et al. *Oko-inventare von Energiesystemen*, 3rd ed.; ETH-ESU: Switzerland, 1996.
(22) Denholm, P.; Margolis, R. M. Evaluating the limits of solar photovoltaics in traditional electric power systems. *EnergyPolicy* **2007**, *35*, 2852–2861.
(23) Zweibel, K.; Mason, J.; Fthenakis, V. A Solar Grand Plan. *Sci. Am.* **2008**, (Jan.), 64–73.
(24) Pacca, S.; Sivaraman, D.; Keoleian, G. A. Parameters affecting the life cycle performance of PV technologies and systems. *Energy Policy* **2007**, *35*, 3316–3326.
(25) Silicon PV Material Inventory Data. http://www.ecn.nl/docs/library/report/2006/c06002-LCI_data-cSiPV-pub-v1.xls.
(26) Cadmium Telluride Material Inventory Data. http://www.clca.columbia.edu (to be posted).
(27) de Wild-Scholten, M. J.; Alsema, E. A. *Environmental Life Cycle Inventory of Crystalline Silicon Photovoltaic System Production–Status 2005/2006*; ECN: Petten, March, 2007.

ES071763Q