



Direction des Services Tertiaires
EDF Obligations d'Achat
Agence Multi Filières Sud Est

TSA 90071
93736 BOBIGNY CEDEX 9

Tél. : +33 4 69 65 51 51
Mail : dst-cspas-obligations-achat-sud-est@edf.fr

QUANTOM SAS
sous la marque FEEDGY
83 rue la Fayette
75009 PARIS

Vos références : **BTA0398292 - CLAOUZIQUE CENTRALE SOLAIRE**

Nos références : **DST-CSPAS.OA.SE.2023.06.N°23D00280**

Interlocuteur : **Pole SO' COM – 04 69 65 51 51**

Objet : **BTA0398292 - Validation d'une opération de changement des panneaux
solaires à titre préventif et sécuritaire**

Lyon, le

Madame, Monsieur,

Par courrier en date du 6 avril 2023, vous nous informez de votre intention de procéder au remplacement de la totalité des panneaux photovoltaïques de l'installation située : LIEU DIT CLAOUZIQUE 40110 YGOS ST SATURNIN, au motif suivant :

sécurité,

et produit le justificatif afférent.

Ces éléments sont de nature à justifier un remplacement de panneaux au sens des notes d'instruction de la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) du 23/08/2018 et du 07/04/2021 [notamment publiées sur le site d'EDF OA <https://www.edf-oa.fr>, rubrique « Photovoltaïque > Démarche > Mon installation > REMPLACEMENT / DESTRUCTION / DEPOSE »].

Cela étant, nous attirons votre attention sur le fait que ces notes précisent que :

- d'une part, la puissance de l'installation modifiée ne peut être supérieure ou inférieure de plus de 10% par rapport à la puissance de l'installation initiale (**6715 kWc**),
- d'autre part, la nature de l'installation modifiée doit être identique à celle décrite dans le contrat.

La régularité du changement de panneaux devra, en tout état de cause, être certifiée par la fourniture d'une attestation de conformité pour donner lieu, le cas échéant, à la conclusion d'un avenant précisant la nouvelle puissance de l'installation (dans la limite des plus ou moins 10% mentionnée ci-dessus).

A défaut, le contrat d'achat devra être résilié.

La conformité de l'installation achevée sera vérifiée par un organisme de contrôle agréé en application de l'article R314-7 du code de l'énergie. A ce titre, vous devrez nous adresser l'attestation de conformité (au titre du Référentiel Contrôle) qu'il aura préalablement complétée, datée et signée.

La fourniture de l'attestation de conformité et du rapport de synthèse délivrés par un organisme agréé conditionne la signature par EDF/OA de l'avenant qui sera rédigé pour prendre en compte les modifications occasionnées par le remplacement des panneaux photovoltaïques.

Nous vous rappelons que les factures relatives au contrat, à compter de la date d'effet de l'avenant, ne pourront être émises qu'à la suite de la signature du présent avenant par les 2 parties.

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.

Le Responsable d'Agence,

Benoit DESMARIS
Responsable d'Équipe AOA Sud-Est



EDF – Direction des Services Tertiaires
CSP AOA & Services
Agence Obligations d'Achats Sud-Est

Signature
numérique de
DESMARIS Benoit
Date : 2023.06.27
16:54:29 +02'00'

Rapport d'Assistance Technique



FEEDGY

83 Rue La Fayette
75009 Paris

RAPPORT D'ASSISTANCE TECHNIQUE POUR LE CONSTAT DE DEGRADATION DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUE



CLAUZIQUET Centrale Solaire (YGOS)

Lieu dit Claouziquet
40110 Ygos St Saturnin

Mission réalisée le 08/07/2022

Accompagnement: Mr DUPUY (Bouygues service)
Mr LOMPO Karim (FEEDGY)

N° D'AFFAIRE : 2206EN1G2000013

DATE DU RAPPORT : 08/07/2022

REFERENCE DU RAPPORT : EN1G2/22/982

REFERENCE SITE : CLAUZIQUET CENTRALE SOLAIRE (YGOS)

Agence ENR EPE France
Domaine du Millenium
6 Impasse Henri le Chatelier
33692 Mérignac
Tél : +33 (0)5 57 29 06 78

SOCOTEC France - S.A. au capital de 17 648 740 euros - 542 016 654 RCS Versailles - APE 7120B
N° TVA intracommunautaire : FR77 542 016 654 - Siège social : Les Quadrants - 3 avenue du Centre
CS 20732 - Guyancourt 78182 St-Quentin-en-Yvelines Cedex - FRANCE - www.socotec.fr

Auteur du rapport : Sébastien RICHARD
Nombre de page : 29

SOCOTEC EQUIPEMENTS
Agence ENR EPE France
Expertise pour vos projets ENR et EPE
Domaine du Millenium - Impasse Henri le Chatelier
33692 MERIGNAC
SIREN : 834 096 025 00848

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
1 CONTEXTE DE LA MISSION.....	3
2 NATURE ET DELIMITATION DE LA MISSION	3
3 CONDITIONS D'INTERVENTION ET DESCRIPTIF DE LA CENTRALE PV.....	3
4 DOCUMENTS FOURNIS	3
5 CONDITIONS D'ANALYSES SUR SITE	3
6 DONNEE TECHNIQUE DES MODULES.....	4
7 DEGRADATIONS REMARQUABLES SUR LES MODULES:	6
8 CONCLUSION	8
9 ACCREDITATION	9

1 CONTEXTE DE LA MISSION

A la demande de M Harold DARRAS, de la société FEEDGY, nous avons procédé à une inspection des modules photovoltaïques de « Claouziquet Centrale Solaire » (YGOS) situé « Lieu dit Claouziquet, 40110 Ygos Saint Saturnin ».

Notre contrôle a été effectué le 08/07/2022, Nous étions accompagné lors de notre visite sur site.

2 NATURE ET DELIMITATION DE LA MISSION

La mission d'inspection a pour objectif d'examiner les modules détériorés et d'en déterminer les éventuelles conséquences.

Notre mission porte uniquement sur l'examen visuel des modules PV.

3 CONDITIONS D'INTERVENTION ET DESCRIPTIF DE LA CENTRALE PV

L'inspection des modules permet de localiser rapidement les défauts constatés. Elle est menée dans les conditions normales de fonctionnement et ne nécessite pas la mise à l'arrêt de la centrale PV.

N° de BTA : 0398292

L'installation est une centrale solaire au sol de 6 715,17 Kwc

La centrale PV est constitué de 21 318 modules de type :

- Yingli Solar PANDA 72 Cell YL315C-36b de 315w

4 DOCUMENTS FOURNIS

Références	Date	Titre
Sans	07/07/2022	Feedgy Diagnostic X-Plore NEOEN YGOS

5 CONDITIONS D'ANALYSES SUR SITE

Date	Heure	Centrale	Météorologie
08/07/2022	à partir de 10h00	YGOS	Ensoleillé

6 DONNEE TECHNIQUE DES MODULES

L'installation PV sol nous permet d'avoir accès aux deux faces des modules. Les observations visuelles réalisées sur les modules suffisent pour émettre une conclusion en chapitre 8 sur l'avancement des dégradations.

- L'ensemble des modules sur le champ PV sol sont de type :
- Yingli Solar PANDA 72 Cell YL315C-36b de 315w





100% des modules ont été inspectés

7 DEGRADATIONS REMARQUABLES SUR LES MODULES:

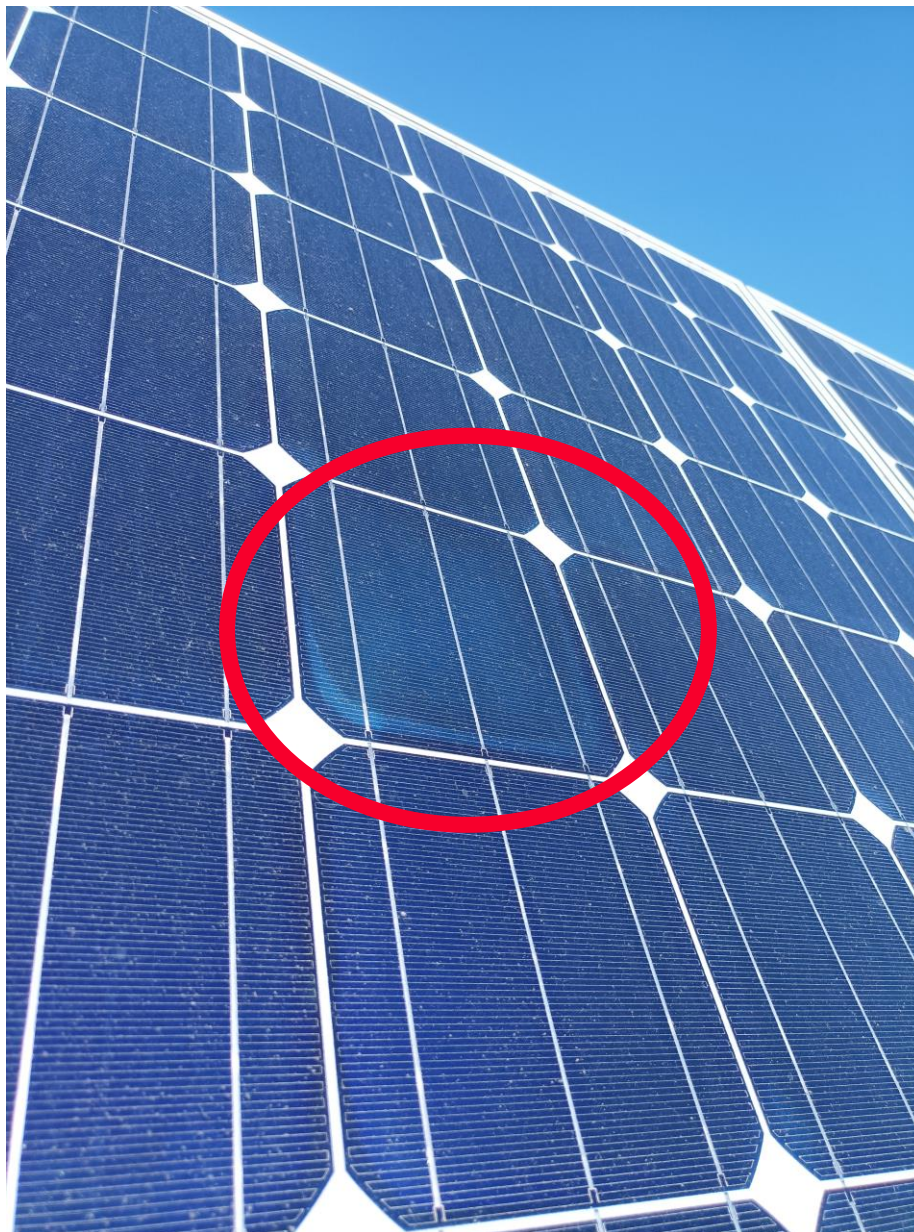
Délamination du Backsheet

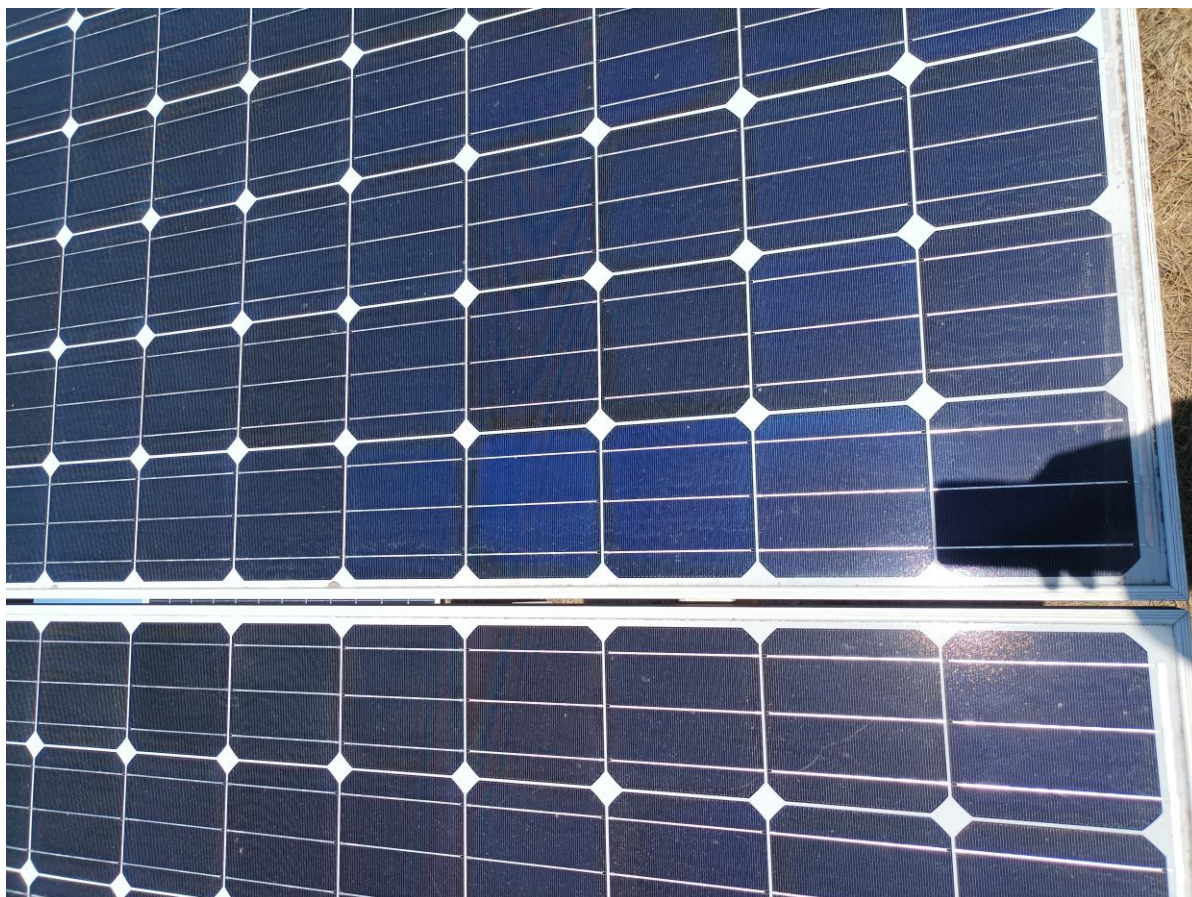
Lorsque le film EVA composant le backsheet est de qualité médiocre ou mal conservé par le fabricant ou trop longtemps, après quelques mois se produit une dégradation de la feuille support (backsheet). Des composants acides sont libérés et conduisent au jaunissement, à la formation d'ampoules dans le film (visibles sous forme de bulles ou de zones laiteuses brillantes), à la dégradation du film de protection et en partie à la corrosion de la cellule photovoltaïque. En raison de l'augmentation de l'absorption de chaleur, la décoloration du film de protection est accentuée, même en cours de fonctionnement.

La dégradation de l'EVA diminue l'étanchéité du module et permet à l'humidité d'y pénétrer. Cette dernière va entraîner sur le module un risque pour les biens et les personnes (défaut d'isolement/création de hot spot.)

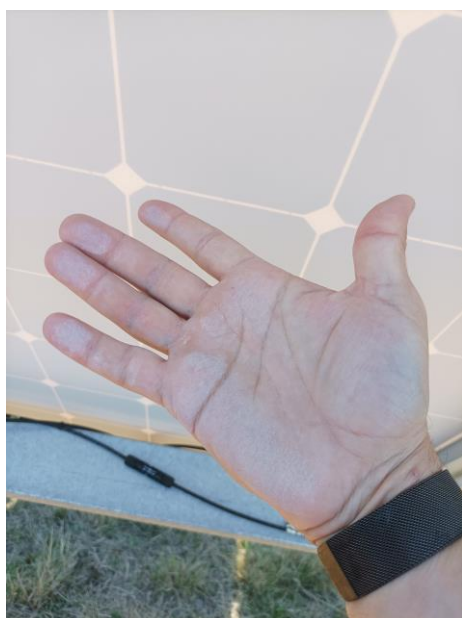
Sur CLAOUZIQUET Centrale Solaire nous avons pu constater :

- Des zones Laiteuses





Echauffement des cellules (visible par décoloration)



- Dégradation du backsheet, perte de l'imperméabilité, mise en place de l'humidité avec début corrosion.

Les formes laiteuses, le changement de couleurs, ainsi que le dépôt blanchâtre fait par la feuille support met en évidence la délamination du backsheet.

8 CONCLUSION

La vérification visuelle de l'ensemble des modules (soient 100 % des modules) de CLAOUZIQUET centrale Solaire lors de l'intervention sur site a mis en évidence que 90 % des modules audités présentent une dégradation due à un phénomène de délamination du backsheet. Ce phénomène génère un risque d'incendie dû à des court-circuits. La délamination de la feuille support entraîne également un risque d'électrocution pour le personnel de maintenance.

Au vu de tous ces éléments, nous considérons que le remplacement de tous les modules de cette centrale constitue la solution la plus pertinente pour remédier aux problèmes et sécuriser cette centrale.

9 ACCREDITATION

LABORATOIRE
NATIONAL
DE MÉTROLOGIE
ET D'ESSAIS



Certificat de Qualification

n° 34516 - 4

Organisme qualifié : **SOCOTEC GESTION**

Adresse : 5 Place des Frères Montgolfier
78280 - GUYANCOURT
FRANCE

Forme juridique : Société par Actions Simplifiée (SAS)

Nom du responsable légal du qualifié : Mme Delphine VILLARD (Directeur Général)

Compagnie d'assurance auprès de laquelle le qualifié est assuré : AXA Entreprises

Le LNE atteste que l'organisme qualifié, désigné ci-dessus, satisfait à l'ensemble des critères définis dans le référentiel LNE de qualification des prestataires d'audits énergétiques

Domaines de la (ou des) qualification(s) attribuée(s) :

Bâtiments
Procédés industriels
Transport

Lieu de rattachement des référents techniques nationaux :
SOCOTEC Gestion - St Quentin en Yvelines (78)

Date d'effet : 04 juillet 2022 **Date d'échéance du certificat :** 03 juillet 2023

Durée de validité de la qualification : 4 ans (jusqu'au 03/07/2026)
(sous réserve des contrôles annuels effectués par l'Organisme de qualification)



Renouvelle le certificat 34516-3



Pour le Directeur Général

Signature numérique
de PASCAL
PRUDHON ID
Date : 2022.07.01
13:50:45 +02'00'

Responsable du Pôle Certification Environnement, Sécurité et Performance

Qualifié le 12/2019

Laboratoire national de métrologie et d'essais • Etablissement public à caractère industriel et commercial
Siège social : 1, rue Gaston Boissier - 75724 Paris Cedex 15 • Tél. : 01 40 43 37 00 - Fax : 01 40 43 37 37
info@lne.fr • lne.fr • RCS Paris 313 320 244 - NAF : 7120B - TVA : FR 92 313 320 244

**ANNEXE
AU CERTIFICAT DE QUALIFICATION**

n° LNE- 34516 rév. 4

**LISTE DES FILIALES
ET LIEUX DE RATTACHEMENT DES REFERENTS TECHNIQUES**

Entreprise : **SOCOTEC Gestion**

Filiale	Adresse	Code postal - Ville
SOCOTEC Environnement	5 Place des Frères Montgolfier	78280 GUYANCOURT
SOCOTEC Equipements	5 Place des Frères Montgolfier	78280 GUYANCOURT



Section Inspection

ATTESTATION D'ACCREDITATION
ACCREDITATION CERTIFICATE
N° 3-1593 rév. 2

Le Comité Français d'Accréditation atteste que :
The French Committee for Accreditation certifies that :

SOCOTEC EQUIPEMENTS
5 Places des Frères Montgolfier
78280 GUYANCOURT
SIREN : 834096695

satisfait aux exigences de la norme : **NF EN ISO/CEI 17020:2012**
fulfils the requirements of the standard :
et aux règles d'application du Cofrac
and Cofrac rules of application
en tant qu'organisme d'inspection de type I / *As an inspection body of type : A*

Un organisme de type A est un organisme fournissant exclusivement des services d'inspection de tierce partie indépendante.

A type A body is a body exclusively providing "third party" inspection services.

pour les domaines d'activités de I / *for the domaine of activities of :*

ÉLECTRICITÉ / ELECTRICITY

ÉLECTROMÉCANIQUE / ELECTROMECHANICS

THERMIQUE - FLUIDES / THERMIQUE-FLUIDS

INFORMATIQUE - TELECOMMUNICATIONS / DATA PROCESSING - TELECOMMUNICATIONS

SANTÉ / HEALTH

BÂTIMENT - GÉNIE CIVIL / BUILDING - CIVIL ENGINEERING

pour lesquelles les activités sont précisément décrites dans l'annexe technique suivante / *which activities are precisely described in the following technical annex :*

3-1593 rév. 2

et réalisées à partir d'une ou plusieurs des Implantation(s) listées dans cette annexe technique.
and performed by one or several of the Geographical unit(s) listed in this technical annex.

Le Cofrac est signataire de l'accord multilatéral d'EA pour l'accréditation pour les activités objets de la présente attestation.

Cofrac is signatory of the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement for accreditation for the activities covered by this certificate.

Date de prise d'effet / *Granting date* : **01/07/2019**

Date de fin de validité / *Expiry date* : **30/06/2024**

Pour le Directeur Général et par délégation
On behalf of the General Director

La Responsable du Pôle Environnement / Transport,
Pole manager - Environment / Transport,


Hélène GIBIERGE

La présente attestation n'est valide qu'accompagnée de l'annexe technique.

This certificate is only valid if associated with the technical appendix.

L'accréditation peut être suspendue, modifiée ou retirée à tout moment. Pour une utilisation appropriée, la portée de l'accréditation et sa validité doivent être vérifiées sur le site internet du Cofrac (www.cofrac.fr).

The accreditation can be suspended, modified or withdrawn at any time. For a proper use, the scope of accreditation and its validity should be checked on the Cofrac website (www.cofrac.fr).

Cette attestation annule et remplace l'attestation N° 3-1593 Rév. 1.

This certificate cancels and replaces the certificate N° 3-1593 Rév. 1.

Seul le texte en français peut engager la responsabilité du Cofrac. *The Cofrac's liability applies only to the french text.*

Comité Français d'Accréditation - 52, rue Jacques Hillairet 75012 PARIS
Tél. : +33 (0)1 44 68 82 20 – Siret : 397 879 487 00031 – www.cofrac.fr



Section Inspection

Attestation N° 3-1593 rév. 2

ANNEXE TECHNIQUE

N° 3-1593 rév. 2

Organisme d'inspection accrédité :

SOCOTEC EQUIPEMENTS
5 Places des Frères Montgolfier
78280 GUYANCOURT

PORTEE D'ACCREDITATION

N° 1 - ÉLECTRICITÉ	
Phase, type et objet des inspections	Référentiels d'inspection (réglementaires, normatifs, CdC, ...)
1.1 - Installations Électriques	
1.1.2 - Vérifications des installations électriques des lieux de travail #	Arrêté du 26 décembre 2011 relatif aux vérifications ou processus de vérification des installations électriques ainsi qu'au contenu des rapports correspondants Circulaire DGT 2012/12 du 9 octobre 2012 relative à la prévention des risques électriques Normes applicables citées dans l'arrêté du 19 avril 2012 relatif aux normes d'installation intéressant les installations électriques des bâtiments destinés à recevoir des travailleurs Guides UTE associés aux normes techniques Code du Travail articles R.4226-14 et R.4722-26
➤ Vérifications initiales des installations électriques permanentes et sur demande de l'inspection du travail des installations électriques permanentes ou temporaires	
➤ Vérifications périodiques des installations électriques permanentes, sans modification de structure (vérifications réalisées sur la base des rapports de vérification précédents)	Code du Travail article R.4226-16
➤ Vérifications, avant mise en service, des installations électriques temporaires.	Code du Travail article R.4226-21 Arrêté du 30 avril 2012 relatif au contenu de l'imprimé utilisable pour la vérification de certaines installations électriques temporaires, aux modifications de l'arrêté relatif aux modalités d'accréditation des organismes chargés des vérifications initiales des installations électriques et sur demande de l'inspection et de l'arrêté relatif aux critères de compétences des personnes chargées d'effectuer les vérifications périodiques des installations électriques

➤ Vérifications biennales des installations électriques temporaires de type chantier de construction ou de réparation des navires et bateaux	Code du Travail article R.4226-21
1.1.3 - Vérifications effectuées par un organisme agréé en application du Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) # ➤ b) Vérifications techniques en phase exploitation des installations électriques et d'éclairage de sécurité	Code de la Construction et de l'Habitation (articles R123-1 à R123-55) Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP Textes et normes rendus applicables par les référentiels Méthode(s) d'inspection interne(s) développée(s) par l'organisme d'inspection
1.1.4 - Vérifications effectuées par un organisme agréé en application du Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Immeubles de Grande Hauteur (IGH) # ➤ b) Vérifications techniques en phase exploitation des installations électriques et d'éclairage de sécurité	Code de la Construction et de l'Habitation (articles R122-1 à R122-29) Règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique Textes et normes rendus applicables par les référentiels Méthode(s) d'inspection interne(s) développée(s) par l'organisme d'inspection
1.1.6 - Inspections réalisées dans un cadre autre que réglementaire ➤ Inspections par thermographie infrarouge	Cahiers des charges autres que réglementaires Méthode(s) d'inspection interne(s) développée(s) par l'organisme d'inspection

N° 2 - ÉLECTROMÉCANIQUE	
Phase, type et objet des inspections	Référentiels d'inspection (réglementaires, normatifs, CdC, ...)
2.1 - Équipements de travail	
2.1.1 - Prestations d'organismes habilités pour les machines et les composants de sécurité visées aux points 1 à 18, 22 et 23 de l'article R.4313-78 du Code du travail # ➤ Procédure d'Examen CE de type au titre de l'annexe IX de la directives machines 2006/42/CE - Catégorie 9 : presses, y compris les plieuses pour le travail à froid des métaux, à chargement ou à déchargement manuel dont les éléments mobiles peuvent avoir une course supérieure à 6 mm et une vitesse supérieure à 30 mm/s - Catégorie 13 : bennes de ramassage d'ordures ménagères à chargement manuel, comprenant un mécanisme de compression	Directive Machines 2006/42/CE transposée en droit français dans le Titre I du Livre III de la 4 ième partie du Code du travail Arrêté du 22 octobre 2009 modifié relatif aux conditions d'habilitation des organismes notifiés pour mettre en oeuvre les procédures d'évaluation de la conformité des machines Normes harmonisées au titre de la directive 2006/42/CE Guide pour l'application de la directive "machine" 2006/42/CE Circulaire DGT n°2010-01 du 04 février 2010 Fiches des coordinations françaises et européennes des organismes notifiés Notes techniques applicables Code du Travail (articles R.4313-23 à R.4313-42)
2.1.2 - Vérification de l'état de conformité d'équipements de travail sur demande de l'inspection du travail # ➤ Equipements de travail destinés au levage ➤ Echafaudages et autres moyens temporaire d'accès en hauteur ➤ Equipements de travail autres que les appareils de levage et les échafaudages	Code du Travail articles R.4722-5 et R.4722-6 Arrêté du 22 octobre 2009 relatif aux modalités de réalisation des vérifications de l'état de conformité des équipements de travail à la demande de l'inspection du travail ainsi qu'aux conditions et modalités d'accréditation des organismes chargés de ces vérifications Guide technique du 18 novembre 2014 relatif aux opérations de modification des machines en service Circulaire DRT n°99-7 du 15 juin 1999 Circulaire DRT n°2005-04 du 24 mars 2005 Circulaire DRT n°2005-08 du 27 juin 2005 Circulaire DGT n°2010-01 du 04 février 2010 Notes techniques applicables Autres référentiels techniques applicables conformément au pt.8 de l'annexe 1 de l'arrêté du 22 octobre 2009 Guide pour l'application de la directive "machine" 2006/42/CE

2.1.3 - Vérifications générales périodiques ➤ Presses et autres machines désignées par l'arrêté ➤ Appareils et accessoires de levage ➤ Echafaudages	Code du Travail (article R4323-23) Arrêté du 5 mars 1993 modifié soumettant certains équipements de travail à l'obligation de faire l'objet des vérifications générales périodiques prévues à l'article R. 233-11 du code du travail Arrêté du 24 juin 1993 soumettant certains équipements de travail des établissements agricoles visés à l'article L. 231-1 à l'obligation de faire l'objet de vérifications générales périodiques prévues à l'article R. 233-11 du code du travail Liste détaillée, des catégories d'équipements vérifiés, gérée par l'organisme d'inspection Arrêté du 1er mars 2004 modifié relatif aux vérifications des appareils et accessoires de levage Arrêté du 30 novembre 2001 fixant les conditions de vérification des équipements de travail utilisés pour le levage de charges, l'élévation de postes de travail ou le transport en élévation de personne (ET-2-A, art.9, § 1, § 3 et § 6) Circulaire DRT n°2005-04 du 24 mars 2005 Liste détaillée, des catégories d'équipements vérifiés, gérée par l'organisme d'inspection Arrêté du 21 décembre 2004 relatif aux vérifications des échafaudages et modifiant l'annexe de l'arrêté du 22 décembre 2000 relatif aux conditions et modalités d'agrément des organismes pour la vérification de conformité des équipements de travail
2.1.4 - Vérification avant mise en service ou avant remise en service ➤ Appareils et accessoires de levage A l'exclusion de l'examen d'adéquation prévu aux articles 5-I et 7 de l'arrêté du 1^{er} mars 2004 modifié ➤ Echafaudages	Code du Travail (articles R4323-22 et R4323-28) Arrêté du 1er mars 2004 modifié relatif aux vérifications des appareils et accessoires de levage Arrêté du 30 novembre 2001 fixant les conditions de vérification des équipements de travail utilisés pour le levage de charges, l'élévation de postes de travail ou le transport en élévation de personne (ET-2-A, art.9, § 1, § 3 et § 6) Circulaire DRT n°2005-04 du 24 mars 2005 Liste détaillée, des catégories d'équipements vérifiés, gérée par l'organisme d'inspection Arrêté du 21 décembre 2004 relatif aux vérifications des échafaudages et modifiant l'annexe de l'arrêté du 22 décembre 2000 relatif aux conditions et modalités d'agrément des organismes pour la vérification de conformité des équipements de travail

2.2 - Transports Mécaniques	
2.2.1 - Prestations d'organismes notifiés pour l'application de certaines procédures d'évaluation de la conformité à mettre en oeuvre sur les ascenseurs et les composants de sécurité pour ascenseurs # ➤ Inspection finale des ascenseurs au titre de l'annexe V de la directive ➤ Vérification à l'unité de conformité des ascenseurs au titre de l'annexe VIII de la Directive	Directive n°2014/33/UE du 26 février 2014 concernant les ascenseurs et les composants de sécurité pour ascenseurs Code de la Construction et de l'Habitation (Sous-section IV, de la section I du chapitre V du titre II du livre Ier - partie réglementaire) Normes harmonisées applicables au titre de la directive 2014/33/UE
2.2.2 - Vérifications au titre de la protection des travailleurs ➤ Vérifications générales périodiques des ascenseurs et équipements assimilés installés sur les lieux de travail	Code du Travail (article R4323-23) Arrêté du 29 décembre 2010 relatif aux vérifications générales périodiques portant sur les ascenseurs et les monte-charges ainsi que sur les élévateurs de personnes n'excédant pas une vitesse de 0,15 m/s, installés à demeure, et modifiant l'arrêté du 1er mars 2004 modifié relatif aux vérifications des appareils et accessoires de levage Textes et normes rendus applicables par les référentiels
2.2.3 - Vérifications effectuées par un organisme agréé en application du Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) # ➤ a) Vérifications techniques en phase exploitation des ascenseurs ➤ b) Vérifications techniques en phase exploitation des escaliers mécaniques et trottoirs roulants	Code de la Construction et de l'Habitation (articles R123-1 à R123-55) Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP Textes et normes rendus applicables par les référentiels Méthode(s) d'inspection interne(s) développée(s) par l'organisme d'inspection
2.2.4 - Vérifications effectuées par un organisme agréé en application du Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Immeubles de Grande Hauteur (IGH) # ➤ a) Vérifications techniques en phase exploitation des ascenseurs	Code de la Construction et de l'Habitation (articles R122-1 à R122-29) Règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique Textes et normes rendus applicables par les référentiels Méthode(s) d'inspection interne(s) développée(s) par l'organisme d'inspection

2.3 - Manèges et Attractions	
2.3.1 - Contrôles techniques réglementaires relatifs à la sécurité des manèges, machines et installations pour fêtes foraines et parcs d'attractions #	Loi n°2008-136 du 13 février 2008 relative à la sécurité des manèges, machines et installations pour fêtes foraines et parcs d'attractions Décret n°2008-1458 du 30 décembre 2008 pris pour l'application de la loi n°2008-136 Arrêté du 12 mars 2009 relatif aux modalités du contrôle de la sécurité des manèges, machines et installations pour fêtes foraines et parcs d'attractions (matériels liés au sol de façon permanente) NF EN 13814 - Machines et structures pour fêtes foraines et parcs d'attractions - Sécurité Textes et normes rendus applicables par les référentiels
➤ Contrôle initial des matériels neufs	Arrêté du 12 mars 2009 relatif aux modalités du contrôle de la sécurité des manèges, machines et installations pour fêtes foraines et parcs d'attractions (matériels itinérants)
➤ Vérification du contrôle réalisé par un service interne d'inspection	

N° 6 - THERMIQUE - FLUIDES	
Phase, type et objet des inspections	Référentiels d'inspection (réglementaires, normatifs, CdC, ...)
6.1 - Installations thermiques et conditionnement d'air	
6.1.4 - Installations destinées à la production et à la distribution d'énergie thermique ➤ Contrôle périodique des chaudières dont la puissance nominale est supérieure à 400 kW et inférieure à 20 MW #	Code de l'environnement (articles L.224-1, R.224-31 et R.224-41-2) Décret n°2009-648 du 09 juin 2009 relatif au contrôle des chaudières dont la puissance nominale est supérieure à 400 kW et inférieure à 20 MW Arrêté du 02 octobre 2009 relatif au contrôle des chaudières dont la puissance nominale est supérieure à 400 kW et inférieure à 20 MW ASTM D6522 Textes et normes rendus applicables par les référentiels

N° 11 - INFORMATIQUE - TELECOMMUNICATIONS	
Phase, type et objet des inspections	Référentiels d'inspection (réglementaires, normatifs, CdC, ...)
11.3 - Communications Radioélectriques	
11.3.1 - Vérifications effectuées par un organisme agréé dans certaines catégories d'Etablissement Recevant du Public, relatives aux communications radioélectriques des services de secours en opération # ➤ a) Vérification avant mise en service et vérification périodique, de la continuité des communications radioélectriques dans les infrastructures de bâtiment dans les Etablissements Recevant du Public (ERP)	Loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile (article 6 § 2) Décret n°2006-165 du 10 février 2006 relatif aux communications radioélectriques des services de secours en opération dans les ouvrages routiers, ferroviaires ou fluviaux ou dans certaines catégories d'établissements recevant du public et modifiant le code de la construction et de l'habitation Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP (article MS 71 et son instruction technique)

N° 14 - SANTÉ	
Phase, type et objet des inspections	Référentiels d'inspection (réglementaires, normatifs, CdC, ...)
14.1 - Dispositifs Médicaux	
14.1.1 - Contrôle de qualité externe des installations de diagnostic utilisant les rayonnements ionisants #	Code de la santé publique article L5212-1 article R5211-5 articles R5212-25 à R5212-34 Arrêté du 3 mars 2003 fixant les listes des dispositifs médicaux soumis à l'obligation de maintenance et au contrôle de qualité Arrêté du 13 février 2019 pris en application de l'article R.5212-29 du code de la santé publique et précisant les conditions d'accréditation des organismes de contrôle de qualité externe Mises au point établies par l'ANSM
➤ Contrôle de qualité externe des ostéodensitomètres	Décision du 20 avril 2005 fixant les modalités du contrôle de qualité des dispositifs d'ostéodensitométrie utilisant les rayonnements ionisants
➤ Contrôle de qualité externe des installations de mammographie analogique	Décision du 07 octobre 2005 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de mammographie analogique
➤ Contrôle de qualité externe des installations de mammographie numérique	Décision du 30 janvier 2006 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de mammographie numérique, modifiée par les décisions du 22 novembre 2010 et du 23 novembre 2012
➤ Contrôle de qualité externe de certaines installations de radiodiagnostic	Décision du 21 novembre 2016 fixant les modalités du contrôle de qualité de certaines installations de radiodiagnostic
➤ Contrôle de qualité externe des installations de radiodiagnostic utilisées pour des procédures interventionnelles radioguidées	Décision du 21 novembre 2016 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de radiodiagnostic utilisées pour des procédures interventionnelles radioguidées
➤ Contrôle de qualité externe des scannographes	Décision du 22 novembre 2007 fixant les modalités du contrôle de qualité des scannographes, modifiée par la décision du 11 mars 2011
➤ Contrôle de qualité externe des installations de radiologie dentaire	Décision du 08 décembre 2008 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de radiologie dentaire

14.1.2 - Contrôle de qualité externe d'installations de radiothérapie externe et de médecine nucléaire # ➤ Contrôle de qualité externe des installations de radiothérapie externe ➤ Contrôle de qualité externe des installations de médecine nucléaire à visée diagnostique	Code de la santé publique article L5212-1 article R5211-5 articles R5212-25 à R5212-34 Arrêté du 3 mars 2003 fixant les listes des dispositifs médicaux soumis à l'obligation de maintenance et au contrôle de qualité Arrêté du 13 février 2019 pris en application de l'article R.5212-29 du code de la santé publique et précisant les conditions d'accréditation des organismes de contrôle de qualité externe Mises au point établies par l'ANSM Décision du 27 juillet 2007 fixant les modalités du contrôle de qualité externe des installations de radiothérapie externe Décision du 25 novembre 2008 fixant les modalités de contrôle de qualité des installations de médecine nucléaire à visée diagnostique
14.4 - Equipements utilisés dans le cadre d'acte à visée esthétique	
14.4.1 - Contrôles relatifs aux installations de bronzage utilisant des rayonnements ultraviolets (UV) artificiels ➤ Contrôle technique initial et contrôle périodique des installations de bronzage par rayonnement UV artificiels mettant en oeuvre des appareils de type UV1 et UV3 #	Code de la santé publique (articles L1151-2 et L1152-1) Décret n°2013-1261 du 27 décembre 2013 modifié relatif à la vente et à la mise à disposition du public de certains appareils utilisant des rayonnements ultraviolets Arrêté du 20 octobre 2014 relatif à la traçabilité des appareils de bronzage et fixant les modalités du contrôle de ces appareils et les conditions d'accréditation des organismes chargés du contrôle Autres textes et normes rendues applicables par les référentiels d'inspection

N° 15 - BÂTIMENT - GÉNIE CIVIL	
Phase, type et objet des inspections	Référentiels d'inspection (réglementaires, normatifs, CdC, ...)
15.4 - Bâtiment : Etablissements en exploitation	
15.4.1 - Vérifications effectuées par un organisme agréé en application du Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) # ➤ a) Vérifications techniques en phase exploitation, des installations gaz, des installations de chauffage, des appareils de cuissons et de remise en température et des installations de désenfumage mécanique non associées à un SSI de catégorie A ou B ➤ b) Vérifications techniques en phase exploitation des moyens de secours (à l'exclusion des SSI de catégories A ou B) et des éléments d'équipement contribuant à la sécurité des personnes ➤ c) Vérifications techniques en phase exploitation, des systèmes de sécurité incendie (SSI catégorie A ou B) et installations de désenfumage mécanique associées	Code de la Construction et de l'Habitation (articles R123-1 à R123-55) Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP Textes et normes rendus applicables par les référentiels Méthode(s) d'inspection interne(s) développée(s) par l'organisme d'inspection
15.4.2 - Vérifications effectuées par un organisme agréé en application du Règlement de Sécurité pour la construction des Immeubles de Grande Hauteur (IGH) et leur protection contre les risques d'incendie et de panique # ➤ a) Vérifications techniques en phase exploitation des ouvrages et équipements, dans les IGH, incluant l'évaluation de la charge calorifique et la vérification des installations de fluides médicaux (à l'exclusion des installations électriques et d'éclairage de sécurité visées au 1.1.4b et des ascenseurs visés au 2.2.4a)	Code de la Construction et de l'Habitation (articles R122-1 à R122-29) Règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique Textes et normes rendus applicables par les référentiels Méthode(s) d'inspection interne(s) développée(s) par l'organisme d'inspection

Section Inspection

Liste des Implantations concernées par l'accréditation octroyée

DEVELOPPEMENT EQUIPEMENTS		
GUYANCOURT	Immeuble le Mirabeau 5 place des Frères Montgolfier 78280 GUYANCOURT	06.15.01.77.08
EQUIPEMENTS POLE ATLANTIQUE NORD LOIRE		
SAINT HERBLAIN	18 rue du coutelier CS 10389 44819 SAINT HERBLAIN Cedex	02.40.92.48.40
<i>Implantations rattachées :</i> - SAINT HERBLAIN (NANTES) - BESSINES - NIORT/LA ROCHELLE - LA ROCHE SUR YON - SAINT-NAZAIRE - LE MANS - ANGERS		
EQUIPEMENTS POLE BRETAGNE		
CESSON SEVIGNE	Immeuble le Noven - 13 rue Clos Courtet - 35510 CESSON SEVIGNE	06.24.48.90.21
<i>Implantations rattachées :</i> - CESSON SEVIGNE (RENNES) - GUIPAVAS (BREST) - PLOEMEUR (LORIENT) - QUIMPER - PLERIN (SAINT BRIEUC) - VANNES - SAINT MALO - CHANGE (LAVAL)		
EQUIPEMENTS POLE IDF EST		
VILLEPINTE	Zone Paris Nord 2 Batiment le Rostand- Hall D 22 avenue des Nations – CS 12044 93240 VILLPINTE	06.88.68.53.82

<i>Implantations rattachées :</i> - MAISON ALFORT - FELURY MEROGIS (SAINT GENEVIEVE DES BOIS) - MAGNY LE HONGRE - VAUX LE PENIL		
EQUIPEMENTS POLE IDF OUEST		
PARIS LA DEFENSE	11-13 Cours Valmy Tour Pacific 92977 PARIS LA DEFENSE	06.25.04.62.19
<i>Implantations rattachées :</i> - PARIS LA DEFENSE - GUYANCOURT - CERGY-ERAGNY		
EQUIPEMENTS POLE NORD PAS DE CALAIS		
LESQUIN	11 rue Paul Dubrule 59810 LESQUIN	06.60.53.44.63
<i>Implantations rattachées :</i> - LESQUIN - COQUELLES - ARRAS - DUNKERQUE		
EQUIPEMENTS POLE PICARDIE NORMANDIE		
BOIS GUILLAUME	ZAC La Bretèque – 114 rue Louis Blériot BP 726 76237 BOIS GUILLAUME CEDEX	07.77.95.45.22
<i>Implantations rattachées :</i> - BOIS GUILLAUME - ALENCON - HEROUVILLE SAINT CLAIR - CHERBOURG EN COTENTIN - SAINT LO - LE HAVRE - CREIL - DURY		
EQUIPEMENTS POLE ASSISTANCE TECHNIQUE		
GUYANCOURT	Immeuble le Mirabeau 5 place des Frères Montgolfier 78280 GUYANCOURT	04.72.11.45.79

<i>Implantations rattachées :</i> - LYON - LESQUIN - GUYANCOURT - STRASBOURG - SAINT HERBLAIN - MERIGNAC		
EQUIPEMENTS POLE GRAND EST		
TROYES	59, rue Raymond Poincaré 10000 TROYES	06.48.37.75.21
<i>Implantations rattachées :</i> - STRASBOURG - REIMS - TROYES - AUXERRE - NANCY - WOIPPY		
EQUIPEMENTS POLE ATLANTIQUE SUD		
MERIGNAC	Domaine du Millénium 3 impasse Henry le Chatelier 33692 MERIGNAC CEDEX	05.57.29.06.78
<i>Implantations rattachées :</i> - AGEN - PERIGEOUX - PAU - TARBES		
EQUIPEMENTS POLE CENTRE AUVERGNE		
CLERMONT FERRAND	Parc Technologique de la Pardieu 19 avenue Leonard de Vinci 63063 CLERMONT FERRAND CEDEX 1	07.76.15.17.16
<i>Implantations rattachées :</i> - AURILLAC - LE PUY EN VELAY - YZEURE - BRIVE LA GAILLARDE - ANGOULEME - POITIERS - LIMOGES		
EQUIPEMENTS POLE CENTRE BOURGOGNE FRANCHE COMTE		

ORLEANS	Le Masséna 122 bis ru du Faubourg Saint Jean 45000 ORLEANS	06.23.39.43.92
<i>Implantations rattachées :</i> - SAINT AVERTIN (TOURS) - MAINVILLIERS (CHARTRES) - CHATEAUROUX - BLOIS - VARENNES VAUZELLES - BOURGES - LONS LE SAULNIER - BESANCON - DIJON - BELFORT - CHATENOT LE ROYAL		
EQUIPEMENTS POLE MEDITERRANEE		
VITROLLES	Bastide Blanche 13127 VITROLLES	
<i>Implantations rattachées :</i> - MARSEILLE - VALBONNE - AJACCIO - NIMES		
EQUIPEMENTS POLE OCCITANIE		
TOULOUSE	3 rue Jean Rodier BP 34012 31028 TOULOUSE CEDEX 4	05.62.16.73.37
<i>Implantations rattachées :</i> - RODEZ - CAHORS/ MONTAUBAN - BOUJON SUR LIBRON - PERPIGNAN - MONTPELLIER		
EQUIPEMENTS POLE RHONE ALPES		
LYON	11 rue Saint-Maximin 69416 LYON	04.72.11.45.79
<i>Implantations rattachées :</i> - SAINT ETIENNE - BOURG EN BRESSE - ECHIROLLES - CHAMBERY - VALENCE		
EQUIPEMENTS POLE NUCLEAIRE		

Attestation N° 3-1593 rév. 2

WOIPPY	Par des Varimonts 10 avenue de Thionville Bat B2 CS 90661 57140 WOIPPY	06.24.63.52.76
<i>Implantations rattachées :</i> - LYON		
EQUIPEMENTS BL CHANTIER		
Paris la défense	11-13 cours Valmy Tour pacific 92977 PARIS La défense	
<i>Implantations rattachées :</i> - Paris la Defense - WOIPPY - MAISONS-ALFORT - LE HAVRE - ST HERBLAIN - LYON - LESQUIN		
AUTRES IMPLANTATIONS		
SOCOTEC REUNION	Batiment Cosinus, Technopole de la Réunion 8 rue Henri Cornu, BP 14007 97801 SAINT DENIS DE LA REUNION CEDEX 9	02.62.94.48.52
<i>Implantations rattachées :</i> - SAINT DENIS DE LA REUNION - SAINT PIERRE DE LA REUNION		
SOCOTEC ANTILLES GUYANE	Grand Camp Nord Centre Commercial La Rocade 97414 LES ABYMES	05.90.48.12.70
<i>Implantations rattachées :</i> - LES ABIMES - FORT DE France - CAYENNE		

Date de prise d'effet : 01/07/2019

Le Responsable d'Accréditation Pilote
The Pilot Accreditation Manager
Laurent SCHNEIDER

Cette annexe technique annule et remplace l'annexe technique 3-1593 Rév. 1.

Comité Français d'Accréditation - 52, rue Jacques Hillairet 75012 PARIS

Tél. : +33 (0)1 44 68 82 20 – Siret : 397 879 487 00031 – www.cofrac.fr



Le Bourget-du-Lac, le 17 février 2023

FEEDGY

83 Rue La Fayette
75009 PARIS

A l'attention de Harold DARRAS

Objet : Valeur ECS en CRE1
N/REF. : GB/20230217 – FEEDGY

Monsieur,

Suite à votre demande concernant le remplacement de modules défectueux devant répondre aux exigences d'évaluation carbone simplifiée « CRE1 » :

Modules d'origine : PANDA 72 CELL – MONOCRISTALLINS
Data sheet fournie par vos soins
Valeur ECS selon CRE1 non connue

par des modules répondant aux exigences d'évaluation carbone simplifiée « CRE4 » :

Modules JOLYWOOD MONOCRISTALLINS bi-faciaux JW-HD120N 72 cellules 460 W
Valeur ECS selon CRE4 : 562,969 kg-eq CO₂/kWc
Certificat ECS CERTISOLIS n°CRE4 N°032-2021_002 fourni par vos soins

Nous vous informons que :

- CERTISOLIS a établi le 6 février 2012 une ECS selon la méthodologie « CRE1 » pour le module « PANDA 72 CELL – MONOCRISTALLINS » identifié ci-dessus. Le résultat exact reste confidentiel mais il est très largement supérieur à 562,969 kg-eq CO₂/kWc ;
- il ne nous est plus possible de réaliser une ECS selon la méthodologie CRE1. En effet, les bases de données nécessaires au calcul ne sont plus accessibles ;
- une valeur d'ECS établie selon la méthodologie dite « CRE4 » est inéluctablement plus vertueuse qu'une valeur établie selon la méthodologie dite « CRE1 ». En effet, la méthodologie « CRE4 » est beaucoup plus exigeante que les précédentes et a permis notamment l'introduction des ACV qui sont devenues systématiques pour les composants les plus impactants, entraînant ainsi une très forte amélioration des process de fabrication, des technologies et des consommations, sans commune mesure avec les process de fabrication d'il y a 10 ans.

Je vous confirme que, d'un point de vue ECS, des modules JOLYWOOD tels qu'identifiés ci-dessus avec une ECS de 562,969 kg-eq CO₂/kWc selon « CRE4 » peuvent venir en remplacement de modules YINGLI tels qu'identifiés ci-dessus avec une ECS très largement supérieure selon « CRE1 ». Les modules JOLYWOOD sont très significativement plus vertueux que les modules YINGLI d'origine avec une ECS « CRE1 ».

Je reste à votre disposition pour toute information complémentaire.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Gisèle BOVO



Responsable Certification

Evaluation carbone simplifiée

Référence du module évalué

PANDA 72

Fabricant



Date	Révision	Objet	Diffusion
11/10/2013	V1.0	Création	
		Rédaction : Nicolas PLANCHENAUT	
		Approbation : Guillaume DAVID	
	V2.0		
		Rédaction :	
		Approbation :	
	V3.0		
		Rédaction :	
		Approbation :	

Annexes associées
- Yingli_ECS_Annexes

Certification ISO 9001-2008 FR12/01064

Certification ISO 14001-2004



SOLSTYCE SAS

Ingénierie solaire photovoltaïque moyenne et grande puissance

Adresse : 37 Rue des Mathurins, 75008 Paris

Téléphone : 01 83 62 13 27

Fax : 01 83 62 13 47

Email : contact@solstyce.fr

SOMMAIRE

I.	Introduction.....	3
II.	Synthèse de l'étude.....	4
III.	Rappels méthodologiques.....	7
A.	Principe de l'Evaluation Carbone Simplifiée.....	7
B.	Formule de calcul	8
C.	Détail des composants et processus industriel entrant dans l'évaluation.....	9
IV.	Inventaire	10
A.	Préambule	10
B.	Rappel du module évalué.....	10
C.	Inventaire des composants	11
D.	Identification des sites de production.....	12
V.	Purification du silicium	13
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	13
B.	Evaluation pour le site 1	13
VI.	Lingots et wafers	17
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	17
B.	Evaluation pour le site 1	17
VII.	Cellules photovoltaïques.....	19
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	19
B.	Evaluation pour le site 1	19
VIII.	Verre	21
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	21
B.	Evaluation pour le site 1	21
IX.	EVA.....	23
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	23
B.	Evaluation pour le site 1	23
X.	PET	25
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	25
B.	Evaluation pour le site 1	25
XI.	PVF.....	27
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	27
B.	Evaluation pour le site 1	27
XII.	Assemblage du module photovoltaïque	29
A.	Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc	29
B.	Evaluation pour le site 1	29
	Glossaire.....	31

I. INTRODUCTION

Solstyce, bureau d'études et société d'ingénierie, spécialisé en photovoltaïque, a été mandaté par Yingli Green Energy France pour réaliser l'évaluation carbone simplifiée du module PANDA 72 fabriqué par la société Yingli Green Energy.

Cette évaluation est réalisée conformément à la méthodologie définie par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) dans les documents suivant :

« Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire d'une puissance supérieure à 250 kWc »

« Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations photovoltaïques sur bâtiment de puissance crête comprise entre 100 et 250 kW »

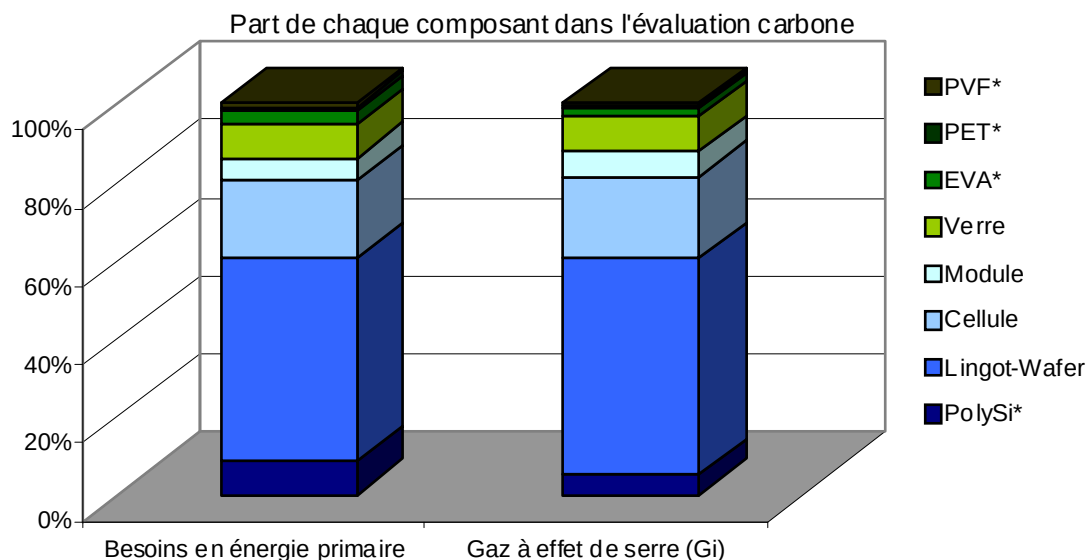
et en particulier dans leur Annexe 4 (modèle et méthodologie de l'Évaluation carbone simplifiée).

II. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

La fabrication du laminé photovoltaïque PANDA 72 d'une puissance de 320 Wc, fabriqué par la société Yingli Green Energy, émet **803.3 kgCO₂* par kWc***.

$$G = 803.3 \text{ kgCO}_2 / \text{kWc}$$

Composants	Unité	Quantité pour 1 kWc	Besoins en énergie primaire Mjep*	Gaz à effet de serre (Gi) kg CO2*
PolySi*	kg	2.20	1 082.3	41.1
Lingot-Wafer	wafer	225	6 762.9	445.9
Cellule	cellule	225	2 511.1	165.6
Module	m ²	6.09	796.9	52.5
Verre	kg	60.95	1 105.5	72.9
EVA*	kg	4.34	440.2	16.4
PET*	kg	1.21	104.6	3.9
PVF*	kg	0.38	133.4	5.0
TOTAL			12 937	803.3



* voir glossaire en fin de rapport

Tableau de synthèse des résultats pour l'ensemble des modules de la série PANDA 72

Ces valeurs ont été calculées d'après les résultats obtenus sur le module de référence.

Composant	315 Wc		320 Wc		325 Wc		330 Wc		335 Wc	
	Quantité par kWc	Gi kgCO2/kWc	Quantité par kWc	Gi kgCO2/kWc	Quantité par kWc	Gi kgCO2/kWc	Quantité par kWc	Gi kgCO2/kWc	Quantité par kWc	Gi kgCO2/kWc
PolySi	2.23	41.8	2.20	41.1	2.16	40.5	2.13	39.9	2.10	39.3
Lingot-Wafer	229	452.9	225	445.9	222	439.0	218	432.4	215	425.9
Cellule	229	168.2	225	165.6	222	163.0	218	160.5	215	158.1
Module	6.19	53.4	6.09	52.5	6.00	51.7	5.91	50.9	5.82	50.2
Verre	61.91	74.0	60.95	72.9	60.01	71.8	59.10	70.7	58.22	69.6
EVA	4.41	16.7	4.34	16.4	4.28	16.2	4.21	15.9	4.15	15.7
PET	1.23	4.0	1.21	3.9	1.19	3.8	1.17	3.8	1.16	3.7
PVF	0.39	5.0	0.38	5.0	0.38	4.9	0.37	4.8	0.37	4.7
TOTAL		816.0		803.3		790.9		778.9		767.3

Tableau de synthèse tel qu'exigé par la Commission de régulation de l'Energie et conforme à l'annexe 4 du cahier des charges :

	Quantification de chaque composant pour 1 kWc de puissance	Référence type du composant	Pays de fabrication	Coefficients de répartition des sources d'approvisionnement sur les différents sites de fabrication	Valeurs de CEDij unitaire
PolySi	2.197 kg	SoG-Si	Allemagne	100%	492.7 MJ/kg
Lingot-Wafer	225 wafers	Wafer Mc-Si	Chine	100%	30.06 MJ/wafer
Cellule	225 wafers	Cellule McSi	Chine	100%	11.16 MJ/cellule
Module	6.095 m ²	YP250P-29b	Chine	100%	130.8 MJ/m ²
Verre	60.947 kg	Verre trempé 3.2mm	Chine	100%	18.14 MJ/kg
EVA	4.344 kg	EVA	Japon	100%	101.3 MJ/kg
PET	1.211 kg	PET	Japon	100%	86.34 MJ/kg
PVF	0.383 kg	Tedlar	Japon	100%	348.7 MJ/kg

III. RAPPELS METHODOLOGIQUES

A. Principe de l'Evaluation Carbone Simplifiée

L'évaluation carbone simplifiée vise à calculer les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication du laminé photovoltaïque (module hors cadre), selon le modèle et la méthodologie précisés en annexe 5 du *Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire d'une puissance supérieure à 250 kWc*.

Cette évaluation intègre toutes les étapes de fabrication du laminé photovoltaïque, de l'extraction des matières premières jusqu'à l'encapsulation des cellules.

Périmètre de l'Évaluation Carbone Simplifié



B. Formule de calcul

La quantité de gaz à effet de serre par kWc* (G) est définie selon la formule suivante :

$$G = \sum_{\text{composants } i \text{ du laminé}} G_i = \sum_{\text{composants } i \text{ du laminé}} Q_i \times \left(\sum_{\text{sites } j \text{ de fabrication du composant}} x_{ij} \times \text{CED}_{ij} \text{ unitaire} \times \text{EM}_j / F_j \right)$$

Où :

- G, exprimé en kg-eq CO₂* par kWc, représente la quantité de gaz à effet de serre émise lors de la fabrication d'1 kWc de module,
- G_i, exprimé en kg-eq CO₂* par kWc, représente la valeur d'émission de gaz à effet de serre de du composant i du module rapportée à 1 kWc,
- Q_i représente la quantité du composant i contenue dans un kWc de module photovoltaïque
- x_{ij} représente la fraction de répartition des sites j de fabrication du composant i
- CED_{ij} unitaire, exprimé en MJ d'énergie primaire* par unité de quantification du composant, représente la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication du composant i par unité de quantification du composant (par exemple le m² pour le module) dans le site de fabrication j
- EM_j, exprimé en gramme équivalent CO₂ par kWh électrique, représente le contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication j du composant i
- F_j, exprimé en MJ d'énergie primaire par kWh électrique représente la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité par pays

Dans la suite de l'étude, on évalue pour chaque composant la valeur G_i, selon la formule suivante :

$$G_i = Q_i \times \left(\sum_{\text{sites } j \text{ de fabrication du composant}} x_{i,j} \times G_{i,j} \text{ unitaire} \right) = Q_i \times \left(\sum_{\text{sites } j \text{ de fabrication du composant}} x_{i,j} \times \text{CED}_{i,j} \text{ unitaire} \times \text{EM}_j / F_j \right)$$

où

- G_{i,j} unitaire = CED_{i,j} unitaire x EM_j x F_j
- G_{i,j} unitaire est la quantité de gaz à effet de serre émise pour produire une unité du composant i sur le site j.

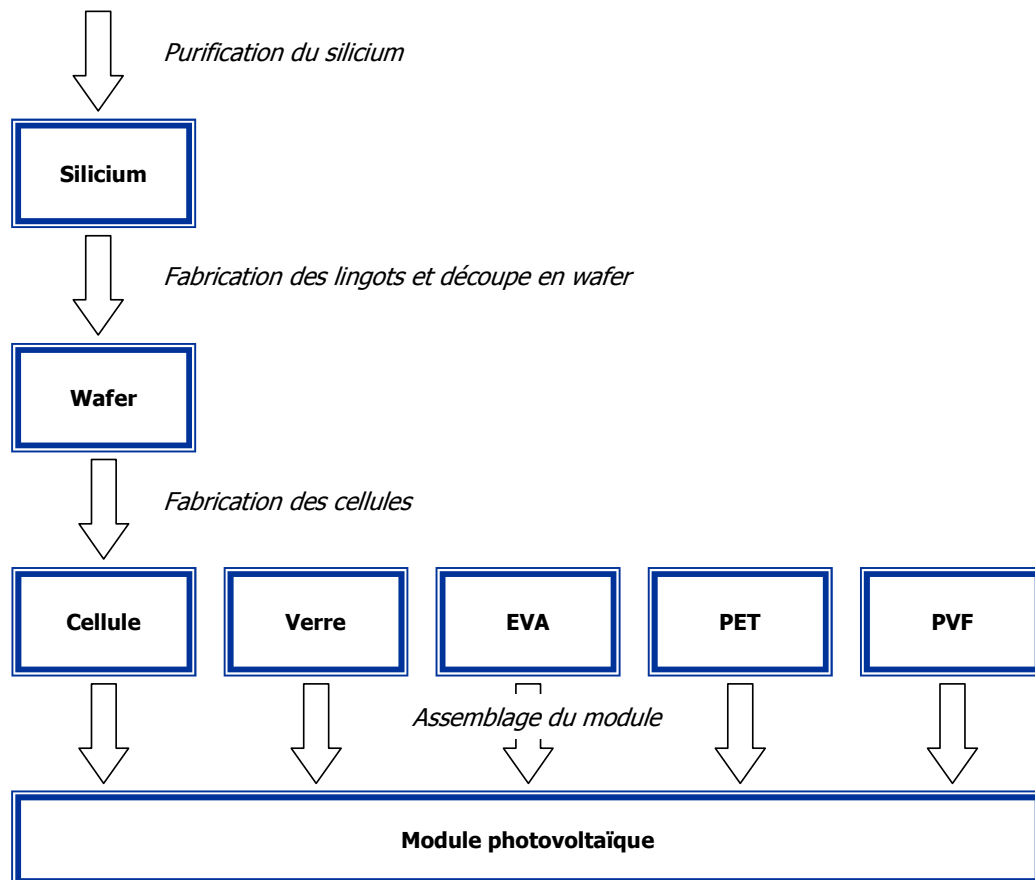
* voir glossaire en fin de rapport

C. Détail des composants et processus industriel entrant dans l'évaluation

Le processus de fabrication du laminé photovoltaïque est décomposé en huit étapes distinctes, correspondant à sept composants intermédiaires et l'assemblage final du module :

- Purification du silicium (de l'extraction des matières premières au silicium de qualité solaire (SoG-Si) ou équivalent),
- Cristallisation des lingots et fabrication des wafers,
- Fabrication des cellules photovoltaïques,
- Fabrication du verre (verre plat à faible teneur en fer), trempé ou non,
- Fabrication de l'EVA,
- Fabrication du PET,
- Fabrication du PVF,
- Assemblage du module photovoltaïque (hors pose du cadre).

Le schéma suivant représente les 8 composants et les étapes de fabrication associées :



 Unités étudiées dans l'évaluation carbone simplifiée

IV. INVENTAIRE

A. Préambule

L'inventaire réalisé en vue de l'analyse du bilan carbone comporte deux volets :

- **L'inventaire des composants** est la première étape de l'évaluation carbone simplifiée. Il s'agit de répertorier les composants utilisés et de déterminer la quantité de chacun d'eux contenue dans un kilowatt-crête de modules photovoltaïques.
- L'inventaire comprend également **l'identification des différents sites de fabrication** et leur contribution respective à la production du composant (**coefficient d'approvisionnement**).

Dans le cadre de cette étude, l'inventaire a été réalisé de la façon suivante :

- Collecte des données par Yingli Green Energy France, et notamment utilisation de l'Analyse de cycle de vie menée par Mariska De Wild-Scholten (SmartGreenScans) sur les modules de Yingli Green Energy en décembre 2011.
- Révision des données par Solstyce : complétude des données, vérification de leur pertinence sur la base de benchmark et de données techniques telles que la puissance du module ou l'épaisseur des cellules photovoltaïques

B. Rappel du module évalué

Fabricant :	Yingli Green Energy
Référence :	PANDA 72
Puissance du module (Wc) :	320
Longueur (mm) :	1970
Largeur (mm) :	990

C. Inventaire des composants

L'inventaire des composants du module évalué, selon les unités définies par la Commission de Régulation de l'Energie, est le suivant :

Composant	Unité	Quantité par kWc
PolySi*	kg	2.20
Lingot-Wafer	nb	225
Cellule	nb	225
Module	m ²	6.09
Verre	kg	60.95
EVA*	kg	4.34
PET*	kg	1.21
PVF*	kg	0.38

La quantité de silicium donc été calculée à partir des données suivantes :

- nombre de wafers : 72 wafers par module
- taille des wafers : quasi-carré - 0.156 x 0.156 m²
- épaisseur des wafers : 180 µm
- densité du silicium : 2329 kg/m³

La quantité de verre a été calculée à partir des données suivantes :

- surface d'un module photovoltaïque : 1.95m²
- épaisseur du verre : 4mm
- densité du verre : 2500 kg/m³

D. Identification des sites de production

Pour chaque composant, les sites de production sont les suivants :

Composant	Site	Fournisseur	Coefficients d'approvisionnement	Référence du composant	Pays de fabrication
PolySi*	Site 1	Wacker	100%	SoG-Si	Allemagne
Lingot-Wafer	Site 1	Yingli Green Energy	100%	Wafer Mc-Si	Chine
Cellule	Site 1	Yingli Green Energy	100%	Cellule McSi	Chine
Module	Site 1	Yingli Green Energy	100%	YP250P-29b	Chine
Verre	Site 1		100%	Verre trempé 3.2mm	Chine
EVA*	Site 1	Bridgestone	100%	EVA	Japon
PET*	Site 1	Toyo	100%	PET	Japon
PVF*	Site 1		100%	Tedlar	Japon

V. PURIFICATION DU SILICIUM

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par la purification du silicium pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$G_{\text{silicium}} = 41.1 \text{ kg CO}_2 / \text{kWc}$$

Tableau de synthèse du calcul de G_{silicium} :

Site	Pays	CED _{ij} unitaire MJ/unité	Emj gCO ₂ /kWh	Fj MJ/kWh	Gi unitaire kg CO ₂ / unité	Gi kg CO ₂ / kWc
Site 1	Allemagne	492.7	441	11.6	18.7	41.1

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de silicium

Valeur retenue :

$$CED_{\text{silicium},1} = 492.7 \text{ MJ ep / kg}$$

Le silicium purifié (SoG-Si) est obtenu en deux étapes :

- Etape 1 : fabrication de silicium de qualité métallurgique MG-Si
- Etape 2 : Purification du MG-Si par la société Wacker Chemie AG (Allemagne) pour obtenir du silicium de qualité solaire SoG-Si

Nous calculons $CED_{\text{silicium},1}$ à partir de 3 valeurs distinctes :

- 1) Besoin en énergie primaire pour la fabrication d'un kilogramme de MG-Si : $CED_{\text{MG-Si}}$
- 2) Quantité de MG-Si nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de SoG-Si
- 3) Besoin en énergie primaire pour la production d'un kilogramme de SoG-Si à partir de MG-Si (hors $CED_{\text{MG-Si}}$)

Les calculs qui suivent ont été menés en discussion avec Wacker, qui purifie le silicium métallurgique en silicium de qualité solaire (entre autres) dans son usine allemande de Burghausen.

1) Calcul de CED_{MG-Si}

Nous retenons la valeur indiquée dans le rapport « Photovoltaics » du *Swiss Centre for Life Cycle Inventory* pour la production de MG-Si. Il s'agit de la publication la plus pertinente concernant la fabrication de silicium de qualité métallurgique, et elle nous a été recommandée par Wacker. L'étude prend les hypothèses suivantes :

- Electricité selon le mix énergétique Norvégien,
- Charbon provenant d'Asie,
- Autres matériaux provenant d'Europe

Ces hypothèses restent pertinentes dans le cas du silicium métallurgique acheté par Wacker.

En particulier, le mix énergétique de la Norvège est le plus proche du mix énergétique réel observé chez les fabricants de silicium métallurgique, c'est-à-dire composé essentiellement d'hydroélectricité. En effet, les fabricants de silicium métallurgique s'installent à proximité immédiate de centrales hydroélectriques pour bénéficier de d'une sécurité d'approvisionnement ainsi que d'un prix de l'électricité réduit et stable.

L'hypothèse d'un mix énergétique norvégien est par ailleurs confortée dans le cas de Wacker, dont la moitié du silicium métallurgique vient de Norvège, via notamment son usine de Nolla.

La valeur retenue pour la production d'un kilogramme de silicium métallurgique est donc de $141.5MJ/kg_{MG-Si}$.

La publication utilisée comme source est fournie en annexe :

Part XII - Photovoltaics (2009), Niels Jungbluth, Matthias Stucki, Rolf Frischknecht - Swiss Centre for Life Cycle Inventory.

Informations sur l'usine de Wacker située à Nolla en Norvège :

http://www.wacker.com/cms/en/www_archive/www_2010/www_210/210_markets/210_norway/210_norway.jsp

2) Quantité de MG-Si nécessaire à la fabrication de SoG-Si

Nous retenons la valeur indiquée dans le rapport « Photovoltaics » du *Swiss Centre for Life Cycle Inventory* : 1.13 kg de MG-Si permettent de produire 1 kg de SoG-Si. Cette valeur est communément retenue dans la littérature depuis plusieurs années, bien que les évolutions technologiques permettent aujourd'hui à Wacker d'obtenir un meilleur rendement. La donnée retenue est donc conservatrice.

La publication utilisée comme source est fournie en annexe :

Part XII - Photovoltaics (2009), Niels Jungbluth, Matthias Stucki, Rolf Frischknecht - Swiss Centre for Life Cycle Inventory.

3) Purification en SoG-Si

La société Wacker utilise le procédé FBR (Fluidized Bed Reactor, « Réacteur à lit fluidisé » en Français), beaucoup moins consommatrice d'énergie que le procédé Siemens modifié utilisé traditionnellement. La consommation d'énergie du procédé a été calculée par Wacker et deux universités (Karlsruhe Institute of Technology et BIFA Umweltinstitut Augsburg). La valeur réelle reste cependant confidentielle et c'est une valeur conservatrice qui est retenue dans cette étude : 288 MJ/kg_{SoG-Si}.

La publication du Karlsruhe Institute of Technology est fournie en annexe :

Energy Payback time for crystalline silicon PV modules (2011), Thomas Wetzel, Florian Feuerstein, Karlsruhe Institute of Technology KIT

Informations sur le site de Burghausen et le procédé de fabrication :

<http://reports.wacker.com/2011/ar/pathstoinnovation/processinnovation.html>

Valeur finale obtenue pour le silicium de qualité solaire du fournisseur Wacker :

$$CED_{Wacker} = 141.5 \times 1.13 + 288 = 447.9 \text{ MJep/kg}$$

Bien que l'énergie nécessaire à la purification du silicium soit indiquée par Wacker, nous nous plaçons ici dans le cadre plus conservateur de la 2^e méthode de calcul de CED_{ij} unitaire définie par la CRE (valeurs issues de publications). La valeur est donc majorée de 10%.

2. Détermination du contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$EM_1 = 441 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE pour l'Allemagne. Conformément à la méthodologie décrite par la CRE, nous ne prenons pas en compte le mix énergétique réel des étapes de fabrication. La donnée EM₁ retenue est donc très conservatrice.

Les données sont issues de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO2 emissions from fuel combustion, 2010" et indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$\mathbf{F_1 = 11.6 \text{ MJep/kWh}}$$

Nous retenons la valeur proposée pour l'Allemagne par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

VI. LINGOTS ET WAFERS

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par la fabrication des wafers pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$\mathbf{G_{wafers} = 445.9 \text{ kg CO}_2 / \text{kWc}}$$

Tableau de synthèse du calcul de G_{wafers} :

Site	Pays	CEDij unitaire <i>MJ/unité</i>	Emj <i>gCO₂/kWh</i>	Fj <i>MJ/kWh</i>	Gi unitaire <i>kg CO₂ / unité</i>	Gi <i>kg CO₂ / kWc</i>
Site 1	Chine	30.1	745	11.3	2.0	445.9

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'un wafer

Valeur retenue :

$$\mathbf{CED_{wafers, 1} = 30.1 \text{ MJ ep / wafer}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la CRE pour la fabrication d'un wafer monocristallin en Chine. Cette valeur est majorée de 10%, conformément à la méthodologie décrite par la CRE. Les valeurs proposées par la CRE sont rappelées en annexe.

2. Détermination du contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$\mathbf{EM_1 = 745 \text{ gCO}_2/\text{kWh}}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE, issue de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO2 emissions from fuel combustion, 2010". Les données sont indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$F_1 = 11.3 \text{ MJep/kWh}$$

Nous retenons la valeur proposée par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

VII. CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par la fabrication des cellules pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$G_{\text{cellules}} = 165.6 \text{ kg CO}_2 / \text{kWc}$$

Tableau de synthèse du calcul de G_{cellules} :

Site	Pays	CEDij unitaire MJ/unité	Emj gCO ₂ /kWh	Fj MJ/kWh	Gi unitaire kg CO ₂ / unité	Gi kg CO ₂ / kWc
Site 1	Chine	11.2	745	11.3	0.7	165.6

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'une cellule

Valeur retenue :

$$CED_{\text{cellules}, 1} = 11.2 \text{ MJ ep / cellule}$$

Nous retenons la valeur issue du rapport Ecoinvent « Photovoltaïcs » (2009), dans le cadre de la 2^e méthode de calcul de CEDij unitaire proposée par la CRE.

L'étude Ecoinvent fournit les valeurs de CED pour la fabrication d'un mètre carré de cellules monocristallines (cellules de 0.156*0.156m²) en Europe, incluant la fabrication des wafers. Nous décomptons donc la consommation d'énergie associée à la fabrication des wafers (selon les hypothèses de l'étude), afin d'obtenir une valeur pour le processus de fabrication des cellules uniquement. Nous convertissons ensuite la donnée en MJ/cellule, et nous obtenons la valeur de 10.3 MJ/cellule. Cette valeur est retenue pour la Chine, les processus et l'efficacité énergétique étant sensiblement les mêmes (on notera notamment que la valeur de CEDij indiquée pour la Chine est

inférieure à celle indiquée pour l'Europe). Cette valeur est enfin majorée de 10%, conformément à la méthodologie décrite par la CRE.

2. Détermination du contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$\mathbf{EM_1 = 745 \text{ gCO}_2/\text{kWh}}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE, issue de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO₂ emissions from fuel combustion, 2010". Les données sont indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$\mathbf{F_1 = 11.3 \text{ MJep/kWh}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

VIII. VERRE

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par la fabrication du verre pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$G_{\text{verre}} = 72.9 \text{ kg CO}_2 / \text{kWc}$$

Tableau de synthèse du calcul de G_{verre} :

Site	Pays	CEDij unitaire <i>MJ/unité</i>	Emj <i>gCO₂/kWh</i>	Fj <i>MJ/kWh</i>	Gi unitaire <i>kg CO₂ / unité</i>	Gi <i>kg CO₂ / kWc</i>
Site 1	Chine	18.1	745	11.3	1.2	72.9

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de verre

Valeur retenue :

$$CED_{\text{verre}, 1} = 18.1 \text{ MJ ep / kg}$$

Le module évalué est composé d'un verre trempé. La valeur finale de $CED_{\text{verre}, 1}$ est donc la somme des CED du verre plat et de la trempe du verre.

Pour le verre plat (non trempé), nous retenons la valeur issue du rapport « Life Cycle Inventory of Building products » (2007), dans le cadre de la 2^e méthode de calcul de CEDij unitaire proposée par la CRE.

L'étude fournie pour la fabrication d'un kilogramme de verre en Europe une valeur de CED de 12.9MJ/kg. Cette valeur est retenue pour la Chine, les processus et l'efficacité énergétique étant sensiblement les mêmes (on notera notamment que la valeur de CEDij indiquée pour la Chine est inférieure à celle indiquée pour l'Europe). La valeur est enfin majorée de 10%, conformément à la méthodologie décrite par la CRE.

Pour la trempe du verre, nous retenons la valeur proposée par la CRE (3.59MJ/kg). Cette valeur est majorée de 10%, conformément à la méthodologie décrite par la CRE.

La publication utilisée comme source est fournie en annexe :

Life Cycle Inventory of Building products (2007), Daniel Kellenberger, Hans-Jörg Althaus, Tina Künniger, Martin Lehmann, Niels Jungbluth - Swiss Centre for Life Cycle Inventory.

2. Détermination du contenu CO2 de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$\mathbf{EM_1 = 745 \text{ gCO}_2/\text{kWh}}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE, issue de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO2 emissions from fuel combustion, 2010". Les données sont indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$\mathbf{F_1 = 11.3 \text{ MJep/kWh}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

IX. EVA

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par la fabrication de l'EVA pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$G_{EVA} = 16.4 \text{ kg CO}_2 / \text{kWc}$$

Tableau de synthèse du calcul de G_{EVA} :

Site	Pays	CEDij unitaire <i>MJ/unité</i>	Emj <i>gCO₂/kWh</i>	Fj <i>MJ/kWh</i>	Gi unitaire <i>kg CO₂ / unité</i>	Gi <i>kg CO₂ / kWc</i>
Site 1	Japon	101.3	436	11.7	3.8	16.4

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'un kilogramme d'EVA

Valeur retenue :

$$CED_{EVA, 1} = 101.3 \text{ MJ ep / kg}$$

Nous retenons la valeur proposée par la CRE pour la fabrication de l'EVA au Japon. Cette valeur est majorée de 10%, conformément à la méthodologie décrite par la CRE. Les valeurs proposées par la CRE sont rappelées en annexe.

2. Détermination du contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$EM_1 = 436 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE, issue de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO2 emissions from fuel combustion, 2010". Les données sont indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$\mathbf{F_1 = 11.7 \text{ MJep/kWh}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

X.PET

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par la fabrication du PET pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$\mathbf{G_{PET} = 3.9 \text{ kg CO}_2 / \text{ kWc}}$$

Tableau de synthèse du calcul de G_{PET} :

Site	Pays	CEDij unitaire <i>MJ/unité</i>	Emj <i>gCO₂/kWh</i>	Fj <i>MJ/kWh</i>	Gi unitaire <i>kg CO₂ / unité</i>	Gi <i>kg CO₂ / kWc</i>
Site 1	Japon	86.3	436	11.7	3.2	3.9

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de PET

Valeur retenue :

$$\mathbf{CED_{PET, 1} = 86.3 \text{ MJ ep / kg}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la CRE pour la fabrication du PET au Japon. Cette valeur est majorée de 10%, conformément à la méthodologie décrite par la CRE. Les valeurs proposées par la CRE sont rappelées en annexe.

2. Détermination du contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$\mathbf{EM_1 = 436 \text{ gCO}_2/\text{kWh}}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE, issue de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO2 emissions from fuel combustion, 2010". Les données sont indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$\mathbf{F_1 = 11.7 \text{ MJep/kWh}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

XI. PVF

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par la fabrication du PVF pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$\mathbf{G_{PVF} = 5.0 \text{ kg CO}_2 / \text{ kWc}}$$

Tableau de synthèse du calcul de G_{PVF} :

Site	Pays	CEDij unitaire <i>MJ/unité</i>	Emj <i>gCO₂/kWh</i>	Fj <i>MJ/kWh</i>	Gi unitaire <i>kg CO₂ / unité</i>	Gi <i>kg CO₂ / kWc</i>
Site 1	Japon	348.7	436	11.7	13.0	5.0

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de PVF

Valeur retenue :

$$\mathbf{CED_{PVF, 1} = 348.7 \text{ MJ ep / kg}}$$

Nous retenons la valeur de 317 MJ/kg de PVF, indiquée dans le rapport « Photovoltaïcs » (2009) du *Swiss Centre for Life Cycle Inventory*. Cette valeur, établie pour un site de production aux Etats-Unis, est reconnue à l'échelle internationale dans de nombreuses analyses de cycle de vie, et utilisée dans toutes les régions. Cette valeur est majorée de 10%, conformément à la méthodologie définie par la CRE.

La publication utilisée comme source est fournie en annexe :

Photovoltaïcs (2009), Niels Jungbluth, Matthias Stucki, Rolf Frischknecht - Swiss Centre for Life Cycle Inventory.

2. Détermination du contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$\mathbf{EM_1 = 436 \text{ gCO}_2/\text{kWh}}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE, issue de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO₂ emissions from fuel combustion, 2010". Les données sont indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$\mathbf{F_1 = 11.7 \text{ MJep/kWh}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

XII. ASSEMBLAGE DU MODULE PHOTOVOLTAÏQUE

A. Gaz à effet de serre émis pour 1 kWc

La quantité de gaz à effet de serre émise par l'assemblage du module photovoltaïque pour un kWc de laminés photovoltaïques est de :

$$G_{\text{laminé}} = 52.5 \text{ kg CO}_2 / \text{kWc}$$

Tableau de synthèse du calcul de $G_{\text{laminé}}$:

Site	Pays	CEDij unitaire MJ/unité	Emj gCO ₂ /kWh	Fj MJ/kWh	Gi unitaire kg CO ₂ / unité	Gi kg CO ₂ / kWc
Site 1	Chine	130.8	745	11.3	8.6	52.5

B. Evaluation pour le site 1

1. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la fabrication d'un mètre carré de laminé

Valeur retenue :

$$CED_{\text{laminé}, 1} = 130.8 \text{ MJ ep / m}^2$$

Nous retenons la valeur obtenue par Mariska De Wild-Scholten (SmartGreenScans) dans le cadre de l'analyse de cycle de vie réalisée sur les modules de Yingli Green Energy en décembre 2011.

2. Détermination du contenu CO₂ de l'électricité du pays de fabrication

Valeur retenue :

$$EM_1 = 745 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$$

Nous retenons la valeur fournie par la CRE, issue de la publication de l'AIE (International Energy Agency) "CO2 emissions from fuel combustion, 2010". Les données sont indiquées pour l'année 2008. La publication de l'AIE est disponible en annexe.

3. Détermination de la quantité d'énergie primaire nécessaire à la production d'un kWh d'électricité

Valeur retenue :

$$\mathbf{F_1 = 11.3 \text{ MJep/kWh}}$$

Nous retenons la valeur proposée par la base de données Ecoinvent, version 2.2. Cette base de données est une référence pour la réalisation d'analyse de cycle de vie.

GLOSSAIRE

EVA : Ethylvinylacetate (éthylène-acétate de vinyle en français), polymère (plastique) utilisé pour l'encapsulation des cellules, en face avant et en face arrière du module

PET : Polyethylene terephtalate (polytéréphtalate d'éthylène en français), polymère (plastique), utilisé dans le film en face arrière des modules

PVF : Polyvinyle fluoride (Polyfluorure de vinyle en français), polymère (plastique), utilisé dans le film en face arrière des modules.

MJep : Abréviation de MegaJoule d'énergie primaire. Conversion en kWh : $3.6 \text{ MJ} = 1 \text{ kWh}$.

PolySi : Désigne le silicium avant sa cristallisation. Il s'agit aujourd'hui dans l'immense majorité de « Solar grade silicon » (SoG-Si).

Wc : Watt-crête, unité de mesure de la puissance des modules photovoltaïques. Dans les conditions standard STC (ensoleillement de 1000 W/m^2 , température de 25 °C , masse d'air de 1,5), 1Wc produit une puissance d'un Watt. $1\text{kWc} = 1000\text{Wc}$

CED : Cumulative Energy Demand, énergie totale nécessaire à la fabrication d'un produit, de l'extraction des matières premières à sa fabrication.

g-eqCO₂ ou gCO₂ : grammes-équivalent CO₂, unité quantifiant les émissions de gaz à effet de serre. $1\text{kgCO}_2 = 1000\text{gCO}_2$