

Evaluation de la performance environnementale du projet de la centrale solaire de 50 MW à Blitta Losso au Togo

Présenté par

Coovi Moriaque Gaël GBONSOU

pour l'obtention du Master en Développement de l'Université Senghor

Département Environnement

Spécialité Gestion de l'environnement

le 22 septembre 2021

Devant le jury composé de :

Prof Louis SAWADOGO Président

Directeur de Recherche au Centre National de la
Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),
Burkina Faso

Dr Martin YELKOUNI Examineur

Directeur du Département Environnement à
l'Université Senghor à Alexandrie, Egypte

Prof Samuel YONKEU Directeur de mémoire

Enseignant-chercheur, maître de conférences,
professeur associé à l'Université Senghor, Alexandrie

Dr Koffi Efanam ADADJI Co-directeur de mémoire

Directeur Général de l'Agence Nationale de Gestion
de l'Environnement du Togo

Remerciements

Je voudrais ici exprimer ma profonde gratitude à toutes les institutions et personnes qui ont contribué de quelque manière que ce soit à l'aboutissement de ce travail. Je tiens à remercier, tout spécialement :

- Tout d'abord, l'Université Senghor à Alexandrie en Égypte, pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce programme de Master ;
- Dr. Martin YELKOUNI, Directeur du département Environnement et son assistante Mme Marie SAMY, pour tous les efforts consentis à l'égard de notre formation ;
- Prof. Samuel YONKEU, Directeur de mémoire, pour sa disponibilité à suivre ce travail avec beaucoup de rigueur ;
- tous les enseignants qui sont intervenus au département Environnement, pour la qualité des cours et des interactions ;
- Dr. Koffi Efanam ADADJI, Directeur Général de l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement du Togo (ANGE), Maître de stage et Co-directeur de mémoire, pour son encadrement avec ses conseils avisés ;
- M. Agoro SEBABE, Directeur des Evaluations et de l'Intégration Environnementales de l'ANGE, Tuteur de stage, pour son accompagnement et ses précieux apports ;
- M. Thaï BECKHODRO-NGATIMON, Consultant en Evaluation Environnementale sur le projet de la centrale de Blitta, pour sa disponibilité et ses précieux conseils ;
- M. Elom YAO, Chef service HSE sur le site du projet de la centrale, pour son soutien indéfectible et ses remarques pertinentes ;
- M. Joël KPATIDE, Directeur des Services Techniques de la mairie de la commune de Blitta 1, pour son accompagnement dans la réalisation des enquêtes ;
- tous les personnels de l'ANGE en particulier M. Martin SEMEGLO, Dr. Komivi MODJI, Mme Emefa TOULASSI, Mme Fortunée GBATI, M. Joseph MAGNIBO et Mme Amen ATTIOGBE, pour la collaboration et pour avoir échangé avec moi leurs observations.
- mon oncle Feu Symphorien GBONSOU pour son soutien indéfectible pendant toutes mes démarches d'inscription à l'Université Senghor, j'espère qu'il trouvera à travers ce travail une source de fierté et la preuve de reconnaissance d'un fils ;
- mon aîné Ulvick HOUSSOU, qui a accepté m'accompagner tout au long de ma formation et sa grande disponibilité à apporter ses idées à ce travail, merci pour tout ;
- mes frères Warice, Majid et Isis MAMADOU, pour l'intérêt qu'ils n'ont cessé de porter à mon travail depuis le secondaire jusqu'à la rédaction de ce mémoire ;
- la communauté béninoise et l'ensemble des étudiants de la 17ème promotion, particulièrement Euphrème, Jacques, Basilia, Emy, Younoussa, Carine, Issaga, Juslin, Rebecca, Fatime, Pascal, Fidèle, Nacheley, Jonas, Victoire pour la bonne entente, la solidarité, l'entraide et nos débats constructifs.

« Il n'y a guère au monde un plus bel excès que celui de la reconnaissance » Jean de la Bruyère

Dédicace

A

ma famille,

la famille MAMADOU,

mon amie Dhayaou YAHAYA.

Résumé

Le changement climatique impose aujourd'hui le choix de technologies vertes pour soutenir un développement durable en Afrique. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet d'installation d'une centrale solaire de 50 MW à Blitta Losso au Togo. L'objectif de ce projet est de contribuer à l'atténuation du changement climatique tout en réduisant la dépendance énergétique du Togo. Cependant, au regard des impacts sur l'environnement identifiés par l'étude d'impact du projet, la question est de savoir si l'installation de cette centrale solaire est dans sa trajectoire par rapport aux objectifs environnementaux fixés.

Sur la base de la théorie de la performance environnementale de Turki (2009) et à travers une démarche hypothético-déductive, nous avons conduit la présente étude. Nous avons aussi réalisé une analyse de la mise en œuvre du Plan de gestion environnementale et sociale (PGES) du projet. En outre, les riverains ont été enquêtés pour évaluer l'acceptabilité sociale du projet. Une analyse en composantes principales (ACP) a ensuite permis d'identifier les pratiques dominantes qui ont facilité ou non cette acceptabilité.

Les résultats obtenus ont permis d'identifier la destruction d'habitats écologiques ainsi que l'occupation et l'artificialisation des sols comme principaux impacts environnementaux que la mise en œuvre du PGES n'a pas résolu. Le projet de la centrale de Blitta présente un score de 72 % sur la grille de performance environnementale de Turki. L'étude a aussi évalué à 439 993,3 tonnes CO₂e, la quantité d'émissions de gaz à effet de serre évitée par le projet.

La réalisation d'un reboisement compensatoire, la mise en œuvre d'initiatives d'agrinerie pour favoriser la multifonctionnalité énergétique, environnementale et sociale du projet sont les principales pistes de solutions identifiées. Cette étude a démontré que le solaire photovoltaïque peut être écologiquement viable grâce à la mise en œuvre rigoureuse des PGES et à des procédures strictes de suivi de la performance environnementale.

Mots-clefs

Performance environnementale, Energie renouvelable, Photovoltaïque, Centrale électrique, Blitta-Togo

Abstract

Climate change now requires the choice of green technologies to support sustainable development in Africa. It is in this context that the project to install a 50 MW solar power plant in Blitta Losso, Togo, fits in. The objective of this project is to contribute to climate change mitigation while reducing Togo's energy dependency. However, in view of the environmental impacts identified by the project's impact assessment, the question is whether the installation of this solar power plant is on track to meet the environmental objectives set.

Based on Turki's (2009) theory of environmental performance and through a hypothetical-deductive approach, we conducted the present study. We also conducted an analysis of the implementation of the project's Environmental and Social Management Plan (ESMP). In addition, local residents were surveyed to assess the social acceptability of the project. A principal component analysis (PCA) was then used to identify the dominant practices that facilitated or hindered this acceptability.

The results identified the destruction of ecological habitats and land use and artificialisation as the main environmental impacts that the implementation of the ESMP did not resolve. The Blitta power plant project scores 72% on the Turki environmental performance grid. The study also estimated the amount of greenhouse gas emissions avoided by the project at 439,993.3 tonnes CO₂e.

Compensatory reforestation and the implementation of agri-energy initiatives to promote the energy, environmental and social multifunctionality of the project are the main solutions identified. This study has demonstrated that solar PV can be environmentally sustainable through the rigorous implementation of ESMPs and strict environmental performance monitoring procedures.

Key-words

Environmental performance, Renewable energy, Photovoltaic, Power plant, Blitta-Togo

Liste des acronymes et abréviations utilisés

- ACEE : Agence Canadienne de l'Évaluation Environnementale
- ACV : Analyse du Cycle de Vie
- ADEME : Agence du gouvernement français chargé de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- AE : Audit Environnemental
- AES : Aspects Environnementaux Significatifs
- AFD : Agence Française de Développement
- AIE : Agence Internationale de l'Énergie (IEA : International Energy Agency)
- ANGE : Agence Nationale de Gestion de l'Environnement
- AT2ER : Agence Togolaise d'Electrification Rurale et des Énergies Renouvelables
- BEGES : Bilan des Émissions de Gaz à Effet de Serre
- BM : Banque Mondiale
- CO₂ : Dioxyde de carbone
- CO_{2e} : Dioxyde de carbone équivalent
- CCE : Certificat de Conformité Environnementale
- CRE : Certificat de Régularisation Environnementale
- DBO : Demande Biochimique en Oxygène
- EE : Evaluation Environnementale
- ÉIE : Evaluation des Impacts Environnementaux / Etude d'Impact Environnemental
- EnR : Energies Renouvelables
- EPE : Evaluation des Performances Environnementales
- GES : Gaz à Effet de Serre
- GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)
- GHG Protocol : Greenhouse Gas Protocol
- Gt : Gigatonne
- HSAF : Forum d'évaluation de la durabilité de l'hydroélectricité
- ICE : Indicateurs de Condition Environnementale
- IED : Innovation Energie Développement
- IFC : International Finance Corporation (SFI : Société Financière Internationale)
- IEPF : Institut de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie (actuel IFDD)
- IFDD : Institut de la Francophonie pour le Développement Durable
- IPE : Indicateurs de Performance Environnementale
- IPM : Indicateurs de Performance de Management
- IPO : Indicateurs de Performance Opérationnelle
- IRENA : International Renewable Energy Agency
- IRP : International Resource Panel
- ISO : Organisation internationale de normalisation

- kWh : kilowattheure
- MEDDTL : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (France)
- MO/PGES : Mise en œuvre du PGES
- Mtep : Million de tonnes équivalent pétrole
- MW : Méga Watts
- MWc : Mégawatts crête
- OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques
- ONG : Organisation Non Gouvernementale
- PAP : Personnes Affectées par le Projet
- PAR : Plan d'Action de Réinstallation
- PCA : Principal Component Analysis (ACP : Analyse en Composantes Principales)
- PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale
- pH : Potentiel hydrogène
- PIBSE : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques
- PND : Plan National de Développement
- PP : Partie Prenante
- PVPS : Photovoltaic Power Systems
- RSE : Responsabilité Sociétale des Entreprises
- SGEE : Système Global d'Évaluation Environnementale
- UNEP : United Nations Environment Programme (PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement)
- WBCSD : World Business Council for Sustainable Development
- WHO : World Health Organization (OMS : Organisation Mondiale de la Santé)

Tables des matières

Remerciements	i
Dédicace	ii
Résumé.....	iii
Mots-clefs.....	iii
Abstract	iv
Key-words.....	iv
Liste des acronymes et abréviations utilisés.....	v
Tables des matières.....	vii
Introduction.....	1
1 L'évaluation environnementale de la centrale de Blitta, une nécessité pour confirmer la trajectoire environnementale du projet	4
1.1 Pourquoi faut-il évaluer les énergies renouvelables ?.....	4
1.1.1 Les énergies renouvelables, la seule alternative ?.....	4
1.1.2 Les énergies renouvelables, propres mais est-ce sans impact ?	6
1.1.3 L'évaluation des énergies renouvelables, intérêt pour les parties prenantes	9
1.2 La centrale Blitta, nécessité de l'évaluation de la performance environnementale	10
1.3 Enoncés des questions de recherche	11
1.3.1 Objectifs de l'étude	11
1.3.2 Questions de recherche	12
2 La performance environnementale, une approche transversale d'évaluation environnementale	13
2.1 Le concept de l'évaluation environnementale	13
2.2 Le plan de gestion environnementale et sociale	13
2.2.1 Principales caractéristiques du Plan de Gestion Environnementale et Sociale ...	13
2.2.2 Cadre d'exécution et du suivi du PGES au Togo.....	14
2.3 La performance environnementale	15
2.3.1 Théorie de la performance environnementale.....	15
2.3.2 Approche des agences multilatérales : le Groupe de la Banque Mondiale.....	17
2.3.3 Evaluation de la performance environnementale	20
2.4 Hypothèses de l'étude	23
3 Modèle d'analyse de la performance environnementale de la centrale de Blitta	25
3.1 Projet d'installation d'une centrale solaire de 50 MW à Blitta Losso.....	25

3.1.1	Présentation du projet	25
3.1.2	Description des spécifications techniques	26
3.1.3	Présentation du milieu biophysique d'accueil	27
3.1.4	Enjeux du projet	28
3.2	Choix méthodologiques	29
3.2.1	Fondement méthodologique	29
3.2.2	Choix des variables	30
3.2.3	Acquisition des données	32
3.2.4	Echantillonnage	33
3.3	Instruments de traitement des données	33
4	Gestion environnementale du projet de la centrale et leviers d'amélioration	35
4.1	Evaluation de la performance environnementale	35
4.1.1	Application de la grille de Turki.....	35
4.1.2	Analyse des aspects environnementaux significatifs.....	44
4.1.3	Analyse des impacts environnementaux selon les indicateurs de l'ADEME	49
4.2	Mise en œuvre du Plan de Gestion Environnementale et Sociale.....	50
4.3	Analyse de l'acceptabilité sociale du projet.....	54
4.4	Propositions d'amélioration de la performance environnementale des EnRs	56
4.4.1	Pour le projet de Blitta	56
4.4.2	Pour les futurs projets.....	58
	Conclusion	60
	Références bibliographiques.....	62
	Liste des illustrations.....	68
	Liste des tableaux.....	68
	Annexes	69

Introduction

Le développement de nos sociétés, à l'échelle mondiale, depuis l'ère industrielle a entraîné une demande énergétique sans cesse croissante. De 5 000 Mtep¹ en 1970, elle est passée à 12 000 Mtep en 2010 et a atteint 13 972 Mtep en 2017 (IEA, 2019). Selon l'Agence Internationale pour l'Energie (AIE), en 2017 cette consommation énergétique a encore reposé à 81,3% sur les énergies fossiles (32% pour le seul pétrole). Ce constat pose la question de la durabilité du modèle de dépendance aux énergies fossiles, compte tenu des difficultés inhérentes à leur exploitation, entre faisabilité technique restreinte et contexte géopolitique incertain (Laurent, 2015).

Cette augmentation des besoins s'accompagne de la diminution des ressources non renouvelables et d'émissions de gaz à effet de serre (GES), constituant une préoccupation majeure en lien avec les changements climatiques (Laurent, 2015). En outre, le lien étroit entre énergie, environnement et développement économique a fait l'objet de plusieurs travaux de recherches dont ceux de Kourouma (2005), Blanc (2015), Boiteau (2015), Bouyachou, (2017) etc. Ces études révèlent que la production, la distribution et l'utilisation de l'énergie constituent des sources d'impacts sur les milieux biophysiques et humains.

Dans les pays en voie de développement comme le Togo, se pose aussi le problème du déficit énergétique chronique, les besoins énergétiques élémentaires en électricité n'y étant pas assurés (Banque mondiale, 2013 ; Union Européenne, 2018). La production d'électricité dans le pays en 2016, était constituée d'une capacité propre installée et disponible de 127 mégawatts (MW) pendant que la demande de pointe était d'environ 230 MW (Union Européenne, 2018). Ce déficit énergétique renforce la précarité sociale, économique et énergétique et affecte l'ensemble des secteurs, en particulier la production industrielle (Banque mondiale, 2013).

Pour relever ce double défi environnemental et énergétique, de nombreux chercheurs ont introduit la notion de transition énergétique. Selon l'ADEME² (2018), la transition énergétique désigne « *le passage du système énergétique actuel vers un bouquet énergétique basé sur des ressources renouvelables* ». Ce concept suggère que les énergies renouvelables (EnR) constituent la solution pour relever le défi d'autosuffisance énergétique et pour maîtriser les impacts environnementaux du développement socio-économique, soit un modèle énergétique durable et responsable. Plusieurs sources d'énergies renouvelables sont nommément citées dans ce cadre. Il s'agit, entre autres, du solaire, de l'éolienne, de la géothermie et de la biomasse (Perron, 2010). L'énergie solaire photovoltaïque est notamment

¹ Mtep : Million de tonnes équivalent pétrole, il s'agit d'une unité d'énergie d'un point de vue économique et industriel. Le Mtep vaut 41,868 PJ (10 Pcal) soit l'équivalent du pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole (<https://www.geoplac.com>).

² ADEME : Agence du gouvernement Français chargé de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

le fer de lance de ces solutions alternatives. Elle est considérée comme une énergie verte en raison de la faible ou quasi nulle quantité de polluants, de déchets et d'émissions de GES que son utilisation génère pendant la phase d'exploitation (Boukari *et al.* 2017).

Au Togo, la stratégie énergétique du Gouvernement vise à atteindre un taux d'accès à l'électricité de 100% dans le pays d'ici 2030 (AT2ER, 2018). Dans ce contexte, le pays a souscrit à des accords régionaux et au niveau international à de nombreux engagements dans ce secteur et qui exigent que la part des énergies renouvelables atteigne 50% du bouquet énergétique national d'ici 2030 (Ministère des Mines et de l'Énergie, 2015). La valorisation du potentiel solaire fait partie de ces priorités, compte-tenu du potentiel disponible localement et de la compétitivité de cette source d'énergie (AFD, 2020).

C'est dans cette vision que s'inscrit le Projet de Construction d'une Centrale Solaire de 50 MWc³ à Blitta Losso au Togo. Ce projet vise à réduire la dépendance⁴ énergétique du Togo et contribuer à l'atteinte des objectifs du Plan national de développement (PND 2018 - 2022). Cependant, de nouvelles études soulèvent la question des impacts environnementaux de ces technologies dites renouvelables (Réseau d'expertise E7 & IEPF, 2001 ; Abdelhamid, 2008 ; Miquel, 2009 ; Abir & Inès, 2011 ; Turney & Fthenakis, 2011 ; Leguillier, 2013 ; Hernandez *et al.* 2014 ; Hastik *et al.* 2015 ; IED, 2016 ; Visser, 2016 ; Boukari *et al.* 2017 ; Tracz *et al.* 2018 ; ADEME *et al.* 2019 ; Guillaume, 2019 ; Namavira *et al.* 2019).

Si certains systèmes de production d'énergie renouvelable n'ont pas du tout ou ont peu d'impacts durant leur phase de fonctionnement, ils ont néanmoins un effet sur l'environnement : en amont de la chaîne de production durant la phase de fabrication et d'installation, et en aval pendant la fin de vie du système (Blanc, 2015). L'installation de centrales solaires par exemple nécessite de grandes surfaces qui généralement sont empruntées à des domaines agricoles ou des sites abritant des écosystèmes particuliers. Cette installation induit la destruction de milieux forestiers ou d'habitats écologiques dont la perte se répercute sur les espèces vivant dans ces milieux.

Dans le cas de la centrale de Blitta, au regard de la superficie de 117 ha de végétation et de terres agricoles détruite pour les aménagements, on se pose la question de savoir si ce projet d'énergie renouvelable s'inscrit véritablement dans la performance environnementale.

La recherche sur les pressions environnementales des EnR vise ainsi à proposer un cadre de gestion environnementale et sociale pour ces technologies et ainsi optimiser leurs bénéfices sociaux et environnementaux : la performance environnementale. Selon le dictionnaire du développement durable (Brodhag *et al.* 2004), les performances environnementales d'un

³ MWc : Mégawatts crête, unité désignant la puissance nominale (maximale délivrable) d'une installation photovoltaïque

⁴ La part majoritaire (91 % en 2011) de l'électricité togolaise est importée du Ghana et du Nigeria par la Communauté Electrique du Bénin (CEB)

organisme se traduisent par l'« *ensemble des résultats obtenus par la direction de l'organisme concernant ses aspects environnementaux* ».

La présente étude a lieu dans un contexte de faible disponibilité de données sur la performance environnementale des projets de centrale solaire dans le contexte ouest-africain et cherche à comprendre comment améliorer les bénéfices environnementaux des projets d'énergies renouvelables d'une manière générale et ceux de solaires photovoltaïques en particulier.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer la performance environnementale du projet de construction de la centrale solaire de 50 MW à Blitta au Togo. Il s'agit d'abord de réaliser un état des lieux de la mise en œuvre des objectifs environnementaux du projet ; ensuite d'identifier les sources de contre-performance environnementale et enfin de proposer des mesures d'amélioration de la gestion environnementale et sociale de ce projet.

L'étude se base à cet effet sur une démarche d'étude de cas avec une approche quantitative. A cet effet, ce travail est structuré en 4 chapitres. Le premier chapitre pose la problématique des impacts environnementaux liés aux énergies renouvelables et présente les outils et méthodes pour leur prise en compte. Le deuxième chapitre expose une synthèse des écrits sur l'évaluation de la performance environnementale. Le troisième chapitre quant à lui décrit le modèle méthodologique d'analyse adopté. Dans le quatrième chapitre, il est présenté et discuté les différents résultats obtenus à la suite de notre étude pour chacun des objectifs poursuivis. La formulation des propositions pour améliorer les performances environnementales du projet de la centrale photovoltaïque de Blitta est également faite dans ce dernier chapitre.

1 L'évaluation environnementale de la centrale de Blitta, une nécessité pour confirmer la trajectoire environnementale du projet

Les technologies d'énergies renouvelables de par leur étiquette « verte » sont considérées comme propres et leurs empreintes environnementales restent très peu évaluées. Cependant leurs impacts ne sont pas sans importance. Bien que le gouvernement du Togo ait misé sur ces technologies en mettant en place une centrale solaire de 50 MWc à Blitta pour contribuer à réduire sa dépendance énergétique, celle-ci n'est pas sans impact sur l'environnement.

Il y a lieu de comprendre les effets que cette option produit sur l'environnement à travers une évaluation systémique de ce projet. Mais avant, quelle est l'importance de l'évaluation environnementale pour les technologies d'énergies renouvelables ? Et pourquoi serait-il nécessaire de procéder à l'évaluation de la performance environnementale de la centrale solaire de Blitta ?

1.1 Pourquoi faut-il évaluer les énergies renouvelables ?

1.1.1 Les énergies renouvelables, la seule alternative ?

L'accroissement de la consommation d'énergie primaire, de celle des combustibles fossiles et tout particulièrement du charbon dans les dernières décennies, a entraîné une augmentation de façon quasi linéaire de 1994 à 2018 des émissions de gaz carbonique (CO₂), principal gaz à effet de serre, dues à la combustion (Missaoui & Marrouki, 2012). La part des combustibles dans les émissions de CO₂ provenant de la combustion est ainsi passée de 15 459 Mt en 1973 à 33 513 Mt en 2018 (IEA, 2020).

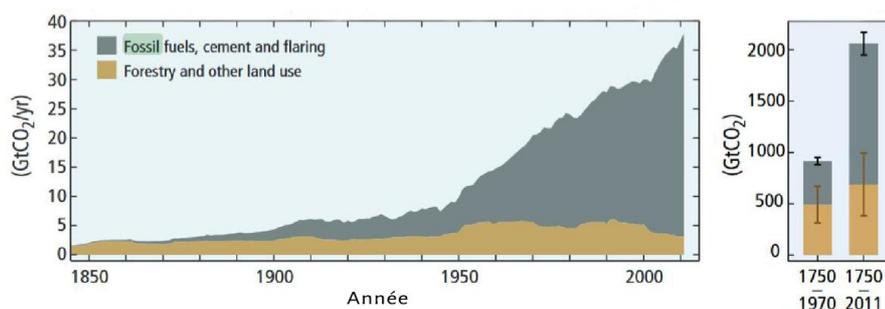


Figure 1 Émissions mondiales de CO₂ provenant de l'activité anthropique (Source : AIE, 2020)

Cette consommation d'énergie exponentielle reste dépendante de multiples contraintes (Missaoui & Marrouki, 2012) :

- Limite des réserves des énergies de stock : sur la base de la consommation annuelle actuelle, les réserves sont de deux à trois siècles pour le charbon mais de quelques

dizaines d’années pour le pétrole, de l’ordre du demi-siècle ou un peu plus pour le gaz naturel.

- Contrainte géopolitique : les plus grandes réserves de pétrole se situent au Moyen-Orient, zone fragile, objet des convoitises et des rivalités des grandes puissances.
- Atteintes à l’environnement, à la santé et à la vie humaine : pollution de l’air, de l’eau et du sol (en cas de fuite ou de déversement du pétrole), accidents graves (marées noires, catastrophes nucléaires, explosions dans les mines de charbon...), émissions de gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane), déchets radioactifs.

Les pays de l’Organisation de coopération et de développement économiques (Australie, Canada, Etats-Unis, Europe, Japon, Nouvelle-Zélande) représentent actuellement 13% de la population mondiale et 40% de la consommation mondiale d’énergie primaire et leur consommation annuelle moyenne par habitant est de 5,3 tep (IEA, 2019).

Au vu des 14 Mtep consommés aujourd’hui et des contraintes que nous connaissons déjà, il serait impossible que le reste de la planète atteigne ce même niveau de consommation avec les mêmes sources énergétiques : il nous faudrait quatre planètes Terre (Missaoui & Marrouki, 2012). Il est devenu impératif de changer de paradigme : la transition énergétique.

Le concept de la transition énergétique, introduit par l’association allemande Oko-institut⁵, vise à abandonner progressivement les énergies fossiles et/ou nucléaires au profit des énergies renouvelables (Bouyachou, 2017). Il s’agit pour chaque pays de construire un bouquet énergétique basé sur des ressources renouvelables (solaire, éolien, géothermie, hydroélectricité, biomasse, ...) suivant les potentialités avérées au niveau local.

Cette notion de transition constitue la base de toutes les nouvelles politiques énergétiques et climatiques non seulement au Togo mais dans la grande majorité des pays notamment ceux de la sous-région ouest-africaine. Encore faut-il que les technologies et pratiques promues par la transition énergétique soient performantes sur le plan environnemental.

Encadré 1

Les grandes organisations (AIE, OCDE, PNUE) et groupements d’experts internationaux (GIEC, PIBSE, WHO) en matière d’énergie, matériaux, environnement (climat, biodiversité, etc.) et santé humaine ont bien mis en évidence au cours des dernières années, par la publication de travaux références⁶ et consensuels en la matière, l’ampleur de la crise énergétique, environnementale et sanitaire qui touche le monde et la nécessité d’une rapide et profonde mutation et transition énergétique et écologique (ADEME *et al.* 2019).

⁵ L’Oko-Institut est un institut Européen de recherche et de conseil fondé en 1977 en Allemagne. Il développe des principes et des stratégies pour concrétiser la vision du développement durable aux niveaux mondial, national et local. www.oeko.de/en/the-institute

⁶ OCDE, « Global Material Resources Outlook to 2060: Economic drivers and environmental consequences », 2018 ; PNUE, « Global Resources Outlook, Natural Resources for the Future We Want », 2019 ; GIEC, « Climate Change », 2014 ; « Global Warming of 1.5 °C », 2018 ; « Climate Change and Land », 2019 ; PIBSE, « Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services », 2019 ; WHO, « Ambient Air Pollution », 2016.

Selon l'ADEME (2019), la combustion des fossiles est à l'origine de la pollution de l'air et de l'eau à travers l'émission directe, ou la production indirecte d'ozone, d'oxydes d'azote, de particules, de composés organiques volatils non méthaniques⁷, de dioxyde de soufre, de monoxyde de carbone, de métaux lourds (notamment plomb, mercure, arsenic, cadmium et nickel), et d'ammoniac. D'après les résultats de ces travaux, l'US Environmental Protection Agency (2019) estime que, 10 % des émissions mondiales annuelles de mercure sont directement liées à l'utilisation des combustibles fossiles. Les émissions de CO₂, quant à elles, accélèrent l'acidification des océans. Dans le même temps, environ 15 à 30% de la totalité des pertes de biodiversité notées dans les écosystèmes marins, d'eau douce et terrestre seraient dues aux changements climatiques et aux pollutions résultant essentiellement de l'utilisation des fossiles (ADEME *et al.* 2019).

De plus, le programme des Nations unies pour l'environnement (IRP & UNEP, 2019), estime à environ 5% les pertes globales de biodiversité qui seraient directement attribuables à l'extraction et à la première transformation des combustibles fossiles, en raison de l'impact sur les terrains de ces activités et des pertes d'habitats qui en résultent (ADEME *et al.* 2019). Les travaux du GIEC (2019) « *Climate Change and Land* », démontrent que les combustibles fossiles mettent en péril la sécurité alimentaire en raison de leur part importante dans les changements climatiques : augmentation des changements dans les précipitations, des températures et de la fréquence des événements extrêmes (IPCC, 2019). D'après la même source, les projections indiquent que le prix des céréales pourrait grimper de 29% d'ici 2050 en raison des impacts des changements climatiques. Ce qui pourrait entraîner 183 millions nouvelles personnes dans la famine. Les projections pour ce même horizon temporel, laissent entrevoir une dégradation de la qualité nutritionnelle des aliments (le blé pourrait perdre 6 à 12% de sa teneur en protéines, 4 à 7% du zinc et 5 à 8% du fer), ainsi qu'une distribution géographique des ravageurs et des maladies de plantes qui pourrait affecter négativement leur production, tout en augmentant les risques de disruption dans les approvisionnements (ADEME *et al.* 2019).

En ce qui concerne la santé humaine, les impacts de l'utilisation des combustibles fossiles sont très bien documentés : les émissions directes, ou indirectes de divers polluants ont des impacts sur le corps humain. Par exemple, selon l'organisation mondiale de la santé (WHO, 2019 cité par ADEME *et al.* 2019), la pollution de l'air pourrait être le risque environnemental le plus important pour la santé humaine. En particulier, les particules fines de diamètre < 2.5 µm (PM2.5), dont les combustibles fossiles sont en grande partie responsables, seraient le cinquième facteur de mortalité dans le monde, causant environ 3 millions de morts en lien avec la pollution de l'air extérieur (ADEME *et al.* 2019).

1.1.2 Les énergies renouvelables, propres mais est-ce sans impact ?

Les technologies d'énergies renouvelables considérés comme propres ne sont pas en réalité sans nuisances pour l'environnement, encore moins lorsqu'on considère tout le cycle de vie du système. Blanc (2015), illustre cet état de choses par deux exemples. La dépendance des éoliennes au néodyme et au dysprosium, deux métaux de la famille des terres rares qui constituent les aimants permanents actuellement nécessaires pour l'alternateur, illustre bien cette question sensible de la consommation des ressources minérales. L'autre exemple avec des technologies photovoltaïques très prometteuses comme le CIGS (cuivre, indium, gallium, sélénium) qui sont confrontées aux mêmes enjeux.

⁷ Gaz composés d'au moins un atome de carbone, combiné à un ou plusieurs des éléments suivants : hydrogène, halogènes, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote.

Les répercussions environnementales des EnRs diffèrent d'un projet à un autre suivant la technologie utilisée, la puissance installée et le milieu d'insertion. A titre illustratif, un projet d'installation d'un barrage hydroélectrique induira des effets majoritairement différents de ceux posés par l'installation d'une centrale solaire ou encore éolienne. Dans les lignes suivantes, nous présentons plus en détails les impacts des centrales solaires photovoltaïques. D'après les travaux du Réseau d'expertise pour l'électricité durable E7 et de l'IEPF (2001), dans le cas spécifique des projets de construction et d'exploitation d'une centrale solaire (photovoltaïque), les principaux enjeux soulevés sont :

- l'occupation du sol : conflit pour l'utilisation du territoire et impacts sur les écosystèmes naturels ;
- l'impact sur les paysages : impact visuel à cause des grandes superficies utilisées ; impact sur le tourisme (impacts négatifs et positifs) ;
- les impacts sur la faune et la flore lors des activités de construction : les projets de centrales solaires photovoltaïques nécessitent de grands espaces, ils entraînent ainsi la perte d'habitats écologiques accentuant la dégradation de la biodiversité ;
- le risque environnemental et pour la santé des travailleurs lié à l'utilisation de produits dangereux associés à la technologie des cellules photovoltaïques et des accumulateurs pendant la construction et l'exploitation de la centrale ainsi que lors de son démantèlement ;
- le risque environnemental lié à l'utilisation et à l'entreposage des produits liquides dangereux utilisés pour prévenir la corrosion des conduites thermiques ;
- le risque d'incendie lié à l'utilisation d'installations solaires décentralisées pour les bâtiments : l'incendie libère alors des produits toxiques dans l'environnement ;
- les impacts des installations annexes (fondation, route d'accès, transformateur, ligne).

D'après les travaux de l'ADEME *et al.* (2019), les impacts majeurs du solaire (photovoltaïque et thermique) touchent trois principales composantes de l'environnement : la biodiversité, les sols et les paysages. Les champs de production d'énergie solaire installés au sol peuvent impacter les écosystèmes au sein desquels ils s'insèrent, à travers de nombreuses interactions (Hastik, *et al.* 2015 ; Smith, *et al.* 2016 ; Gibson, *et al.* 2017 cités par ADEME *et al.* 2019), principalement les remaniements puis le recouvrement partiel du sol, les modifications de comportements de différentes espèces animales et les changements microclimatiques. Ces enjeux sont principalement identifiés lors des phases de construction, d'exploitation et de démantèlement (Lovich, *et al.* 2011 cité par ADEME *et al.* 2019).

La revue de littérature réalisée par ADEME *et al.* (2019) sur les principaux impacts du solaire photovoltaïque permet d'identifier en termes de biodiversité les impacts tels que : la destruction / altération des habitats, la modifications des milieux, le dérangement des individus et l'altération des activités, la blessure et la mortalité d'individus ainsi que la modifications des paramètres écologiques des habitats naturels (Miquel, 2009 ; Leroy, 2010 ; Lovich & Ennen, 2011 ; MEDDTL, 2011 ; Turney & Fthenakis, 2011 ; Katzner *et al.* 2013 ;

Hernandez *et al.* 2014 ; Kagan *et al.* 2014 ; Hastik *et al.* 2015 ; Montag *et al.* 2016 ; Smith & Dwyer, 2016 ; Visser, 2016 ; Gasparatos *et al.* 2017).

En ce qui concerne les impacts de l'énergie solaire sur les sols, il faut noter les impacts en termes de surfaces de sols consommées qui sont en effet parmi les plus mentionnés et illustrés dans la littérature. L'intensité de l'occupation des sols, dans le cas d'une centrale solaire installée au sol, est déterminée par l'envergure des infrastructures d'exploitation de la centrale. Il s'agit principalement de l'emprise relative aux panneaux photovoltaïques et, dans une moindre mesure, aux câbles de raccordement, aux locaux techniques, aux voies d'accès et aux zones de stockage (MEDDTL, 2011). Il existe également des impacts physiques sur les sols qui généralement sont liés aux phases de travaux et de production sur site. Ils sont localisés à l'échelle du site. La présence de panneaux solaires (photovoltaïques ou thermiques) au sol engendre de potentielles variations de température du sol ; dans une moindre mesure, elle peut modifier l'écoulement de l'eau sur les sols, donc l'érosion et le ruissellement, ainsi que la compaction des sols lors des étapes d'installation (ADEME *et al.* 2019). Des impacts chimiques, biologiques sur les sols et services écosystémiques sont également ressortis dans la revue de bibliographie.

Pour ce qui est des impacts sur les paysages, le photovoltaïque est le plus souvent traité sous l'angle des impacts visuels, des conflits d'usage et de l'acceptation sociale. L'impact visuel des parcs photovoltaïques au sol est déterminé par plusieurs facteurs dont le choix du site, le design du parc, l'intégration sur le site (dans son environnement) et l'aspect utilitaire du projet (Naspetti *et al.* 2016). Les impacts sont globalement proportionnels à l'étendue des parcs : les petits parcs photovoltaïques présentent peu d'impacts sur le paysage, au contraire des grands parcs photovoltaïques au sol qui impactent de manière importante l'histoire du lieu, les zones de cultures et les ambiances paysagères (Raková & Škorpil, 2012). L'acceptabilité sociale de cette énergie n'est pas générique et ne peut être extrapolée à toutes les régions, les contextes socio-culturels étant très différents.

Au regard de ces multiples enjeux et parce que les énergies renouvelables sont la seule alternative pour atténuer les changements climatiques sans altérer notre qualité de vie, l'évaluation environnementale des EnRs apparaît comme une nécessité. Plusieurs méthodes d'évaluation environnemental des EnR sont ainsi élaborées suivant les contextes et l'étape de mise en œuvre des projets. Il s'agit principalement de l'analyse du cycle de vie et des indicateurs qui en dérivent comme le temps de retour énergétique, de l'étude d'impacts environnemental et social (EIES), du bilan des émissions de GES, du corpus d'indicateurs d'impact des EnR élaboré par l'ADEME et de l'évaluation de la performance environnementale. L'ensemble de ces outils est présenté de manière exhaustive à l'annexe 12.

Il faut noter ici que dans le cadre du projet d'installation de la centrale solaire de 50 MW à Blitta Losso, objet de notre étude, une étude d'impact a déjà été réalisée. Cette évaluation a

permis de définir un plan de gestion environnementale et sociale (PGES) dont la mise en œuvre sera évaluée dans notre étude. Le tableau suivant présente la matrice des impacts potentiels du projet et leur importance :

Tableau 1 Impacts environnementaux et sociaux potentiels de la centrale solaire de 50 MW à Blitta

No.	Impact	Importance pendant la construction	Signification pendant le fonctionnement	Importance pendant le déclassement
1	Utilisation des terres	Négatif - Majeur	Négatif - mineur	Négatif - mineur
2	Qualité de l'air	Négatif - mineur	Positif - modéré	Négatif - mineur
3	Niveaux de bruit	Négatif - mineur	Neutre	Négatif - mineur
4	Ressources en eau	Négatif - Majeur	Négatif - mineur	Négatif - mineur
5	Impacts visuels	Négatif - mineur	Négatif - mineur	Négatif - mineur
6	Flore et faune	Négatif - mineur	Négatif - mineur	Négatif - mineur
7	Infrastructure existante	Négatif - mineur	Négatif - mineur	Négatif - mineur
8	Impacts socio-économiques	Positif - modéré	Positif - majeur	Négatif - modéré

Source : Namavira *et al.* 2019

1.1.3 L'évaluation des énergies renouvelables, intérêt pour les parties prenantes

Les projets énergétiques (renouvelables inclus) constituent l'une des principales catégories de projets de développement générant le plus de nuisances pour l'environnement. Bien que l'importance de la filière énergétique dans le développement des sociétés humaines ne soit plus à démontrer, il devient impérieux, au regard des enjeux présentés dans les sections précédentes, que les Etats prennent des dispositions pour construire un secteur énergétique non seulement rentable mais aussi écologiquement viable et socialement équitable. Cette démarche passe par le recours à des outils permettant de déterminer et de gérer les nuisances des projets d'énergies renouvelables sur les milieux naturels.

L'évaluation de la performance environnementale des énergies renouvelables apparaît donc comme une nécessité, pour les Etats, pour assurer une transition énergétique réellement vertueuse sur le plan environnemental et qui participe à atténuer les effets des énergies fossiles notamment le changement climatique. L'intérêt de cette évaluation est d'autant plus pertinent quand on regarde l'importance de cette évaluation pour l'ensemble des parties prenantes aux projets d'énergies renouvelables.

Pour les Etats, l'évaluation des énergies renouvelables permet de mieux planifier les politiques, plans et projets énergétiques afin de tenir compte du besoin de durabilité environnementale qui s'impose au regard du contexte des changements climatiques. D'une manière générale, pour les maîtres d'ouvrages, cette évaluation vise à s'assurer que les projets mis en place soient performants non seulement sur le plan économique mais également et surtout sur le plan environnemental.

Cette évaluation représente un processus systématique d'aide à la décision en vue de la construction d'une filière énergétique cohérente avec les objectifs de la transition écologique et énergétique. Il s'agit d'évaluer et de documenter les possibilités, les capacités et les fonctions des ressources des systèmes naturels et des systèmes humains en lien avec les activités des projets d'énergies renouvelables afin de faciliter la planification du développement durable et la prise de décision en général (ACEE, 1996 cité par Yonkeu, 2009).

Par ailleurs, les populations riveraines ou bénéficiaires des projets de développement notamment ceux énergétiques constituent l'une des principales cibles du processus d'évaluation environnementale. La procédure de l'évaluation environnementale oblige et initie la participation du public le plus en amont possible de la décision. Cette participation du public est consacrée par deux moments forts dans l'instruction des grands projets y compris ceux d'énergies renouvelables : d'abord le débat public ou information du public, lorsque se posent les questions de l'opportunité, des objectifs majeurs, des principaux partis d'aménagement envisageables, et ensuite, à un stade plus avancé, à travers l'enquête publique ou la consultation du public, qui porte sur un projet finalisé, avant la déclaration d'utilité publique.

Ainsi, l'évaluation environnementale apparaît comme une procédure d'implication et d'intégration des avis des parties prenantes notamment les communautés riveraines dès la phase de conception du projet jusqu'à la fin de vie. L'évaluation de la performance environnementale de la centrale de Blitta permet de s'assurer que le projet intègre et implique efficacement les populations riveraines à toutes les étapes de sa mise en œuvre.

1.2 La centrale Blitta, nécessité de l'évaluation de la performance environnementale

Selon une étude de la Banque Mondiale, en 2018, le Togo était à un taux d'électrification d'environ 45%. La puissance installée dans le pays est de 230 MW, pour 164 MW de thermiques et 66 MW d'hydroélectricité. La part majoritaire (91 % en 2011) de l'électricité est importée du Ghana et du Nigeria par la Communauté Electrique du Bénin (CEB)⁸.

Cette forte dépendance vis-à-vis de la production électrique étrangère retarde le Togo dans la mise en œuvre de ses objectifs de développement et de croissance économique. La sûreté/fiabilité de l'approvisionnement pose un sérieux problème lié notamment aux perturbations fréquentes que connaissent les réseaux électriques nigérian et ghanéen au niveau de la production et du transport (Banque mondiale, 2013).

Face à cette situation, suivant la stratégie d'électrification du Togo, en mars 2019, le gouvernement à travers le ministère des Mines et de l'Énergie a signé un protocole d'accord

8

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/16263/ACS4990WP00FRE0ox0379826B000PUBLIC0.pdf?sequence=5&isAllowed=y>, consulté le 29 avril 2021

avec le développeur solaire, AMEA Power, pour installer une centrale solaire de 50 MW au Togo (Namavira *et al.* 2019). Ce projet vise à augmenter la capacité électrique installée et participer aux contributions déterminées au niveau national pour l'atténuation des changements climatiques.

Aujourd'hui, entre la phase de construction et celle de mise en exploitation et au regard du contexte de ce projet, il est important de vérifier si l'installation de cette centrale solaire est toujours dans sa trajectoire par rapport aux objectifs environnementaux fixés. L'évaluation de la performance environnementale est le type d'évaluation adapté à cette étape du projet et elle s'inscrit dans une demande de l'Etat Togolais à travers l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement où nous avons effectué notre stage. Sur la base des résultats de l'évaluation environnementale en phase de planification (le PGES), il s'agit de réaliser un état des lieux de la gestion environnementale du projet pour déterminer si le projet reste cohérent par rapport aux objectifs recherchés, si ce projet s'inscrit véritablement dans un développement écologiquement soutenable. L'évaluation de la performance s'impose à la centrale de Blitta mais il s'agit surtout d'un outil de suivi évaluation pour identifier et corriger les sources de contre-performance environnementale.

1.3 Enoncés des questions de recherche

1.3.1 Objectifs de l'étude

La présente étude a lieu dans un contexte d'échec des énergies fossiles à répondre durablement aux besoins énergétiques en respect de l'environnement. Ainsi, nous cherchons à comprendre comment améliorer les bénéfices environnementaux des projets d'énergies renouvelables d'une manière générale et ceux de la centrale solaire photovoltaïque de Blitta en particulier.

L'objectif général du présent travail est d'évaluer la performance environnementale du projet de construction de la centrale solaire de 50 MW à Blitta au Togo. De manière spécifique, il s'agit :

- de réaliser un état des lieux de la mise en œuvre des objectifs environnementaux du projet ;
- d'identifier les sources de contre-performance environnementale du projet et
- de proposer des mesures d'amélioration de la gestion environnementale et sociale de ce projet.

1.3.2 Questions de recherche

Notre question de recherche est libellée comme suit : quels sont les résultats des efforts du projet de construction de la centrale solaire de Blitta dans la protection de l'environnement et dans la variation des pressions écologiques ?

Nous convenons d'élucider la question de recherche posée ci - dessus par deux questions spécifiques qui sont :

- quelles sont les défaillances dans la mise en œuvre des objectifs environnementaux du projet ?
- quels sont les facteurs, acteurs et outils que le projet de Blitta doit prendre en compte pour mieux maîtriser ses impacts environnementaux et améliorer ses performances environnementales ?

En conclusion au présent chapitre, nous pensons que le contexte d'urgence climatique impose que les choix d'aménagements soient sobres, efficaces et bénéfiques pour l'environnement. Les projets basés sur les technologies promues à cet effet comme ceux d'énergies renouvelables doivent faire l'objet d'évaluation spécifique pour déterminer s'ils restent cohérents par rapport aux objectifs environnementaux recherchés. C'est dans cette logique que s'inscrit la présente étude portant sur la performance environnementale de centrale de Blitta.

2 La performance environnementale, une approche transversale d'évaluation environnementale

Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse des écrits théoriques relatifs à la thématique de la performance environnementale et plus spécifiquement les notions d'évaluation environnementale et de plan de gestion environnementale et sociale dont nous avons présenté le cadre d'exécution et de suivi au Togo.

2.1 Le concept de l'évaluation environnementale

L'évaluation environnementale (EE) constitue l'un des principaux mécanismes de maîtrise des effets de l'action de l'homme sur les milieux naturels. Selon Yonkeu (2009), le concept d'EE est un terme générique qui s'applique à un ensemble de processus qui visent la prise en compte de l'environnement dans la planification des opérations ou du développement de projets, de plans, de programmes ou de politiques, tant en ce qui concerne l'État que l'entreprise. D'après l'Agence Canadienne de l'Évaluation Environnementale (ACEE), il s'agit d'un processus systématique qui consiste à évaluer et à documenter les possibilités, les capacités et les fonctions des ressources des systèmes naturels et des systèmes humains afin de faciliter la planification du développement durable et la prise de décision en général (ACEE, 1996 cité par Yonkeu, 2009). Nous retenons ici cette dernière définition.

2.2 Le plan de gestion environnementale et sociale

2.2.1 Principales caractéristiques du Plan de Gestion Environnementale et Sociale

Le plan de gestion environnementale et sociale (PGES) est le principal résultat d'une étude d'impact (EIES). Également considéré comme le plan environnemental d'atténuation ou de contrôle, il s'inscrit directement dans la lignée des instruments du processus d'EE (Benabidès, 2011). Selon Yonkeu (2009), le PGES est un plan d'action ou un système qui définit comment, quand, qui, quoi et où intégrer les mesures d'atténuation environnementale et de contrôle dans toute la mise en œuvre d'un projet. Il est un instrument détaillant les mesures à prendre durant la mise en œuvre et l'exploitation d'un projet afin d'éliminer, de réduire à un niveau acceptable ou de compenser les effets environnementaux négatifs d'un projet (Yonkeu, 2009).

Le PGES comprend les mesures d'atténuation, les programmes de surveillance et les exigences en matière de rapports, ainsi que les responsabilités institutionnelles pour la mise en œuvre et le suivi (Namavira *et al.* 2019). La mise en œuvre d'une mesure d'atténuation est susceptible de produire trois sortes d'effets, soit éliminer totalement l'impact ; soit éliminer partiellement l'impact ; soit ne pas éliminer l'impact (Leduc et Raymond, 2000). De ce fait, certaines mesures d'atténuation des impacts peuvent avoir en retour des effets négatifs sur

l'environnement. Il est donc important de suivre sa mise en œuvre afin de déceler les écarts et apporter les corrections ; le projet de la centrale de Blitta n'échappe pas à cette nécessité.

2.2.2 Cadre d'exécution et du suivi du PGES au Togo

L'intégration de la dimension environnementale dans les politiques nationales au Togo⁹ date de 1988, à travers le code de l'environnement qui instituait l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux (ÉIES) et les audits environnementaux (AE) internes et externes. Ces instruments sont restés les principaux outils utilisés en EE au Togo, appuyés par les PGES (Nyamanlobe, 2017 ; Tougnon-Assogbavi, 2020).

L'élaboration du PGES au Togo suit un canevas dont les éléments constitutifs sont définis par les guides généraux d'EIES et d'AE du Togo (ANGE, 2013 cité par Tougnon-Assogbavi, 2020)). Il existe des éléments de ressemblance presque sur tous les points pour ces deux outils sauf au niveau du type de mesures proposé dans chaque cas (Nyamanlobe, 2017). Les PGES conçus dans le cadre des EIE comprennent des mesures d'atténuation et de compensation. Pour les AE, on parle de mesures correctives aux non-conformités identifiées.

Les cadres d'exécution et de contrôle de la mise en œuvre du PGES élaboré à la suite des EIES et des AE étaient prévus dans le décret n°2006 – 058/PR du 5 juillet 2006 fixant la liste des travaux, activités et documents de planification soumis à étude d'impacts sur l'environnement et les principales règles de cette étude. Ce dernier a été actualisé en 2017 à travers le décret n°2017-040/PR du 23 mars 2017 fixant la procédure des études d'impact environnemental et social. Le suivi et contrôle de la mise en œuvre du PGES est également encadré par l'article 20 du décret 2011 – 041/PR fixant les modalités de mise en œuvre des audits environnementaux au Togo (Nyamanlobe, 2017).

Selon ces textes juridiques, l'exécution du PGES est de la responsabilité du promoteur qui se doit d'adresser des rapports trimestriels périodiques de mise en œuvre à l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE). L'ANGE est chargée de veiller à l'exécution par le promoteur, des engagements et des obligations définis dans le PGES pour l'ensemble des phases d'installation, d'exploitation et de cessation des activités. En synergie d'action avec les parties prenantes au projet, l'agence réalise le suivi et le contrôle du PGES établi.

Il est important de préciser que le Certificat de Conformité Environnementale (CCE) et/ou de Régularisation Environnementale (CRE), délivré aux promoteurs leur font obligation de mettre en œuvre l'ensemble des mesures et des engagements contenus dans le PGES.

Le décret n°2017-040/PR portant sur la mise à jour de la procédure d'ÉIES a constitué une réforme pour traiter des difficultés rencontrées dans la mise en œuvre des PGES sur le terrain

⁹ Le Togo est un pays côtier d'Afrique de l'Ouest, il partage ses frontières avec le Ghana, le Bénin et le Burkina Faso et compte environ 7,8 millions d'habitants sur une superficie de 56.600km² (Tougnon-Assogbavi, 2020).

pendant l'exécution des travaux. Selon Tougnon-Assogbavi (2020), ces difficultés résultent de deux causes principales : l'insuffisance des moyens financiers et humains mis à disposition pour la mise en œuvre du PGES et la faible implication des acteurs pluridisciplinaires dans la surveillance et le suivi environnemental et social.

Les mesures identifiées par l'ANGE pour corriger les insuffisances liées à la mise en œuvre des PGES sont de quatre ordres :

- Signature des conventions de suivi avec les promoteurs de projets (mesure déjà mise en œuvre) ;
- Renforcement des capacités de l'Agence nationale de Gestion de l'environnement (ANGE) (mesure en attente de mise en œuvre) ;
- Révision de la procédure d'élaboration et de transmission des rapports de mise en œuvre du PGES par les promoteurs (mesure en cours de mise en œuvre) ;
- Réalisation de contrôles inopinés par l'ANGE (mesure en cours de mise en route).

Le PGES représente le principal outil opérationnel d'amélioration de la performance environnementale d'un projet. Pour être efficace, le PGES doit être établi et validé dans les meilleures conditions avec la présence de toutes les parties prenantes (directes et indirectes). Ensuite chacune des mesures devra être mise en œuvre et au moment indiqué. Ainsi, nous retenons d'évaluer la mise en œuvre du PGES du projet de la centrale de Blitta dans cette étude.

2.3 La performance environnementale

2.3.1 Théorie de la performance environnementale

La notion de performance environnementale est jusqu'ici difficile à cerner au regard des multiples interprétations dont elle est sujette (Njoya Fenjou, 2011). Bien que les études portant sur le concept de performance environnementale soient nombreuses, les définitions qu'on en propose génèrent des problèmes conceptuels et opérationnels (Turki, 2009).

Une revue des écrits portant sur la définition du concept indique deux principaux courants de théories. La première catégorie portée par les parties prenantes, établit la performance environnementale comme un concept unidimensionnel. Dans ce cas, les définitions s'intéressent à un seul aspect, qui concerne les externalités négatives produites par les organisations (Turki, 2009). Ces définitions supposent que les entreprises sont performantes sur le plan environnemental si elles réussissent à réduire leurs empreintes sur l'environnement, notamment le volume de leurs rejets. Bien que cet aspect soit essentiel dans la mesure de la performance, il est judicieux de le compléter par d'autres, comme le degré d'utilisation des ressources (Makower, 1994 cité par Turki, 2009).

Cette définition rejoint le concept d'éco-efficience élaboré lors du sommet de Rio (1992). Selon le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) en 1996, la réalisation de l'éco-efficience est bénéfique pour les entreprises, puisque cela diminue à la fois la consommation des matières et les externalités négatives afin d'atteindre le développement durable, un concept englobant la performance environnementale (Turki, 2009).

D'autres approches, comme celle de Denning et Shastri (2000), peu mentionnées dans la littérature, se réfèrent à la conformité de l'organisme par rapport à la législation environnementale. Ces définitions supposent qu'une entreprise est performante sur le plan environnemental lorsqu'elle se conforme à la réglementation environnementale en vigueur. Cependant la conformité à la législation environnementale à elle seule ne peut présenter le niveau de performance environnementale d'une activité.

Selon la norme ISO 14031, la performance environnementale se définit comme étant l'ensemble des « *résultats mesurables du système de management environnemental, en relation avec la maîtrise par l'organisme de ses aspects environnementaux sur la base de ses objectifs et cibles environnementaux* » (ISO 14031, 2000 cité par Njoya Fenjou, 2011). Cette approche, présente que la notion de performance environnementale est fonction des engagements de l'entreprise, de ses aspirations ainsi que de ses attentes en matière d'environnement, et cela en lien avec les exigences locales, régionales ou globales auxquelles les parties prenantes et les organisations sont en règle générale soumises. Cette définition est la première qui décrit la performance environnementale comme un concept multidimensionnel.

L'analyse détaillée de ces deux courants d'idées sur le sujet permet d'établir que la performance environnementale est le résultat des efforts gestionnaires et techniques de l'entreprise dans la protection de l'environnement et dans la variation des pressions écologiques (Turki, 2009). Cette définition suppose qu'un système est performant sur le plan environnemental s'il réussit à réduire le volume de ses rejets, à diminuer à la fois la consommation des matières et les externalités négatives tout en restant conforme à la réglementation environnementale en vigueur (Makower, 1994 ; Porter et Van der Linde, 1995 ; WBCSD, 1996 ; Denning et Shastri, 2000 ; ISO, 2006 cités par Turki, 2009).

Pour Henri et Giasson (2006), la performance environnementale peut être analysée comme la résultante du croisement de deux axes qui ferait émerger quatre dimensions (Henri et Giasson, 2006 cités par Renaud, 2009) :

- l'amélioration des produits et processus, traduisant les avantages concurrentiels que l'entreprise tire de son programme environnemental ;
- la relation avec les parties prenantes, c'est à dire l'interaction qui existe entre l'entreprise et les parties prenantes extérieures telles que : les actionnaires, les clients, les fournisseurs, le gouvernement, etc... ;

- la conformité réglementaire et les impacts financiers qui traduisent le niveau de mise en œuvre des contraintes règlementaires ainsi que l'impact économique qui en découle, ce en rapport avec le programme environnemental ;
- les impacts environnementaux et l'image de l'entreprise qui expriment les externalités négatives ainsi que leurs impacts sur l'image de l'entreprise.

Tableau 2 Matrice de la performance environnementale

Axe Interne-Externe		
Axe processus-Résultats		
	Interne	Externe
Processus	Amélioration des produits et processus	Relations avec les parties prenantes
Résultats	Conformité réglementaire et impacts financiers	Impacts environnementaux et image de l'entreprise

Source : Henri & Giasson, 2006 cités par Njoya Fenjou, 2011

Par ailleurs, les résultats des mesures doivent faire l'objet d'une évaluation permanente, ce, dans l'optique d'envisager des améliorations éventuelles (Lebas, 1995 ; Bouquin, 2004 cités par Njoya Fenjou, 2011).

Dans le cadre de cette étude, nous retenons la définition de Turki (2009) qui suppose qu'un système est performant sur le plan environnemental s'il réussit à réduire le volume de ses rejets, à diminuer à la fois la consommation des matières et les externalités négatives tout en restant conforme à la réglementation environnementale en vigueur.

2.3.2 Approche des agences multilatérales : le Groupe de la Banque Mondiale

Les principales agences multilatérales d'aide au développement, notamment celles du Groupe de la Banque Mondiale (GBM) ont défini des approches différenciées de la performance environnementale. Il s'agit de la mise en place de séries de normes qui conjointement constituent un cadre de performance environnementale et sociale. L'International Finance Corporation (IFC), filiale du GBM chargée de l'investissement dans le secteur privé, a défini une série de huit (08) normes appelées « *normes de performance en matière de durabilité environnementale et sociale* »¹⁰. La Banque Mondiale, filiale du GBM chargée de l'investissement dans le secteur public, a quant à elle défini son propre cadre environnemental et social qui présente ses dix (10) « *Normes environnementales et sociales* ».

Les Normes de performance de l'IFC sont destinées à ses emprunteurs, auxquels elles fournissent des directives pour l'identification des risques et des impacts environnementaux et sociaux associés à leurs projets. Ces normes ont été conçues pour les aider à éviter, atténuer et gérer les risques et les impacts de manière à poursuivre leurs activités de manière durable.

¹⁰ https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/policies-standards/performance-standards, consulté le 10 juin 2021

Elles couvrent également, à cet égard, les obligations des clients de collaborer avec les parties prenantes et communiquer des informations concernant les activités au niveau du projet.

Conjointement, les huit Normes de performance (NP) définissent les critères que doit satisfaire un client¹¹ pendant toute la durée de vie d'un investissement de l'IFC pour être performant : NP 1 : Évaluation et gestion des risques et des impacts environnementaux et sociaux ; NP 2 : Main-d'œuvre et conditions de travail ; NP 3 : Utilisation rationnelle des ressources et prévention de la pollution ; NP 4 : Santé, sécurité et sûreté des communautés ; NP 5 : Acquisition de terres et réinstallation involontaire ; NP 6 : Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles vivantes ; NP 7 : Peuples autochtones ; NP 8 : Patrimoine culturel.

Dans le cadre du projet de construction de la centrale de Blitta, une analyse de conformité aux normes de l'IFC a été réalisée. Les recommandations issues de cette analyse ont été intégrées au plan de gestion environnementale et sociale.

Tableau 3 Synthèse des exigences des normes de performance de l'IFC

Norme de performance	Description
Norme de performance 1 : ÉVALUATION ET GESTION DES RISQUES ET DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX.	<p>Souligne l'importance de gérer la performance sociale et environnementale tout au long de la vie d'un projet.</p> <p>Contrôles à effectuer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Système de gestion environnementale, sociale, de la santé et de la sécurité, y compris manuel environnemental et social, de santé et sécurité, applicable au promoteur et au maître d'œuvre. - Politiques Environnementales, Sociales et en Santé et Sécurité - Structure organisationnelle, rôles et responsabilités - Identification des risques et des impacts - Plan d'atténuation et de gestion environnementale, sociale et en santé et sécurité - Énumérer les impacts sur la communauté voisine - Énumérer les mesures d'atténuation pour les collectivités touchées
Norme de performance 2 : MAIN-D'OEUVRE ET CONDITIONS DE TRAVAIL	<p>Reconnaît que la poursuite de la croissance économique par la création d'emplois et la génération de revenus doit être équilibrée avec la protection des droits fondamentaux des travailleurs.</p> <p>Contrôles à effectuer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Politiques et procédures en matière de ressources humaines (RH) - Conditions de travail et d'emploi - Logement des travailleurs - Organisations de travailleurs - Non-discrimination et égalité des chances - Licenciement - Mécanisme de règlement des griefs des travailleurs (WGM) - Le travail des enfants - Travail forcé

¹¹ Le terme « client » est utilisé au sens large dans toutes les normes de performance pour désigner la partie responsable de l'exécution et de l'exploitation du projet financé, ou le bénéficiaire du financement, selon la structure du projet et le type de financement accordé.

	- Travailleurs non-salariés et travailleurs engagés par des tiers / chaîne d'approvisionnement
Norme de performance 3 : UTILISATION RATIONNELLE DES RESSOURCES ET PRÉVENTION DE LA POLLUTION	Reconnait que l'augmentation de l'activité industrielle et l'urbanisation entraînent souvent des niveaux plus élevés de pollution de l'air, de l'eau et du sol. Contrôles à effectuer : - Émissions de gaz à effet de serre et adaptation - Source et utilisation de l'eau - Qualité de l'air et émissions dans l'air - Gestion des eaux usées - Gestion des déchets inertes, non dangereux et dangereux - Nuisances sonores
Norme de performance 4 : SANTÉ, SÉCURITÉ ET PROTECTION DE LA COLLECTIVITÉ.	Reconnait que les projets peuvent apporter des avantages aux collectivités, mais qu'ils peuvent aussi accroître l'exposition potentielle aux risques et aux répercussions des accidents, des défaillances structurelles et des matières dangereuses. Contrôles à effectuer : - Politique en matière de Santé et Sécurité - Santé et sécurité de la collectivité et des travailleurs - Infrastructure - Matières dangereuses - Trafic et transport - Préparation et intervention en cas d'urgence - Procédure de découverte fortuite - Préoccupations des parties prenantes (communauté à l'intérieur et à proximité du périmètre du site)
Norme de performance 5 : ACQUISITION DE TERRES ET RÉINSTALLATION INVOLONTAIRE.	S'applique aux déplacements physiques ou économiques résultant de transactions foncières telles que l'expropriation ou les règlements négociés. Contrôles à effectuer : - Communautés à l'intérieur du périmètre du site - Propriété foncière
Norme de performance 6 : CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ ET GESTION DURABLE DES RESSOURCES NATURELLES.	Favorise la protection de la biodiversité et la gestion et l'utilisation durable des ressources naturelles. Contrôles à entreprendre : - Biodiversité à l'intérieur du site - Aires protégées - Minéraux à l'intérieur du site - Pratiques de gestion des ressources naturelles (eau, etc.) - Pratiques de gestion des déchets
Norme de performance 7 : PEUPLES AUTOCHTONES	Vise à faire en sorte que le processus de développement favorise le plein respect des peuples autochtones. Vérifications à entreprendre : - Peuples autochtones sur le site ou dans les locaux du site - Considérations culturelles
Norme de performance 8 : HÉRITAGE CULTUREL.	Vise à protéger le patrimoine culturel des impacts négatifs des activités du projet et à soutenir sa préservation. Vérifications à entreprendre : - Patrimoine culturel à l'intérieur du site et à proximité

Source : Namavira *et al.* 2019

Les Normes Environnementales et sociales (NES)¹² de la Banque Mondiale, comme celles de l'IFC, sans définir la performance environnementale énoncent les exigences auxquelles doivent répondre les emprunteurs concernant les aspects environnementaux tout au long du cycle de vie du projet.

Les NES de la Banque Mondiale sont : NES 1 : Évaluation et gestion des risques et effets environnementaux et sociaux ; NES 2 : Emploi et conditions de travail ; NES 3 : Utilisation rationnelle des ressources et prévention et gestion de la pollution ; NES 4 : Santé et sécurité des populations ; NES 5 : Acquisition de terres, restrictions à l'utilisation de terres et réinstallation involontaire ; NES 6 : Préservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles biologiques ; NES 7 : Peuples autochtones/Communautés locales traditionnelles d'Afrique subsaharienne historiquement défavorisées ; NES 8 : Patrimoine culturel ; NES 9 : Intermédiaires financiers ; et NES 10 : Mobilisation des parties prenantes et information.

Ces normes de performance de l'IFC et de la banque mondiale ne sont en réalité pas approprié à une évaluation de la performance. Bien que très complètes et exhaustives, ces normes sont plutôt des standards de performance définis par ces institutions pour leurs besoins. Aussi la très grande diversité des éléments pris en compte dans ces différentes normes nécessite un profond travail de recherche qu'il n'était pas possible de réaliser pour cette étude au regard du temps qui nous a été accordé.

2.3.3 Evaluation de la performance environnementale

L'évaluation des performances environnementales d'une organisation nécessite la maîtrise d'un ensemble d'outils (Njoya Fenjou, 2011). D'une manière générale, cette évaluation fait appel à deux types d'outils : les systèmes d'indicateurs et les audits environnementaux. La principale différence entre ces deux outils réside dans le fait que les indicateurs permettent une mesure permanente de la performance, tandis que les audits environnementaux sont réalisés de manière périodique afin de vérifier la conformité du système à des exigences bien déterminées (Renaud, 2009).

Les indicateurs environnementaux

Les indicateurs environnementaux sont des grandeurs établies à partir de quantités observables ou calculables, reflétant de diverses façons possibles les impacts sur l'environnement occasionnés par une activité donnée (Tyteca, 2002). Ces indicateurs peuvent

¹² <https://www.banquemonde.org/fr/projects-operations/environmental-and-social-framework/brief/environmental-and-social-framework-resources>, consulté le 10 juin 2021

être rassemblés dans un tableau de bord environnemental qui les organise de façon synthétique pour un usage interne (Desmazes & Lafontaine, 2007).

Pour Personne (1998), l'évaluation des performances environnementales s'appuie sur les fondements suivants :

- acquisition de données quantitatives sur la situation de l'organisation vis-à-vis de l'environnement ;
- interprétation des données, par la construction d'indicateurs les situant par rapport à des critères de performances, de façon à identifier les écarts relatifs à ces critères ;
- synthèse des résultats pour la communication.

Pour la mesure de la performance environnementale, deux principaux systèmes d'indicateurs se dégagent : la norme ISO 14031 de la suite management environnemental et la grille de Turki (2009) extraite de son étude intitulée « *Comment mesurer la performance environnementale ?* »

La norme ISO 14031 catégorise les indicateurs en deux groupes : les indicateurs de performance environnementale (IPE) et les indicateurs de condition environnementale (ICE).

Dans la catégorie des IPE, la norme définit deux types d'indicateurs : les indicateurs de performance de management (IPM) qui établissent des informations sur les efforts accomplis par la direction pour améliorer la performance environnementale des opérations de l'organisation et les indicateurs de performance opérationnelle (IPO) qui fournissent des informations sur la performance environnementale des opérations de l'entreprise. Dans la deuxième catégorie, les ICE produisent des informations relatives à la condition locale, régionale, nationale ou mondiale de l'environnement. Ils permettent de voir le lien entre l'état de l'environnement à un moment donné et les activités de l'entreprise. Ces données peuvent aider l'organisation à mieux tenir compte de l'impact réel ou potentiel de ses activités.

Pour Renaud (2009), les indicateurs environnementaux de l'ISO 14031, comme les indicateurs financiers, ne sont pas exempts de critiques. Ils ne peuvent produire que des informations partielles car, ils fournissent une vue simplifiée de la réalité censée refléter des phénomènes complexes et souvent diffus. Prendre conscience de leurs limites et biais spécifiques fait partie de leur interprétation.

Les aspects environnementaux sont généralement complexes et souvent difficiles à quantifier ; la disponibilité et la qualité des données environnementales étant souvent médiocres, l'utilisation des indicateurs environnementaux de la norme ISO représente un véritable défi (Renaud, 2009).

Selon Turki (2009), la mesure de la performance environnementale suppose la détermination des composantes et des indicateurs environnementaux. La composante environnementale

représente un aspect de la performance environnementale, alors que les indicateurs environnementaux constituent des mesures numériques de cet aspect.

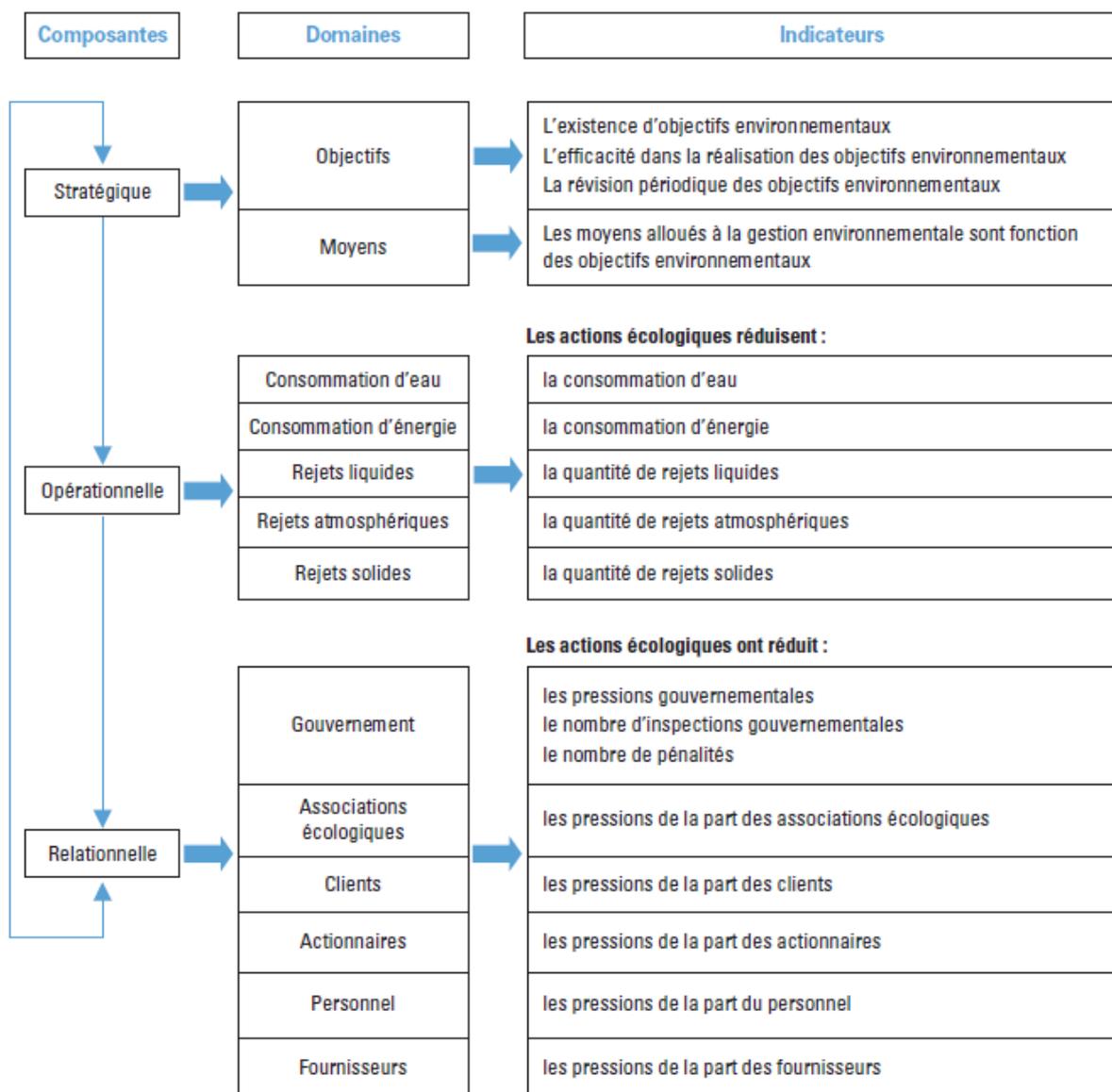


Figure 2 Modèle de mesure de la performance environnementale (Source : Turki, 2009)

Turki (2009) propose ainsi une méthode complète d'évaluation de la performance environnementale (Figure 2). Ce modèle méthodologique s'appuie sur trois composantes principales :

- la composante stratégique, qui évalue les efforts gestionnaires de l'organisation dans le domaine de la protection de l'environnement. Les indicateurs sont liés à l'existence d'objectifs et de moyen pour la gestion environnementale ;

- la composante opérationnelle, qui évalue les flux de rejets de la structure (essentiellement liquides, solides et atmosphériques) et de matières premières et d'énergie utilisées ;
- la composante relationnelle, qui évalue la nature des relations entre l'entreprise et ses partenaires. A ce niveau, les indicateurs cherchent à vérifier si les actions écologiques ont réduit : les pressions de la part des différentes parties prenantes.

Les audits environnementaux

L'audit environnemental d'une organisation peut être défini comme une évaluation séquentielle, objective, documentée et systématique des systèmes de gestion ainsi que de la performance de la qualité des équipements installés pour protéger l'environnement (Lafontaine, 1988 cité par Njoya Fenjou, 2011). Sa mise en œuvre facilite le contrôle par la structure, de ses pratiques en termes d'environnement, de sa conformité par rapport aux exigences réglementaires.

D'autre part, les résultats d'un audit environnemental peuvent constituer un instrument d'amélioration de l'image de l'organisation auditée auprès des parties prenantes, ce qui implique une amélioration de ses performances économiques (Renaud, 2009). Les audits se distinguent des indicateurs environnementaux par la nature continue de leurs processus de mise en œuvre. En dernier lieu, les performances environnementales permettent d'obtenir au niveau de l'organisation une carte synthétique de gestion environnementale dont l'objectif est d'exprimer ses bonnes pratiques environnementales à travers les données mesurées.

Pour évaluer la performance environnementale de la centrale solaire de Blitta, nous retenons le modèle d'évaluation environnementale de la performance environnementale de Turki (2009). Ce modèle est plus complet tout en gardant une prise en main facile et des outils de mise en route de l'évaluation.

2.4 Hypothèses de l'étude

Nous rappelons ici que notre question de recherche est libellée en deux questions spécifiques qui sont : (Q1) quelles sont les défaillances dans la mise en œuvre des objectifs environnementaux du projet ? et (Q2) quels sont les facteurs, acteurs et outils que le projet de Blitta doit prendre en compte pour mieux maîtriser ses impacts environnementaux et améliorer ses performances environnementales ?

Considérant les hypothèses comme des réponses anticipées à ces questions nous convenons de les libeller comme suit :

- H1: la destruction d'habitats écologiques est la principale répercussion environnementale non compensée du projet de la centrale de Blitta ;

- H2 : l'implication active et la prise en compte des recommandations de l'ensemble des parties prenantes facilite l'acceptabilité sociale du projet et participe à la performance environnementale du projet.

Le présent chapitre a ainsi, rapporté les approches théoriques fondamentales de la performance environnementale, ce qui nous a permis de retenir le modèle de Turki (2009) comme fil conducteur de notre étude. Nous avons également retenu d'évaluer la mise en œuvre du PGES, pour décrire les efforts de gestion environnementale du projet. Nous énonçons dans le chapitre suivant la méthodologie par laquelle nous envisageons mener la présente étude.

3 Modèle d'analyse de la performance environnementale de la centrale de Blitta

Le présent chapitre à la suite des précédents qui ont posé les bases de la réflexion sur la performance environnementale des projets d'énergies renouvelables vise à présenter la démarche méthodologique mise en place pour atteindre les objectifs de l'étude. Après une brève description du projet de la centrale solaire de Blitta, nous présentons le modèle d'analyse conçu sur la base des théories recensées dans la littérature. Les outils et instruments de collecte et de traitement de données sont également présentés dans ce chapitre.

3.1 Projet d'installation d'une centrale solaire de 50 MW à Blitta Losso

3.1.1 Présentation du projet

Pour la mise en œuvre du projet, l'Agence togolaise d'électricité et d'énergies renouvelables (AT2ER) est le maître d'ouvrage délégué. AMEA Power est le développeur chargé de la conception, du financement, de l'installation, de l'exploitation, de la maintenance et du transfert de la centrale solaire photovoltaïque à la fin de la concession. La filiale locale Amea Togo Solar constitue de fait le maître d'œuvre du projet.

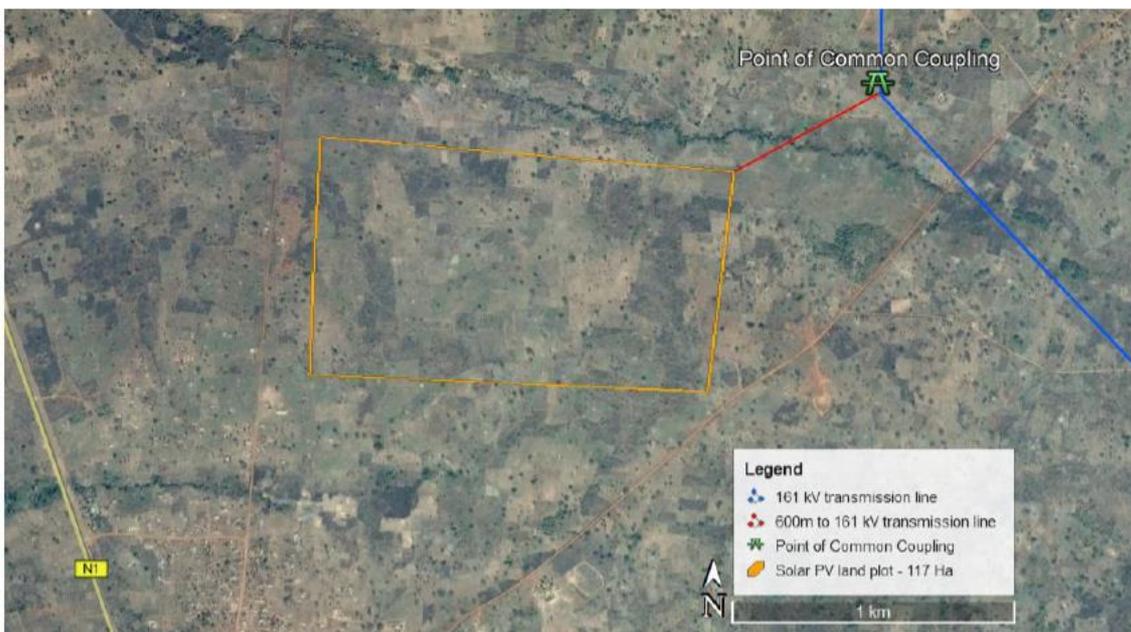


Figure 3 Localisation du site de la centrale de Blitta (source : Namavira et al. 2019)

L'état togolais a mis à disposition un site d'une superficie de 117 ha (figure3), identifié dans le village de Blitta Losso (préfecture de Blitta) pour le développement de la centrale solaire photovoltaïque. Cette installation photovoltaïque est reliée au réseau national grâce à la ligne de transmission de 161 kV de la CEB située à proximité du site (ligne à 600m du site).

D'après les données de la Banque Mondiale, la Préfecture de Blitta dispose d'un rayonnement normal direct moyen mensuel de 5,14 kWh / m² / jour et un rayonnement solaire annuel moyen de 1876 kWh / m² (Namavira *et al.* 2019).

Le village de Blitta-Losso où est installée la centrale, fait partie du canton de Blitta-village. Il est géolocalisé au 8° 20 ' de latitude et 1° 01' de longitude (coordonnées géographiques en degrés minutes secondes).

3.1.2 Description des spécifications techniques

Le projet de la centrale solaire de Blitta est conçu sur la base de la fonctionnalité photovoltaïque. Il s'est agi d'installer les panneaux solaires en chaîne sur le terrain du parc. Ces panneaux captent l'énergie du rayonnement solaire et la convertissent en énergie électrique grâce à l'effet photovoltaïque, soit un processus propre et silencieux sans autre intrant et extrant. L'effet photovoltaïque est un effet semi-conducteur par lequel le rayonnement solaire qui est capturé sur les cellules photovoltaïques semi-conductrices génère un mouvement d'électrons (Namavira *et al.* 2019). La sortie de la cellule photovoltaïque solaire produit de l'électricité en courant continu.



Figure 4 Schéma de fonctionnement de la centrale solaire photovoltaïque (source : Namavira *et al.* 2019)

La centrale est connectée au réseau 161 kV de CEB par ligne de transmission aérienne en coupure d'artère. Un système SCADA est installé dans la centrale pour assurer la surveillance des aspects techniques de la centrale. Ce système fournit les principales données de fonctionnement de la centrale et un dispositif d'alerte/avertissement.

La centrale de Blitta n'embarque pas de dispositifs de stockage de l'électricité produite. La production de cette centrale dénommée Cheikh Mohammed Bin Zayed, est directement injecté sur le réseau national. Cette option induit une dépendance de la centrale vis-à-vis du réseau, qui devient le fournisseur de la centrale en temps de non production (ex : nuit)

Tableau 4 Informations techniques sur le projet

Composante		Description	
Nom	Blitta SPP, Centrale Cheikh Mohammed Bin Zayed		
Site du projet	Blitta-Losso, Togo		
Superficie du projet	117 ha		
Coordonnées	Étiquette	Latitude	Longitude
	P1	8.368589	1.012367
	P2	8.362711	1.012172
	P3	8.362711	1.025628
	P4	8.368589	1.024925
Capacité nominale	Capacité CC de 50 MWc (40 MWac)		
Type de technologie	PV		
Structure de montage	Suivi (d'est en ouest à 60 °, la position d'arrimage (pour la sécurité en cas de vents violents) est à 35 °)		
Nombre de modules PV	127 344		
Nombre de zones	6		
Modules par zone	~ 21259		
Capacité par zone	~ 8,3 MW		
Type de cellule PV	72 cellules		
Dimensions du module PV	1979x1002x40MM		
Infrastructure et services publics	Câbles souterrains BT et MT, onduleurs string 200 unités, poste de livraison, entrepôt et bureau, fosses septiques pendant la construction seulement après l'installation de toilettes appropriées, réservoirs d'eau.		
Installations associées	Le poste de livraison sur le site du projet sera connecté à la ligne de transport de 161 kV la plus proche dans la zone avec des lignes aériennes.		

Source : Namavira *et al.* 2019

3.1.3 Présentation du milieu biophysique d'accueil

La centrale solaire Cheikh Mohammed Bin Zayed est installée dans la préfecture de Blitta précisément dans la commune de Blitta 1, le canton de Blitta village et le village de Blitta-Losso. Il est entouré du nord au sud et d'est en ouest par les villages de Blitta kotokoli, Boufouli boko-losso, Doufouli et Oranyi et est localisé au 8 ° 20 'de latitude et 1 ° 01' de longitude (coordonnées géographiques en degrés minutes secondes (WGS84) (Namavira *et al.* 2019).

Les conditions climatiques dans la zone du projet sont caractérisées par un climat soudano-guinéen dépendant de deux masses d'air : l'alizé nord-est (harmattan) chaud et sec de l'anticyclone du Sahara qui souffle de novembre à mars et la mousson sud-ouest qui souffle d'avril à octobre, chaud et humide et qui apporte la pluie. La saison pluvieuse couvre les mois de juillet, août et septembre alors que le harmattan couvre les mois de novembre à mars avec des effets particulièrement ressentis entre janvier et février (Namavira *et al.* 2019). La pluviométrie varie entre (1200 et 1500) mm d'eau par an pour un nombre de pluies atteignant 120 jours.

La Préfecture de Blitta est dans l'emprise de la zone écofloristique III du Togo. Cette zone III est le domaine des savanes guinéennes et des forêts denses sèches qui occupe toute la surface

de la plaine centrale¹³. Elle jouit d'un régime climatique identique à celui de la zone II. Le couvert végétal de la zone est plus ou moins diversifié et caractérisé par la savane arborée sur la pénélaine dont les arbres ont une faible hauteur (Namavira *et al.* 2019).

Avant l'installation de la centrale, le site du projet était principalement occupé par des terres agricoles, y compris des cultures vivrières (Arachide, gombo, igname, maïs, manioc, manioc, igname, piment poivron) et des cultures durables (Noix de cajou, palmiers, teck). Les autres espèces rencontrés sur le site sont : Acajou (Khaya), anacardier (*Anacardium occidentale*), Bananier (*Musa sp*), Bois blanc, Bois rouge, Faux Teck (*Gmelina arborea*), Goyave, Kapokier (*Bombax costatum*), karité (*Vitellaria paradoxa*), des manguiers (*Mangifera indica*), Oranger Palmiers, Papayer (*Carica papaya*), Palmiers (*Elaeis guineensis*), Palmyre (Namavira *et al.* 2019). Le reste de la zone du site contient principalement des savanes arbustives herbeuses et arbustives, avec des affleurements par endroits.

La faune de la Préfecture de Blitta est aussi riche et variée. On y trouve des lièvres (*Lepus crawshayi*), des buffles d'Afrique (*Syncerus Caffer*), des aulacodes (*Aulacodus swinderianus*) improprement appelé agouti, des singes (*Cercopithecus diane* et *Colobus Badius*), des espèces de pintades sauvages, de reptiles, et d'oiseaux (Namavira *et al.* 2019). On y rencontre aussi plusieurs espèces de papillons et d'insectes. D'après un inventaire floristique et faunique et des données collectées auprès des populations autochtones par Namavira *et al.* (2019) dans le cadre de l'étude d'impact du projet, on distingue sur le site des reptiles comprenant plusieurs espèces de lézards (*Varanus niloticus*, *Varanus exanthematicus*, *Trachilepis spp.* *Hemidactilus spp.*, *Agama spp.*, *Chamaeleo senegalensis*, etc.) et les serpents venimeux.

La préfecture de Blitta est drainée par un réseau de cours d'eau caractérisé par l'Anié et ses affluents Okou, Welly, Yeloum. Il ressort de l'étude hydrologique commanditée par AMEA POWER que le site de la centrale photovoltaïque est drainé par deux cours d'eau tels que Kpatréboua et Tchorgo qui sont aussi des affluents d'Anié. Ces eaux de surface sont alimentées par l'eau de pluie (Namavira *et al.* 2019).

3.1.4 Enjeux du projet

Les études préparatoires, notamment l'étude d'impact environnemental et social du projet de la centrale de Blitta réalisée par Namavira *et al.* (2019) ont permis d'identifier les principaux enjeux. Sur le plan environnemental, il s'agit de : la gestion des effets sur la faune, les habitats fauniques et la flore, la modification du paysage et la maîtrise des nuisances.

Sur le plan socio-économique, les enjeux les plus pertinents sont : la préservation des biens matériels et immatériels, les questions des droits et dignité des personnes affectées, la gestion des plantations situées dans l'emprise du projet, l'occupation d'espaces agricoles et de bâti,

¹³ https://www.researchgate.net/figure/Carte-des-zones-ecologiques-du-Togo-33-et-distribution-spatiale-des-localites_fig1_270871505, consulté le 5 août 2021

les activités socioéconomiques (emplois et revenus, etc.), la préservation de l'économie locale, les questions relatives à la conservation des mœurs, la gestion de la santé et la sécurité des employés et des populations riveraines (Namavira *et al.* 2019).

3.2 Choix méthodologiques

3.2.1 Fondement méthodologique

D'une manière générale, notre projet de recherche s'est déroulé en 3 phases : une phase préparatoire, une phase d'enquête et une phase de synthèse. Dans un premier temps, en phase préparatoire nous avons effectué le cadrage de l'étude et la revue documentaire afin de délimiter la portée de notre étude. Ce cadrage s'est fait sur la base du processus administratif des EIE proposé par Guillaume (2019).

En second lieu, notre phase d'enquête a consisté à la collecte des données par la combinaison de différentes techniques appropriées. Enfin, dans la troisième partie nous avons procédé à une synthèse des résultats auxquels nous avons abouti. La discussion de ces résultats nous a permis de faire des propositions de mesures de gestion environnementale.

D'un point de vue spécifique, notre méthodologie est dépendante de chacun de nos objectifs. Pour le premier libellé : « réaliser un état des lieux de la mise en œuvre des objectifs environnementaux du projet », nous avons effectué une étude mixte : quantitative et qualitative. Il s'est agi de passer en revue la mise en œuvre des mesures du PGES par le développeur Amea Power. Deux variables sont analysées à ce niveau : l'efficacité et l'effectivité de la mise en œuvre du PGES. Pour évaluer l'efficacité de la mise en œuvre du PGES (MO/PGES), le triangle de l'efficacité de Sadler (1996) est utilisé (Nyamanlobe, 2017). Il s'agit d'un modèle de comparaison de la théorie et de la pratique qui permet de mettre en parallèle les exigences des normes établies avec ce qui est fait en général. Ce modèle est présenté sur la figure ci-après. Il fait ressortir le type de relation entre la politique, la pratique et la performance puis entre les implications de la performance, l'adaptation des politiques et l'évolution du processus. Les questions qu'il convient de poser dans cette analyse et qui sont appliquées aux exigences du PGES sont :

- le processus de MO/PGES est-il conforme aux dispositions établies (édition et transmission des rapports de suivi à l'ANGE) ?
- les mesures proposées dans le PGES sont-elles effectivement mises en œuvre ?
- la MO/PGES donne-t-elle des résultats à moindre coût et en peu de temps ?
- le processus de MO/PGES contribue-t-il à la prise de décisions éclairées et à assurer la protection de l'environnement ?

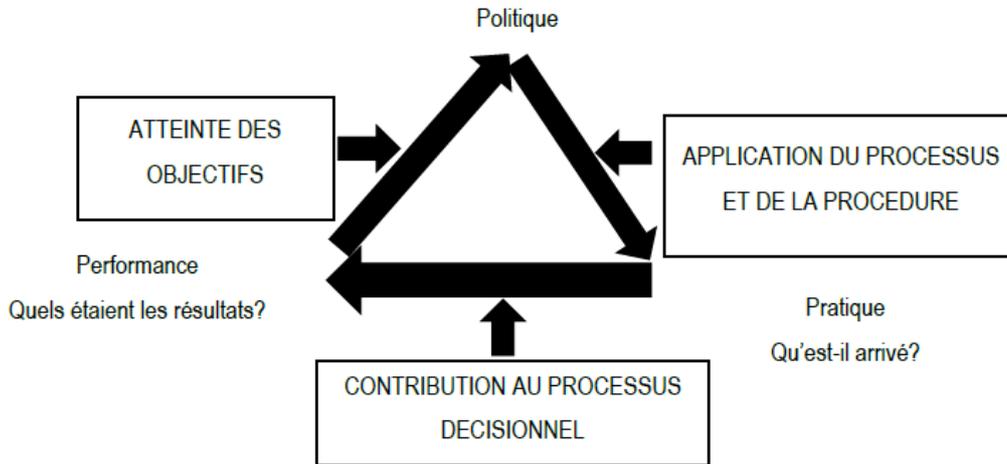


Figure 5 Triangle de l'efficacité (Source: Sadler, 1996 cité par Njoya Fenjou, 2011)

En second lieu, pour l'objectif n°2 : « identifier les sources de contre-performance environnementale », nous avons procédé à une étude quantitative basée sur la méthodologie d'évaluation de la performance environnementale de Turki (2009). Cette méthode est choisie en raison de sa complétude par rapport à d'autres modèles comme celui de la norme ISO 14031. En outre, elle est plus synthétique, plus accessible et pratique.

A ce niveau, sur la grille (voir figure 2) de l'Evaluation des Performances Environnementales (EPE) de Turki (2009), une revue des émissions de GES évitées a été faite en priorité.

En ce qui concerne le dernier objectif formulé comme suit : « proposer des mesures d'amélioration du plan de gestion environnementale et sociale de ce projet », nous avons effectué une analyse sectorielle axée sur le benchmarking dans la perspective de la mise en œuvre efficace des mesures du PGES et proposé une démarche optimale de gestion environnementale.

3.2.2 Choix des variables

La mesure du niveau de respect des mesures de gestion environnementale est complexe à réaliser, nous avons donc procédé à une appréciation quantitative et qualitative. La taille (nombre, volume ou superficie selon les mesures) des différents indicateurs identifiés dans le PGES a été notée en comparaison des mesures environnementales réellement mises en œuvre par l'Entreprise Amea Power¹⁴ avant et pendant l'exécution des travaux.

¹⁴ AMEA Power est le développeur responsable de la conception, du financement, de la construction, de l'exploitation, de la maintenance et du transfert de la centrale de Blitta à la fin de la concession. Il développe, détient et exploite des projets d'énergie thermique et renouvelable en Afrique, au Moyen-Orient et en Asie



Figure 6 Échelle de pondération des mesures du PGES (*Adapté de Kouadio, 2013*)

Cette appréciation est traduite par la notation de chaque mesure allant de 1 à 20 points selon l'échelle de pondération ci-dessus présentée sur la figure 7. L'échelle est définie suivant le triangle de l'efficacité de Sadler et la notation définie de sorte à privilégier la mise en œuvre des mesures en sanctionnant fortement la non mise en œuvre des mesures.

Suivant la méthodologie d'évaluation de la performance environnementale de Turki (2009) présenté à la figure 2, 17 indicateurs sont étudiés pour indiquer la performance environnementale. Ces indicateurs représentent les 3 composantes de la performance environnementale de Turki (Composante stratégique, composante opérationnel et composante relationnelle) telle que présentée à la page 23 ci-dessus.

La composante stratégique mesure les indicateurs suivants : l'existence d'objectifs environnementaux, l'efficacité dans la réalisation des objectifs environnementaux, la révision périodique des objectifs environnementaux et les moyens alloués à la gestion environnementale. La composante opérationnelle mesure : la consommation d'eau, la consommation d'énergie, la quantité de rejets liquides, la quantité de rejets atmosphériques et la quantité de rejets solides. La composante relationnelle regroupe les indicateurs liés à la pression des parties prenantes (Gouvernement, associations écologiques et riverains, clients, actionnaires, personnel et fournisseurs).

Les indicateurs de mesure de ces pratiques sont plutôt de nature qualitative. Ainsi dans le modèle de Turki (2009), les composantes de la performance environnementale sont toujours mesurées à travers des indicateurs utilisant une échelle de Likert¹⁵. Ce choix est basé sur trois raisons. La première raison est que certains aspects à mesurer sont difficilement chiffrés, comme le cas des indicateurs mesurant les pratiques de gestion. La deuxième raison est que plusieurs organismes ne possèdent pas de renseignements chiffrés sur la totalité de leurs aspects environnementaux parce qu'elles ne disposent le plus souvent ni des instruments adéquats ni du personnel qualifié. La troisième raison est que l'homogénéisation de la méthode de mesure permet d'établir un indice environnemental grâce auquel l'entreprise peut se situer par rapport à d'autres dans le domaine de la protection de l'environnement (Turki, 2009).

¹⁵ Une échelle de Likert (du nom de son créateur, le sociologue américain Rensis Likert) est un ensemble d'options de réponses (numériques ou verbales) qui couvrent une plage d'opinions sur un sujet. Elle est toujours employée avec des questions fermées (questions assorties de choix de réponse prédéterminés). L'échelle de Likert comprend cinq ou sept options de réponse, qui couvrent le spectre d'opinions, d'un extrême à l'autre. <https://fr.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>, consulté le 12 avril 2021

Dans le cas de notre étude, nous avons défini des échelles de Likert à 5 positions pour mesurer ces variables : nul, médiocre, assez bien, très bien et excellent. Pour ce qui est de la pondération, chaque indice est évalué sur 18 et tous les indices sont considérés sur un même pied d'égalité. La note 1 pour la moitié de ces indices revient à qualifier de médiocre les actions environnementales entreprises par Amea Power dans le cadre de ce projet. La distribution des points est faite de la manière suivante et présentée sur la figure 8 :

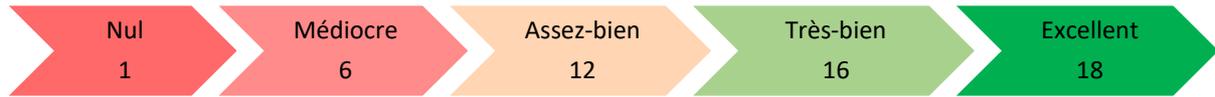


Figure 7 Échelle de pondération des indices de l'EPE (adapté de Turki, 2009)

La notation « nul » est utilisée si l'indice n'apparaît pas ou n'est pas pris en compte, « médiocre » si l'indice est pris en compte théoriquement sans réel stratégie, « assez-bien » si l'indice est pris en compte avec une stratégie bien définie sans actions concrètes, « très-bien » si l'indice est pris en compte avec une stratégie bien définie et des actions adaptées mais sans résultats et « Excellent » si l'indice est pris en compte pleinement avec une stratégie, des actions et des résultats concrets.

Par ailleurs, en plus des variables ci-dessus citées en lien avec les objectifs de recherche, nous avons procédé à :

- une quantification des émissions évitées ;
- l'identification des impacts réels survenus pendant les travaux sur la biodiversité et le sol suivant la grille de l'ADEME (2019) à l'annexe 2 ;
- l'analyse des aspects environnementaux significatifs et
- l'évaluation de l'acceptabilité sociale du projet.

3.2.3 Acquisition des données

La méthodologie de notre recherche repose sur une collecte de données par combinaison de plusieurs techniques.

Sur la base de corpus de données existantes, extraits de google scholar, du portail cairn.info et de la collection de revues électroniques *Science Direct*, nous avons identifié les principaux enjeux environnementaux liés aux énergies renouvelables et défini l'approche méthodologique adaptée. Précisons que le rapport d'EIES du projet de la centrale de Blitta, les rapports de suivi et d'audit HSE ainsi que les rapports de mission de contrôle de l'ANGE ont constitué également d'importantes sources de données secondaires.

Sur la base d'observations directes, il a été fait une description du milieu récepteur. Cette description est couplée à une série de mesures directes (niveau de bruit et de la qualité de

l'air, de l'eau et du sol). Grâce à un questionnaire établi à cet effet, des entretiens directifs ont été réalisés auprès des populations riveraines du site identifié pour le projet afin de recueillir leur perception et mesurer l'acceptabilité sociale du projet. Par ailleurs, sur la base d'un guide d'entretien, des entretiens semi-directifs ont été réalisés avec les responsables du service environnement du projet et les cadres des organismes parties prenantes. Notons à ce niveau qu'un prétest a été réalisé pour valider nos questionnaires et les échelles de likert définies.

3.2.4 Echantillonnage

Dans le cadre de cette étude, seule l'analyse de l'acceptabilité sociale du projet a nécessité un plan d'échantillonnage. Notre échantillon est donc constitué uniquement des personnes affectées par le Projet (riverains du site). Ces personnes ont été précédemment identifiées lors de la réalisation de l'étude d'impact environnemental et social du projet.

La population de la zone du projet, population totale de notre étude, est de 810 habitants pour 185 ménages ordinaires pour le village de Blitta-Losso (Namavira *et al.* 2019). Le calcul de la taille de l'échantillon s'est fait à l'aide de la formule de Vaughan et Morrow¹⁶ :

$$\text{Taille de l'échantillon} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

N = taille de la population • e = marge d'erreur (pourcentage sous forme décimale) • z = cote z (paramètre de risque d'erreur lié au niveau de confiance dans les enquêtes, on utilise généralement un intervalle de confiance de 95 %, correspondant à z = 1.96) • p est la fréquence souhaitée.

Cette formule appliquée à notre population, nous a fourni un échantillon de 126 ménages. Cependant, nous n'avons réellement pu enquêter que 122 ménages en raison de difficultés d'accès à certains quartiers de la localité. Chaque ménage a été représenté par une personne (sans distinction de sexe). Pour identifier les unités de notre échantillon, nous avons fait recours à l'échantillonnage par boule de neige.

3.3 Instruments de traitement des données

Pour l'analyse de nos données, recours a été fait aux logiciels statistiques R et Tableau online. Pour l'évaluation de la MO/PGES et l'évaluation de la performance environnementale, nous avons procédé à un traitement des données à base de statistiques descriptives. En ce qui concerne, l'analyse de l'acceptabilité sociale du projet, nous avons réalisé une analyse

¹⁶ La formule est présentée sur la plateforme <https://fr.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

factorielle exploratoire¹⁷ par la méthode statistique d'Analyse en Composante Principale (ACP) avec le logiciel R/R studio et son module FactoMineR. L'ACP permet d'étudier les données multidimensionnelles, lorsque toutes les variables observées sont de type numérique et que l'on veut voir s'il y a des liaisons entre celles-ci.

Le logiciel Tableau Online, nous a, en outre, aidé à présenter schématiquement nos différents résultats. Le logiciel Tableau Online a été associé aux outils MindMeister et Canva pour présenter la cartographie des parties prenantes et la synthèse thématique de la feuille de route. L'annexe 8 présente de manière schématique les différentes étapes de réalisation de cette étude.

En conclusion pour le présent chapitre, nous utilisons une méthodologie essentiellement quantitative suivant nos objectifs. Nous réalisons dans un premier temps une évaluation de la mise en œuvre du PGES de la centrale de Blitta suivant le triangle de l'efficacité de Sadler (1996). Dans un second temps, suivant le modèle de la performance environnementale de Turki (2009), nous effectuons l'évaluation de la performance environnementale de la centrale de Blitta. En complément de ces deux outils nous avons procédé à une quantification des émissions évitées, à l'identification des impacts réels survenus pendant les travaux sur la biodiversité et le sol suivant la grille de l'ADEME (2019), à l'analyse des aspects environnementaux significatifs et à l'évaluation de l'acceptabilité sociale du projet avec une enquête auprès de 122 riverains.

¹⁷ L'analyse factorielle est un terme qui désigne plusieurs méthodes d'analyses de grands tableaux rectangulaires de données, visant à déterminer et à hiérarchiser des facteurs corrélés aux données placées en colonnes. Cette méthode est la plus indiquée pour le traitement statistique des échelles de likert https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf, consulté le 26 mai 2021

4 Gestion environnementale du projet de la centrale et leviers d'amélioration

Dans les précédents chapitres, nous avons montré la nécessité de mettre en place des projets d'énergies renouvelables performantes et nous avons proposé un cadre d'étude du cas de la centrale solaire photovoltaïque de Blitta. L'analyse des données collectées a permis l'obtention et la synthèse des différents résultats suivants les objectifs poursuivis par la présente étude. Ces résultats sont présentés dans ce dernier chapitre.

4.1 Evaluation de la performance environnementale

4.1.1 Application de la grille de Turki

L'évaluation de la performance environnementale à travers la grille de Turki a révélé une hétérogénéité de l'engagement du projet dans la gestion environnementale suivant les composantes et indicateurs de performance. La performance environnementale s'apprécie ici avec deux principaux résultats : le score et la notation. Le score représente le nombre de points acquis rapporté au nombre total de points qu'il est possible d'acquérir et exprimé en pourcentage. La notation est le nombre de points obtenus pour chaque indicateur.

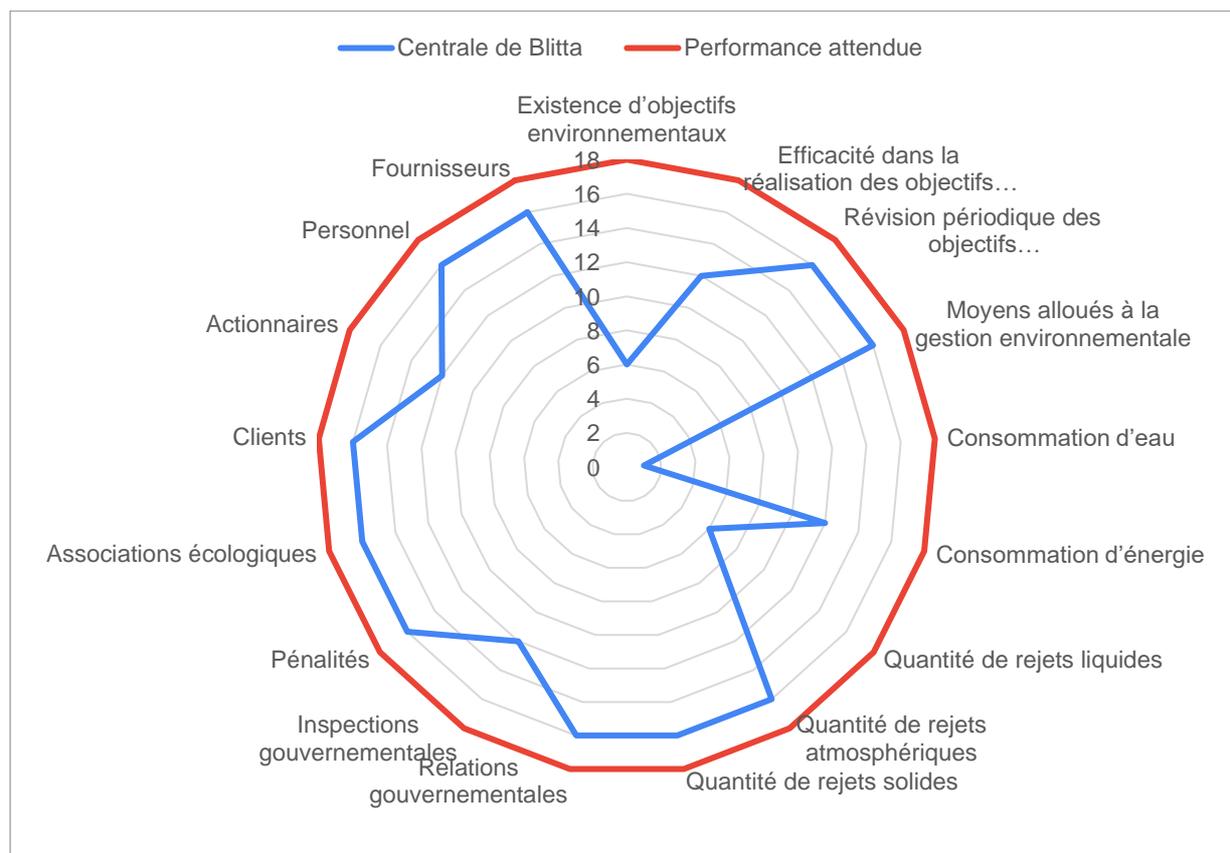


Figure 8 Performance environnementale de la centrale de Blitta (Source : auteur)

La figure 8 présente la synthèse de la notation du projet de la centrale de Blitta suivant chaque indicateur en comparaison à la notation de performance attendue. Avec un score de 72 % (221 points sur 306), le projet de construction et d'exploitation de la centrale solaire de Blitta démontre un fort engagement à la maîtrise de ses enjeux environnementaux.

L'analyse de la cotation de chaque indicateur présente une variation des cotes obtenues par la centrale solaire de Blitta sur une échelle allant de 1 à 18. La note minimale obtenue concerne l'indicateur « consommation d'eau » (1/18) alors que la note maximale est relative aux indicateurs de la composante relationnelle (16/18). Il est important de noter que l'indicateur appréciant les relations entre le projet et ses actionnaires, ici représentés par les principaux bailleurs (la Banque Ouest Africaine de Développement et le Abu Dhabi Fund for Development) obtient la note de 12/18. La même note est obtenue pour l'indicateur appréciant la fréquence des inspections gouvernementales assurées par l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE). Rappelons ici que les indicateurs de la grille de performance sont regroupés en trois composantes : la composante stratégique, celle opérationnelle et celle relationnelle.

Un aperçu ciblé des résultats de la performance environnementale pour la composante stratégique présente une note moyenne de 12,5/18 pour un score de 69,44 %. L'indicateur « Existence d'objectifs environnementaux » représente le moins bien pris en compte (6/18).

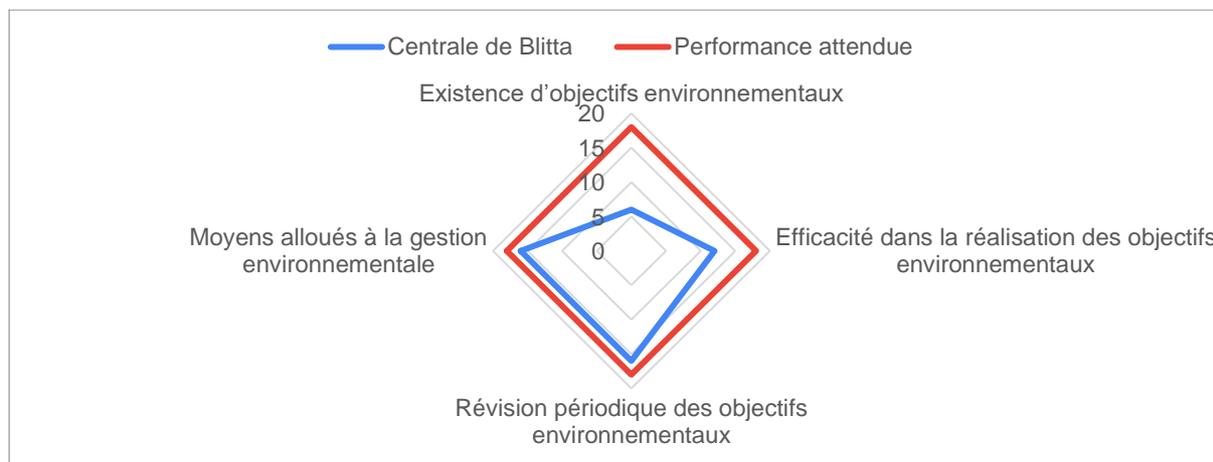


Figure 9 Evaluation des indicateurs de la composante stratégique (Source : auteur)

Bien que cet indicateur apparaisse ou soit pris en compte, cette faible notation tient au fait que les objectifs environnementaux de la centrale sont définis théoriquement mais ne sont pas consignés dans un document stratégique dédié. Les objectifs pris en compte par la centrale sont : la réduction des émissions de gaz à effet de serre du mix électrique togolais et l'autonomisation énergétique du Togo avec une perspective sur la transition écologique. Il est donc important de définir ces objectifs dans un cadre formel avec une planification stratégique d'exécution, de suivi et de contrôle.

Malgré l'absence de cadre formel d'objectifs environnementaux, les entretiens avec les responsables en charges des aspects environnementaux révèlent la mise à disposition de l'ensemble des moyens requis pour une gestion performante des aspects environnementaux significatifs du projet. Parallèlement, un mécanisme efficace de monitoring environnemental est mis en place pour le suivi et la révision périodique de la stratégie de gestion environnementale. Ce mécanisme assure notamment le suivi régulier de la qualité de l'air, du sol, des eaux du forage réalisé sur site et de l'eau de la rivière attenante. Des mesures du niveau de bruit sont également effectuées en plus d'un calendrier de suivi journalier et d'audits mensuel et trimestriel. Ces dispositions expliquent la notation pour les trois autres indicateurs de la composante stratégique.

L'analyse des résultats obtenus pour la composante opérationnelle (figure 10) révèle une note moyenne de 10,2/18 pour un score de 56,67 %. Ces résultats démontrent une performance environnementale minimale pour la dimension opérationnelle du projet de la centrale de Blitta. Le score de cette composante est réduit du fait des indicateurs « Consommation d'eau » et « Quantité de rejets liquides » qui obtiennent respectivement les notes de 1 et 6 sur 18.

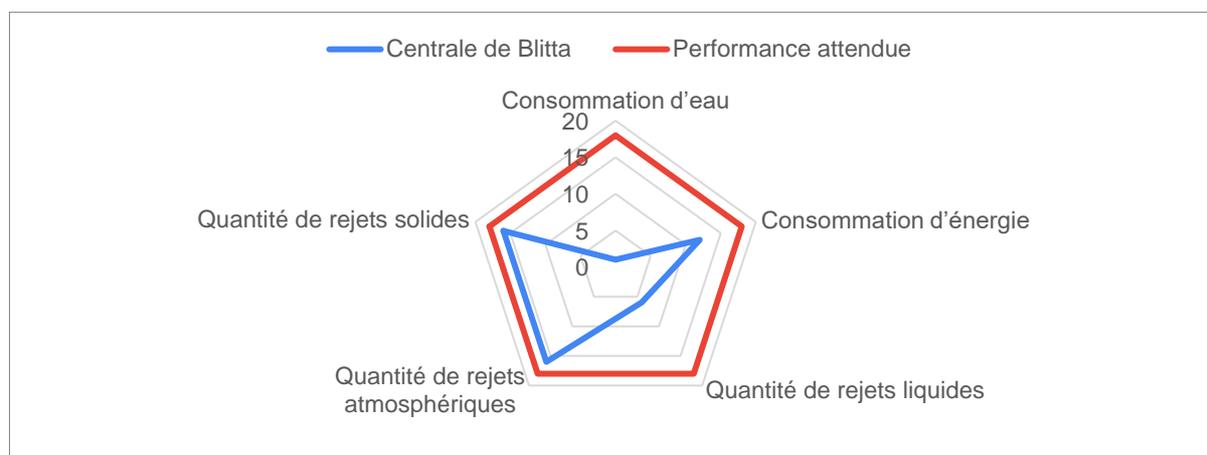


Figure 10 Evaluation des indicateurs de la composante opérationnelle (Source : auteur)

Les enquêtes réalisées auprès du maître d'œuvre du projet de construction de la centrale, Amea Togo Solar, révèlent en effet une utilisation de grands volumes d'eau issus du forage réalisé sur le site pour assurer le nettoyage des panneaux en cas d'encombrement de la surface de ces derniers par la poussière. De même, aucun mécanisme ou stratégie de réduction de la consommation d'eau n'a été initié. Cette situation explique la faible note obtenue pour l'indicateur « consommation d'eau », d'autant plus lorsqu'on fait un croisement entre les efforts du projet avec le positionnement du site du projet sur la carte hydrogéologique du Togo.

La préfecture de Blitta est en effet située dans la zone de la plaine Bénino-togolaise sur le complexe de l'Axe Kabye - Sotouboua - Agou (Kissao *et al.* 2009). Cette zone se caractérise par

des formations géologiques anciennes, où les eaux souterraines sont peu abondantes et difficiles d'accès (Namavira *et al.* 2019). La difficulté d'accès aux sources d'eau s'illustre avec la profondeur moyenne des forages réalisés dans la localité qui atteignent 100m à 200m conduisant à des aquifères souterrains où les réserves sont faibles. Un effort de nettoyage des panneaux avec des technologies à air permettra d'améliorer la performance du projet au niveau de cet indicateur.

En plus du nettoyage des panneaux, l'eau du site est également utilisée pour les besoins sanitaires même s'il faut préciser que ces besoins sont uniquement liés aux toilettes sur site. Il n'existe pas de douches sur le site. Le personnel mobilisé sur le site était autour de 500 personnes pendant la phase de construction et est actuellement de 12 pour la phase d'exploitation. Les consommations d'eau pour les besoins sanitaires sont donc marginales.

Les données sur les volumes d'eau consommés par la centrale n'ont pas été rendues accessibles dans le cadre de cette étude. Cependant sachant que le nettoyage humide devrait nécessiter entre 2 et 3 litres d'eau par panneau pour chaque cycle de nettoyage (Mahieu *et al.* 2017), avec un scénario de deux cycles de nettoyage par mois, on obtient une consommation estimative de 7 640,64 m³ d'eau pour les 127 344 panneaux installés sur le site. Cette importante consommation d'eau induit d'importants volumes d'eau rejetés par la centrale, ce qui explique la faible notation pour l'indicateur appréciant les rejets liquides. Précisons que l'eau du forage sur site ne subit aucun traitement ou ajout d'additifs avant son utilisation pour le nettoyage des panneaux. De même, une fois le nettoyage effectué, l'eau est récupérée à travers un dispositif de caniveau avant d'être déversée directement dans la rivière attenante. La figure 11 présente le cycle d'utilisation de l'eau sur le site de la centrale



Figure 11 Cycle d'utilisation de l'eau sur le site de la centrale (Source : auteur)

La centrale pour son fonctionnement ne requiert pas d'intrants et ne produit pas d'extrants sous forme de déchets excepté l'utilisation de l'eau pour le nettoyage. Le fonctionnement de la centrale n'entraîne pas de rejets solides ni d'émissions atmosphériques ce qui explique les notes obtenues pour les autres indicateurs de la composante opérationnelle même s'il est important de nuancer avec les activités du projet en phase de construction de la centrale. En effet, les travaux de la phase de construction sont sources de déchets solides (liés à l'apport des modules, équipements et la présence des travailleurs sur le chantier) et d'émissions de poussières et de gaz à effet de serre (liés aux déplacements des engins pour le transport des matériaux et l'utilisation des machines, équipement et engins de construction).

L'autre indicateur essentiel de la composante opérationnelle est la consommation d'énergie qui se matérialise avec une note de 12/18. La centrale de Blitta assure ses propres besoins électriques avec sa production qui est systématiquement injectée sur le réseau de la CEB, la centrale n'embarquant pas de dispositifs de stockage de l'électricité. Outre la consommation d'électricité, l'indicateur en question prend en compte la consommation de carburant et de combustible. C'est le manque de mécanisme de suivi de la consommation de carburant notamment des équipements des entreprises sous-traitantes qui explique la note moyenne obtenue pour l'indicateur « consommation d'énergie ».

En ce qui concerne la composante relationnelle (figure 12), les résultats obtenus indiquent une note moyenne de 15/18 pour un score de 83,33 %. Les indicateurs de cette composante obtiennent des notes qui peuvent être regroupées en deux classes : 16/18 pour les indicateurs appréciant les relations du projet avec les instances gouvernementales, les fournisseurs, le personnel, les clients et les associations écologiques et 12/18 pour les indicateurs appréciant les relations avec les actionnaires et le nombre d'inspections gouvernementales.

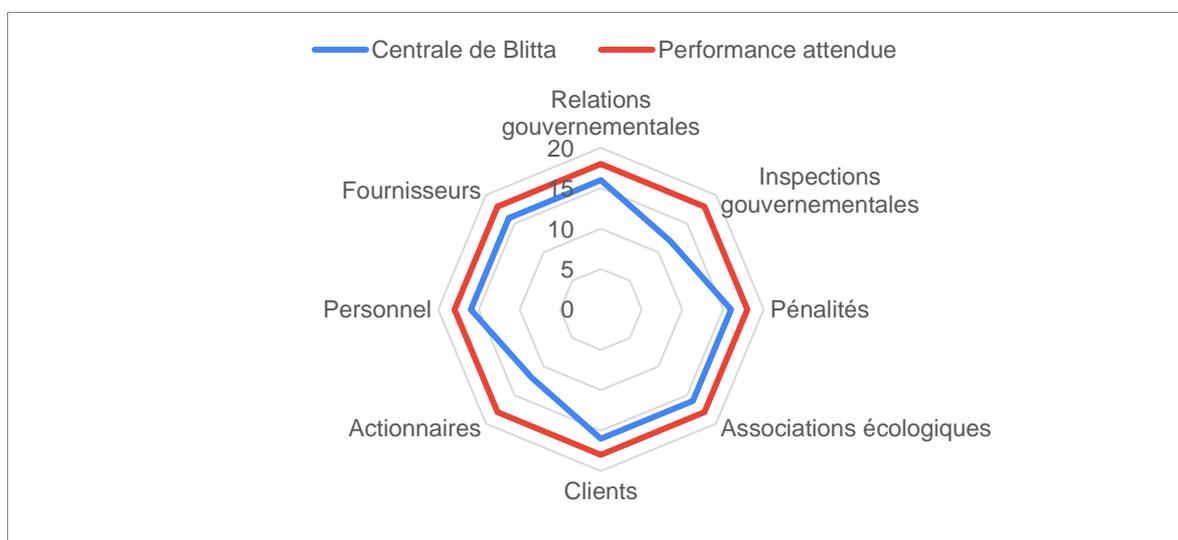


Figure 12 Evaluation des indicateurs de la composante opérationnelle (Source : auteur)

Cette différence de résultat entre les indicateurs de la première classe avec ceux de la deuxième classe s'explique respectivement par les pressions accentuées des bailleurs pour la réalisation d'inventaires et d'études de suivi de la biodiversité notamment de l'Avifaune et également par les différentes non conformités révélées par les missions de suivi et contrôle réalisées par l'ANGE.

Ces résultats illustrent, d'une part, les efforts mis en œuvre par le maître d'œuvre (Amea Power représenté par sa filiale Amea Togo Solar) pour améliorer les relations avec l'ensemble des parties prenantes. Lesdits efforts sont présentés de manière exhaustive dans l'analyse de l'acceptabilité sociale plus bas. D'autre part le caractère innovant (pour le Togo) et vertueux de cette technologie de même que l'importance stratégique de l'installation ont favorisé l'implication active des différentes parties prenantes.

L'analyse des différentes relations et jeux d'acteurs en lien avec le projet de construction de la centrale nous permet d'identifier et de catégoriser l'ensemble des parties prenantes (PP) internes et externes au projet.



Figure 13 Cartographie des parties prenantes au projet (Source : auteur)

Cette identification des parties prenantes s'est faite à travers l'édition d'une cartographie à l'aide de l'outil MindMeister. Cette cartographie présentée à la figure 13 ci-dessus illustre schématiquement l'ensemble des parties prenantes associées à la construction de la centrale ainsi que les relations entre ces dernières. La cartographie des parties prenantes est construite à partir de la matrice d'évaluation de l'engagement des parties prenantes identifiées dans le cadre du projet (tableau 5). La matrice d'engagement permet d'orienter la catégorisation des PP suivant leur niveau d'engagement dans le projet (ignorant, réticent, neutre, favorable et meneur) et leur rôle dans la mise en œuvre.

Tableau 5 Matrice d'engagement des parties prenantes identifiées

A =Actuel S =Souhaité	Ignorant	Réticent	Neutre	Favorable	Meneur	Rôle dans le projet
Fonds d'Abu Dhabi pour le développement (ADFD)				A	S	Principal bailleur de fonds du projet, le fonds a apporté à travers sa filiale Abu Dhabi Exports Office (ADEX) un montant total de 14 500 Millions FCFA soit 40,5% du coût d'investissement
Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD)				A	S	Second principal bailleur du projet, la BOAD a apporté une contribution établit à 12 000 Millions FCFA sur un montant global de 35 803 Millions FCFA soit 33,5% du coût global

Agence Togolaise d'Electrification Rurale et des Énergies Renouvelables (AT2ER)				AS	L'AT2ER est le maître d'ouvrage délégué du projet et donc a l'initiative et le soin de l'opération.
Amea Power (Amea Togo Solar)				AS	Amea Power est le développeur chargé de la conception, de l'installation, de l'exploitation, de la maintenance et du transfert de la centrale solaire photovoltaïque à la fin de la concession. La société Amea Power participe également au financement du projet à hauteur de 25,2% pour un montant total de 9 032 Millions FCFA. A travers sa filiale Amea Togo Solar, elle assure la maîtrise d'œuvre du projet.
Communauté Électrique du Bénin (CEB)			A	S	La CEB est le bénéficiaire direct de la production électrique de la centrale de Blitta. La production sera injectée directement sur le réseau de la CEB.
Compagnie Energie Electrique du Togo (CEET)			A	S	La CEET est le bénéficiaire intermédiaire de la production électrique de la centrale pour en assurer la distribution finale aux utilisateurs finaux.
Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE)			A	S	L'ANGE assure la délivrance du Certificat de Conformité Environnementale (CCE) à travers la validation des études environnementales. Le CCE est une pièce indispensable à l'autorisation de démarrage des travaux. En phase de mise en œuvre, l'ANGE assure le suivi et le contrôle de la mise en œuvre du plan de gestion environnementale et sociale (PGES) qui constitue le cahier de charge environnementale du projet.
Ministère Délégué auprès du Président de la République chargé de l'Énergie et des Mines				AS	Le Ministère de l'énergie assure la maîtrise d'ouvrage du projet
Ministère de l'Economie et des Finances			A	S	Le Ministère représente l'Etat togolais qui assure une partie du financement du projet avec l'apport de 272 MFCFA soit 0,76% de l'investissement
Le Ministère de l'administration territoriale, de la décentralisation et des collectivités locales			A	S	Le rôle de facilitateur est assuré par le ministère de la décentralisation représenté notamment par la préfecture.
Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières			A	S	Rôle d'appui facilitation dans la procédure d'évaluation environnementale
Agence internationale des énergies renouvelables (IRENA)				AS	Partenaire technique de Amea Power
Préfecture de Blitta			A	S	Ces institutions assurent un rôle de facilitateur au projet qui s'installe dans leur circonscription
Commune de Blitta 1			A	S	
Canton de Blitta village			A	S	
Jakson Group				AS	Sous-traitant chargé de la construction de la centrale
Sous-traitants				AS	Sous-traitants secondaire

Source : auteur

Pour mieux appréhender les jeux d'acteurs, la matrice d'engagement des parties prenantes est complétée par une matrice de type intérêt/influence. Une analyse fine de la matrice de positionnement intérêt/influence des parties prenantes du projet, permet de comprendre que la majorité des parties prenantes identifiées ont un fort intérêt contre une influence moyenne dans la mise en œuvre du projet.

La matrice de positionnement intérêt/influence des parties prenantes au projet de construction et d'exploitation de la centrale de Blitta est présentée par la figure 14. Cette

matrice élaborée à travers des scores affectés à chaque partie prenante (PP) avec les données issues des entretiens avec les acteurs majeurs du projet (Amea Power, AT2ER et ANGE) montre l'importance et le positionnement des acteurs les uns par rapport aux autres.

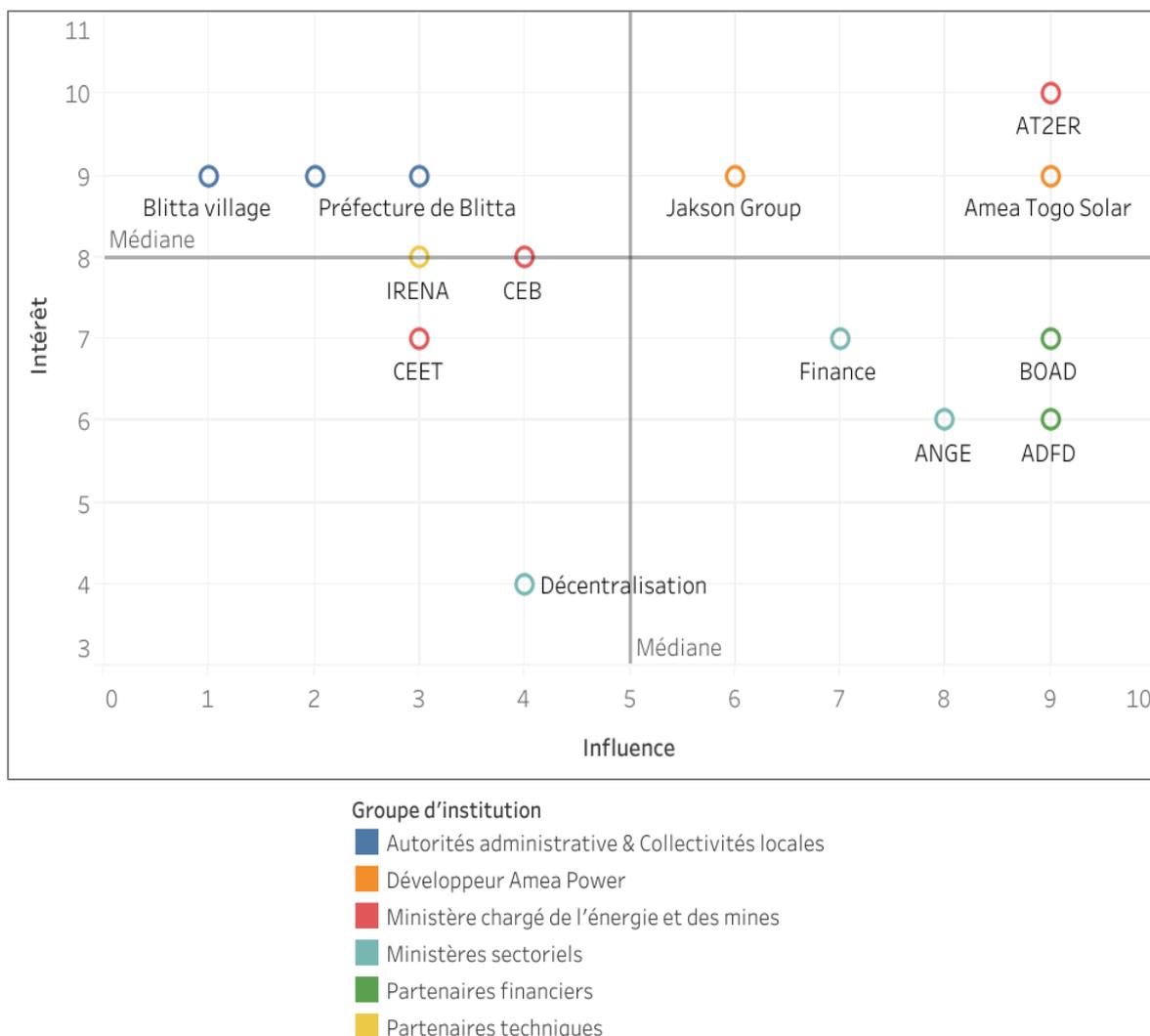


Figure 14 Matrice de positionnement intérêt/influence des parties prenantes (Source : auteur)

La matrice intérêt/influence démontre en effet que les populations riveraines, principales personnes affectées par le projet (PAP), se retrouvent dans le groupe des PP avec une faible influence sur la mise en œuvre du projet. Leur rôle se limitait à servir de facilitateur à la mise en œuvre des décisions prises par le maître d'œuvre. L'AT2ER, Amea Togo Solar et Jakson Group, respectivement maître d'ouvrage délégué, maître d'œuvre et principal sous-traitant chargé de la construction sont les principaux organismes du projet (très influents et très intéressés). Ce positionnement est lié à la fonction capitale qu'ils jouent dans la réalisation du projet. Par ailleurs, les principaux bailleurs du projet sont très influents en raison de leur contribution au financement du projet mais ont des intérêts moyens du fait de la diversité de leur portefeuille d'actions.

La figure 15 ci-dessous présente une synthèse du niveau de performance obtenue pour chaque composante de la performance environnementale suivant la grille de Turki.

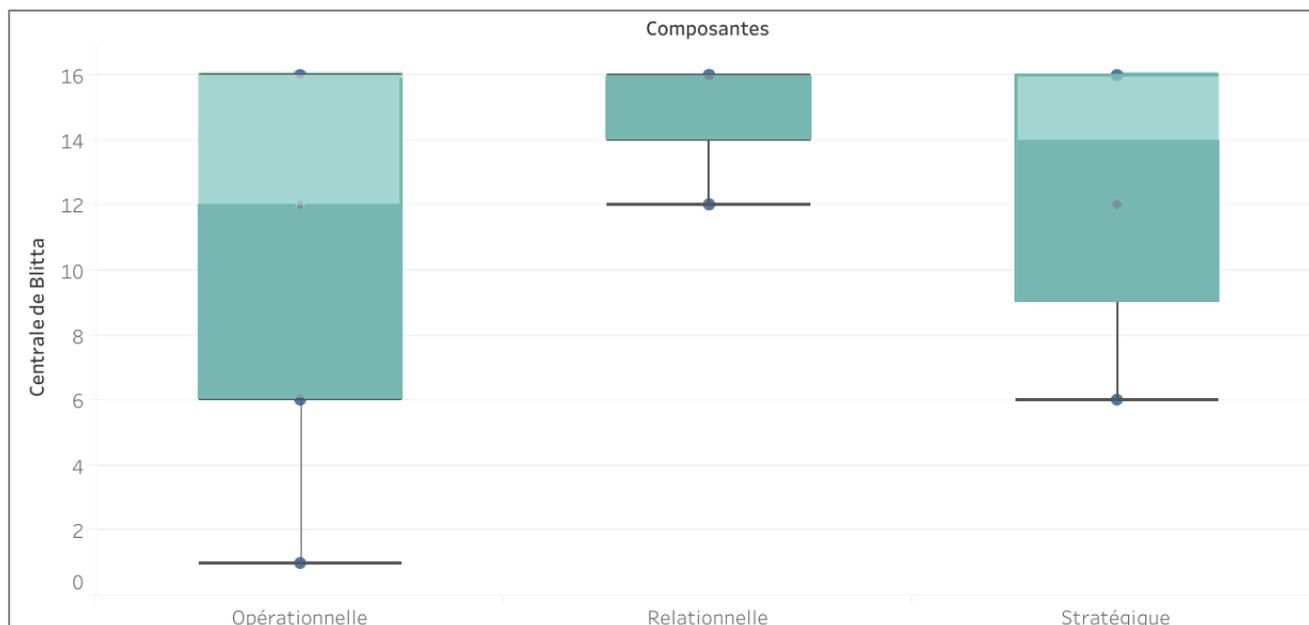


Figure 15 Performance environnementale globale de la centrale de Blitta (Source : auteur)

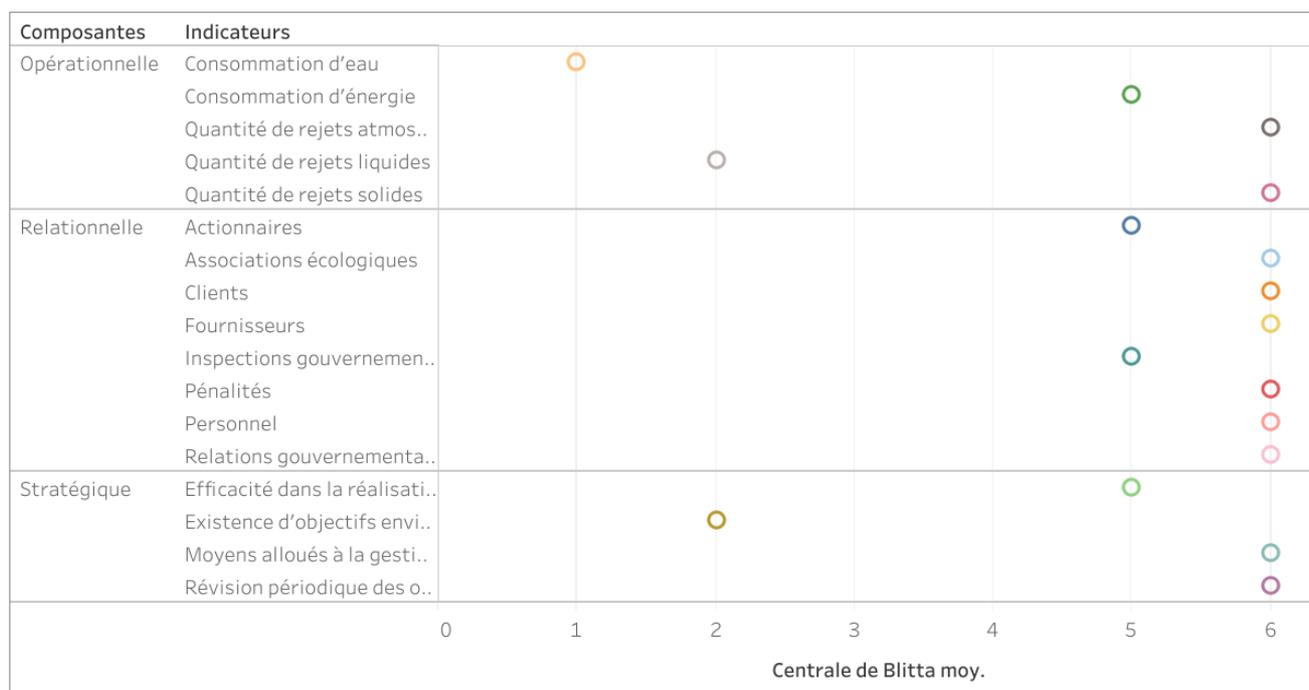


Figure 16 Synthèse des scores de performance pour chaque indicateur de la grille (Source : auteur)

D'une manière générale l'évaluation de la performance environnementale du projet établit un niveau de performance élevé avec quelques pistes d'améliorations notamment au niveau de la composante opérationnelle qui présente des scores faibles et une forte variabilité des notes. D'importants efforts sont à envisager pour améliorer la performance

environnementale pour cette composante. Comme le démontre les figures 15 et 16, la composante relationnelle est celle la mieux prise en compte avec les meilleures notes et une faible variabilité des scores traduisant le peu d'effort à faire pour être plus performant. La composante stratégique présente une performance et des besoins d'amélioration modérés traduits par ses scores obtenus autour de la moyenne.

4.1.2 Analyse des aspects environnementaux significatifs

Les aspects environnementaux significatifs (AES) représentent les aspects environnementaux qui ont ou peuvent avoir un impact environnemental significatif sur les composantes de l'environnement.¹⁸ Nous retenons dans cette analyse les interactions du projet avec les ressources en eau, la qualité de l'air, les émissions et/ou l'économie d'émissions de gaz à effet de serre ainsi que les niveaux sonores associés aux installations de la centrale.

Consommation d'eau

Les enquêtes réalisées dans le cadre de la présente étude permettent d'identifier la consommation d'eau à des fins de nettoyage des panneaux comme principale source de pression sur les ressources en eau. Cet aspect est aggravé par la faible disponibilité et l'accès difficile à des sources d'eau potable dans la préfecture de Blitta. La faible disponibilité et l'accès difficile à des sources d'eau potable dans la localité sont démontrés dans l'étude hydrologique et hydraulique commanditée par Amea Power (Namavira *et al.* 2019). Une estimation du volume d'eau disponible au niveau de la nappe phréatique exploitée pourrait permettre de modéliser l'impact de la centrale sur la disponibilité de l'eau dans la région. Il serait intéressant d'initier une telle étude. L'utilisation faite de l'eau permet de conclure que le volume d'eau puisée des forages est équivalent au volume de rejets liquides, considérant que la chaîne de production ne requiert aucun autre intrant et n'entraîne pas d'autres extrants. Ces rejets aqueux sont susceptibles de modifier localement l'écoulement des eaux de la rivière attenante au site du projet. L'absence d'un plan stratégique de gestion de l'eau avec des actions de réduction de la consommation d'eau, comme discuté plus haut, sont des éléments à prendre en compte pour l'amélioration de la performance environnementale du projet.

La centrale n'utilisant aucun autre intrant, ou additifs et ne réalisant pas de mélange de produits chimiques, il ne se pose pas d'enjeu quant à la qualité de l'eau. Le dispositif de collecte de l'eau issue du nettoyage avant déversement mérite cependant d'être audité pour s'assurer qu'il n'existe pas de risque d'accélération de l'érosion du sol.

¹⁸ http://www.disclac.unige.it/glos_bio/show.php?id=18&lang=fr&style=1, consulté le 14 juillet 2021

L'inexistence de salle de bains sur site pour le personnel permet de minimiser l'impact de l'utilisation de l'eau pour les besoins sanitaires. Au regard du nombre de personnel ayant travaillé à la construction de la centrale (environ 500 personnes pendant 18 mois) et en phase d'exploitation (12 personnes), on peut également considérer comme marginale, la pression sur les ressources en eau liée à la présence de toilettes sur le site. Il reste cependant pertinent de suivre les installations sanitaires pour éviter tout déversement d'eaux vannes provenant des toilettes.

Qualité de l'air

Les interactions entre la mise en œuvre du projet et la qualité de l'air peuvent être classées en deux catégories : pendant la phase chantier et la phase d'exploitation.

Les effets du projet sur la qualité de l'air pendant la phase de chantier sont temporaires et sont de deux ordres : ceux liés aux émanations de poussières et ceux liés aux émissions de gaz d'échappement des différents engins de chantier. Les poussières proviennent notamment des produits manipulés sur le site et des poussières soulevés lors des passages des engins de chantier ou des camions de transport des équipements devant être installés. Il s'est agi exclusivement de poussières minérales, sans caractère polluant, issues de la terre de la route conduisant au chantier et des terres déblayées. La mise en œuvre efficace de mesures de limitation de la vitesse des camions et engins et de mesures d'arrosage ont permis de contrôler ces poussières. Il est cependant important de noter que les études de la qualité de l'air pendant la phase d'installations n'ont pas été réalisées et donc il n'existe pas de données sur les composantes de l'air pour cette période. Notre analyse est donc basée sur les entretiens avec les responsables du projet, les interviews des populations et les données sur les plaintes des riverains.

En ce qui concerne les gaz d'échappement émis par les engins et les camions, il faut noter qu'en raison du nombre limité au minimum de véhicules en circulation sur le chantier, du bon état de marche des engins qui sont pour la majorité de dernière génération, il n'y a pas eu d'incidence majeure sur les riverains. Ce résultat est vérifié par la non référence à cette nuisance dans les différentes plaintes reçues des riverains. Ces nuisances ont été par contre ressenties par le personnel à proximité immédiate des engins.

Pour la phase d'exploitation de la centrale, les investigations menées révèlent que les modules photovoltaïques n'émettent pas d'oxydes d'azote (NOx), de soufre (SOx), ni de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄) dans l'atmosphère pendant leur cycle de fonctionnement (ECTARE, 2009). Ainsi aucune altération de la qualité de l'air n'est imputable à la centrale pendant la phase d'exploitation.

Revue des émissions de GES

La nature de la technologie photovoltaïque pour la production d'électricité induit une absence d'émission de gaz à effet de serre (GES) pendant la phase d'exploitation : on parle d'émissions évitées. Cependant les travaux de construction en phase de chantier sont sources d'émissions dont la prise en compte s'avère importante pour apprécier la performance environnementale du projet.

Les travaux de SMA Solar Technology¹⁹ (2009), indiquent que le calcul des quantités d'émissions de GES évitées suit la formule suivante :

$$\begin{aligned} & \text{Quantité d'émission de GES évitée en kg} \\ & = \text{Électricité produite en kWh} \times \text{facteur d'émission en kg/kWh} \end{aligned}$$

Le facteur d'émission encore appelé facteur CO₂ (exprimé en kg/kWh) représente la quantité de GES rapporté en équivalent CO₂ produite par kilowattheure d'électricité. Ce facteur varie suivant les régions selon la technologie utilisée et le rendement des installations. Selon les valeurs actuelles de la Base Carbone® de l'ADEME, extraits de la publication de l'Agence Internationale de l'Energie « *CO₂ Emissions from Fuel Combustion* » (2013), le facteur CO₂ du Togo²⁰ est égal à 0,195 kgCO_{2e} / kWh.

Sachant que la centrale de Blitta aura une productibilité moyenne annuelle sur 25 ans équivalent à 90 255 MWh d'énergie par an (90 255 000 kWh), on obtient la quantité de CO₂ évitée en kg pour la centrale de Blitta :

$$\begin{aligned} \text{Quantité de CO}_2 \text{ évitée en kgCO}_2\text{e} &= 90\,255\,000 \text{ kWh} \times 0,195 \text{ kgCO}_2\text{e} / \text{kWh} \\ &= 17\,599\,725 \text{ kgCO}_2\text{e} \\ &= 17\,599,73 \text{ tonnes CO}_2\text{e} / \text{an} \end{aligned}$$

La quantité de 17 599,73 tonnes CO_{2e} / an équivaut à un total de 439 993,3 tonnes CO_{2e} sur les 25 ans d'exploitation par la société Amea Power. Selon ces données il faudra une exploitation de la centrale sur 57 ans pour atteindre une économie du million de tonnes de CO_{2e}.

Il est cependant important de noter que cette quantité d'émissions de GES évitée est fonction du facteur d'émission qui est susceptible d'évoluer suivant les investissements dans le secteur électrique et l'amélioration des rendements du réseau national. Par ailleurs l'utilisation de véhicules sur le site pendant la phase d'exploitation et la consommation d'électricité du réseau national la nuit (la centrale ne disposant pas de dispositifs de stockage) sont également des éléments pouvant influencer sur les économies d'émissions de GES.

¹⁹ <https://files.sma.de/downloads/SMix-UFR091910.pdf>, consulté le 12 mai 2021

²⁰ https://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?moyenne_par_pays.htm, consulté le 12 mai 2021

En ce qui concerne, les émissions de GES pendant la phase de construction, les émissions directes du projet sont associées à l'utilisation de fuel dans les engins (pour l'acheminement et montage des matériels (équipement de chantier, matériaux, etc.) et pour le fonctionnement d'engins et véhicules sur le chantier) et les émissions associées au changement d'usage de terres suite au défrichage du site. La méthodologie de calcul de ces émissions repose sur les spécifications de l'ISO 14001 et du Bilan Carbone²¹. Les émissions de GES sont évaluées en multipliant les données d'activité issues des données du projet par les facteurs d'émission correspondants. Dans le cas de la construction de la centrale de Blitta, les différents entretiens avec les responsables du projet n'ont pas permis d'avoir accès aux données d'activité du projet. Cependant en réalisant une comparaison avec le projet de construction de la centrale solaire de 80 MW à Koumaguéli en Guinée Conakry, on peut estimer à 5 506 tCO₂e, la quantité d'émissions de GES pour la phase de construction de la centrale de Blitta. Les travaux de chantier de la centrale de Koumaguéli avaient, en effet, induit une émission de 8811 tCO₂e (ERM & Guinée Ecologie, 2018). Les émissions globales de GES du Togo²², pour l'année 2018 étant estimées à 8420 kt d'équivalent CO₂ (8 420 000 tCO₂e), les émissions induites par la construction de la centrale de Blitta ne représenteraient que 0,06 % du total des émissions du pays.

Nuisances sonores

L'évolution des nuisances sonores induites par le projet est fonction des différentes étapes d'avancement du projet : effets pendant la phase de construction et effets lors de l'exploitation.

Les sources sonores pendant la phase de chantier sont :

- Les allers et venues des camions et engins transportant les pièces de la centrale solaire photovoltaïque ;
- l'arrivée - départ des camions et engins transportant du matériel divers, béton... ;
- les engins, équipements et outillages de chantier nécessaires au décapage, à la pose des pieux, au montage du parc,...

Les niveaux sonores émis par les diverses sources susmentionnées, sans protection phonique particulière sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 Niveaux de décibels suivant les machines de chantiers

Sources	Distance/source (dB(A))
---------	-------------------------

²¹ <https://www.associationbilancarbhone.fr/wp-content/uploads/2018/03/bilan-carbone-v8-guide-methodologique-final.pdf>, consulté le 15 juillet 2021

²² <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EN.ATM.GHGT.KT.CE?locations=TG>, consulté le 15 juillet 2021

	5 m	30 m	50 m	100 m	150 m	200 m	300 m
Passage de camion	79	63,4	59	53	49,5	47	43,4
Pelle mécanique	80	64,4	60	54	50,5	48	44,4
Engin de manutention	75	59,4	55	49	45,5	43	39,4

Source : ECTARE, 2009

Le fonctionnement simultané de plusieurs machines à proximité l'une de l'autre a induit des niveaux sonores allant jusqu'à 100 dB (5 m) selon les responsables chargés de la gestion environnementale de la centrale. La présence de population proche du site (moins de 30 m) est un facteur pouvant accentuer cet enjeu, cependant durant la phase de chantier, il n'a pas été enregistré de plaintes des PAP liées aux niveaux sonores.

Une fois la construction terminée et les engins de chantier retirés du site, sur l'ensemble des infrastructures, seuls les transformateurs en charge et la ventilation des onduleurs sont sources de production du bruit. Cependant, ces volumes sonores demeurent très limités (environ 62 dB(A) à 1 mètre pour un onduleur de 80 kW) et le voisinage est à plus de 100 mètres des onduleurs.

Gestion des déchets et rejets

La gestion des déchets est l'un des AES les mieux pris en compte par la centrale de Blitta. La production de déchets sur le site, pour la phase de chantier, se résume à l'apport des équipements à installer (avec les déballages) et à la présence du personnel sur site. Aucun entretien d'engins n'est effectué sur le site conformément au plan de gestion environnemental et social. Par conséquent, aucun déchet de type huiles usagées n'y est produit. Les déchets liés à la fréquentation des locaux de chantier par le personnel sont régulièrement collectés par les services de ramassage des ordures ménagères. Des poubelles de tri ont été installées sur le site pour récupérer les dits déchets qui sont ensuite convoyés à la décharge communale. Il est important de préciser à ce niveau que les populations ont mis en place des filières de récupération/réutilisation de certains emballages d'équipement et palettes supports. Les sanitaires sur site sont connectés à un système d'assainissement autonome n'entraînant aucun effluent dans le milieu environnant (type toilettes sèches).

En ce qui concerne les travaux de décapage des sols, aucun déchet n'a été produit étant donné que la totalité des matériaux ont été mis en remblai dans les tranchées au nord-ouest du site.

Pour ce qui est de la phase d'exploitation, aucun déchet, aucun effluent n'est lié aux installations en fonctionnement. Le projet n'engendre donc aucun effet en termes de gestion des déchets. Les installations sanitaires constituent en outre des enjeux mineurs considérant le faible nombre de personnel qui sera présent pendant cette phase (12 personnes).

D'une manière générale, seule la phase de construction a constitué une source de production de déchets et d'effluents. Aucune atteinte à la salubrité publique ne sera engendrée par l'activité de production d'énergie solaire photovoltaïque.

4.1.3 Analyse des impacts environnementaux selon les indicateurs de l'ADEME

L'analyse des impacts environnementaux de la centrale de Blitta, selon le corpus d'indicateurs de l'ADEME, permet d'identifier les impacts liés au projet de la centrale (tableau 7).

Tableau 7 Identification des impacts environnementaux de la centrale de Blitta selon le corpus de l'ADEME

Composantes	Phase de construction / installation	Phase de production / exploitation	Non intervenu
Biodiversité	Modification / destruction d'habitats	Effet barrière / Contournement / Perturbation des animaux	Collision avec ou sans mortalité d'individus de faune
	Fragmentation d'habitats		Électrocutions d'individus de faune
	Modification du fonctionnement des écosystèmes	Perturbation visuelles	Pollutions accidentelles ou chroniques
	Déplacement / éloignement lié aux infrastructures		Modifications physico-chimiques
Sols	Occupation des sols	Occupation des sols	Co-usage des sols
	Artificialisation des sols		
	Changement d'affectation des sols	Changement d'affectation des sols	Erosion du sol & Imperméabilisation du sol
	Compaction et tassement		Affaissement et gonflement du sol
	Modification de la teneur en matière organique	Changement de T du sol ou des sédiments	Changement du régime hydro-sédimentaire en milieu aquatique
	Qualité de l'écosystème		Contamination chimique du sol
	Modification de la faune et de la flore des sols et sédiments	Modification de la faune et de la flore des sols et sédiments	Salinisation - acidification du sol
Fertilité du sol			

Source : auteur

L'analyse combinée du corpus d'indicateurs de l'ADEME pour l'identification des impacts environnementaux liés à la technologie solaire photovoltaïque et de la grille de Fecteau pour l'évaluation des impacts permet d'identifier trois principaux impacts sur la biodiversité et les sols. Il s'agit de la modification et la destruction d'habitats écologiques, de l'occupation des sols et de l'artificialisation des sols.

La centrale de Blitta, installée sur une surface de 117 ha pour 50 MWc de puissance nominale soit une destruction de 2,34 ha par MW²³, pose un important enjeu d'occupation des sols. Cet impact est aggravé par la perte des éléments abrités sur le site. Le site de la centrale abritait principalement une riche végétation de savanes arbustive et arborée²⁴ ; les terres agricoles (cultures vivrières et durables) couvraient le reste de la surface. Ces éléments constituent le principal enjeu environnemental du projet de la centrale. La compensation de ces trois impacts majeurs par la réalisation de reboisements compensatoires constitue la principale piste de solution pour la gestion des impacts environnementaux de la centrale de Blitta.

Tableau 8 Évaluation des impacts de la centrale de Blitta selon la grille de Fecteau (source : auteur)

Impacts négatifs	Intensité	Étendue	Durée	Importance absolue	Valeur de la composante	Importance relative
Modification / destruction d'habitats	Forte	Locale	Longue	Majeure	Moyenne	Forte
Fragmentation d'habitats	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Modification du fonctionnement des écosystèmes	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Déplacement / éloignement lié aux infrastructures	Faible	Locale	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Perturbation visuelles	Faible	Locale	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Effet barrière / Contournement / Perturbation des animaux	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Occupation des sols	Forte	Locale	Longue	Majeure	Moyenne	Forte
Artificialisation des sols	Forte	Locale	Longue	Majeure	Moyenne	Forte
Changement d'affectation des sols	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Compaction et tassement	Faible	Locale	Courte	Mineure	Moyenne	Moyenne
Modification de la teneur en matière organique	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Qualité de l'écosystème	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Modification de la faune et de la flore des sols et sédiments	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Fertilité du sol	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Changement de T du sol ou des sédiments	Faible	Locale	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne

Source : auteur

4.2 Mise en œuvre du Plan de Gestion Environnementale et Sociale

L'analyse de la mise en œuvre du plan de gestion environnementale et sociale/phase de construction (PGES), qui constitue le cahier de charge environnementale du projet, révèle de gros efforts pour la mise en œuvre des mesures de gestion environnementale et sociale. Ces

²³ En comparaison, la centrale thermique à gaz de Kribi au Cameroun avait nécessité l'occupation de 4,75 ha pour une production de 150 MW (320 m²/MW). https://www.sifec.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/quebec/seance-simultanee-3/1_NDEMANOU.pdf, consulté le 15 juillet 2021

²⁴ <http://www.fao.org/3/X6815F/X6815F06.htm>, consulté le 15 juillet 2021

efforts se traduisent par un taux de respect des exigences du PGES évalué à 80 %, soit 20 % des mesures du PGES qui n'ont pas été respectées.

L'utilisation du terme « respect des mesures du PGES » fait référence à la nature obligatoire des dispositions contenues dans le PGES. Le PGES représente en effet un véritable cadre légal d'exécution et de contrôle des pressions environnementales associées aux projets de développement. Ce document, contraignant, est d'autant plus exigeant au regard de l'article 3 de l'arrêté portant prescriptions relatives à la délivrance du certificat de conformité environnementale (CCE) au projet de construction de la centrale de Blitta. Cet article 3 dispose que : « *Le PGES et le PGR constituent le cahier des charges environnementales du projet que le promoteur doit mettre en œuvre pour assurer la viabilité environnementale du projet. Ils font partie intégrante du certificat de conformité environnementale.* ». Le PGES représente donc un véritable instrument juridique spécifique à chaque projet et lui permettant de gérer et suivre sa performance environnementale.

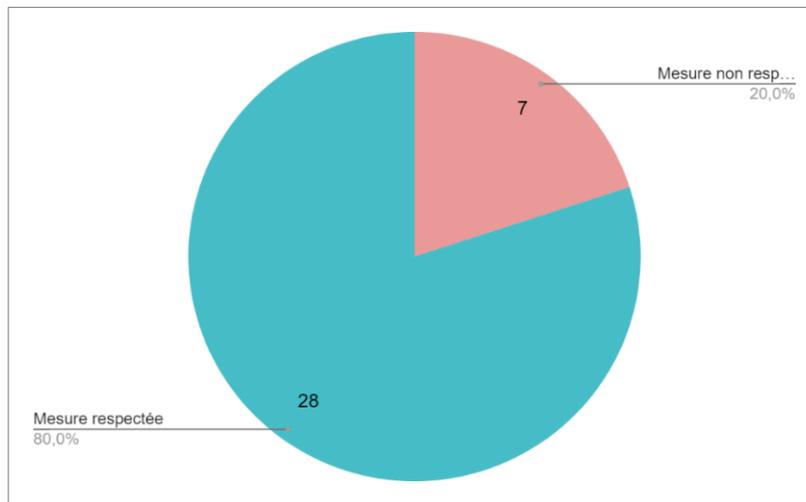


Figure 17 Taux de respect des exigences du PGES (Source : auteur)

Les entretiens réalisés avec les responsables des questions environnementales dans l'équipe de gestion opérationnelle du projet, révèlent que le PGES n'a pas été rendu disponible aux acteurs sur le chantier. Par ailleurs, certaines mesures contenues dans le PGES étaient difficilement applicables²⁵ dans le contexte de la préfecture de Blitta. Pour gérer certains des impacts identifiés, le maître d'œuvre a pris des dispositions plus rigoureuses²⁶ que les mesures contenues dans le PGES. Dans d'autres cas encore, aucun effort n'a simplement été fait pour

²⁵ La mesure n°3 du PGES stipule par exemple que « Le sol perturbé doit être remis dans son état antérieur. » ; ce qui est impossible considérant que le sol a été décapé et nivelé afin d'installer les panneaux solaires.

²⁶ La mesure n°4 du PGES dispose par exemple de « Livrer les huiles usées à une entreprise autorisée ». Le maître d'œuvre a plutôt décidé d'interdire toute manipulation d'huile usée sur le site et oblige les entreprises à réaliser les vidanges dans des garages spécialisés.

mettre en œuvre certaines mesures du PGES. Ces différents éléments expliquent le taux de 20 % de non mise en application des mesures contenues dans le PGES.

Une analyse approfondie de la mise en œuvre des mesures du PGES (figure 18) permet de hiérarchiser les mesures suivant le niveau de mise en œuvre, à travers le dispositif d’attribution des côtes. Sur un total de 35 mesures contenues dans le PGES, 28 ont été respectées avec 22 mesures mises en œuvre avec résultats.

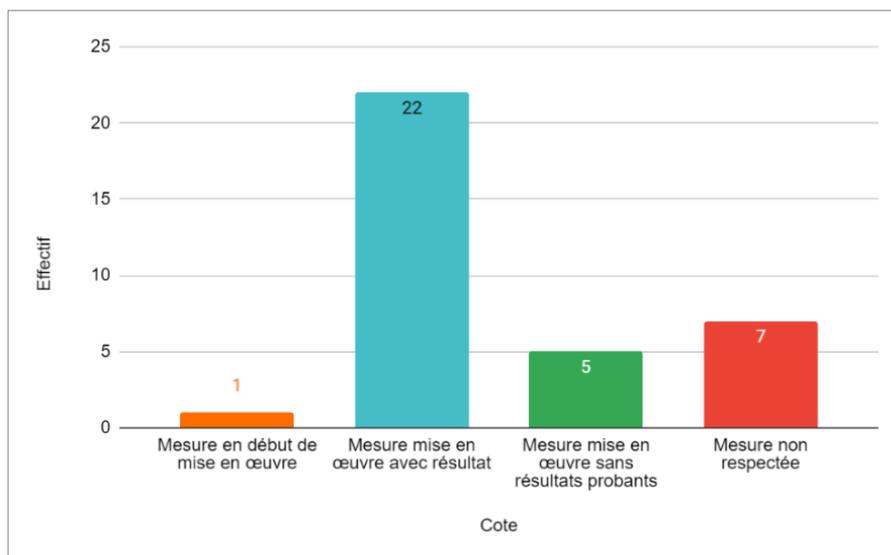


Figure 18 Niveau de mise en œuvre des mesures du PGES (Source : auteur)

Certaines mesures ont été mises en œuvre mais sans résultats mesurables. L’une des mesures recevait, quelques jours avant notre enquête, son accord de mise en œuvre par les décideurs du projet. Rappelons ici que la présente étude se base uniquement sur le PGES de la phase de construction, la phase d’exploitation n’ayant pas réellement démarré avant la réalisation de nos enquêtes et travaux de terrain.

D’une manière générale, l’application de l’échelle de Likert pondérée permet d’observer un score moyen de 15,2 sur 20 (532 points sur un total de 700 points). Ce score traduit les efforts de mise en œuvre efficace des mesures du plan de gestion environnementale et sociale du projet de construction de la centrale de 50 MW à Blitta. Il montre en outre la marge de progression à franchir pour être en accord avec les exigences de l’arrêté portant prescriptions relatives à la délivrance du certificat de conformité environnementale (CCE) au projet. Cette marge de progression nécessite tout de même d’être nuancée à travers une révision à mi-parcours de l’applicabilité des différentes mesures contenues dans le PGES par rapport au contexte d’insertion du projet et considérant l’état actuel des différentes composantes de l’environnement sur le site.

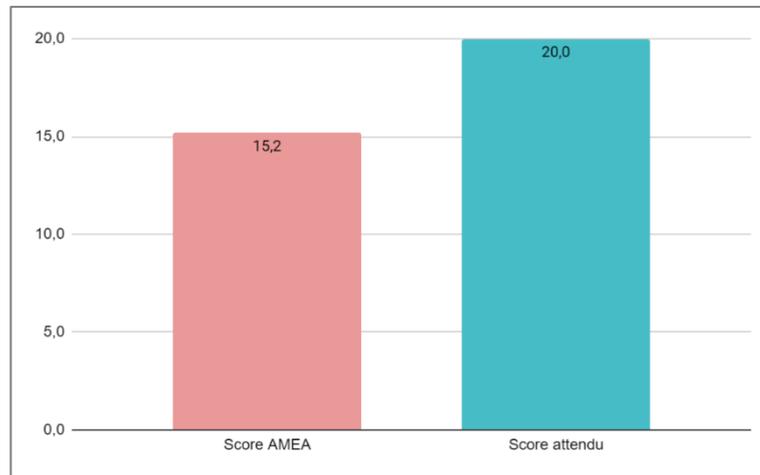


Figure 19 Score global de mise en œuvre du PGES (Source : auteur)

L'analyse de l'état des différentes composantes de l'environnement affectées par le projet à travers l'évaluation de la mise en œuvre du PGES croisée avec les données issues des visites de contrôle et de suivi réalisé par l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE) permet d'identifier la destruction d'habitats écologiques, l'occupation et l'artificialisation des sols comme principaux impacts environnementaux du projet non atténués. Ces résultats confirment ceux obtenus à travers la grille d'indicateurs environnementaux de l'ADEME. Pour atténuer et compenser ces trois impacts, le PGES prévoit la réalisation d'un reboisement compensatoire sur une superficie de 357 hectares soit le triple de la superficie du site du projet (Cette mesure n'est pas explicitement indiquée dans le PGES, ni dans la convention de suivi du PGES mais apparaît plutôt dans les recommandations faites par l'ANGE à l'issue de ces missions de contrôle et de suivi).

Cette mesure de reboisement compensatoire définie par l'ANGE comme « *tout reboisement réalisé en compensation des déboisements ou des déforestations effectués à l'occasion de tout défrichage ou de toute autre activité ayant occasionné une perte quelconque d'espèces forestières, floristiques et fauniques* » a fait l'objet d'une évaluation particulière. Cette évaluation révèle que le reboisement compensatoire n'est pas réalisé du fait de la lenteur administrative particulièrement au sein de l'équipe de gestion du projet et d'une manière générale au sein de Amea Togo Solar, promoteur du projet. Cette lenteur est aggravée par la non définition d'un principal responsable du projet résident au Togo s'occupant des formalités administratives et décideur sur les questions environnementales. En effet, malgré le recrutement d'un consultant pour la conception d'un plan de reboisement, aucun des responsables de gestion du projet rencontrés dans le cadre de cette étude n'a pu renseigner sur l'état d'avancement de la mise en œuvre du reboisement compensatoire. L'application de cette mesure de reboisement compensatoire représente le principal défi de gestion environnementale du projet.

4.3 Analyse de l'acceptabilité sociale du projet

Les riverains interrogés dans le cadre de cette étude, dans leur ensemble (100 %), pensent que le projet de construction de la centrale solaire photovoltaïque dans leur localité est une initiative bénéfique pour eux. Trois principaux bénéfices ressortent des enquêtes : (i) l'électrification, (ii) le développement économique et (iii) le développement social. Les personnes enquêtées entendent par électrification un accès plus sécurisé et facile à l'énergie électrique, une connexion des quartiers et villages non électrifiés au réseau électrique national, une extension de l'éclairage public, une meilleure disponibilité de l'énergie électrique et la réduction des délestages. Le développement économique fait référence aux attentes des populations et des autorités en termes d'installation d'unités industrielles dans la localité, la réduction du taux de chômage au niveau local et l'amélioration des revenus de la commune et des populations. Le développement social quant à lui fait référence à l'aménagement d'infrastructures sociales : bâtiments scolaires, hôpital, distribution de vivres et de kits scolaires. Le terme « fierté » est en outre abondamment mentionné par les personnes enquêtées comme source de satisfaction vis-à-vis du projet. Fierté du fait que la préfecture de Blitta soit retenue pour accueillir le premier projet du genre au Togo, fierté que soient investis plusieurs milliards dans la préfecture.

Si les personnes enquêtées sont 78,69 % à estimer être associées ou impliquées dans la mise en œuvre du projet, elles ne sont que 56,56 % à penser que les recommandations formulées par les riverains ont été intégrées dans la mise en œuvre du projet. Sur la question du recrutement des jeunes de la localité, 90,98 % des enquêtés sont satisfaits et affirment que le projet a participé à réduire le taux de chômage et la délinquance en trouvant des occupations aux riverains. Les enquêtés citent l'exemple des jeunes de la localité qui ont réussi à s'assurer une meilleure scolarisation grâce aux revenus engrangés en travaillant sur le site. Selon des chiffres fournis par Amea Togo Solar, les riverains auraient compté pour 80 % du personnel employé pendant la phase de construction. Il est important de préciser que les riverains ont essentiellement occupé des fonctions de manœuvres, pour des postes d'ingénieurs et d'ouvriers qualifiés, les employés sont pour la plupart des expatriés notamment venus d'Inde pour le compte du constructeur Jakson group, une entreprise indienne.

Malgré que 100 % des enquêtés affirment que l'installation de la centrale n'entrave pas leurs activités génératrices de revenus, ils sont 23,77 % à affirmer avoir eu des problèmes/mal compréhensions avec le projet de construction de la centrale. Ces difficultés sont liées essentiellement à la procédure d'expropriation des propriétaires terriens. En phase de travaux les difficultés les plus mentionnées sont dues à des accidents de travail, à l'émanation de poussières dues aux déplacements des camions. Le non-paiement des salaires à la bonne date par certains sous-traitants est également mentionné comme source de conflits entre riverains et le projet.

Les enquêtés dans leur ensemble ont mentionné la réalisation d’œuvres sociales, comme cité plus haut, comme source de satisfaction et d’acceptabilité du projet. Cependant 53,28 % des personnes interviewées pensent que le projet devra mettre en place un programme d’appui conseil aux groupements de femmes et jeunes.

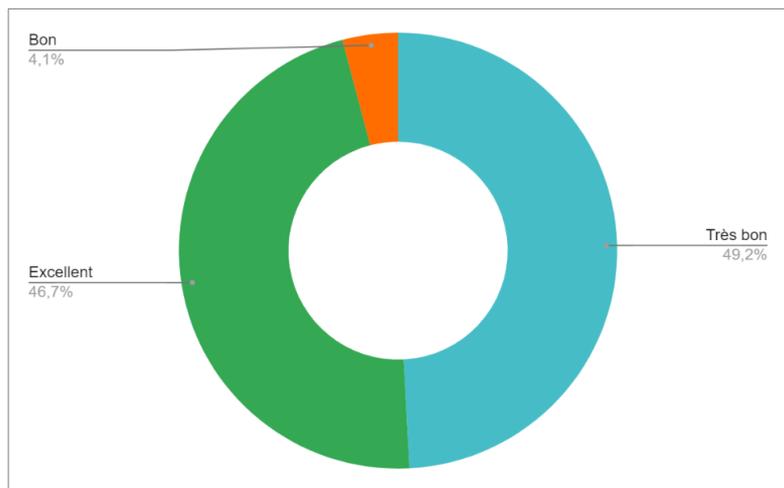


Figure 20 Appréciation globale du projet par les riverains (Source : auteur)

D’une manière générale, sur une échelle d’appréciation globale du projet à 6 positions de Likert (nul, très mauvais, mauvais, bon, très bon et excellent), les riverains interviewés attribuent uniquement des appréciations positives au projet. 4,1 % des enquêtés estiment que le projet est une *bonne* initiative. 49,2 % d’entre eux estiment que c’est un *très bon* projet pendant que 46,7 % de ces enquêtés pensent que la construction de la centrale est un *excellent* projet.

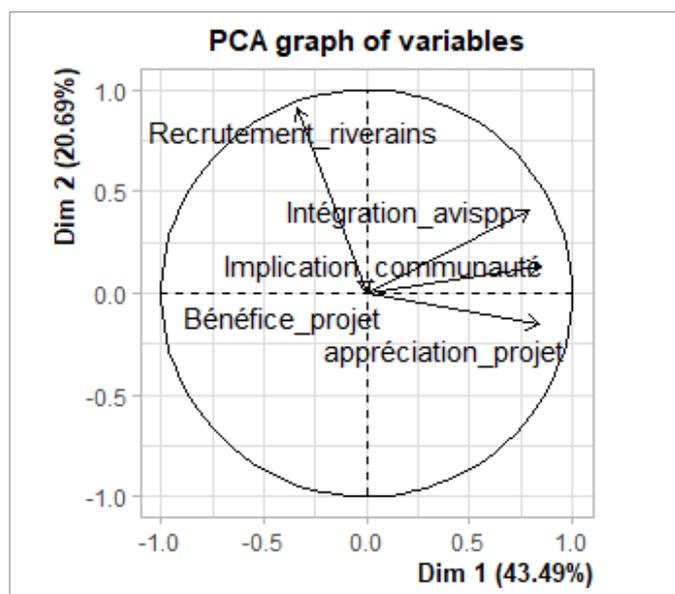


Figure 21 Cercle de corrélation des différentes variables de l’acceptabilité sociale (Source : auteur)

Cette appréciation globalement très positive traduit l'acceptabilité sociale du projet par les riverains en particulier et les habitants de la préfecture de Blitta en général. Les facteurs de cette acceptabilité sociale sont analysés à partir de l'Analyse en Composante Principale (PCA), qui a permis de réaliser le cercle de corrélation des différentes variables.

Nous remarquons que la variable « recrutement des riverains » n'est pas liée aux trois autres variables. Par contre, il y a une forte liaison entre les autres variables à savoir l'existence de bénéfices du projet, l'implication des communautés, l'intégration des avis des personnes affectées et l'appréciation du projet.

La liaison entre les variables est positive comme le présente le cercle de corrélation, les variables allant dans le même sens. Cette liaison traduit que les facteurs déterminant dans l'acceptabilité sociale du projet sont l'implication des communautés, l'intégration des avis des personnes affectées et l'existence de bénéfices directs pour les riverains.

4.4 Propositions d'amélioration de la performance environnementale des EnRs

4.4.1 Pour le projet de Blitta

L'analyse des différents résultats a permis d'identifier la consommation d'eau, l'occupation et l'artificialisation des sols ainsi que la destruction d'habitats écologiques comme principales sources de contre-performance environnementale du projet de construction de la centrale de Blitta. Le recours à des technologies de nettoyage à sec des panneaux et la réalisation du reboisement compensatoire sur une superficie égale au triple à celle du site de la centrale de Blitta sont les actions principales à entreprendre. La réalisation du reboisement compensatoire vise à reconstituer les strates herbacées, arbustives et arborées détruites, et par là, minimiser l'impact sur les fonctions écologiques perdues ou dégradées de ces zones. Par ailleurs, les espaces forestiers issus de ce reboisement peuvent agir comme puits de carbone en assurant la séquestration des émissions de GES imputable aux activités de construction et également augmenter la quantité d'émissions de GES compensée par le projet. Le nettoyage à sec permettrait de faire des économies de consommation d'eau. Cette eau pourra être utilisée à d'autres fins notamment pour l'accès à l'eau potable des riverains.

Par ailleurs, le projet de la centrale de Blitta devra développer des initiatives pour favoriser la multifonctionnalité énergétique, environnementale et sociale du projet. Des initiatives agrinergiques seraient par exemple très intéressantes à cet effet. *L'agrinergie²⁷ est un concept innovant qui conjugue sur un même espace, production agricole et production d'énergie. Partant du constat que la construction d'une centrale photovoltaïque au sol peut réduire les terres arables d'un territoire, l'Agrienergie® réinvente l'énergie solaire en créant des synergies positives avec le monde agricole.* Cette stratégie permet de combiner productions agricole et

²⁷ <https://www.akuoenergy.com/fr/agrinergie>, consulté le 21 juin 2021

d'énergie au sein d'un même projet. Le projet de la centrale de Blitta pourra s'engager dans cette dynamique en développant une activité agricole complémentaire sur les parcelles libres du terrain de la concession afin d'accroître les retombées positives du projet pour la population locale. Une telle initiative permettra de générer des emplois durables aux riverains. En comparaison des centaines d'emplois locaux durant la phase de chantier, le projet ne prévoit que 12 employés en phase d'exploitation qui seront à 80 % des expatriés. Des centaines d'emplois durables pour les jeunes et les femmes pourront être créés grâce à une activité de maraîchage et d'élevage de poules comme le cas du projet KITA²⁸ au Mali. L'utilisation de technologie à air pour le nettoyage des panneaux rendra disponible de l'eau pour cette initiative.

En outre la centrale devra initier un suivi ornithologique (suivi de l'évolution des espèces d'oiseaux autour du site). Ce suivi permettra d'écarter la piste de perturbation visuelle des oiseaux car en théorie la lumière polarisée réfléchiée par les panneaux photovoltaïques pourrait engendrer une confusion entre la surface des cellules et une surface aquatique.

Dans la perspective de la maîtrise de ses aspects environnementaux significatifs, Amea Togo Solar pourra faire recours à l'utilisation d'un tableau de bord de suivi environnemental qui reprendra les impacts identifiés, l'état de chaque cible, les mesures proposées et celles déjà mises en œuvre, les résultats obtenus, les dates de prises de mesures, l'évolution de la consommation d'eau et d'énergie, le niveau de bruit, la qualité de l'air, de l'eau et du sol. Un tel tableau de bord constitue un véritable outil performant pour la planification, la mise en œuvre et l'évaluation des activités d'engagement avec les parties prenantes tout en permettant le suivi des données environnementales. Il permettra de démontrer efficacement comment les investissements sociaux soutiennent les objectifs de développement durable de la centrale. En outre, il permettra d'améliorer le modèle d'affaires du projet à long terme en y intégrant les indicateurs de performance clés (IPC) de développement durable afin de mesurer le succès de la stratégie en durabilité et améliorer le score EPE.

En termes de formalités administratives et de relations avec les parties prenantes, le projet devra travailler à améliorer la communication avec l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE) en lien avec les efforts entrepris pour la gestion environnementale. La mise en œuvre des recommandations formulées par l'ANGE à la suite de ces missions de contrôle et de suivi du PGES constitue aussi un élément d'amélioration des relations avec l'ANGE.

Dans le même ordre d'idées, de commun accord avec l'ANGE et le bureau d'études ayant réalisé les études environnementales, Amea Togo Solar pourra initier une démarche de révision du plan de gestion environnementale et sociale du projet. Il faudra aussi faire valider le plan d'assainissement du site par les autorités compétentes (ministère de l'hydraulique).

²⁸ <https://www.akuoenergy.com/fr/kita>, consulté le 20 juin 2021

Amea Togo Solar devra par ailleurs accélérer le partage des retours d'expérience afin d'accompagner le développement des autres projets de centrales solaires au Togo notamment à Sokodé, à Kara, à Mango et à Dapaong.

En ce qui concerne l'amélioration de l'acceptabilité sociale du projet, Amea Togo Solar devra réaliser le dédommagement et l'expropriation des riverains dont les terres sont sur l'emprise des pylônes assurant la connexion du site du projet avec la ligne haute tension 161 kv de la CEB. Cette procédure permettra de définir une zone de sécurité par rapport aux installations de transport de l'énergie produite de même que cela permettra de limiter les frustrations en lien avec l'occupation des terres.

A cet effet un comité citoyen de suivi du PGES révisé pourra être mis en place pour suivre l'évolution du projet et en assurer la sauvegarde sociale. Des appuis / soutiens pourront être apportés aux groupes, associations et coopératives de femmes et de jeunes pour assurer des revenus durables aux couches sociales marginalisées de la région. Amea Togo Solar devra aussi s'engager dans la formation - sensibilisation des populations aux réels enjeux des installations et de la transition énergétique pour les aider à mieux comprendre l'intérêt du projet et les mobiliser à la durabilité du projet. Enfin considérant le contexte hydrogéologique de la localité, Amea pourra aussi accompagner la réalisation de forages pour les populations et leur faciliter l'accès à l'eau potable de boisson.

4.4.2 Pour les futurs projets

Le projet de construction de la centrale de Blitta est un véritable modèle devant impulser le développement de la stratégie nationale de transition énergétique et même au niveau sous-régional à travers l'UEMOA et la CEDEAO. Cela passe par la mise en place d'un mécanisme efficace de partage des retours d'expérience. Les lignes suivantes sont dédiées à la présentation des leçons tirées dans le cadre de cette étude pour accompagner la mise en place de futurs projets de centrales solaires photovoltaïques au Togo en particulier et dans la sous-région ouest-africaine en général.

La première concerne l'intégration en amont de l'ensemble des parties prenantes notamment les personnes affectées par les actions du projet dans la conception même du projet. Cela assure la prise en compte des perceptions sociales, véritable gage de succès des projets d'EnRs. Pour garantir une pleine acceptabilité sociale des projets et assurer un développement harmonieux de la filière des EnRs, les institutions gouvernementales devraient accompagner la formation d'ingénieurs et techniciens locaux ayant les qualifications requises pour la conception et la mise en œuvre des projets. Les communautés riveraines et la population d'une manière générale devront être sensibilisées aux réels enjeux de la transition énergétique.

En outre, dans les étapes de conception des projets, il faudra favoriser la multifonctionnalité énergétique, environnementale et sociale du projet en développant des activités génératrices de revenus durables aux populations riveraines. Dans le choix des sites, les porteurs de projets devront intégrer les aspects paysagers plus en amont. Les sites choisis devront garantir une insertion harmonieuse avec le paysage dans lequel ils s'insèrent. Le choix de sites avec peu de végétation et/ou ne contenant que des strates herbacées de végétation devrait être privilégié pour limiter la destruction d'habitats écologiques et il faudra conserver des bosquets de forêts sur les sites dans la mesure du possible. Une cellule stratégique réunissant l'ANGE, l'AT2ER et les autres acteurs des énergies et de l'environnement pourra être mise en place pour accompagner la réflexion sur le développement des projets d'énergies renouvelables.

Les institutions gouvernementales dédiées devront accompagner la réalisation d'études visant à améliorer les connaissances sur les impacts spécifiques aux différentes technologies d'EnRs en développant des grilles d'indicateurs et les mesures à réaliser. Ces études permettront de mieux connaître les implications de la présence des EnR sur d'autres usages et filières économiques (tourisme, immobilier, agriculture, foresterie, industrie). Cette approche vise aussi à renforcer la multifonctionnalité énergétique, environnementale et sociale des projets. Les porteurs de projets devront être mieux sensibilisés aux implications des technologies promues.

D'une manière générale, le projet de la centrale de Blitta doit permettre de développer, consolider, mutualiser et harmoniser des guides de bonnes pratiques pertinents et sectoriels basés sur la séquence « Éviter, réduire, compenser, accompagner ». L'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement pourra assurer une standardisation des méthodes de suivi de la performance environnementale avec le développement de tableaux de bord de suivi environnemental. Une analyse du contexte paysager d'insertion des projets devra être incluse dans les évaluations environnementales pour améliorer le design des projets. Des études de types analyse de cycle de vie (ACV) sont également nécessaires pour connaître les impacts des EnR sur la biodiversité, les sols et les paysages sur toutes les étapes du cycle des projets notamment pendant les phases extractives et de fabrication des équipements.

La réalisation du reboisement compensatoire doit être instituée comme une obligation réglementaire spécifique en complément de l'édition des plans de gestion environnementale. Le nettoyage des panneaux avec des technologies à air est identifié dans le cadre de la présente étude comme plus performant au regard des pressions sur les ressources naturelles.

Enfin, le développement des énergies renouvelables permet d'ancrer la production d'énergie localement. Les territoires peuvent ainsi s'assurer d'une plus grande indépendance énergétique et jouer un rôle dans la création d'emplois locaux, dans le cas où l'essentiel de la conception et de la production des composants (pales, panneaux solaires, batteries,) soit bien effectué sur place. Les Etats de la sous-région pourront appuyer la mise en place d'unités locales de production des différents équipements liés à ces technologies d'EnR

Conclusion

La transition énergétique longtemps considérée comme la solution au défi climatique pourrait bien se relever n'être qu'un concept de type « end of pipe ». Il devient important de mettre en place des méthodes et outils pour évaluer les impacts potentiels des énergies renouvelables sur l'environnement. Le Projet de construction de la centrale solaire à Blitta, véritable outil de développement, pourra pleinement atteindre ses objectifs grâce à la mise en œuvre d'une démarche stratégique de gestion et de suivi des nuisances et bénéfiques qu'il induit sur l'environnement.

La présente étude, basée sur une approche essentiellement quantitative associée à une revue documentaire contextuelle a permis d'analyser la mise en œuvre des recommandations issues de l'étude d'impact du projet, d'identifier les impacts environnementaux qui demeurent, d'évaluer la performance environnementale globale du projet et de proposer une démarche stratégique pour améliorer l'empreinte environnementale de l'installation.

Notre méthodologie conçue autour de la théorie de la performance environnementale développée par Turki (2009), du triangle de l'efficacité proposé par Sadler (1996) et du corpus d'indicateurs d'impacts environnementaux des énergies renouvelables élaboré par l'ADEME (2019), a permis de déterminer les principales contre-performances environnementales du projet. D'une manière générale, la modification et la destruction d'habitats écologiques ainsi que l'occupation et l'artificialisation des sols représentent les impacts environnementaux majeurs, imputables à l'installation de la centrale solaire photovoltaïque de Blitta. L'analyse de la grille de performance environnementale de Turki révèle que les composantes stratégiques et relationnelles sont les mieux prises en compte par le projet. Au niveau de la composante opérationnelle, l'utilisation d'eau de forage pour le nettoyage des panneaux a constitué une source évitable de consommation de ressources au regard de la disponibilité d'eau dans la région. Bien que l'étude ait démontré que la centrale n'induit pas d'émissions de gaz à effet de serre et contribue à l'économie de près de cinq cent mille tonnes de CO₂, la consommation d'eau et sa conséquence de rejets d'eau valorisable constituent une source de contre-performance environnementale.

L'analyse de la mise en œuvre du PGES a permis de mettre en exergue les efforts fournis par le projet pour se mettre en conformité par rapport aux exigences du Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières. Cet engagement se traduit par un taux de 80 % de respect des recommandations du plan de gestion environnementale et sociale (PGES). Une analyse fine révèle un taux de 63 % de mesures mises en œuvre avec des résultats. Les parts de 20 % de mesures non mises en œuvre et de 37 % de mesures n'ayant pas de résultats s'expliquent non seulement par l'engagement du promoteur à mettre en œuvre les mesures (Amea Power à travers sa filiale Amea Togo Solar) mais également par l'inadéquation de certaines mesures avec le contexte du projet et la non disponibilité du PGES auprès des agents chargés du management environnemental au sein de l'équipe opérationnelle du projet.

Par ailleurs, pour l'analyse de l'acceptabilité sociale du projet, les enquêtes réalisées auprès de 122 riverains y compris les autorités communales et cantonales, ont révélé un fort intérêt des populations locales vis-à-vis de la centrale solaire. L'étude a révélé que cet intérêt était lié principalement à la compréhension par les populations des bénéfices qu'ils gagnent grâce au projet. Cette compréhension est renforcée par l'implication des riverains dans la mise en œuvre du projet, par la prise en compte de leurs avis et par le recrutement de jeunes riverains dans l'équipe du projet. La réalisation d'œuvres sociales (construction de cinq modules de trois classes entièrement équipées, réhabilitation et équipement du centre de soins périphériques, distribution de vivres et distribution de kits scolaires) a été aussi identifiée comme un élément de consolidation de l'acceptabilité sociale.

Nous avons en outre identifié plusieurs parties prenantes à la réalisation du projet. Elles interagissent de manière isolée avec le constructeur Amea Togo Solar. Le constat est qu'il n'y a pas de cadres formels mettant en lien ces différentes parties et donc pas de mécanisme de coordination pour régir les interactions entre ces parties prenantes et optimiser les performances du projet.

L'ensemble de ces constats nous a aidé à construire un cadre stratégique d'actions à mettre en œuvre pour améliorer la performance environnementale du projet. Prioritairement, Amea Power et sa filiale du Togo devront définir et exécuter un plan de reboisement compensatoire sur une superficie équivalente au triple de la surface du site du projet. La société pourra également recourir à des équipements de nettoyage des panneaux basés sur les technologies à air. Des initiatives favorisant la multifonctionnalité énergétique, environnementale et sociale du projet notamment à travers l'agrinerie permettront de créer des emplois durables et d'améliorer les bénéfices socio-environnementaux du projet. Des actions d'amélioration des relations avec les parties prenantes, notamment les communautés riveraines et la mise en place d'un tableau de bord de suivi de la performance environnementale sont aussi des mesures proposées pour optimiser les bénéfices du projet.

Cependant, il est important de relever quelques limites associées à notre étude. Ces limites sont liées au fait que nous n'avons pas pu réaliser les analyses de la qualité de l'eau, de l'air et du sol en laboratoire pour avoir des données métriques des interactions des installations avec le milieu naturel. L'évaluation de la quantité d'eau disponible dans la nappe phréatique exploitée aurait également pu permettre de modéliser l'impact de la centrale. La prise en compte d'indicateurs économiques et sociaux plus généraux aiderait à avoir une vue plus complète de la performance du projet.

Toutefois le présent travail ouvre de nouvelles perspectives sur la réflexion stratégique autour des énergies renouvelables et leurs apports dans le processus de développement durable dans la région sub-saharienne. Cette étude nous inspire d'étendre le cadre d'analyse pour réaliser une comparaison des performances des sources d'énergies renouvelables promues dans la région afin de définir la meilleure option pour nos Etats.

Références bibliographiques

Abdelhamid L. (2008). *Contribution à l'Amélioration des Performances des Générateurs Eoliens-Evaluation de l'Impact des Energies Renouvelables sur l'Environnement*. Thèse de doctorat en électrotechnique, Option : Maîtrise des Energies. Batna : Université Hadj Lakhdar de Batna, 161 p.

ADEME, Devauze, C., Planchon, M., Calais, M., Lecorps, F., & Borie, M. (2019). *État de l'art des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages, et des moyens d'évaluation de ces impacts – Rapport sur les indicateurs d'impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages*. Angers : ADEME, 96 p.

ADEME, Devauze, C., Planchon, M., Lecorps, F., Calais, M., & Borie, M. (2019). *État de l'art des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages, et des moyens d'évaluation de ces impacts – Rapport d'analyse et de comparaison des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages—Directs et indirects sur l'ensemble de leur cycle de vie*. Angers : ADEME, 202 p.

Agence Française de Développement. (2020). *Note de communication publique d'opération, République du Bénin ; CBJ1228, Projet defissol*. AFD, 2 p.

Aissani L., Collet A., Bioteau T., Laurent F., Béline F. (2016). Évaluation environnementale de projets de méthanisation territoriaux via l'analyse du cycle de vie. Chapitre 11. In : *Partenariats pour le développement territorial*. Paris (France) : Éditions Quæ, 183-198 pp.

Agence Togolaise d'Electrification Rurale et des Energies Renouvelables. (2018). *Stratégie d'électrification du Togo*. Lomé : AT2ER, 63 p.

Banque mondiale. (2013). *Togo Energy Sector Policy Review : Review of the electricity sub-sector - N° ACS499*. Banque internationale pour la reconstruction et le développement, 94 p.

Benabidès, P. (2011). *Plan de gestion environnementale et sociale : Obligations et performance pour un développement durable*. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env. Université de Sherbrooke, 112 p.

Blanc I. (2015) Comment calculer l'impact environnemental des énergies renouvelables ?. *ParisTech Review*, Telecom Paris Tech, 6 p. [\(hal-01248286\)](#)

Boiteau C. (2015). Énergie et développement durable. *Revue française d'administration publique*, 156(4), 1077-1084 pp.

Boukari A., Ouled Abd Salam M. (2017). *L'Impact des énergies renouvelables sur l'environnement*. Mémoire de Master en physique énergétique et énergie renouvelable. Adrar : Faculté des sciences et techniques, Université Ahmed Draia, 63 p.

Bouyachou K. (2017). *Développement d'une approche décisionnelle multicritère pour le choix d'un système énergétique renouvelable à implanter dans les sites isolés*. Mémoire de maîtrise

en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences. Rimouski : Université du Québec à Rimouski, 125 p.

Brodhag, C., Breuil, F., Gondran, N., & Ossama, F. (2004). *Dictionnaire du développement durable*. Paris (France) : AFNOR, Avril 2020, 284 p. ISBN13 978-2-12-486933-6.

Collet, A., Béline, F., & Aissani, L. (2013). Détermination de l'intérêt environnemental via l'analyse du cycle de vie du traitement des effluents organiques par méthanisation au regard des contraintes territoriales. *Sciences Eaux Territoires*, Numéro 12(3), 78-85 pp.

Desmazes, J., & Lafontaine, J.-P. (2007). L'assimilation des budgets environnementaux et du tableau de bord vert par les entreprises. *Comptabilité et environnement*. 23 p. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00543246>

ECTARE. (2009). *PC11—Dossier d'étude d'impact—Aménagement d'une centrale solaire photovoltaïque, Commune de Valence-sur-Baïse*. [Rapport d'étude d'impact]. CEGELEC. 179 p.

ERM, & Guinée Ecologie. (2018). *Etude d'impact environnemental et social (EIES) du projet de centrale photovoltaïque de Khoumagueli*. [Rapport d'étude d'impact]. Solvéo Energie & Aldwych Africa Developments Limited. 288 p.

Gasparatos, A., Doll, C. N. H., Esteban, M., Ahmed, A., & Olang, T. A. (2017). Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 161-184 pp. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.030>

Guillaume, B. (2019). *Etude d'impact environnemental et social (EIES) et plan de gestion environnementale et sociale (PGES) du projet COMORESOL – grande Comores* [Rapport d'étude d'impact]. Programme Régional d'Infrastructures de Communication (Rcip-4), 292 p.

Hastik, R., Basso, S., Geitner, C., Haida, C., Poljanec, A., Portaccio, A., Vrščaj, B., & Walzer, C. (2015). Renewable energies and ecosystem service impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48 p. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.004>

Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Barrows, C. W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., & Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 766-779 pp. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041>

IEA. (2019). *Key World Energy Statistics 2019 — AIE* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.connaissancedesenergies.org/les-chiffres-cles-de-ledition-2019-des-key-world-energy-statistics-de-laie-191001>. (Consulté le 26/01/2021).

IEA. (2020). *Key World Energy Statistics 2020 – Analysis*. IEA [en ligne]. <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>. (Consulté le 26/01/2021).

IED Innovation Energie Développement. (2016). *Rapport d'Etude d'impact environnemental et social (EIES) : Projet de restructuration et extension des réseaux de la SBEE dans la commune*

d'Abomey-calavi et le département de l'Atlantique. Bénin : Société Béninoise d'Énergie Electrique, 220 p.

IPCC. (2019). *Report on Climate Change and Land : An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. GIEC. 43 p. <https://www.ipcc.ch/srccl/>

IRP, & UNEP. (2019). *Global Resources Outlook 2019 : Natural Resources for the Future We Want*. UNEP. 162 p.

Kagan, R. A., Viner, T. A., Trail, P. W., & Espinoza, E. O. (2014). Avian Mortality at Solar Energy Facilities in Southern California : A Preliminary Analysis. *National Fish and Wildlife Forensics Laboratory*. 28 p. <https://www.ourenergypolicy.org/resources/avian-mortality-at-solar-energy-facilities-in-southern-california-a-preliminary-analysis/>

Katzner, T., Johnson, J. A., Evans, D. M., Garner, T. W. J., Gompper, M. E., Altwegg, R., Branch, T. A., Gordon, I. J., & Pettorelli, N. (2013). Challenges and opportunities for animal conservation from renewable energy development. *Animal Conservation*, 16(4), 367-369. <https://doi.org/10.1111/acv.12067>

Kissao, G., Fussi, F., & Asplund, F. (2009). *Etude de faisabilité des forages manuels au Togo : Identification des zones potentiellement favorables*. Direction Générale de l'Eau et de l'Assainissement - Togo. 59 p.

Kouadio, R. M. (2013). *Evaluation du plan de gestion environnementale et sociale (PGES) de 2033 ha de périmètre irrigué à Di – province du Sourou*. Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, option : eau - assainissement. Ouagadougou : Institut International d'Ingénierie. 67 p.

Kourouma D. L. (2005). *Approche méthodologique d'évaluation environnementale stratégique du secteur de l'énergie : Application à la dimension régionale de la politique énergétique guinéenne en Guinée maritime*. Thèse de Doctorat en sciences de l'environnement. Montréal : Université du Québec à Montréal. 412 p.

Laurent F. (2015). *Optimisation fonctionnelle et spatiale de scénarios de méthanisation centralisée selon une approche systémique territoriale couplée à l'analyse du cycle de vie*. Thèse de Doctorat en chimie. Rennes : Ecole doctorale Sciences de la matière, Université de Rennes 1. 316 p.

Leroy, M. (2010). Fondements critiques de l'analyse de la performance environnementale des dispositifs de développement durable. *Management, mondialisation, écologie: regards critiques en sciences de gestion*, Paris, Lavoisier, 281-304 pp.

Lovich, J., & Ennen, J. (2011). Wildlife Conservation and Solar Energy Development in the Desert Southwest, Unites States. *BioScience*, 61(12), 982-992 pp. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.8>

Mahieu, S., Li, J., Ibrahime, D., Ozbafli, A., Ammar, T., Sakho, M., Oni, M., Yameogo, G., Eddaira, A., Alissoutin, S., Abda, F. B., El-Askari, K., Algindy, A., Kinane, M., Auer, E., Dakpo, W., Moreno, M.-J., Assouyounti, M., Ofori-Mante, R., & Vwala-Zikhole, W. (2017). *Résumé du plan de gestion environnementale et sociale (PGES) du projet de la centrale solaire photovoltaïque de 50 mw—Shapoorji pallonji (sp)*. Égypte. Banque Africaine de Développement. 26 p.

Mbodji N., Hajji A. (2017). Analyse technico-économique et évaluation de l'impact environnemental de la cuisson solaire directe au Maroc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(3), 8 p.

MEDDTL. (2011). *Installations photovoltaïques au sol—Guide de l'étude d'impact*. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (MEDDTL). 138 p.

Meyet Kodessa, E. G. B., Gbonsou, C. M. G., Dhayaou, Y., Ehgue, F., Guelly, A. R., Koigny, K. J. H., & Nduwimana, J. (2020). *Rapport 2020—Bilan carbone de l'Université Senghor à Alexandrie*. Université Senghor. 49 p

Ministère des Mines et de l'Énergie. (2015). *Plan d'Actions National des Energies Renouvelables (PANER), TOGO - Période [2015-2020-2030]*. Ministère des Mines et de l'Énergie, Centre pour les Energies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique de la CEDEAO (CERECEC). 121 p.

Miquel, C. (2009). *HESPUL - Systèmes photovoltaïques : Fabrication et impact environnemental—Synthèse*. HESPUL. 35 p.

Missaoui R., Marrouki S. (2012). *Les mécanismes innovants de financement des projets d'énergies renouvelables en Afrique du Nord*. Nations Unies, Commission économique pour l'Afrique Bureau pour l'Afrique du Nord. 79 p.

Montag, H., Parker, G., & Clarkson, T. (2016). The effects of solar farms on local biodiversity: a comparative study. *Clarkson and Woods and Wychwood Biodiversity*. 53 p.

Namavira, V., Gemma, M. D., Beckhodro - Ngatimon, K. T., & Dougah, T. P. (2019). *Etude d'impact environnemental et social du projet de d'installation d'une centrale solaire de 50 MW à Blitta Losso, dans le canton de Blitta-Village (préfecture de Blitta) [Rapport d'étude d'impact]*. DNV GL - Energy Advisory. 268 p.

Naspetti, S., Mandolesi, S., & Zanoli, R. (2016). Using visual Q sorting to determine the impact of photovoltaic applications on the landscape. *Land Use Policy*, 57, 564-573 pp.

Njoya Fenjou, M. L. (2011). *Contribution à l'évaluation des performances environnementales des entreprises minières : Perspectives pour les entreprises minières camerounaises*. Mémoire de Master en gestion de l'environnement. Alexandrie : Université Senghor à Alexandrie. 87 p.

Nyamanlobe, A. (2017). *Analyse du niveau de mise en oeuvre du plan de gestion environnementale et sociale dans les entreprises industrielle au Togo*. Mémoire pour l'obtention du Master en Développement de l'Université Senghor, Spécialité Gestion de l'Environnement, Université Senghor à Alexandrie. 80 p.

- Perron, F. (2010). *Potentiel énergétique et gains environnementaux générés par la biométhanisation des matières organiques résiduelles au Québec*. Essai présenté en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.). Centre Universitaire de Formation en Environnement. Sherbrooke, Québec. 126 p.
- Personne, M. (1998). *Contribution à la méthodologie d'intégration de l'environnement dans les PME-PMI : Évaluation des performances environnementales*. Thèse de doctorat, INSA de Lyon ; Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. 296 p.
- Présidence de la République (2017). *Décret n° 2017-040/PR du 23 mars 2017 fixant la procédure des études d'impact environnemental et social en République du Togo.*, 2017-040/PR. 15 p.
- Raková, L., & Škorpil, J. (2012). Influence of photovoltaic power system on environment in the czech republic. *Renewable Energy Sources*, 5 p.
- Renaud, A. (2009, May). Les Outils D'Evaluation De La Performance Environnementale: Audits Et Indicateurs Environnementaux. In *La place de la dimension européenne dans la Comptabilité Contrôle Audit*. 24 p. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00459153>
- Réseau d'expertise E7, Institut de l'Energie et de l'Environnement de la Francophonie. (2001). *Evaluation des impacts environnementaux : Vue d'ensemble présentée par les sociétés d'électricité*. E7, IEPF. Montréal. Canada. 102 p.
- Sibora, N., Chauviteau, C., Connen de kerilis, T., Tzelepogolou, T., Vogt, A., & Restouin, A. (2018). *Etude d'impact environnementale Projet de centrale photovoltaïque de la Coulée Blanche*. [Rapport d'étude d'impact]. EDF RENOUELABLES France. 209 p.
- SMA Solar Technology. (2009). *Information technique—Facteur CO2 : Facteur permettant de calculer la réduction des émissions de CO2 lors de la production d'énergie* (SMix-UFR091910). SMA Solar Technology. 4 p.
- Smith, J. A., & Dwyer, J. F. (2016). Avian interactions with renewable energy infrastructure : An update. *The Condor*, 118(2), 411-423 pp. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-15-61.1>
- Tougnon-Assogbavi, R. Y. (2020). Mise en œuvre du plan de gestion environnementale et sociale (pges) au Togo. *Les correspondants du SIFEE*, 5 p.
- Turki A. (2009). Comment mesurer la performance environnementale ? *Gestion*, Vol. 34(1), 68-77 pp.
- Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3261-3270 pp. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023>
- Tyteca, D. (2002). Problématique des indicateurs environnementaux et de développement durable. *Congrès de la Société de l'Industrie Minérale*, 15 p.

Union Européenne. (2018). *Document relatif à l'action pour le « Programme d'appui au secteur de l'énergie au Togo (PASET 2)*. Union Européenne. 20 p.

Visser, E. (2016). *The impact of South Africa's largest photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa*. Minor Dissertation presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Masters of Science in Conservation Biology, Percy FitzPatrick Institute of African Ornithology, University of Cape Town. 56 p.

Yonkeu S., Traore O., Yomba Keptukwa S. (2009). Étude d'impact environnemental et social de la mise en place du barrage à buts multiples de Samendeni au Burkina Faso : Volet centrale hydroélectrique. *Liaison énergie francophonie*, N° 83, 32-41 pp.

Liste des illustrations

Figure 1	Émissions mondiales de CO2 provenant de l'activité anthropique (Source : AIE, 2020)	4
Figure 2	Modèle de mesure de la performance environnementale (Source : Turki, 2009)	22
Figure 3	Localisation du site de la centrale de Blitta (source : Namavira et al. 2019)	25
Figure 4	Schéma de fonctionnement de la centrale solaire photovoltaïque (source : Namavira et al. 2019)	26
Figure 5	Triangle de l'efficacité (Source: Sadler, 1996 cité par Njoya Fenjou, 2011)	30
Figure 6	Échelle de pondération des mesures du PGES (Adapté de Kouadio, 2013)	31
Figure 7	Échelle de pondération des indices de l'EPE (adapté de Turki, 2009)	32
Figure 8	Performance environnementale de la centrale de Blitta (Source : auteur)	35
Figure 9	Evaluation des indicateurs de la composante stratégique (Source : auteur)	36
Figure 10	Evaluation des indicateurs de la composante opérationnelle (Source : auteur)	37
Figure 11	Cycle d'utilisation de l'eau sur le site de la centrale (Source : auteur)	38
Figure 12	Evaluation des indicateurs de la composante opérationnelle (Source : auteur)	39
Figure 13	Cartographie des parties prenantes au projet (Source : auteur)	40
Figure 14	Matrice de positionnement intérêt/influence des parties prenantes (Source : auteur)	42
Figure 15	Performance environnementale globale de la centrale de Blitta (Source : auteur)	43
Figure 16	Synthèse des scores de performance pour chaque indicateur de la grille (Source : auteur)	43
Figure 17	Taux de respect des exigences du PGES (Source : auteur)	51
Figure 18	Niveau de mise en œuvre des mesures du PGES (Source : auteur)	52
Figure 19	Score global de mise en œuvre du PGES (Source : auteur)	53
Figure 20	Appréciation globale du projet par les riverains (Source : auteur)	55
Figure 21	Cercle de corrélation des différentes variables de l'acceptabilité sociale (Source : auteur)	55

Liste des tableaux

Tableau 1	Impacts environnementaux et sociaux potentiels de la centrale solaire de 50 MW à Blitta	9
Tableau 2	Matrice de la performance environnementale	17
Tableau 3	Synthèse des exigences des normes de performance de l'IFC	18
Tableau 4	Informations techniques sur le projet	26
Tableau 5	Matrice d'engagement des parties prenantes identifiées	40
Tableau 6	Niveaux de décibels suivant les machines de chantiers	47
Tableau 7	Identification des impacts environnementaux de la centrale de Blitta selon le corpus de l'ADEME 49	
Tableau 8	Évaluation des impacts de la centrale de Blitta selon la grille de Fecteau (source : auteur)	50

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des indicateurs relatifs aux impacts des EnR sur la biodiversité, les sols et les paysages, adapté de ADEME *et al.* (2019)

Composantes	Impacts		Indicateurs
Biodiversité	Destruction / altération de milieux		<ul style="list-style-type: none"> - Emprises sur les milieux par unité de puissance installée ou quantité d'énergie produite - Habitats d'intérêt communautaire ou autres habitats naturels rares impactés par unité de production ou unité de puissance - Zonages du patrimoine naturel impactés par unité de production ou unité de puissance - Réservoirs de biodiversité ou corridors biologiques d'intérêt régional impactés par unité de production ou unité de puissance - Zones humides fonctionnelles impactées par unité de production ou unité de puissance
	Perturbation et dérangement d'individus d'espèces de faune et de flore		<ul style="list-style-type: none"> - Proportion d'éléments de fragmentation à l'échelle d'un territoire - Evolution des activités d'espèces cibles au niveau des zones d'influence des aménagements / Distance de perturbation - Proportion de territoire vital impacté par unité de production ou unité de puissance - Indice de continuité écologique (ICE)
	Mortalité ou blessures d'individus d'espèces de faune sauvage		<ul style="list-style-type: none"> - Nombre d'animaux blessés ou tués par équipement et par unité de temps
	Indicateurs globaux ou communs à plusieurs types d'impacts		<ul style="list-style-type: none"> - Indice de qualité écologique (IQE) - Indice poisson rivière (IPR) - Indice biologique global normalisé (IBGN), - Indice biologique diatomées (IBD) - Indice planctonique (IPL) - Autres
Sols	Impacts en termes de surfaces de sols et de sédiments	Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> - Surface de terres directement/indirectement utilisées par unité de puissance installée ou quantité d'énergie produite (en km²/GW ou ha/MW ou m²/MW ou km²/TWh/an) * - Temps de restauration nécessaire aux terres (en km²/TWh/an) - Occupation des sols par quantités d'énergie et d'aliments produits
		Changement d'affectation	<ul style="list-style-type: none"> - Changement d'affectation des sols direct ou indirect (indicateur CASd ou CASi) - Continuité des services écosystémiques rendus par les sols
		Artificialisation	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'artificialisation (en % ou en ha par an) - Distinction entre sols "vraiment artificialisés" et sols "en co-usage" - Critère de "pertinence environnementale"
		Recouvrement	<ul style="list-style-type: none"> - Part de surface couverte par une ombre permanente (en %)
		Co-usage	<ul style="list-style-type: none"> - Distinction entre sols "vraiment artificialisés" et sols "en co-usage"
	Impacts physiques	Compaction et tassement	<ul style="list-style-type: none"> - Résistance à la compaction (en g/cm³, cm ou pression en PSI) - Superficie relative des sols sujets à un phénomène de compaction (en m²)

		Changement de T du sol ou des sédiments	<ul style="list-style-type: none"> - Variation de température (en °C) - Température modifiée sur une surface ou un volume donné
		Erosion du sol	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'érosion des sols ou perte annuelle des sols (en cm/an ou t/ha/an ou t/km²/an ou t/an ou %) - Superficie relative des espaces sujets à un taux d'érosion supérieur à 10 tonnes/ha/an en m²)
		Imperméabilisation du sol	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'imperméabilisation (en %) - Superficie relative des zones imperméables (en m² ou ha) - Taux de perméabilité (en cm/heure) - Coefficient de perméabilité (K en m²)
		Affaissement et gonflement du sol	<ul style="list-style-type: none"> - Affaissement (en cm/an ou %) - Elévation ou gonflement du sol (en cm/an ou %)
		Changement du régime hydro-sédimentaire en milieu aquatique	<ul style="list-style-type: none"> - Granulométrie et distribution de la taille des grains (en µm) - Volume de sédiments déplacés (en m³) - Porosité des sédiments (% de vide par unité de volume dans un sédiment ou une roche) *
		Changement morphologique des fonds marins	<ul style="list-style-type: none"> - Topographie des fonds marins (mesure des profondeurs et du relief de l'océan (bathymétrie)) - Surface impactée par les changements de topographie des fonds marins
	Impacts chimiques	Contamination chimique du sol	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur ou flux de contaminants métalliques (Cd, Hg, Pb) (en g.ha-1 ou g.ha-1.an-1) - Teneur en contaminants organiques (en µg/kg) - Stock de contaminants dans le sol - Bioindicateurs (indicateurs de bioaccumulation dans les végétaux (CMT-végétaux) et indice SET-escargots)
		Salinisation	- Salinité d'un sol (via conductivité électrique apparente d'un volume de sol (en dS/m) ou mesure directe par sonde TDR)
		Acidification du sol	- Acidification (en kg SO ₂ -eq/kWh)
		Modification de la teneur en matière organique	<ul style="list-style-type: none"> - Taux de matière organique (SU) - Stock associé en quantité de matière organique
	Impacts biologiques	Qualité de l'écosystème	- Potentiel d'impact sur la qualité de l'écosystème (en kg éthylène eq)
		Modification de la faune et de la flore des sédiments	<ul style="list-style-type: none"> - Densité en organismes macrobenthiques (en individu par m²) - Nombre d'espèces vivantes répertoriées
Modification de la faune et de la flore des sols		<ul style="list-style-type: none"> - Observation des activités de la pédofaune (dégradation de la litière, nombre de galeries, présence de turricules) * - Potentiel mycorhizogène - Dénombrements bactériens et fongiques - Bioindicateurs d'effets et d'impacts (indice Nématodes, indice Vers de terre) * - Activités enzymatiques FDAase et Tyrosinase * 	

		Fertilité du sol	<ul style="list-style-type: none"> - Respiration du sol (mesures des échanges gazeux et de l'accumulation de CO₂) * - Activité spécifique (nitrification) en mg N/l) - Teneurs en nutriments du sol (composés azotés, phosphorés et potassiques) - Teneurs en éléments majeurs (N, K, P, Mg, Fe, Al) * - Teneur en oligoéléments (Cu, Mg, Mn, Zn) - Capacité d'échange cationique (en M-1.N) - Taux de saturation du complexe argilo-humique (en %) - Indice Biologique de Qualité des Sols (IBQS) - Bioindicateurs (les plantes avec la base de données EcoPlant: pH du sol, rapport C/N et taux de saturation en bases)
Paysages	Impacts liés à l'aménagement	Esthétique / design	- Indicateurs en développement pour tenter de qualifier l'agencement des infrastructures ou leur lien avec un site (avec également en arrière-plan des types d'agencement statistiquement préférés)
		Planification*	- Zones à éviter ou à prendre en compte pour le développement des projets (aires protégées, aires de protection, aires urbaines, etc.).
		Densité	- Indicateurs issus de la méthode de la DREAL Centre (2007) indiquant l'angle occupé par un parc éolien depuis un point donné (les zones d'habitat par exemple)
		Paysages de l'énergie	-
		Agencement	- Indicateurs en développement pour tenter de qualifier l'agencement des infrastructures ou leur lien avec un site
	Impacts liés aux usagers	Acceptation sociale	- Aucun indicateur quantitatif ne permettra d'évaluer cette acceptation, celle-ci est une résultante du processus du projet. La prise en compte de l'acceptation correspond plus à une méthodologie à mettre en place qu'à un véritable impact en lui-même.
		Visibilité	- Surface concernée par une « visibilité » sur le projet (nombre d'éoliennes visibles, surface de panneaux, etc.)
		Usages	- Indicateurs économétriques visant à quantifier les confrontations potentielles entre des projets d'EnR et les usages (agricoles, touristiques, etc.)

Annexe 2 : Caractéristiques techniques de l'installation

Les caractéristiques techniques de l'Installation de production de l'électricité sont décrites ci-dessous :

Société	AMEA Togo Solar SARL
Coordonnées GPS	8°21'53.49"N, 1° 1'5.04"E
CARACTERISTIQUES GENERALES EN INJECTION	
Puissance de production maximale livrée au réseau (puissance de raccordement) (Pc)	40,000 kVA
Injection de la production sur le réseau	100%
Durée de vie de la centrale	25 ans
Productibilité moyenne annuelle sur 25 ans	89 431 MWh

La productibilité moyenne annuelle estime sur base de la puissance installée comme indiquée ci-dessous et révisable dans les marges de tolérance de cette dernière

CARACTERISTIQUES DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES	
Marque et modèle	Jinko 390Wp (« JKM-390M-72V ») & 395 Wp (JKM-395M-72V) 400 Wp (JKM-400M-72V)
Puissance installée au sol	50 MW de pointe
Nombre de panneaux installés	127 344
Superficie totale des panneaux	252684 m ²

CARACTERISTIQUES DES ONDULEURS	
Marque et modèle	Sungrow SG250HX - 250KTL - Chaîne H1 ou équivalent
Puissance apparente nominale de l'onduleur	250 kVA à 30 °C / 225 kVA à 40 °C / 200 kVA à 50 °C
Courant nominal (In)	126,3A à 40 °C, 121,3 A à 45 °C, 108,3 à 50 °C
Puissance apparente maximale de l'onduleur	200 onduleurs x 250 000 VA
Type d'électronique	Communication (IGBT)
Tension de sortie assignée	800 V
Type de connexion	Triphasé

CARACTERISTIQUES DES TRANSFORMATEURS DE DEBIT DES ONDULEURS	
Modèle	Huile minérale extérieure (STS – 6000K) ou équivalent
Puissance nominale	6x 6000 kVA à 40 °C / 5400 kVA à 50 °C et 2x 8000 kVA à 40 °C
Tension primaire	800V
Tension secondaire	33kV
Pertes à vide	6,25% (+ - 10%)
Pertes au courant nominal	<4,8 kW (CEI 60076-1) (CEI 62271-202, EN 50588-1, CEI 61429-1)

CARACTERISTIQUES DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE	
Description	Paramètres (ou équivalent)
Altitude	986 Mètres
Équipement Ambient Design Temp.	50 degrés Celsius
Conception de l'équipement d'humidité jusqu'à	99%

Paramètres techniques		
Norme applicable		IS 2026
Type		Type extérieur
Puissance nominale - ONAN		2x 15000 VA
Devoir		100% en continu.
Court-circuit Résistant		2 sec
Courant nominal		
HT (environ)		53,46 AMP
MT (environ)		262.44 AMP
Matériel d'enroulement		Teneur en cuivre électrolytique
La fréquence		50 Hz
Pas de tension de charge ratio		
HT		161kV
MT		33kV
Connexion		
HT		Étoile
MT		Étoile
Groupe Vecteur		YNyn0
Changeur de prises		Automatique changeur de prises en charge de (CPEC) par AVR avec auto / sélection manuelle, CTR / Easun-MR faire bride montée
Gamme de variation du taux de transformation	Ratio croissant	+ 10%
	Ratio décroissant	- 10%
	Pas	1,25%
Enroulement par la méthode de résistance		55 degrés Celsius
Top Oil (par thermomètre)		50 degrés Celsius
Pas de perte de charge à la tension et la fréquence		≤ 0,10%
la perte de charge totale au courant nominal à 75 ° C		≤ 0,50%
Aux. perte		≤ 0 KW
Perte totale de charge		Pas plus de 0,6% de la capacité nominale
Impédance à courant nominal à 75 ° C (IS 2026)		HT-MT- 10%
Les lignes de fuite (mm)		31mm / kV
Isolation		MT – Uniform HT - non uniforme
Efficacité maximale à		A définir au vendeur
Sur la capacité de charge du transformateur		110% pendant 2 heures
Terminal arrangement HT MT		douille condenseur avec Arching horns Cable Box
HT neutre mise à la terre solide avec deux noyau neutre CT à fournir pour défaut à la terre limité et Protection attente de défaut à la terre dans la boîte à bornes résistant aux intempéries.		NCT: 100A / 1A-1A Core-1 - Cl.-PS, Core-2-Cl.-5P10, 10VA
MT neutre mise à la terre solide avec deux noyau neutre CT à fournir pour défaut à la terre limité et Protection attente de défaut à la terre dans la boîte à bornes résistant aux intempéries.		NCT: 1600A / 1A-1A Core-1 - Cl.-PS, Core-2-Cl.-5P10, 10VA

Annexe 3 : Evaluation de la mise en œuvre du plan de gestion environnementale (PGES)

N°	Composante environnementale / sociale	Impact potentiel	Mesures d'atténuation proposées	Effectivité	Cote	Score
1	Impacts sur les terres	Erosion et ruissellement	Mis en place d'un système de gestion environnementale et sociale décrivant les procédures en matière de santé, de sécurité, de protection sociale et d'environnement	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
2			L'aire d'empilement des stocks devrait être clairement indiquée et protégée contre tout mouvement, y compris les barrières de contrôle de l'érosion autour du site.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre sans résultats probants	15
3			Le sol perturbé doit être remis dans son état antérieur.	Mesure non respectée	Mesure non respectée	1
4		Des fuites accidentelles de déchets et d'huiles utilisés par les machines de construction peuvent se produire.	Livrer les huiles usées à une entreprise autorisée.	Mesure non respectée	Mesure non respectée	1
5			Réutiliser le sol produit par le remplacement du sol lors du nivellement du site et/ou de la construction de la route intermédiaire.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
6			Distribuer des poubelles à certains endroits autour du chantier de construction, afin d'empêcher le stockage à ciel ouvert des déchets solides domestiques.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
7			Les matières recyclables, comme les plastiques, les bois et les métaux, devraient être collectés séparément pour être réutilisés dans d'autres sites par les entrepreneurs ou vendus à des recycleurs.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
8			Impact visuel dû aux travaux de construction et à l'utilisation de machines.	Veiller à l'entretien ménager et à la gestion adéquate du chantier de construction	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre sans résultats probants
9	Impacts sur la qualité de l'air	Les travaux de construction comprennent des travaux d'excavation, donc les émissions de poussières résulteront des travaux de terrassement.	Des mesures de contrôle de la poussière devraient être appliquées telles que : pulvériser de la terre meuble pendant l'excavation/le remplissage, couvrir les stocks excavés, réduire la vitesse limite des camions et des voitures, couvrir les matériaux transportés.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
10			Les travailleurs doivent également avoir à leur disposition des masques de protection contre la poussière.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
11			Les machines et les véhicules doivent être inspectés pour s'assurer qu'ils sont conformes aux directives de l'administration routière.	Mesure respectée	Mesure en début de mise en œuvre	10

12			Un plan de gestion de la qualité de l'air devrait être élaboré.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
13	Impacts sonores	Les travaux de construction comprennent les activités bruyantes liées à l'utilisation de machines de construction, le martelage éventuel, les travaux de forage, le compactage du sol en plus du bruit généré par les camions de construction.	L'entrepreneur devrait réduire au minimum les émissions sonores en arrêtant les moteurs inutilisés, en choisissant un équipement dont le niveau de bruit est moins élevé et en utilisant des silencieux pour les équipements bruyants, et en effectuant les travaux pendant les heures appropriées de la journée.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
14			Les entrepreneurs devraient utiliser des EPI appropriés pour les équipements antibruit	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre sans résultats probants	15
15			Les entrepreneurs doivent se conformer aux normes locales en matière de réglementation du bruit.	Mesure non respectée	Mesure non respectée	1
16			Un plan de gestion du bruit devrait être élaboré	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
17	Impacts sur les ressources en eau	Pendant la construction, l'eau serait utilisée pour l'arrosage du sol et le mélange du béton.	Les zones de construction devraient être dotées de réservoirs étanches pour la collecte des eaux usées sanitaires. Les réservoirs doivent être évacués vers l'usine de traitement des eaux usées ou la station de pompage des eaux usées la plus proche.	Mesure non respectée	Mesure non respectée	1
18			Un plan de gestion de l'eau doit être élaboré	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
19	Impacts sur la circulation	L'équipement devra être transporté sur le site du projet. L'infrastructure routière est très pauvre.	Organiser le passage des véhicules lourds pendant les périodes de faible circulation.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
20			Élaborer un plan de gestion de la circulation.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
21	Impact sur l'infrastructure existante	L'infrastructure existante potentielle sur le site devra être supprimée. Il faudrait aménager des routes.	Les entrepreneurs devraient proposer un plan de livraison/transport de tous les matériaux.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
22	Propriété et utilisation des terres	Perte de terres agricoles	Elaborer un plan d'action de réinstallation et de prévoir une indemnisation appropriée. Le plan d'action de réinstallation doit être entièrement mis en œuvre et les documents de consentement doivent être signés par tous les propriétaires fonciers.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
23	Personnes touchées par le projet et parties prenantes du projet	Le projet sera développé à proximité des villageois locaux. Les propriétaires fonciers devront être indemnisés pour leurs terres et leurs récoltes.	Le plan d'engagement des parties prenantes doit être élaboré par l'entrepreneur EPC. Il est fortement recommandé de consacrer beaucoup d'efforts à l'éducation sur ce qu'est l'usine, comment l'utiliser, les procédures de paiement des tarifs, l'entretien et la durabilité et le rôle des communautés pour assurer la durabilité.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre sans résultats probants	15

24			Organiser des séances d'engagement des parties prenantes sur le site du projet. L'entrepreneur doit suivre la procédure de règlement des griefs.	Mesure non respectée	Mesure non respectée	1
25			L'entrepreneur devrait établir un mécanisme de règlement des griefs pour toute plainte déposée pendant la phase de construction.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
26			Tous les griefs de la communauté doivent être enregistrés et la preuve doit être présentée sur la façon dont les griefs ont été traités.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
27			Il est recommandé à l'entrepreneur d'employer au moins 90 % des ouvriers des communautés et des districts.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre sans résultats probants	15
28	Impact sur la main-d'œuvre et avantages sociaux	Une main-d'œuvre non qualifiée pourrait soutenir la construction des panneaux photovoltaïques	L'entrepreneur devrait avoir plus de 50 % de la main-d'œuvre qualifiée et des ingénieurs en construction (s'il y a lieu) provenant des villages avoisinants.	Mesure non respectée	Mesure non respectée	1
29			Etablir une communication avec les villageois ou le préfet local pour assurer une nomination adéquate des opportunités de travail.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
30	Risques liés à la santé et à la sécurité au travail	Il y a des risques pour la sécurité lors de l'installation de l'équipement électrique et des machines.	Des politiques de santé et de sécurité et des systèmes de gestion conformes aux exigences de la Banque mondiale doivent être disponibles. Celles-ci devraient être incluses dans les offres et devraient être évaluées au cours de la procédure d'appel d'offres.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
31			Prendre les mesures de santé et de sécurité adéquates et former le personnel du site à l'utilisation d'un EPI adéquat.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
32	Santé et sécurité communautaires	Les machines et l'équipement ainsi que l'afflux de travailleurs dans la région présentent des risques pour la sécurité.	Le site doit être clôturé et des panneaux d'avertissement appropriés doivent être installés autour du site. Un plan de gestion de la sécurité devrait également être élaboré pour s'assurer qu'aucune personne autorisée ne se rend sur le site. Toute personne visitant le site doit être accompagnée par le Responsable HSE ou le Chef de Projet et doit recevoir l'initiation HSE.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
33	Ressources culturelles et patrimoine	Au cours des fouilles, des artefacts ont pu être identifiés sur place.	L'entrepreneur doit identifier les dates clés dans la zone du projet et planifier avec le représentant du village local la meilleure approche pendant la période.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
34	Les femmes et les groupes vulnérables	Il est important de s'assurer que les femmes participent au processus d'engagement des parties prenantes.	Veiller à ce que les pertes de terres agricoles et les pratiques de relocalisation utilisées soient réduites au minimum, à moins que cela ne soit nécessaire. Si nécessaire, des ressources de remplacement adéquates devraient être fournies pour atténuer l'impact sur chaque ménage et sur les moyens de subsistance.	Mesure respectée	Mesure mise en œuvre avec résultat	20
35			Utiliser le mécanisme de règlement des griefs et organiser des groupes de discussion périodiques	Mesure non respectée	Mesure non respectée	1

Annexe 4 : Principaux impacts du solaire photovoltaïque sur la biodiversité et les sols

Biodiversité

Impact	Etape	Etape				
		Extraction / Fabrication	Construction / Installation	Exploitation	Démantèlement	Traitement en fin de vie
Destruction / altération de milieux	Modification / destruction d'habitat	?	+++	+++		
	Fragmentation d'habitat	?	+++	++		
	Modification du fonctionnement des écosystèmes	?	+++	+++		
Perturbation et gêne des individus	Déplacement / éloignement lié aux infrastructures		+	+++	+	
	Effet barrière / contournement / perturbation des animaux			+		
	Perturbations visuelles		+	+	+	
Mortalité ou blessure d'individus	Collision (avec ou sans mortalité)			+		
	Électrocution			+		
	Brûlures / Autres blessures			+		
Modification des paramètres environnementaux	Pollutions accidentelles ou chroniques	?	+	+	+	?
	Modifications physico-chimiques	?	+	+		?
	Modifications de température			+		

Sols

Impact	Etape	Etape				
		Extraction / Fabrication	Construction / Installation	Exploitation	Démantèlement	Traitement en fin de vie
Utilisation des sols	Occupation des sols	?	++	++	?	
	Artificialisation du sol	?	?	+ / ++	?	
	Changement d'affectation du sol	?	+ / ++	?	?	
	Recouvrement sol	?	?	++	?	
	Co-usage du sol	?	?	+ / ++		
Physique	Changement de température du sol		?	+ / +++		
	Compaction / Tassement du sol	?	+	?	?	
	Imperméabilisation du sol	?	?	+	?	
	Erosion du sol	?	?	+	?	
Chimique	Contamination chimique du sol	?	+	+	?	
	Acidification du sol	+	+	+	+	+
Biologique	Qualité de l'écosystème	+	+	+	+	+

Légende

+++	Impact pouvant être négligeable à important et à enjeu dans le cas français
++	Impact pouvant être négligeable à non négligeable et à enjeu dans le cas français
+	Impact généralement négligeable et a priori à faible enjeu dans le cas français
?	Impact non évalué (car non mentionné dans les publications) mais potentiellement à enjeu dans le cas français
	Impact jugé non pertinent ou à faible enjeu pour la filière française

	Impact très bien documenté (nombreuses études dont les résultats sont pertinents dans le cas français et font consensus)
	Impact bien documenté (plusieurs études dont les résultats semblent fiables, applicables dans le cas français et font consensus)
	Impact connu (peu d'études, ou non nécessairement transposable au cas français, ou sources peu fiables / divergentes)
	Impact mal connu (pas d'étude ou sources non fiables)

Source : ADEME et al. 2019

Annexe 5 : Analyse des impacts potentiels des EnR lors des phases d’installation, d’exploitation et de démantèlement sur site

		Solaire au sol (PV et thermique)	Solaire sur bâti existant (PV et thermique)	Eolien terrestre	Eolien marin posé	Eolien marin flottant	Hydrolien	Houlomoteur	Marémoteur	Hydroélectricité avec retenue	Hydroélectricité au fil de l'eau	Géothermie	Raccordements et réseaux
Impacts biodiversité	Destruction / Altération de milieux	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Perturbation / Gêne des individus	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Mortalité / Blessure d'individus	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Modification des paramètres environnementaux	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Impacts sols	Occupation du sol	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Impact physique	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Impact chimique	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Impact biologique	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Impacts paysages	Impacts liés aux aménagements	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Impacts liés aux usagers	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■	Impact très bien documenté (nombreuses études dont les résultats sont pertinents dans le cas français et font consensus)
■	Impact bien documenté (plusieurs études dont les résultats semblent fiables, applicables dans le cas français et font consensus)
■	Impact connu (peu d'études, ou non nécessairement transposable au cas français, ou sources peu fiables / divergentes)
■	Impact mal connu (pas d'étude ou sources non fiables)

Source : ADEME *et al.* 2019

Annexe 6 : Estimations des émissions de GES du cycle de vie selon les technologies²⁹

La technologie	Capacité/configuration/carburant	Estimation (gCO ₂ e/KWh)
Vent	2,5 MW, en mer	9
Hydro-électricité	3,1 MW, réservoir	10
Vent	1,5 MW, à terre	10
Biogaz	Digestion anaérobique	11
Hydro-électricité	300 kW, au fil de l'eau	13
Solaire thermique	80MW, auge parabolique	13
Biomasse	Bois de forêt Co-combustion avec de la houille	14
Biomasse	Turbine à vapeur en bois de forêt	22
Biomasse	Foresterie à courte rotation Co-combustion avec de la houille	23
Biomasse	Moteur alternatif FOREST WOOD	27
Biomasse	Turbine à vapeur de déchets de bois	31
Solaire PV	Silicone polycristallin	32
Biomasse	Turbine à vapeur forestière à courte rotation	35
Géothermie	80MW, roche sèche chaude	38
Biomasse	Moteur forestier alternatif à courte rotation	41
Nucléaire	Différents types de réacteurs	66
Gaz naturel	Diverses turbines à cycle combiné	443
Pile à combustible	Hydrogène issu du reformage du gaz	664
Diesel	Différents types de générateurs et de turbines	778
Pétrole lourd	Différents types de générateurs et de turbines	778
Charbon	Différents types de générateurs avec lavage	960
Charbon	Différents types de générateurs sans récurage	1050

²⁹ https://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?renouvelable.htm, consulté le 10 mai 2021

Annexe 7 : Guide d'entretiens et questionnaires d'enquêtes sur le terrain

Annexe 7.A. : Questionnaire d'analyse de la MO/PGES et de l'EPE

Nom : Prénoms : Organisation :
Titre : Date : Age : Genre : M F

A. Analyse de la conformité par rapport au cadre d'exécution et de suivi du PGES

1. Quelle est la date de démarrage des travaux de construction de la centrale ?
2. Combien de visites de suivi ont été effectuées par l'ANGE depuis la délivrance du certificat ?
3. Combien de rapports de suivi environnemental ont été envoyés à l'ANGE ?
4. Quelle est la fréquence de transmission de ces rapports ?
5. Le processus de MO/PGES est-il conforme aux autres dispositions établies par le CCE ?
6. Quelles sont les impacts non identifiés par l'EIES et qui sont intervenus pendant la phase d'installation ?
7. Quelles en ont été les mesures d'atténuation ?
8. Quelles sont les autres mesures entreprises en dehors de celles prévues par le PGES ?
9. La MO/PGES donne-t-il des résultats au moindre coût et en peu de temps ? *Oui Non Peut-être*
10. Le processus de MO/PGES contribue-t-il à la prise de décisions éclairées et à assurer la protection de l'environnement ? *Oui Non Peut-être*

B. Evaluation de la performance environnementale

– **L'efficacité dans la réalisation des objectifs environnementaux**

1. Existe-t-il des documents stratégiques qui définissent des objectifs environnementaux ? *Oui Non*
2. Quels sont les objectifs environnementaux du projet de la centrale photovoltaïque ?
3. Quels sont les actions entreprises pour réaliser ces objectifs ?
4. Quels sont les résultats obtenus ?
5. Existe-t-il une stratégie de suivi et révision périodique de ces objectifs ? *Oui Non*
6. L'existence d'objectifs environnementaux *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*
7. L'efficacité dans la réalisation des objectifs environnementaux *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*
8. La révision périodique des objectifs environnementaux *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*

– **Les moyens alloués à la gestion environnementale**

1. Existe-t-il un personnel qualifié chargé de la gestion environnementale du projet ? *Oui Non*
2. Quels sont les moyens alloués à la gestion environnementale du projet ?
3. Ces moyens sont-ils suffisants et ou disponibles en temps réel ? *Oui Non*
4. Les moyens alloués à la gestion environnementale sont fonction des objectifs environnementaux *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*

– **La consommation de ressources (eau, énergie)**

1. Quelle est la source d'eau du site ? *Un forage, L'eau du réseau national, Autre*
2. Quels usages sont associées à cette eau ?
3. Quelle est le volume de consommation d'eau sur le site du projet ?
4. Existe-t-il une stratégie de réduction de la consommation d'eau ? *Oui Non*
5. Le site nécessite-t-il une source d'énergie (électricité et thermique) extérieure pour son fonctionnement ?
6. Si oui, quelle est la quantité d'énergie consommée ? De quelle source s'agit-il ? *Oui Non*
7. Quelle est la quantité de carburant consommé pour l'exécution des travaux ? Quel type de carburant ?
Quelle source ? Quelles caractéristiques ?
8. Le bois énergie est-il consommé sur le site ? Si oui, quelle quantité ?
9. Autre source d'énergie ? Si oui, précisez
10. Les actions écologiques réduisent-elles la consommation d'eau ? *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*
11. Les actions écologiques réduisent-elles la consommation d'énergie ? *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*

– **La quantité de rejets (liquides, atmosphériques, solides)**

1. Quelles sont les types de rejets induits par la centrale de Blitta ?
2. Quelles sont les catégories de déchets produits sur le site ?
3. Quelle est la quantité de déchets produits ?
4. Quel est le mode de traitement/gestion/valorisation de ces déchets ?
5. Existe-t-il des déchets ultimes induits par la centrale ? Si oui, quelle quantité et quels procédés de stockage ?
6. La centrale induit elle des rejets liquides ? Quelle quantité ? Quelle caractéristique ? Quel traitement ?
7. La centrale induit elle des rejets atmosphériques ? Quelle quantité ? Quelle caractéristique ? Quel traitement ?
8. Quelle est la quantité d'émission de gaz à effet de serre induite par la centrale ?
9. Quelle est la qualité de l'air du site ?
10. Quelle est la qualité de l'eau du site ?
11. Quelle est la qualité du sol du site ?
12. Les actions écologiques réduisent-elles la quantité de rejets liquides ? *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*
13. Les actions écologiques réduisent-elles la quantité de rejets atmosphériques ? *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*
14. Les actions écologiques réduisent-elles la quantité de rejets solides ? *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*

– **Les pressions des parties prenantes (Gouvernement, associations écologiques et riverains, clients, actionnaires, personnel et fournisseurs)**

1. Existe-t-il des pressions gouvernementales pour l'amélioration de l'empreinte écologique du projet ? *Oui*
Non
2. Si oui, énumérez et expliquez.
3. Existe-t-il des pressions de la part des autres parties prenantes pour l'amélioration de l'empreinte écologique du projet ? Si oui, énumérez et expliquez.

- a. Riverains et personnes affectés
- b. Bailleurs
- c. Personnels
- d. Fournisseurs
- e. Associations écologiques
- f. AT2ER
- g. ANGE
- h. CEET
- i. CEB

Autre : _____

4. Les actions écologiques ont-elles réduits ces pressions ? *Nul, Médiocre, Assez bien, Très bon, Excellent*

C. Grille d'évaluation de la mise en œuvre du PGES

La grille d'évaluation de la mise en œuvre du PGES, à remplir est accessible via ce lien. Ci-dessus son format.

N°	Composante environnementale / sociale	Impact potentiel	Mesures du PGES	Effectivité de la mesure (Fidélité)	Efficacité de la mesure (Fiabilité)	Cote	Score	Etat de la cible / Résultat	Observation

Annexe 7.B. : Questionnaire d'analyse des impacts environnementaux constatés

Nom : Prénoms : Organisation :

Titre : Date : Age : Genre : M F

Biodiversité

– **Destruction / altération de milieu**

1. Quelle est l'emprise sur les milieux par unité de puissance installée ou quantité d'énergie produite (hectare par unités de puissance électrique (kW, MW, GW) ou de production électrique (kWh, mWh)) ?
2. Quelles étaient les usages de cette emprise avant l'installation de la centrale ? site protégé ? Zone protégée ?

3. Les travaux d'installation ont-ils générés une fragmentation d'habitats écologiques ? Expliquez.
4. Les travaux d'installation ont-ils générés une modification du fonctionnement des écosystèmes ?

– **Perturbation et gêne d'individus d'espèces de faune et de flore**

1. Quelles sont les espèces de faune et de flore présentes sur le site avant installation ?
2. Avez-vous réalisé un suivi de l'évolution des espèces de faune ? (Suivi ornithologique) ?
3. Avez-vous identifié la présence d'individus de faune sauvage sur le site pendant ou après les travaux ?
4. Quelles est l'évolution des activités d'espèces cibles au niveau des zones d'influence des aménagements ?
5. Les travaux d'installation ont-ils générés des perturbation et/ou de la gêne d'individus d'espèces de faune et de flore ?

Déplacement / éloignement lié aux infrastructures

Effet barrière / Contournement / Perturbation des animaux

Perturbations visuelles Autre :

– **Mortalité ou blessures d'individus d'espèces de faune sauvage**

1. Des cas de mortalité ou de blessures d'individus de faune domestique ? sauvage ? ou d'hommes ?
2. Des cas de collisions ou d'électrocutions d'individus de faune sauvage ?

– **Biodiversité - Modification des paramètres environnementaux**

3. Quelle est l'évolution des paramètres environnementaux dans la zone ?
4. Des cas de pollutions accidentelles ou chroniques ?
5. Et les autres paramètres ? *

Modifications physico-chimiques

Modification de la température Autre :

Sols

1. Quelles sont les impacts en termes de surfaces de sols et de sédiments ?
2. L'installation de la centrale a-t-elle entraîné des impacts physiques ?

Compaction et tassement

Changement de T du sol ou des sédiments

Erosion du sol & Imperméabilisation du sol

Affaissement et gonflement du sol

Changement du régime hydro-sédimentaire en milieu aquatique

3. L'installation de la centrale a-t-elle entraîné des impacts chimiques ?

Contamination chimique du sol

Salinisation

Acidification du sol

Modification de la teneur en matière organique

4. L'installation de la centrale a-t-elle entraîné des impacts biologiques ?

Qualité de l'écosystème

Modification de la faune et de la flore des sédiments

Modification de la faune et de la flore des sols Fertilité du

Fertilité du sol

Social

1. Quelle est le niveau d'acceptabilité sociale du projet ?

2. Les riverains sont-ils satisfaits et impliqués dans les travaux ?

Oui Non Peut-être

3. Leurs idées et recommandations sont-elles prises en compte ?

Oui Non Autre :

4. Avez-vous recruté des jeunes de la localité ?

Oui Non Autre :

Annexe 7.C : Fiche d'enquête auprès des populations

L'Université Senghor à Alexandrie, où nous sommes étudiants, nous enjoint l'obligation de rédiger un mémoire de fin de formation dans le cadre de notre master en développement, spécialité "gestion de l'environnement". C'est dans ce contexte que nous effectuons cet entretien afin de collecter des données qui serviront à l'analyse de notre problématique. Le thème de notre étude est intitulé « *Evaluation de la performance environnementale des projets d'énergies renouvelables : cas du projet de centrale solaire de 50 MW à Blitta Losso, Togo* ».

Cette étude cherche à comprendre comment bonifier les bénéfices environnementaux des projets d'énergies renouvelable notamment, de solaires photovoltaïques en particulier, la centrale de Blitta fait office de cas d'étude à cet effet. Nous vous remercions d'avance pour avoir accepté nous accorder cet interview.

Village : Situation Matri : Age : Genre : M F Date : / / 21

1. Que savez-vous de ce projet ? Qu'en pensez-vous ?

2. Ce projet d'aménagement vous est-il bénéfique ?

3. Qu'y gagnez-vous exactement ?

4. Avez-vous été associé ou impliqué dans la mise en œuvre du projet ? *Oui* *Non*

5. L'êtes-vous toujours ? *Oui* *Non*

6. Vos recommandations ont-elles été intégrées ? *Oui* *Non* *Peut-être*

7. La présence de cette installation entrave t'elle la mise en œuvre de vos activités ? *Oui* *Non* *Peut-être*

8. Les jeunes de la localité sont-ils recrutés ? *Oui* *Non* *Peut-être*

9. Y-a-t-il un programme d'appui conseil aux femmes et aux jeunes ? *Oui* *Non* *Peut-être*

10. Avez-vous déjà eu des conflits avec les agents du projet ? *Oui* *Non*

11. Avez-vous connaissance d'autres cas de conflits ? *Oui* *Non*

12. Quel est votre degré d'appréciation du projet ?

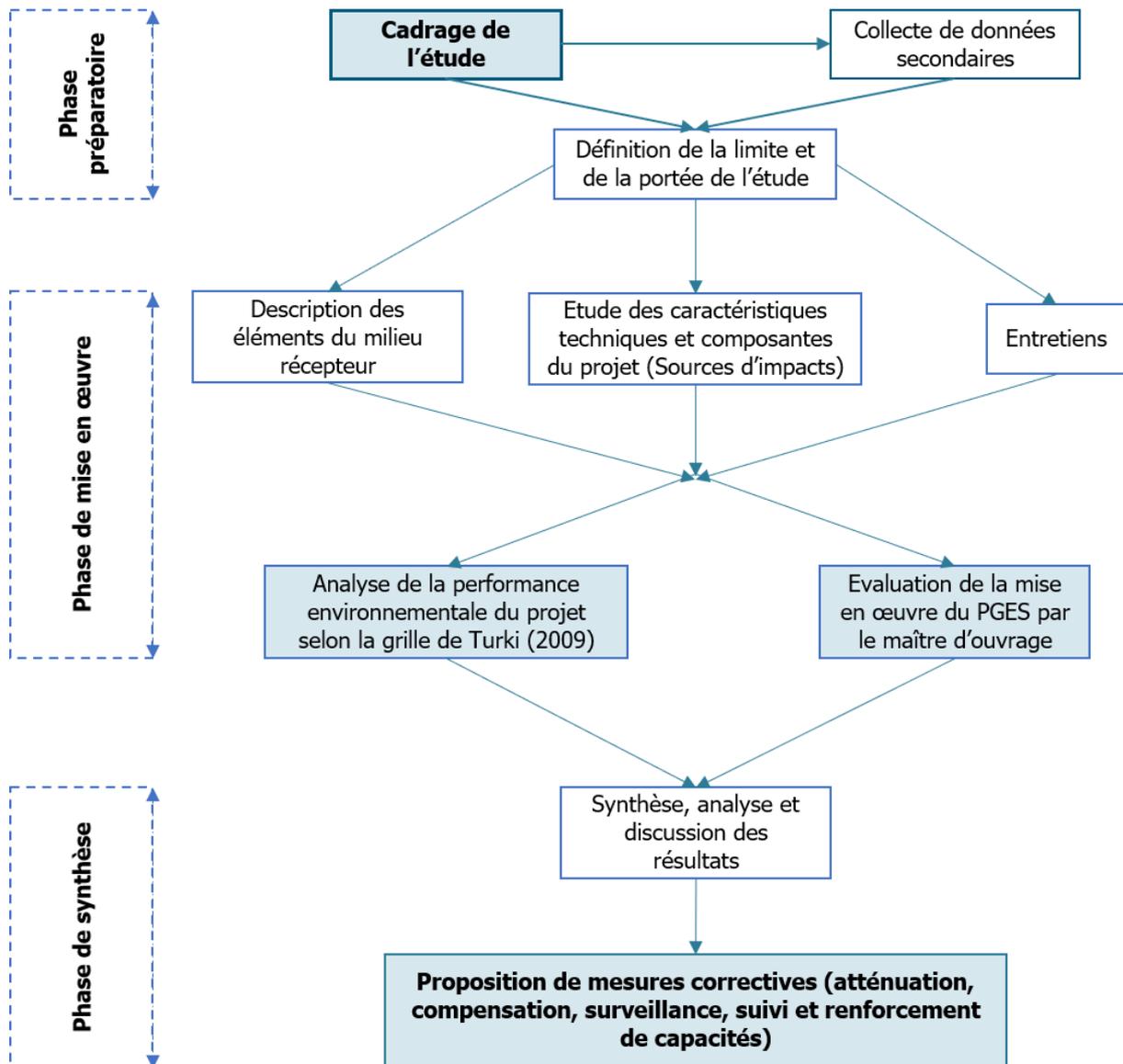
13. Avez-vous des suggestions pour une meilleure cohabitation entre le projet et les riverains ?

Tableau synoptique

N°	Critères	Facteurs d'acceptabilité	Réponses
1	Préoccupations environnementales	Diminution de la pression sur les ressources renouvelables et non-renouvelables ;	Oui..... 1 Non 0
2		Réduction de la pollution (atmosphérique, du sol et de l'eau, sonore et lumineuse) et des matières résiduelles ;	Oui..... 1 Non 0
3		Lutte contre les changements climatiques ;	Oui..... 1 Non 0
4		Protection des milieux naturels et milieux récepteurs.	Oui..... 1 Non 0
5	Préoccupations sociales et économiques	Création d'emplois durables dans la communauté d'accueil ;	Oui..... 1 Non 0
6		Capacité de la communauté à préserver et contrôler ses ressources ;	Oui..... 1 Non 0
7		Distribution équitable de compensations adéquates par rapport aux impacts et équité intergénérationnelle ;	Oui..... 1 Non 0
8		Rentabilité financière durable pour la société ;	Oui..... 1 Non 0
9		Équité et capacité d'assumer les coûts de réhabilitation en cas d'accidents ou d'incidents ;	Oui..... 1 Non 0
10		Respect des cultures locale et régionale ;	Oui..... 1 Non 0
11		Respect et intégration des divers groupes ;	Oui..... 1 Non 0
12		Maintien et amélioration de l'état de santé et du bien-être de la population ;	Oui..... 1 Non 0
13		Maintien et amélioration de la qualité de vie de la population ;	Oui..... 1 Non 0
14		Maintien et amélioration de la capacité psychique et sociale des personnes à agir dans leur milieu ;	Oui..... 1 Non 0
15		Respect de la capacité des infrastructures, y compris de transport et d'éducation.	Oui..... 1 Non 0
16	Satisfaction Quel est votre degré d'appréciation du projet ?	A. <i>Nul</i> <i>Très mauvais</i> <i>Mauvais</i> B. <i>Bon</i> <i>Très bon</i> <i>Excellent</i>	<i>Noter une seule réponse</i>

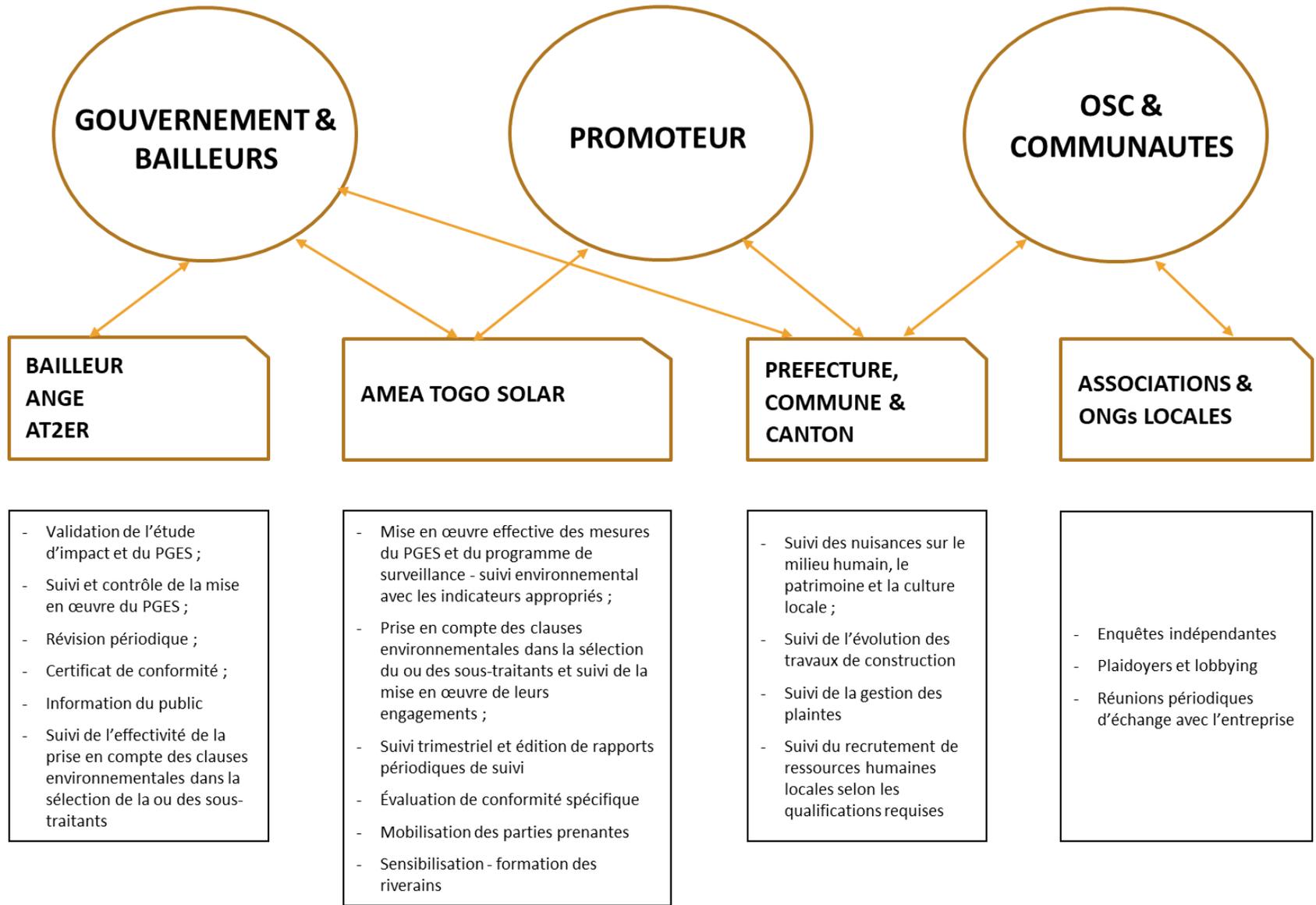
Merci pour votre participation

Annexe 8 : Schéma méthodologique de l'étude



Source : auteur

Annexe 9 : Proposition de mécanisme de suivi citoyen de la mise en œuvre du PGES



Annexe 10 : Synthèse thématique des recommandations pour l'amélioration de la performance environnementale de la centrale

Axe 1 : Amélioration de la maîtrise des aspects environnementaux significatifs

Action 1 : Recourir à des technologies de nettoyage à sec des panneaux ;

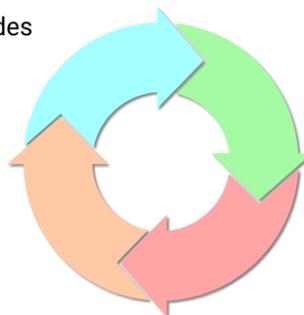
Action 2 : Réaliser une évaluation de la disponibilité de ressources en eaux dans la nappe phréatique exploitée ;

Action 3 : Réaliser du reboisement compensatoire sur une superficie égale au triple à celle du site ;

Action 4 : Favoriser la multifonctionnalité énergétique, environnementale et sociale du projet ;

Action 5 : Initier un suivi ornithologique (suivi de l'évolution des espèces d'oiseaux autour du site) ;

Action 6 : Disposer d'un tableau de bord de suivi environnemental



Axe 2 : Amélioration des relations avec les parties prenantes et formalités

Action 7 : Améliorer la communication avec l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE) ;

Action 8 : Mettre en œuvre les recommandations formulées par l'ANGE à la suite des missions de contrôle et de suivi du PGES ;

Action 9 : Initier une démarche de révision du plan de gestion environnementale et sociale du projet ;

Action 10 : Faire valider le plan d'assainissement du site par les autorités compétentes ;

Action 11 : Accélérer le partage des retours d'expérience ;

Axe 3 : Amélioration de l'acceptabilité sociale du projet et des relations avec les communautés riveraines

Action 12 : Réaliser le dédommagement et l'expropriation des riverains dont les terres sont sur l'emprise des pylônes ;

Action 13 : Mettre en place un comité citoyen de suivi du PGES pour suivre l'évolution du projet et en assurer la sauvegarde sociale ;

Action 14 : Apporter des appuis - soutiens aux groupes, associations et coopératives de femmes et de jeunes ;

Action 15 : S'engager dans la formation - sensibilisation des populations aux réels enjeux des installations et de la transition énergétique ;

Action 16 : Accompagner la réalisation de forages pour les populations et leur faciliter l'accès à l'eau potable de boisson ;

Annexe 11 : Synthèse chronologique des actions de la feuille de route proposée

Axes prioritaires	Court terme (2021 - 2022)	Moyen terme (2023 - 2025)	Long terme (2025 et +)
Axe 1 : Amélioration de la maîtrise des aspects environnementaux significatifs	Action 1 : Recours à des technologies de nettoyage à sec des panneaux ;	Action 2 : Réaliser une évaluation de la disponibilité de ressources en eaux dans la nappe phréatique exploitée ;	Action 6 : Disposer d'un tableau de bord de suivi environnemental
	Action 3 : réalisation du reboisement compensatoire sur une superficie égale au triple à celle du site ;	Action 5 : initier un suivi ornithologique (suivi de l'évolution des espèces d'oiseaux autour du site) ;	
	Action 4 : favoriser la multifonctionnalité énergétique, environnementale et sociale du projet ;		
Axe 2 : Amélioration des relations avec les parties prenantes et formalités	Action 7 : Améliorer la communication avec l'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE) ;	Action 9 : Initier une démarche de révision du plan de gestion environnementale et sociale du projet ;	#NA
	Action 8 : Mettre en œuvre les recommandations formulées par l'ANGE à la suite des missions de contrôle et de suivi du PGES ;		
	Action 10 : Faire valider le plan d'assainissement du site par les autorités compétentes ;	Action 11 : Accélérer le partage des retours d'expérience ;	
Axe 3 : Amélioration de l'acceptabilité sociale du projet et des relations avec les communautés riveraines	Action 12 : Réaliser le dédommagement et l'expropriation des riverains dont les terres sont sur l'emprise des pylônes ;	Action 14 : Apporter des appuis - soutiens aux groupes, associations et coopératives de femmes et de jeunes ;	Action 16 : Accompagner la réalisation de forages pour les populations et leur faciliter l'accès à l'eau potable de boisson ;
	Action 13 : Mettre en place un comité citoyen de suivi du PGES pour suivre l'évolution du projet et en assurer la sauvegarde sociale ;	Action 15 : S'engager dans la formation - sensibilisation des populations aux réels enjeux des installations et de la transition énergétique ;	

Annexe 12 : Le projet de construction de la centrale de Blitta en images



Photo 1 : Modules de classe construits par AMEA POWER à Blitta Gare



Photo 2 : Nouvel hôpital en construction par AMEA POWER



Photo 3 : Ancien hôpital de Blitta



Photo 2 : Destruction des derniers grands arbres pour le nivellement du site



Photo 3 : Caniveau construit pour le drainage des eaux du site



Photo 6 : Derniers travaux de finition en cours

Annexe 13 : Note sur les outils d'évaluation environnementale des énergies renouvelables

a. L'analyse du cycle de vie, un outil d'évaluation systémique et multicritère

L'analyse de cycle de vie (ACV) est un outil systémique d'évaluation de la performance environnementale d'un produit, d'un service ou d'un procédé. L'ACV repose sur l'agrégation des impacts environnementaux évalués à chaque étape depuis la fabrication des éléments qui composent le système jusqu'à la fin de vie du système lui-même (Blanc, 2015).

Par exemple, dans le cas de la production d'électricité par la centrale solaire photovoltaïque de Blitta, on s'intéressera à la fabrication en Asie de ses cellules polycristallines, au montage du panneau en Allemagne et à son installation au Togo (Blanc, 2015). Plusieurs études ont ainsi été menées dans le secteur énergétique en s'appuyant sur l'ACV pour déterminer les impacts de leurs projets sur l'environnement. Cependant la prise de décision par rapport aux actions prioritaires n'est pas toujours évidente au moyen des résultats de l'ACV (Njoya Fenjou, 2011). En outre, la réalisation d'une étude de type ACV nécessite la mise à disposition d'importantes quantités de données qu'il est souvent difficile de mobiliser dans le contexte africain en général et togolais en particulier. Par ailleurs, les indicateurs généralement mesurés dans les ACV ont un caractère global et ne permettent pas une prise en compte précise et fine des impacts à l'échelle micro (locale), notamment ceux en lien avec les sites d'implantation des projets. Au regard de ces contraintes, cet outil ne sera pas utilisé dans la présente étude.

b. Le « temps de retour énergétique », un indicateur pertinent pour les renouvelables

Le « temps de retour énergétique », pour un système, correspond au ratio entre l'énergie totale consommée au cours de sa fabrication, de son transport, de son installation, de son recyclage et l'énergie produite annuellement. Il repose sur l'énergie primaire indispensable à la production de l'énergie électrique équivalente du pays où le système renouvelable est installé. Ce calcul est donc spécifique au bouquet électrique du pays où est mis en œuvre le projet.

L'étude du programme « Photovoltaic Power Systems (PVPS)³⁰ » de l'Agence Internationale de l'Énergie (étude réalisée pour les pays membres de l'OCDE avec l'appui de l'ADEME) et publiée en 2006, montre très clairement que le temps de retour énergétique des systèmes photovoltaïques est très intéressant car il oscille entre 1,36 et 4,7 années selon le pays où est localisée l'installation photovoltaïque et le mode d'intégration utilisé. Cet indicateur complète l'ACV, il ne peut à lui seul rendre compte de l'impact environnemental des technologies renouvelables. L'ACV n'étant pas ici pris en compte cet indicateur non plus ne sera retenu.

c. L'évaluation des impacts environnementaux (EIE), un outil transversal

L'évaluation des impacts environnementaux et sociaux (ÉIES) est un outil qui définit, prévoit, interprète et communique des renseignements sur les impacts d'un projet proposé sur le milieu naturel (air, eau, sol, plantes et animaux) ainsi que sur le milieu humain (social, économique et culturel) (Réseau d'expertise E7 & IEPF, 2001). Il cherche des moyens d'optimiser les avantages d'un projet pour le promoteur, d'en éviter ou d'en réduire les impacts inacceptables, et d'en accentuer les effets bénéfiques pour le milieu hôte.

L'ÉIES fait partie intégrante de la planification globale des projets de développement et particulièrement ceux d'électricité (Réseau d'expertise E7 & IEPF, 2001). Elle fournit une vue complète des répercussions environnementales potentielles et présente les différents plans d'action à mobiliser.

³⁰ <https://www.photovoltaique.info/fr/info-ou-intox/les-enjeux-environnementaux/temps-de-retour-energetique/>, consulté le 16 mars 2021

d. Le bilan des émissions de GES

Le bilan des émissions de gaz à effet de serre (BEGES) est une méthodologie qui vise la comptabilisation et la quantification des émissions de gaz à effet de serre induites par les activités d'une entité (entreprise, territoire, État, ONG), la fabrication d'un produit ou l'exploitation d'un système. Le résultat est obtenu grâce à une confrontation de calculs et d'observations. Les chiffres permettant de convertir les données observables en émissions de gaz à effet de serre, exprimées en équivalent carbone, sont appelés des "facteurs d'émission" (Delmas et Flores, 2011 cité par Meyet Kodessa *et al.* 2020).

Dans le cadre des systèmes d'énergie renouvelable, le BEGES représente un outil pertinent d'appréciation de la trajectoire climatique fixée en début de projet. Il permet de comparer l'empreinte carbone du système par rapport aux objectifs fixés afin de prendre des mesures de réajustement. Il fournit une vue ciblée sur le projet en confrontation des enjeux de changement climatique mais aussi par rapport aux mesures réglementaires locales, par exemple dans le cas des agenda 21. Cet outil est pris en compte dans le cadre de cette étude.

e. Le corpus d'indicateurs d'impact des EnR élaboré par l'ADEME

A la suite de leurs travaux de recherches, d'analyse et de comparaison des impacts directs et indirects sur l'ensemble du cycle de vie des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages, ADEME *et al.* (2019) ont proposé un corpus d'indicateurs pour évaluer les impacts des énergies renouvelables sur l'environnement. Ces indicateurs sont issus directement de la littérature et « construits » par l'équipe sur la base de recherches bibliographiques et d'échanges avec des experts (ADEME *et al.* 2019). Ces indicateurs sont élaborés pour chaque type d'impact généré par chaque technologie d'EnR sur la biodiversité, les sols et les paysages. Selon ces concepteurs, cet outil détaillé en annexe 1 du présent document, permet la poursuite de deux grands objectifs lors de l'évaluation des impacts des EnR : (i) l'amélioration des systèmes de production d'énergie renouvelable et (ii) la démarche de planification des filières énergétiques.

Ce corpus d'indicateurs est associé à l'outil BEGES dans le cadre de cette étude.

f. L'évaluation de la performance environnementale

L'évaluation de la performance environnementale (EPE) est un type d'évaluation environnementale (ni une méthodologie ni un outil) qui fait recours à une de ses méthodologies spécifiques ou associe deux ou plusieurs outils de l'EE pour faire ressortir les résultats de la gestion environnementale d'une entité et mettre en lumière les sources de contre-performance environnementale de cette entité. La méthodologie des indicateurs environnementaux et celle de l'audit environnemental sont les deux méthodologies spécifiques de l'EPE. Ces méthodes sont détaillées dans la revue de littérature plus bas.

Dans le cadre de cette étude, nous ferons recours à la méthode des indicateurs environnementaux auquel sera associé la quantification des émissions de GES, le corpus d'indicateurs de l'ADEME et l'évaluation de la mise en œuvre du PGES du projet.