

Rapport final de présentation des résultats et recommandations

Proposition et application d'une méthode de calcul des émissions et réductions d'émissions directes et indirectes liées aux activités du P.E.D.

Numéro de Contrat : 81268887

Numéro de gestion du projet : 15.2017.6-001.00

Fribourg, le 29 septembre 2021



Perspectives

Climate Group GmbH

Hugstetter Str. 7

79106 Fribourg, Allemagne

info@perspectives.cc

www.perspectives.cc

Table des matières

1. Introduction.....	6
2. Résultats et recommandations - WP1.....	6
3. Résultats et recommandations – WP2.....	15
4. Résultats et recommandations – WP3.....	31
5. Bibliographie.....	39
6. Annexes.....	40

Liste des figures

Figure 1: Les 5 étapes de l'Outil Impact.....	7
Figure 2: Chaîne de causalité d'un projet.....	8
Figure 3 : Résultats directs (réduction de GES) jusqu'en 2030	9
Figure 4 : Résultats indirects (réduction de GES) jusqu'en 2030	9
Figure 5 : Évaluation de l'impact et actualisation de l'outil.....	12
Figure 6: Illustration du scénario de référence et scénario de projet	15
Figure 7 : Étapes du cycle de vie incluses dans l'Outil ACV.....	16
Figure 8 : Résultats du scénario B – Émissions du scénario de références vs émissions du scénario de projet.....	21
Figure 9 : Résultats du scénario B – réductions d'émissions ACV vs phase opérationnelle	22
Figure 10 : Résultats du scénario C – émissions du scénario de référence vs émission sur scénario de projet.....	23
Figure 11 : Résultats du scénario C – réductions d'émissions ACV vs phase opérationnelle.....	24
Figure 12: Résultats du scénario B – Analyse de sensibilité : Taux d'utilisation	24
Figure 13: Résultats du scénario C – Analyse de sensibilité : Taux d'utilisation	25
Figure 14 : Résultats du scénario C (20%) – émissions du scénario de référence vs émission sur scénario de projet	26
Figure 15 : Résultats du scénario C (20%)– réductions d'émissions ACV vs phase opérationnelle26	
Figure 16: Résultats du scénario B – Analyse de sensibilité : «upstream»	27
Figure 17: Résultats du scénario C – Analyse de sensibilité : «upstream»	27
Figure 18 : Production d'électricité par source en 2019	29
Figure 19 : Émissions du bureau P.E.D.	34
Figure 20 : Émissions liées aux déplacements du P.E.D.....	34
Figure 21 : Comparaison des émissions liées aux déplacements internes et externes de la GIZ ..	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résumé de la contribution du programme P.E.D. à l'atténuation	10
Tableau 2 : Aperçu des données et paramètres à considérer pour les actualisations régulières ...	13
Tableau 3 : Scénarios définis dans l'Outil ACV	16
Tableau 4 : Données utilisées pour les activités pilotes.....	18
Tableau 5 : Estimations du facteur d'émission du réseau (GEF) – Ex-post	18
Tableau 6 : Résultats scénario A – réductions d'émissions.....	19
Tableau 7 : Calculs Facteur d'émission du réseau (GEF) – Ex-ante scénarios CDN.....	19
Tableau 8 : Résultats du scénario B – réductions d'émissions.....	20
Tableau 9 : Facteurs d'émissions ACV et Opération pour les solutions de mini-réseaux	22
Tableau 10 : Résultats du scénario C – réductions d'émissions.....	22
Tableau 11 : Facteurs d'émissions ACV et Opération pour les solutions de mini-réseaux	25
Tableau 12 : Résultats du scénario C – réductions d'émissions.....	25
Tableau 13 : Émissions totales associées à la consommation en électricité pour le bureau P.E.D.	32
Tableau 14 : Part estimée de la consommation d'électricité pour la climatisation, l'éclairage et les appareils électriques.....	32
Tableau 15 : Émissions totales associées aux fuites de réfrigérants pour le bureau P.E.D.	33
Tableau 16 : Distribution des émissions des déplacements par mode de transport.....	35
Tableau 17 : Comparaison des émissions du bureau et des déplacements	36

Liste des acronymes

AC	Climatisation (Air Conditionning en anglais)
ACV	Analyse Cycle de Vie (LCA en anglais)
BAU	<i>Business as usual</i> (scenario de référence)
BE	<i>Baseline emissions</i> (Émissions de scenario de référence)
CDM	<i>Clean Development Mechanism</i> (Mécanisme de développement propre)
CDN	Contribution Déterminée au niveau National (NDC en anglais)
CD	<i>Capacity Development</i> (Développement des capacités)
CF	<i>Capacity Factor</i> (Facteur de capacité)
CF	Carbon Footprint (empreinte carbone)
COP	Coefficient de Performance
EE	<i>Energy Efficiency</i> (Efficacité Énergétique)
EF	<i>Emission factor</i> (Facteur d'émission)
ER	<i>Emission reductions</i> (Réductions d'émissions)
GEF	<i>Grid Emission Factor</i> (Facteur d'émission du réseau)
GES	Gaz à effet de serre (GHG en anglais)
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GWP	<i>Global Warming Potential</i> (Potentiel de Réchauffement Global)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LCA	<i>Lifecycle Analysis</i> (Analyse du cycle de vie)
LED	<i>Light-Emitting Diode</i> (Diode Électroluminescente)
MDP	Mécanisme pour un développement Propre
M & E	<i>Monitoring and Evaluation</i> (Suivi et évaluation)
MPE	Ministère du Pétrole et de l'Énergie
OM	<i>Operating Margin</i> (Marge opérationnelle)
P.E.D.	Programme Énergies Durables
PE	<i>Project emissions</i> (Émissions de scenario de project)
PV	Photovoltaïque
RE	<i>Renewable Energies</i> (Énergies renouvelables)
SENELEC	Société Nationale d'Électricité du Sénégal
SHS	<i>Solar Home System</i> (système solaire domestique)

SSC	<i>Small-scale</i> (à petite échelle)
TDL	<i>Transmission and Distribution Losses</i> (Pertes de transmission et de distribution)
WP	<i>Work Package</i> (paquet de travail)

1. Introduction

À ce jour, environ 70 % de la population sénégalaise a accès à l'électricité. Le gouvernement poursuit l'objectif d'atteindre l'accès universel à l'électricité d'ici 2025. Le mix électrique actuel du pays est principalement dominé par des centrales à combustibles fossiles, mais des plans ambitieux en matière d'énergies renouvelables ont été mis en place pour stimuler l'expansion de ces capacités de production. Selon le dernier bilan énergétique national publié pour l'année 2018, la capacité installée en énergies renouvelable était de 174 MW. La nouvelle Contribution Déterminée au niveau National (CDN) du pays indique cependant un objectif de capacité installée totale en énergie solaire pour 2030 de 235 MW dans le cadre du scénario inconditionnel et de 335 MW dans le cadre du scénario conditionnel. D'autre part la CDN indique un objectif d'économies d'énergie de 627 GWh dans le scénario inconditionnel et de 3402 GWh dans le scénario conditionnel. L'atteinte de tels objectifs nécessite donc la planification et mise en œuvre d'actions afin d'atteindre ces objectifs.

Depuis 2017, la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, en collaboration avec le Ministère du Pétrole et de l'Énergie (MPE) du Sénégal, met en œuvre le Programme Énergies Durables (P.E.D.) avec l'objectif d'améliorer les conditions de mise en œuvre de services énergétiques durables pour protéger le climat. Les activités sous-jacentes comprennent principalement i) l'établissement d'un cadre politique et réglementaire favorable à cet objectif, ii) des mesures de formation, iii) la promotion de mesures d'efficacité énergétique ainsi que iv) la promotion d'un cadre favorable au secteur de l'électrification rurale hors réseau (notamment les minicentrales solaires PV) et v) la démonstration de l'utilisation productive de l'énergie solaire pour soutenir l'électrification rurale à travers des projets de démonstrateurs.

L'objectif de cette mission est d'évaluer les impacts positifs (réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES)) et négatifs (émissions de GES) liés à la mise en œuvre du P.E.D. en prenant en compte à la fois les actions directes et indirectes du programme. Ce travail se divise en plusieurs Work Packages (WP).

Suite à la présentation de la version provisoire des différents outils de calculs des émissions et réductions d'émissions pour les WP1 (émissions et réductions d'émissions directes et indirectes du P.E.D. sur la phase opérationnelle), WP2 (émissions et réductions d'émission directes sur l'ensemble du cycle de vie liées aux investissements du P.E.D. dans des centrales solaires) et WP3 (émissions liées au bureau et aux déplacements effectués pour le programme P.E.D.) le 20/07/2021, et suite à la réception et considération des commentaires de la GIZ sur la version provisoire des outils le 30/07/2021, les consultants ont revu les outils en question. Ce rapport présente les résultats actualisés des trois outils développés pour le projet et présente les recommandations correspondantes.

2. Résultats et recommandations - WP1

L'objectif du WP1 est, à travers l'outil « Impact Climat », d'estimer les **impacts directs** (se situant dans la sphère de responsabilité ou le rayon d'action du P.E.D.) **et indirects** (se trouvant en dehors de la sphère de responsabilité du projet) **résultant des actions du P.E.D. en termes d'atténuation**, c'est-à-dire en termes de réductions d'émissions. L'Outil Impact Climat a été développé afin de répondre aux questions suivantes :

- **Quels résultats directs et indirects sont atteints ou sont attendus du P.E.D. ?**
- **Quel est l'impact climatique (en termes de réductions d'émissions) de ces résultats ?**
- **Quelle est la contribution de la GIZ à ces impacts et comment peut-on l'estimer ?**

Les résultats obtenus à travers l'Outil Impact Climat (*WP1_GIZ P.E.D. Senegal_Outil Impact_version 3_20210917*) sont présentés au chapitre 2.2

2.1. Approche méthodologique Outil Impact Climat

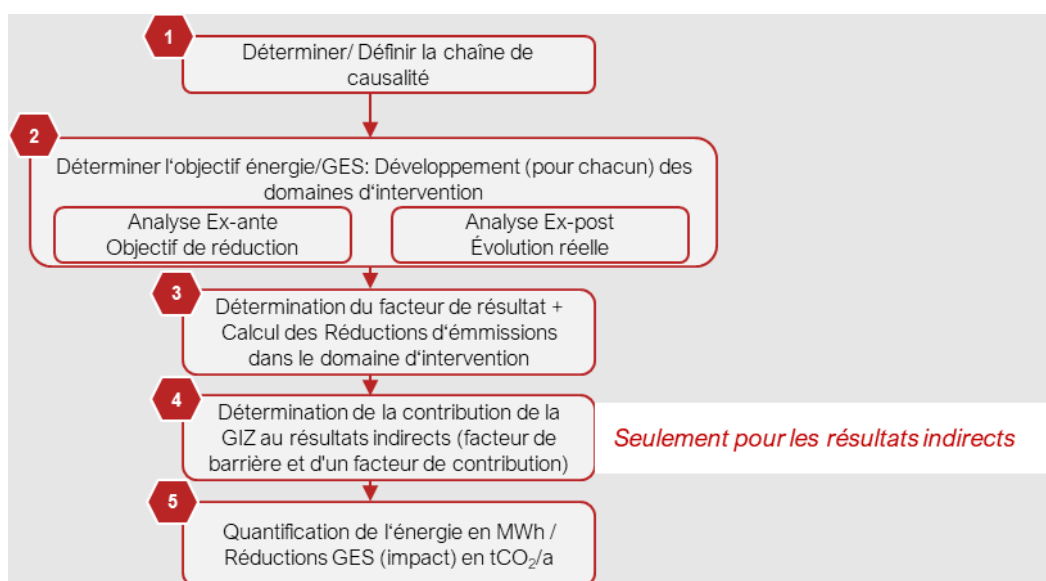
Les impacts sont définis comme des changements provenant d'une conséquence directe ou indirecte d'une mesure mise en œuvre. Ces impacts sont divisés en impacts sectoriels (énergie, eau/eaux usées, industrie, agriculture, etc.) et impacts climatiques (ou impacts d'atténuation) résultant des impacts sectoriels et représentant une réduction ou séquestration de GES. Il est donc nécessaire de convertir les impacts sectoriels respectifs (p.ex. une capacité installée en énergies renouvelables (ER)) en réduction ou absorption de GES.

Les projets mis en œuvre par la GIZ peuvent contribuer directement ou indirectement à la réduction des émissions de GES. **Les impacts directs se situent dans la sphère de responsabilité ou le rayon d'action du projet** et sont généralement **liés à la participation à l'investissement ou à la prise en charge (au prorata) des coûts des technologies installées** (par exemple, des systèmes photovoltaïques pilotes). Pour obtenir la réduction des émissions qui est directement attribuable au projet, nous appliquons donc un **facteur d'investissement**.

À l'inverse, **les impacts indirects se trouvent en dehors de la sphère de responsabilité du projet**. En cas d'impacts climatiques indirects du projet, **la part de l'impact global possible pouvant être attribué au projet** (p.ex. contribution des activités de formations sur les ER à la mise en place de capacités installées en ER nouvelles – allant souvent au-delà de la capacité installée financée par la GIZ à travers les projets pilotes) **doit être estimée de manière compréhensible en tenant compte d'autres facteurs** liés au contexte du projet (et non attribuable aux activités GIZ). En général, le projet ne peut pas être crédité de l'impact global complet, mais seulement d'une partie de celui-ci. Nous décrivons cette procédure méthodique de détermination de la part d'impact à travers le terme de **facteur de résultat**.

La méthode de l'Outil Impact est composée de 5 étapes représentées sur le schéma ci-dessous et détaillée par la suite.

Figure 1: Les 5 étapes de l'Outil Impact



Source : Guide méthodologique (2021) (version du 16 juillet 2021).

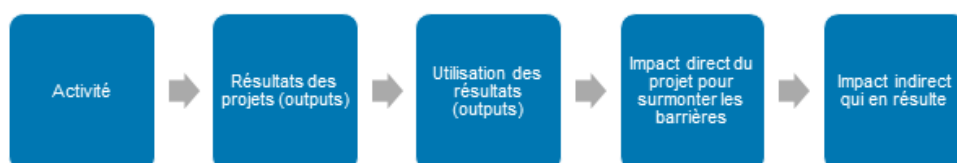
La description détaillée se trouve dans le **Guide méthodologique** pour l'Outil Impact (version du 16 juillet 2021).

L'outil d'impact permet une analyse ex-ante et une analyse l'évaluation ex-post. Dans ce contexte, les deux termes ex-post et ex-ante sont définis comme suit :

- **Ex-post** : Le développement réel dans le secteur ou le domaine d'intérêt social peut être évalué et la contribution de la GIZ estimée. Le résultat peut être utilisé, par exemple, pour le suivi et le rapportage des projets.
- **Ex-ante** : L'estimation du développement possible à l'avenir dans le secteur ou le domaine d'intérêt social peut être évaluée et la contribution de la GIZ à ce développement peut être estimée.

La méthodologie mise en œuvre dans l'outil utilise des **chaînes de causalité** spécifiques au projet pour identifier les impacts directs et indirects. Une chaîne de causalité/résultat peut généralement être dérivée du modèle d'impact d'un projet. La chaîne de causalité a pour but de cartographier les relations de cause-à-effet et donc d'aider à identifier les impacts climatiques directs et indirects des projets à différents niveaux cibles (impact, outcome / cible du module ou programme, output).

Figure 2: Chaîne de causalité d'un projet



Source : Guide méthodologique (2021) (version du 16 juillet 2021).

L'outil Impact peut être utilisé pour identifier et déterminer l'objectif (l'impact recherché) auquel le projet contribue. Il peut s'agir d'un objectif de réduction de GES ou d'un objectif sectoriel, comme la capacité installée en énergies renouvelables (en MW), la quantité de déchets traités (en t) ou la superficie forestière gérée durablement (en ha). A cet effet, l'évolution du domaine d'action que le projet vise à atteindre (zone d'impact) est déterminée, c'est-à-dire la zone ou le (sous-)secteur dans lequel le projet génère son impact direct et indirect. En fonction du moment de l'évaluation, le développement dans le domaine d'impact peut être évalué ex-ante ou ex-post.

Afin de déterminer le **facteur de résultat** pour un projet de la GIZ, il est nécessaire d'identifier et d'évaluer les obstacles qui empêchent la bonne mise en œuvre de la chaîne de causalité. Le facteur de résultat peut être déterminé en considérant les principaux obstacles le long de la chaîne causale ou des sous-chaînes (strings) individuelles de la chaîne causale. Une estimation est faite, d'une part de la force des obstacles et, d'autre part, de la probabilité que les barrières soient surmontées par les mesures du projet de la GIZ.

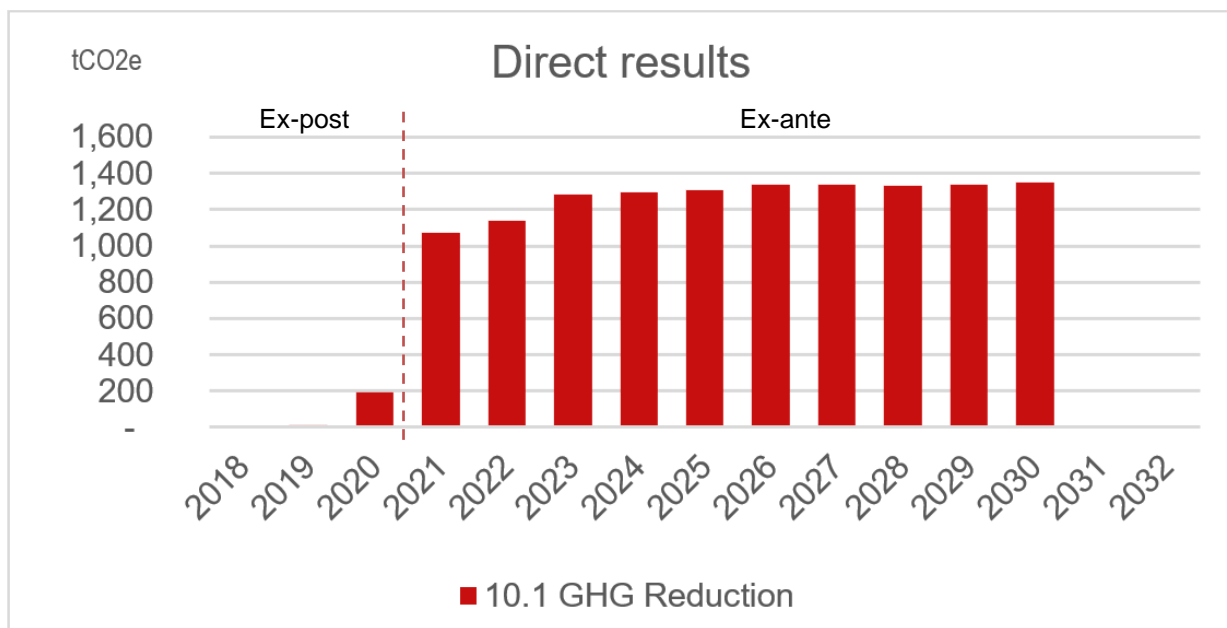
En outre, la contribution d'autres acteurs dans le domaine d'action est prise en compte. En conséquence, le facteur de résultat est composé d'un **facteur barrière** et d'un **facteur de contribution**. Les facteurs respectifs peuvent être estimés à l'aide des informations prédéfinies stockées dans l'outil Impact.

En outre, pour une évaluation **ex-ante**, les risques associés à la mise en œuvre réussie du projet doivent être pris en considération. Les risques sont différents des barrières et représentent la force majeure, les changements de politique et autres cas similaires. Le cas échéant, le **facteur de risque** correspondant doit être indiqué pour chaque chaîne d'impact importante. Le facteur de risque n'est appliqué que pour l'estimation ex-ante.

2.2. Interprétation des résultats

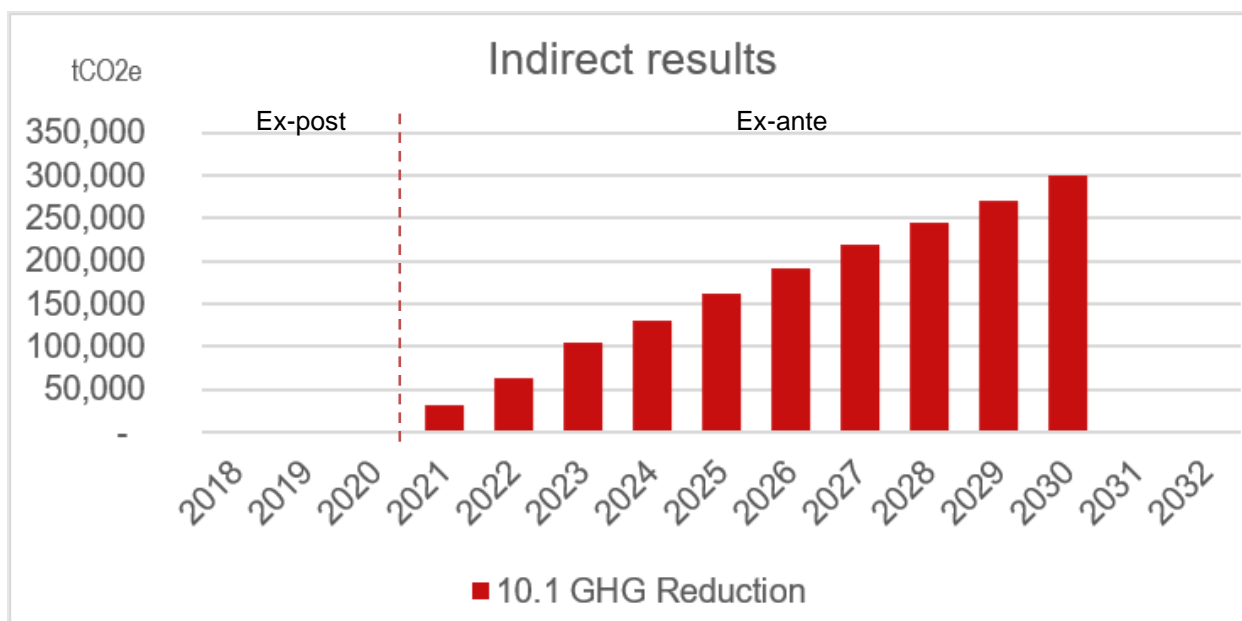
L'estimation ex-ante est réalisée sur une période de 10 ans jusqu'en 2030, en tenant compte de la période d'évaluation recommandée de dix ans maximum, conformément à la méthodologie GIZ sur l'impact climatique. La réduction globale cumulée d'émission de GES (ou atténuation) est estimée à un total de 12 800 tCO₂e d'impacts directs et jusqu'à 1 721 700 tCO₂e d'impacts indirects entre 2021 et 2030 (voir Figure 3, Figure 4 et [Erreur ! Source du renvoi introuvable.](#)) :

Figure 3 : Résultats directs (réduction de GES) jusqu'en 2030



Source : Outil Impact Climat GIZ P.E.D. Sénégal, version 2, version du 13 Août

Figure 4 : Résultats indirects (réduction de GES) jusqu'en 2030



Source : Outil Impact Climat GIZ P.E.D. Sénégal, version 3, version du 17 septembre

Les impacts directs les plus significatifs peuvent être attribués à la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique recommandées dans le cadre des audits qui sont soutenus par le programme, avec un potentiel d'atténuation estimé à environ 9 500 tCO_{2e} (cumulées) jusqu'en 2030. En outre, en termes d'effets indirects, les interventions en matière d'efficacité énergétique, qui conduisent à une réduction de la consommation d'électricité, présentent le potentiel de réduction des émissions le plus prometteur, avec près de 1,1 MtCO₂, bien que la contribution du programme soit estimée assez faible avec un facteur de résultat calculé de 10%.

Les principales contributions du programme concernant les impacts indirects (liés au facteur de résultat) sont liées au remplacement des ampoules à incandescence inefficaces par des lampes LED avec un facteur de résultat estimé à 54% et un impact indirect d'atténuation d'environ 300 000 tCO_{2e} (cumulées) d'ici 2030. Ceci est lié à la contribution significative du programme P.E.D. (facteur de contribution supposé de 60 %) ainsi qu'à un potentiel élevé pour surmonter les obstacles existants (facteur d'obstacle de 90 %), ce qui indique que les défis présents dans le secteur peuvent très probablement être résolus et qu'il est réaliste de considérer que la réglementation correspondante en place peut être appliquée.

La mise en œuvre du cadre réglementaire pour les systèmes photovoltaïques hors réseau semble être confrontée à des obstacles plus importants, qui ne peuvent être surmontés que partiellement par le soutien du programme P.E.D. Par conséquent, l'impact indirect de ces activités (au niveau national) est évalué avec un potentiel de réduction d'émissions plus faible.

En ce qui concerne l'installation d'énergies renouvelables intégrées au réseau, on suppose que le programme ne peut contribuer à réduire les obstacles existants que dans une mesure limitée. Par conséquent, la probabilité de surmonter les obstacles a été fixée à (très) peu probable (voir fiche 4. Facteur de résultats - Point 5.3). Cela donne un facteur de résultats faible de 2%. Cependant, étant donné que le Sénégal prévoit d'extraire des quantités importantes de gaz dans les années à venir, on suppose que le soutien du programme PED aidera le Sénégal à atteindre ses objectifs pour l'expansion des ER dans le secteur de l'énergie et à ne pas dépendre entièrement du gaz. Le facteur de risque présumé de 70% tient compte des incertitudes quant à la réalisation de l'objectif, par exemple en raison d'un manque de ressources financières. D'autant plus que les objectifs de la NDC conditionnelle (NDC+) dépendent de volumes élevés de financement international, il pourrait y avoir un certain risque de non-réalisation. En outre, des difficultés techniques et des obstacles administratifs pourraient empêcher l'installation en temps voulu de certaines technologies telles que l'énergie solaire concentrée (CSP).

Le tableau suivant résume les contributions d'atténuation estimées des différentes activités du programme P.E.D. (pour plus de détails, voir la chaîne de causalité dans l'annexe 2 et l'outil Impact Climat GIZ P.E.D. Sénégal, version 2, daté du 13 août 2021).

Tableau 1 : Résumé de la contribution du programme P.E.D. à l'atténuation

Type	Item and titre	Facteur d'investissement / facteur de risque	Atténuation (réduction de GES) cumulée jusqu'en 2030 (tCO ₂)
Direct	2.2 La mise en œuvre des mesures d'EE entraîne une diminution de la consommation d'électricité et d'énergie thermique	100% / 100%	9 500 tCO ₂
	2.9 0,35 MW de capacité installée d'installations solaires photovoltaïques (mini-réseau) à usage productif sont opérationnels	95% / 80%	3 200 tCO ₂
	2.10 0,03 MW de capacité installée de systèmes SHS sont opérationnels	16% / 80%	100 tCO ₂

Type	Item and titre	Facteur de résultat / facteur de risque	Atténuation (réduction de GES) cumulée jusqu'en 2030 (tCO ₂)
	Total direct		12 800 tCO₂
Indirect	2.1 La mise en œuvre des mesures d'EE entraîne une diminution de la consommation d'électricité et d'énergie thermique	34% / 80%	137 000 tCO ₂
	5.1 Économies d'électricité grâce aux mesures d'EE pour l'éclairage (155 GWh en 2030)	54% / 90%	300 000 tCO ₂
	5.2 La consommation d'énergie des appareils et des processus est réduite (3 874 GWh en 2030).	10% / 70%	1 066 000 tCO ₂
	5.3 Capacité installée de 999 MW au niveau national (en réseau) en 2030	2% / 70%	182 500 tCO ₂
	5.4 28 MW de capacité installée au niveau national (hors réseau) en 2030	11% / 70%	28 000 tCO ₂
	5.5 11 MW de capacité installée au niveau national (SHS) en 2030	11% / 70%	8 200 tCO ₂
	Total indirect		1 721 700 tCO₂

Source Outil Impact Climat GIZ P.E.D. Sénégal, version 3, version du 17 Septembre

En ce qui concerne les estimations ex ante, il convient de mentionner que la réalisation des résultats dépend clairement de divers facteurs et ne peut pas être automatiquement considérée comme acquise. Par exemple, les résultats estimés ne seront probablement pas atteints si le financement n'est pas garanti. Pour tenir compte de ces incertitudes, le facteur de risque peut être ajusté et fixé en conséquence, en fonction de l'évaluation du risque de non-réalisation.

2.3. Discussion et renforcement des activités

Les résultats de l'évaluation d'impact, comme discuté dans la section précédente, peuvent être utilisés par le programme P.E.D. pour examiner et évaluer les effets des activités mises en œuvre et planifiées et, si nécessaire, faire des ajustements correspondant aux résultats souhaités. Ils peuvent également fournir une bonne base de discussion avec les acteurs nationaux, par exemple, dans le contexte de la mise en œuvre de la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) ou des futures mises à jour de la CDN. Ainsi, les résultats montrent qu'il semble y avoir encore des obstacles majeurs à l'augmentation de la capacité solaire photovoltaïque (hors réseau), qui est un facteur important et un élément clé pour atteindre l'objectif du pays en matière d'accès universel à l'électricité d'ici 2025. En outre, à la lumière des objectifs de la CDN, il serait intéressant d'évaluer si les objectifs définis sont suffisamment ambitieux, s'il est possible d'augmenter les objectifs en matière d'énergie renouvelable et comment les obstacles (persistants) pourraient être éliminés. En ce qui concerne l'objectif d'accès universel à l'électricité, la part des énergies renouvelables pourrait jouer un rôle majeur et conduire à un ajustement des objectifs fixés.

2.4. Utilisation de l'Outil Impact Climat GIZ dans le futur

En ce qui concerne l'application de l'Outil Impact Climat GIZ pour les années à venir, il est recommandé de revoir et de mettre à jour fréquemment les paramètres clés basés sur les données de suivi ex-post et les statistiques officielles pour les hypothèses et les estimations faites pour l'évaluation ex-ante (voir également l'illustration de la Figure 5). Une mise à jour régulière des données permet l'utilisation de l'outil

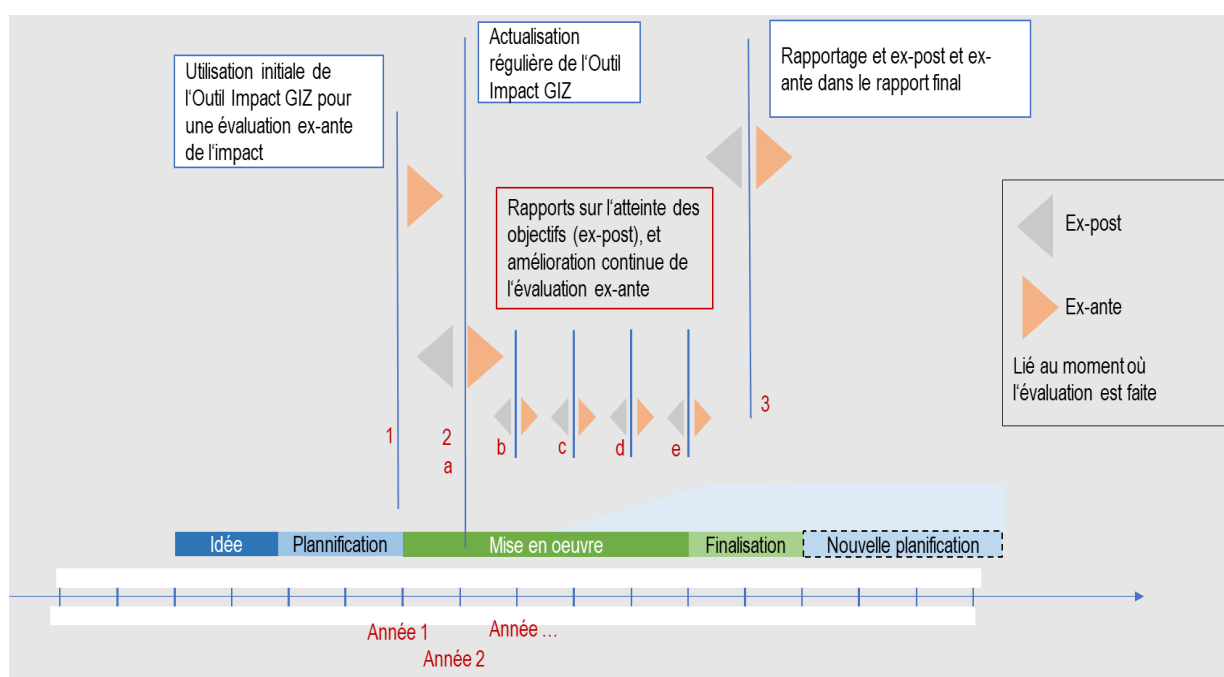
pour un suivi transparent, traçable et comparable des résultats du programme. Ceci est d'une importance majeure si l'outil Impact et les résultats obtenus, doivent être utilisés à des fins de rapportage interne et d'obligations telles que le rapport annuel des résultats agrégés (AEB) de la GIZ ou à des fins de communication, par exemple aux partenaires et acteurs nationaux. **Dans ce contexte, il faut souligner que les résultats ne peuvent pas être pris en compte pour des objectifs de comptabilité "officielle", car les impacts se produisent en lien avec des activités mise en œuvre par des tiers et devraient faire partie de leur processus de comptabilisation des impacts.** Dans le cas du Sénégal, les économies d'électricité découlant de l'amélioration du cadre réglementaire pour les activités d'EE seront probablement comptabilisées pour les objectifs nationaux du pays dans le cadre de la CDN et ne peuvent pas être officiellement revendiqués par le programme de la GIZ afin d'éviter tout double comptage. Cependant, l'évaluation des impacts climatiques directs et indirects est une contribution précieuse et utile au suivi du projet et peut aider à ajuster les actions en cours pendant la période du projet.

2.5. Fonctionnement et maintenance de l'outil Impact Climat

1) Actualisations régulières – récolte des données et validation

Comme mentionné dans la section précédente, l'outil Impact Climat doit être fréquemment mis à jour, en particulier lorsque les résultats sont utilisés à des fins de suivi (interne à la GIZ) ou comme base de communication avec les parties prenantes et les partenaires externes. Par conséquent, nous recommandons de réviser et de valider la chaîne de causalité ainsi que les paramètres et les hypothèses au moins une fois par an, et, si possible, d'ajuster les valeurs estimées ex ante/ou les valeurs par défaut par des chiffres ex-post vérifiés ou officiels. Cela permet non seulement d'avoir un suivi précis de la mise en œuvre du projet, mais aussi de rendre possibles les ajustements et l'amélioration des estimations ex ante, qui seront probablement plus précises au fil du temps. Enfin, un suivi fréquent et précis peut aider à réajuster les activités du projet si nécessaire.

Figure 5 : Évaluation de l'impact et actualisation de l'outil



Source : Adapté de Perspectives, the greenwerk et Niras IP Consult, 2020

Lors de la collecte des données pertinentes et importantes pour l'évaluation de l'impact, nous avons été confrontés à des difficultés concernant la disponibilité et la qualité de certaines données et informations. Par exemple, nous avons rencontré des difficultés à obtenir des données sur le potentiel en puissance PV moyen à partir de sources nationales et avons donc dû faire des hypothèses basées sur des données disponibles publiquement (données de la Banque mondiale) pour projeter la production d'électricité des systèmes solaires PV hors réseau (mini-réseaux et SHS) et en réseau jusqu'en 2030. Par conséquent, nous recommandons d'établir un processus adéquat pour la collecte de données primaires et secondaires (voir le [Erreur ! Source du renvoi introuvable.](#)), qui définit les responsabilités et le calendrier afin de garantir la fourniture en temps voulu de données de bonne qualité. En particulier pour les données au niveau national (par exemple, la production d'électricité passée et estimée), qui ne sont pas disponibles publiquement et doivent être fournies par des parties prenantes externes (par exemple, le Ministère du Pétrole et de l'Energie, SENELEC), il devrait y avoir un processus de communication établi avec les entités/personnes responsables et une validation ultérieure des données reçues, qui implique les membres de l'équipe responsable du programme P.E.D. S'il s'avère que la qualité de certaines données peut être améliorée, une recommandation à ce sujet pourrait être transmise au gouvernement.

2) Définition des responsabilités

En outre, nous proposons d'attribuer la responsabilité de l'outil Impact Climat et de sa mise à jour régulière (annuelle) à une personne au sein de l'équipe GIZ P.E.D. afin de renforcer l'utilisation et l'appropriation de l'outil. Cette personne aurait pour tâche de lancer et de coordonner le processus de mise à jour en temps voulu. Cela ne signifie pas que cette personne est responsable de l'ensemble de la collecte des données ou du suivi des données des activités ou des composantes individuelles. Cependant, cette personne devrait coordonner le processus avec les personnes responsables respectives (par exemple, les responsables des différents volets du P.E.D.). De plus, il faut s'assurer que les données ex post et, le cas échéant, une modification de la chaîne de causalité sont validées.

Le tableau suivant donne un aperçu des données / paramètres qu'il est recommandé de mettre à jour régulièrement, ainsi que les sources correspondantes :

Tableau 2 : Aperçu des données et paramètres à considérer pour les actualisations régulières

Onglet de l'Outil Impact	Item	Paramètre/valeur	Unité	Source	
				Ex-ante	Ex-post
Impacts Directs					
2. Objective and 3. GHG Estimation	2.2: Diminution de la consommation d'électricité et d'énergie thermique grâce aux mesures d'EE	Consommation et économie d'électricité	MWh _{el} / année	Estimation basée sur les résultats de l'audit	Suivi par le biais d'un système de gestion de l'énergie établi (compteurs)
		Consommation et économies d'énergie thermique	Litre / tonnes /année	Estimation basée sur les résultats de l'audit	Suivi par le biais d'un système de gestion de l'énergie établi
2. Objective and 3. GHG Estimation	2.9 / 2.10: installations solaires PV à usage productif (mini-réseaux et SHS)	Consommation d'électricité par utilisation productive	MWh / année	Estimation basée sur des hypothèses (MDP AMS-I.-L.)	Surveillance par les compteurs d'électricité installés
		Production d'électricité à partir de	MWh / année	Estimation basée sur des hypothèses	Surveillance par les compteurs

		systèmes photo- voltaïques instal- lés et livrés aux consommateurs.			d'électricité ins- tallés
Impacts indirects					
2. Objective and 3. GHG Estimation	2.2: Diminution de la consomma- tion d'électricité et d'énergie ther- mique grâce aux mesures d'EE	Consommation et économie d'électricité	MWh _{el} / année	Estimation ba- sée sur les ré- sultats de l'au- dit, par exemple en utilisant les résultats des im- pacts directs.	Suivi par le biais d'un système de gestion de l'énergie établi (compteurs)
		Consommation et économies d'énergie ther- mique	Litre / tonnes / année	Estimation ba- sée sur les ré- sultats de l'au- dit, par exemple en utilisant les résultats des im- pacts directs.	Suivi par le biais d'un système de gestion de l'énergie établi
2. Objective and 3. GHG Estimation	5.1: Économies d'électricité grâce à l'éclairage EE	Économies d'électricité grâce aux me- sures d'EE pour l'éclairage	MWh _{el} / année	Estimation ba- sée sur : <ul style="list-style-type: none">▪ le remplace- ment prévu des lampes ;▪ Valeurs par défaut : heures de fonctionne- ment par an ; puissance électrique des lampes.	Calcul basé sur les paramètres suivis : <ul style="list-style-type: none">▪ nombre de lampes instal- lées/rempla- cées▪ heures de fonctionne- ment▪ puissance électrique des lampes rem- placées
2. Objective and 3. GHG Estimation	5.2: Economies d'énergie grâce à l'EE des appa- reils/processus	Économies d'électricité grâce à l'EE des applications/pro- cessus	MWh _{el} / année	Estimations/pro- jections basées sur l'objectif conditionnel CDN	Calcul basé sur les statistiques et le bilan éner- gétique national.
2. Objective and 3. GHG Estimation	5.3 : Capacité installée de ERs (sur le réseau)	Capacité instal- lée	Capacité pour la production électrique MW / année	Estimations/pro- jections basées sur l'objectif conditionnel CDN	Valeurs fournies par les statis- tiques / bilan énergétique na- tional
		Production d'électricité	MWh _{el} / année	Estimations/pro- jections basées sur l'objectif conditionnel CDN	Valeurs fournies par le bilan éner- gétique national
2. Objective	5.4 / 5.5: Capa- cité solaire PV installée (hors ré- seau)	Capacité instal- lée	Capacité pour la production électrique MW / année	Estimations/pro- jections basées sur l'objectif conditionnel CDN	Valeurs fournies par les statis- tiques / bilan énergétique na- tional
3. GHG Esti- mation		Production d'électricité	MWh _{el} / année	Estimations/pro- jections basées sur l'objectif conditionnel CDN, ou basées sur la capacité	Valeurs fournies par le bilan éner- gétique national

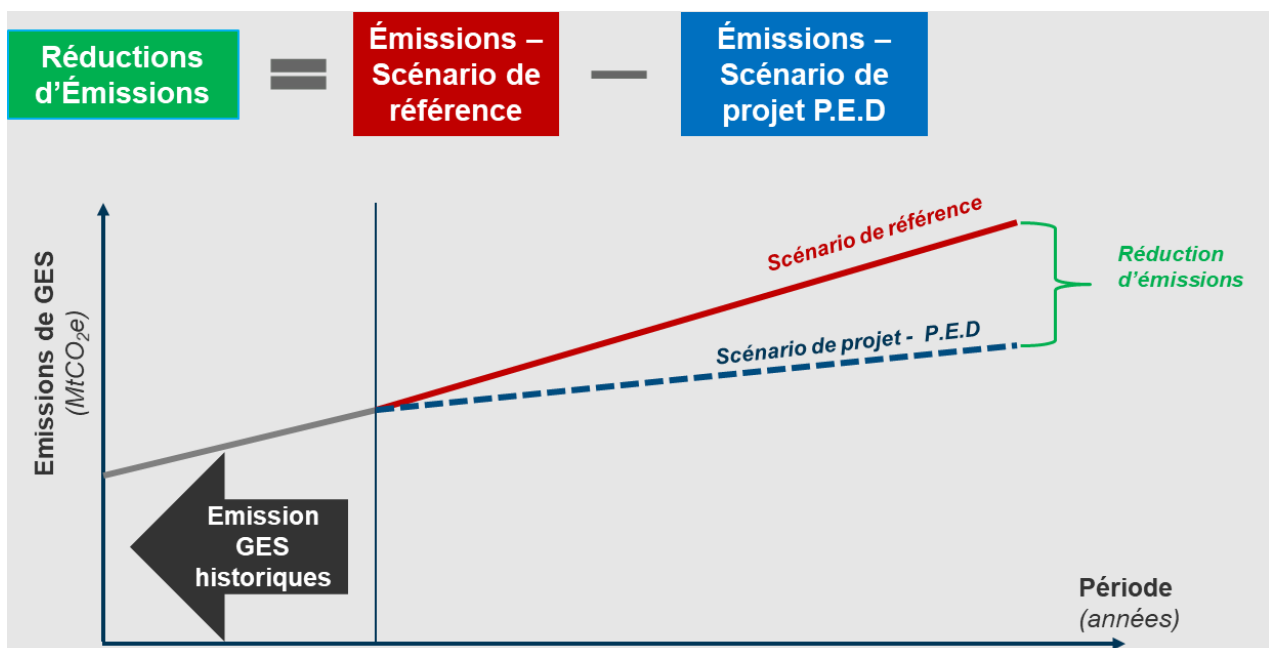
				installée en utilisant des facteurs de capacité représentatifs nationaux.	
Général					
3. GHG Estimation	2.1 / 2.2 / 5.1 / 5.2	Facteur d'émission du réseau	tCO _{2e} / MWh _{el}	Facteur d'émission du réseau (GEF) calculé avec l'outil ACV ou à partir de sources officielles	Ajustements en fonction de la production d'électricité / du mix indiqué par le bilan énergétique national.
3. GHG Estimation	2.1 / 2.2 / 5.1	Pertes de distribution et de transmission	%	Valeur incluse dans le bilan énergétique national	Valeur incluse dans le bilan énergétique national

3. Résultats et recommandations – WP2

L'objectif de ce WP était de développer un outil qui permet à la GIZ d'évaluer le potentiel de réduction des émissions lié au déploiement de solutions de mini-réseaux solaires PV au Sénégal en suivant une approche d'analyse du cycle de vie (ACV) pour le scénario de référence et le scénario de projet.

Les réductions d'émissions sont en effet obtenues en soustrayant les émissions « réelles » (mesurées ex-post) ou estimées (ex-ante) du scénario de projet (dans notre cas le scénario de projet correspond au scénario dans lequel les actions du P.E.D sont mises en œuvre) aux émissions « théoriques » du scénario de référence (ou BAU), ce qui correspond aux émissions qui auraient eu lieu si le P.E.D n'avait pas été mis en place (voir la figure ci-dessous)

Figure 6: Illustration du scénario de référence et scénario de projet

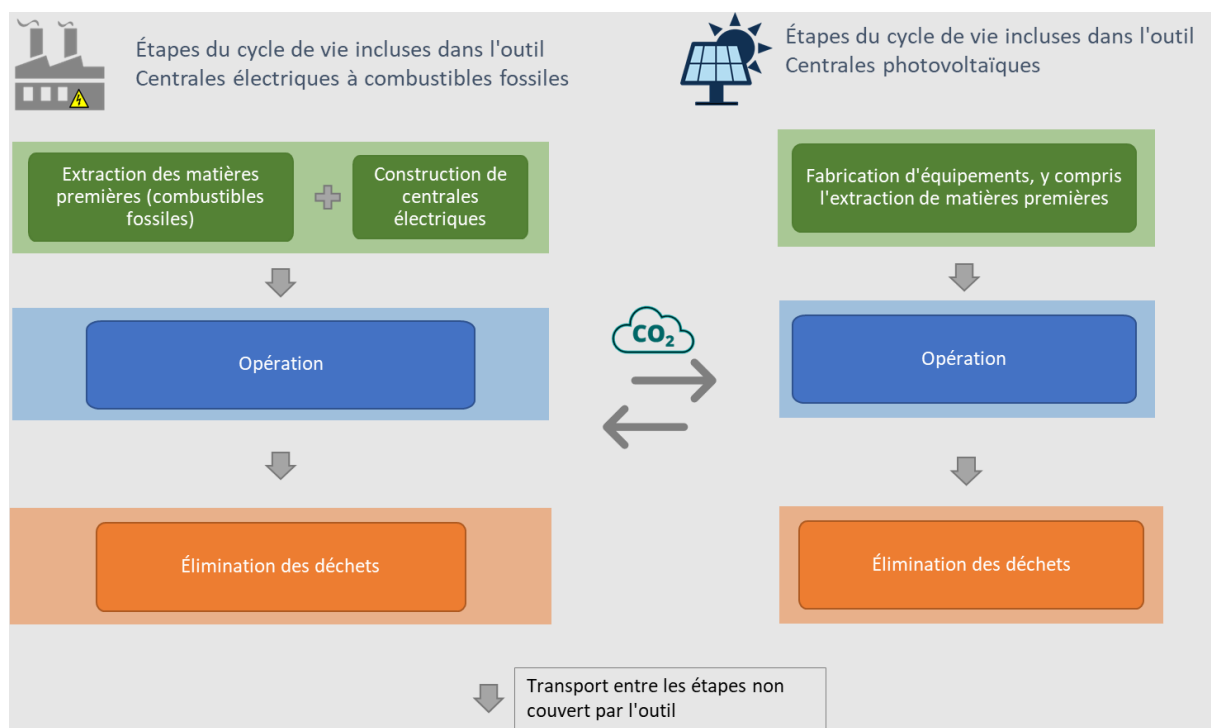


Source : Auteurs

L'outil (WP2_LCA_tool_20210813) suit les principes de l'ACV et est basé sur des informations trouvées dans la littérature. L'outil donne une estimation des facteurs d'émission de i) l'ACV et de ii) la marge opérationnelle (OM-*Operating Margin*) pour a) le réseau, b) les groupes électrogènes diesel et c) les technologies de mini-réseau solaire PV.

Dans un premier temps, une analyse de matérialité a été réalisée pour déterminer les sources d'émissions qui seront incluses dans l'outil et dans la méthodologie. Les résultats de cette analyse et l'approche globale de l'outil ont été décrits dans le Guide méthodologique (Annexe 1) fourni le 20 juillet et sont résumés dans la Figure 7.

Figure 7 : Étapes du cycle de vie incluses dans l'Outil ACV



Source : Auteurs

Les résultats de l'estimation des réductions d'émissions attendues de la mise en œuvre des activités pilotes de la GIZ pour différents scénarios et options sont présentés et discutés dans les sections suivantes. Les scénarios définis dans l'outil sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Scénarios définis dans l'Outil ACV

Scénario	Description	Commentaires
Scénario A – Remplacement du réseau – Ex-post	Ce scénario permet à l'utilisateur d'estimer le facteur d'émission du réseau par an en utilisant les valeurs rapportées pour la production d'électricité par source d'énergie dans le bilan énergétique du pays.	Compte tenu de la disponibilité limitée des données pour effectuer une analyse ex-post (informations uniquement disponibles pour 2017 et 2018). L'analyse comparative n'est pas incluse dans ce rapport. Cependant, lorsque le bilan énergétique sera

		disponible pour les années 2019 et suivantes, l'outil permettra aux utilisateurs d'obtenir les résultats. Suppose une utilisation de 100 % du système solaire photovoltaïque
Scénario B – Remplacement du réseau – Ex-ante objectifs inconditionnels CDN	Ce scénario permet à l'utilisateur d'avoir une vue d'ensemble des réductions des émissions de GES pour i) la phase opérationnelle et ii) l'ACV qui peuvent être obtenues en remplaçant l'électricité du réseau par des mini-réseaux solaires PV. Le facteur d'émission du réseau (à la fois pour l'ACV et la phase opérationnelle) est basé sur les projections de production d'électricité pour la CDN.	Cette option vise à donner une indication sur la façon dont les changements dans le mix énergétique du réseau seront reflétés dans les résultats en matière de réduction d'émissions. Suppose une utilisation de 100 % du système solaire photovoltaïque
Scénario C - Remplacement des générateurs diesel	Ce scénario permet à l'utilisateur d'avoir une vue d'ensemble des réductions des émissions de GES pour i) la phase opérationnelle et ii) l'ACV qui peuvent être obtenues en remplaçant les générateurs diesel par des mini-réseaux solaires PV.	Suppose une utilisation de 100 % du système solaire photovoltaïque
Scénario C (20%) - Remplacement des générateurs diesel (20 % de l'utilisation du solaire photovoltaïque)	Ce scénario permet à l'opérateur d'avoir une vue d'ensemble de la manière dont l'utilisation de l'équipement solaire photovoltaïque est reflétée dans l'estimation de la réduction des émissions de l'ACV	Suppose une utilisation de 20 % du système solaire photovoltaïque

Source : Auteurs

Les besoins énergétiques qui ont été utilisés pour le calcul des résultats proviennent du fichier "Trame_projects_UP_env_240621" partagé avec les consultants. Les résultats couvrent les besoins énergétiques rapportés pour les 35 activités pilotes du portefeuille. Les calculs ont pris en compte la date estimée de début des opérations et la durée de vie estimée de chaque projet. Puisque la durée de vie estimée des projets était de l'ordre de 8 à 10 ans, il a été supposé que lorsque le projet atteint la fin de sa durée de vie estimée, la capacité et donc l'énergie produite par le mini-réseau solaire PV a été retirée de l'exploitation et donc aucune réduction d'émissions n'est attendue de cette activité pilote après la fin de vie de la technologie.

Les valeurs suivantes, présentées dans le tableau ci-dessous, ont donc été utilisées pour les estimations des réductions d'émissions.

Tableau 4 : Données utilisées pour les activités pilotes

An- née	Projets PED ajoutés par an (besoins énergé- tiques rapportés dans le fichier "Trame_pro- jects_UP_env_240621") ¹	Projets P.E.D. qui at- teignent la fin de vie	Énergie produite par année
	MWh	MWh	MWh
2017	0,7		0,7
2018	-		0,7
2019	19,2		19,9
2020	35,7		55,6
2021	378,8		434,3
2022	23,3		457,7
2023	-		457,7
2024	-		457,7
2025	-		457,7
2026	-	19,9	437,8
2027	-	1,7	436,1
2028	-	112,0	324,0
2029	-	46,0	278,0
2030	-	266,8	11,3

3.1. Interprétation des résultats

3.1.1. Scénario A - Remplacement du réseau – Ex-post

Le facteur d'émission du réseau a été estimé pour les années où les informations sur le bilan énergétique étaient disponibles. Malheureusement, les informations nécessaires pour faire une analyse ex-post ne sont pas encore disponibles et donc une analyse comparative entre l'installation d'un mini-réseau solaire PV et le réseau n'est pas incluse dans ce rapport. Cependant, lorsque le bilan énergétique sera disponible pour les années postérieures à 2019, l'outil permettra aux utilisateurs d'obtenir les résultats. Les résultats des facteurs d'émissions du réseau (GEF) de i) la phase opérationnelle (Marge opérationnelle – OM (*Operating Margin* en anglais) et de ii) l'ACV sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Estimations du facteur d'émission du réseau (GEF) – Ex-post

Facteur d'émission du réseau (GEF)	2017	2018
	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh
GEF OM (phase opérationnelle)	0,781	0,744
GEF ACV	0,885	0,839

¹ Les projets qui ont démarré leurs activités aux T1 et T2 sont ajoutés à l'année n, les projets qui ont démarré leurs activités aux T3 et T4 sont ajoutés à l'année n+1. Par exemple, les projets démarrés en 05/2020 sont ajoutés en 2020 et les projets démarrés en 07/2020 sont ajoutés en 2021.

Les résultats obtenus pour 2017 et 2018 avec ce scénario sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Résultats scénario A – réductions d'émissions

Année	SA – phase opération- nelle – Émissions Scénario de référence	SA - phase opération- nelle – Émissions Scénario de projet	SA - phase opération- nelle – Ré- ductions d'émissions	SA – ACV - Émissions Scénario de référence	SA – ACV - Émissions Scénario de projet	SA - ACV – Réductions d'émissions
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
2017	0,57	-	0,57	0,65	0,61	0,58
2018	0,54	-	0,54	0,06	0,06	0,55

3.1.2.Scénario B – Remplacement du réseau – Ex-ante Objectifs CDN inconditionnels

Pour ce scénario, les projections de production d'énergie par source fournies par le Ministère du Pétrole et des Énergies du Sénégal ont été utilisées. Les informations fournies par le ministère comprenaient les projections énergétiques pour les scénarios tels que définis dans la CDN du Sénégal. L'exploitation et le facteur d'émission de l'ACV ont été estimés pour les scénarios i) BAU (*Business as Usual* ou scénario de référence), ii) inconditionnel, iii) conditionnel. Pour l'analyse comparative entre les mini-réseaux solaires PV et le réseau, seules les valeurs du scénario inconditionnel ont été prises en compte car cela correspond à l'approche la plus conservatrice, ce qui est recommandé pour évaluer l'atténuation. Les résultats des calculs du facteur d'émission du réseau sont présentés dans le tableau ci-dessous et peuvent également être trouvés dans le fichier *LCA_tool_20210813*, onglet "*LCA&OM GEF-exante*".

Tableau 7 : Calculs Facteur d'émission du réseau (GEF) – Ex-ante scénarios CDN

Année	GEF OM - BAU	GEF OM - CDN objectifs in- conditionnels	GEF OM - CDN objec- tifs condi- tionnels	GEF ACV - BAU	GEF ACV - CDN objectifs incondition- nels	GEF ACV - CDN objec- tifs condi- tionnels
	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh
2015	0,552	0,552	0,552	0,682	0,682	0,682
2016	0,556	0,555	0,555	0,686	0,685	0,685
2017	0,562	0,556	0,556	0,693	0,687	0,687
2018	0,612	0,576	0,576	0,723	0,683	0,683
2019	0,610	0,559	0,559	0,699	0,643	0,643
2020	0,591	0,540	0,540	0,673	0,617	0,617
2021	0,600	0,548	0,548	0,665	0,608	0,608

Année	GEF OM - BAU	GEF OM - CDN objectifs in- conditionnels	GEF OM - CDN objec- tifs condi- tionnels	GEF ACV - BAU	GEF ACV - CDN objectifs incondition- nels	GEF ACV - CDN objec- tifs condi- tionnels
2022	0,645	0,587	0,561	0,689	0,635	0,598
2023	0,639	0,587	0,455	0,688	0,639	0,488
2024	0,646	0,596	0,483	0,701	0,655	0,516
2025	0,650	0,603	0,345	0,682	0,639	0,375
2026	0,667	0,622	0,374	0,697	0,656	0,403
2027	0,663	0,620	0,378	0,698	0,659	0,408
2028	0,660	0,619	0,295	0,701	0,662	0,325
2029	0,660	0,621	0,326	0,707	0,671	0,356
2030	0,666	0,630	0,273	0,710	0,677	0,302

La Figure 8 résume la comparaison des résultats en l'approche basée sur l'ACV et l'approche basée sur la phase opérationnelle et compare les émissions du scénario de référence et celles du scénario de projet. Comme prévu, les émissions du scénario de référence et du scénario de projet suivant une approche ACV donnent lieu à un niveau élevé d'émissions. Cependant, comme le montre la Figure 11, les différences entre l'approche ACV et l'approche basée sur la phase opérationnelle (qui est l'approche "traditionnelle" pour le calcul des réductions d'émissions) sont presque insignifiantes. Cela s'explique principalement par le fait que la majorité des émissions identifiées lors de la phase de l'ACV pour les technologies du réseau sont générées pendant l'exploitation (phase opérationnelle) des centrales thermiques utilisant le charbon et le diesel. Les résultats complets sont présentés dans le tableau suivant

Tableau 8 : Résultats du scénario B – réductions d'émissions

Année	SB – phase opération- nelle – Émissions Scénario de référence	SB - phase opération- nelle – Émissions Scénario de projet	SB - phase opération- nelle – Ré- ductions d'émissions	SB – ACV - Émissions Scénario de référence	SB – ACV - Émissions Scénario de projet	SB - ACV – Réductions d'émissions
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
2017	0,41	-	0,41	0,50	0,06	0,44
2018	0,42	-	0,42	0,50	0,06	0,43
2019	11,11	-	11,11	12,78	1,76	11,02
2020	29,98	-	29,98	34,28	4,92	29,36
2021	238,18	-	238,18	263,99	38,49	225,50
2022	268,69	-	268,69	290,48	40,56	249,92
2023	268,75	-	268,75	292,66	40,56	252,10
2024	272,80	-	272,80	299,75	40,56	259,19

Année	SB – phase opérationnelle – Émissions Scénario de référence	SB - phase opérationnelle – Émissions Scénario de projet	SB - phase opérationnelle – Réductions d'émissions	SB – ACV - Émissions Scénario de référence	SB – ACV - Émissions Scénario de projet	SB - ACV – Réductions d'émissions
2025	275,92	-	275,92	292,43	40,56	251,87
2026	272,53	-	272,53	287,02	38,80	248,22
2027	270,55	-	270,55	287,19	38,64	248,55
2028	200,49	-	200,49	214,59	28,71	185,88
2029	172,76	-	172,76	186,50	24,64	161,86
2030	7,11	-	7,11	7,64	1,00	6,64

Figure 8 : Résultats du scénario B – Émissions du scénario de références vs émissions du scénario de projet

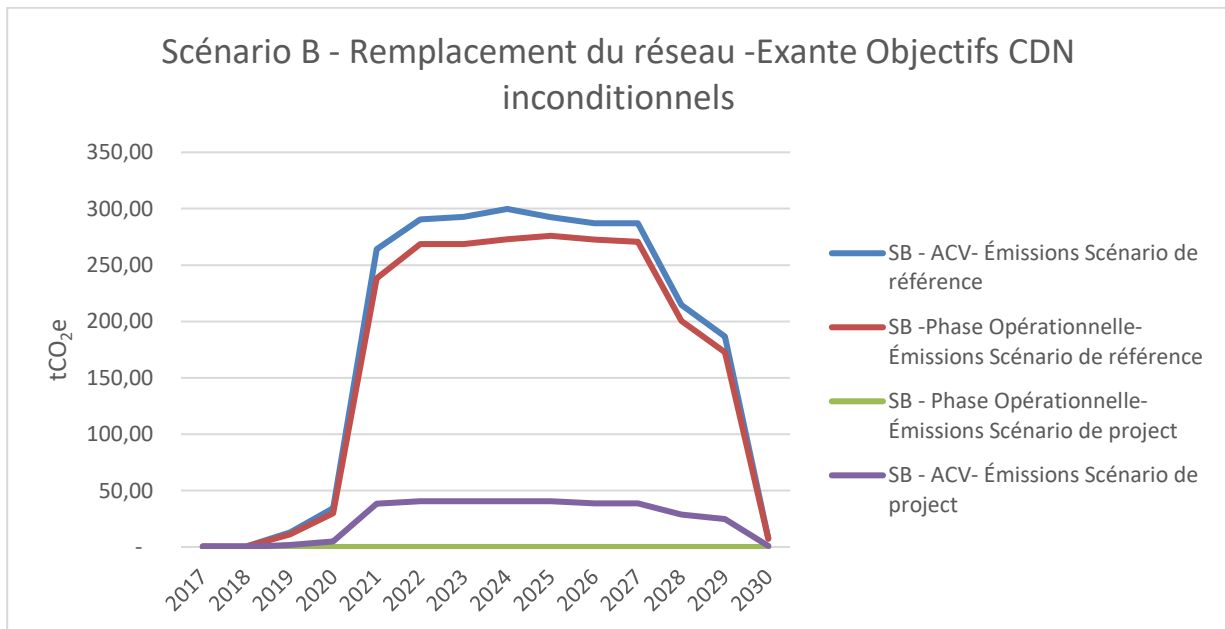
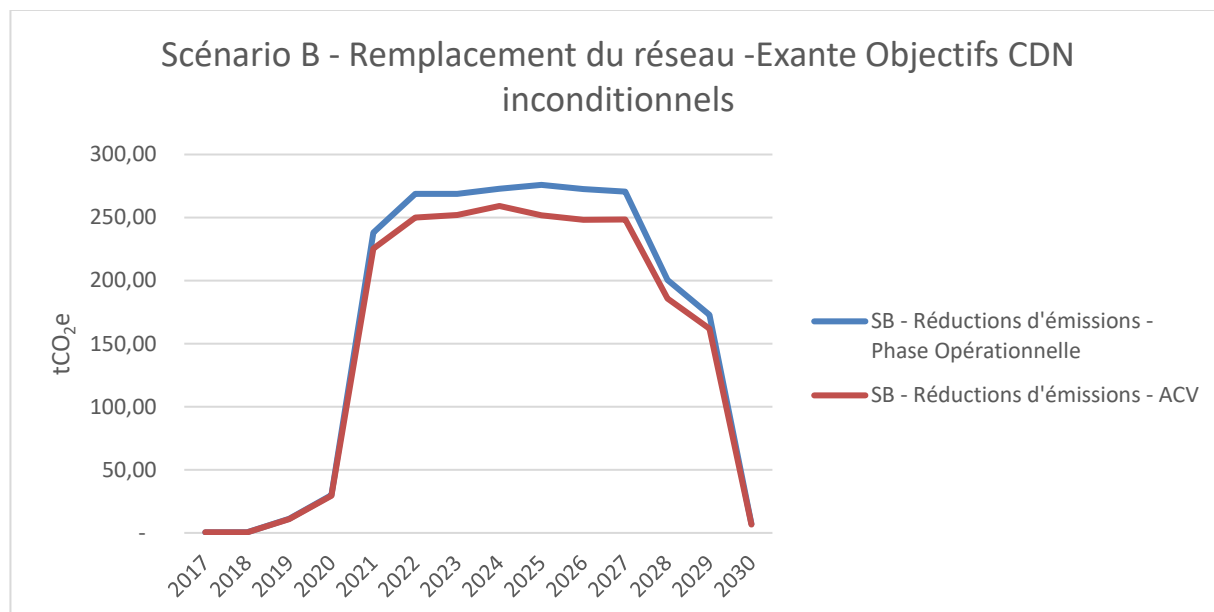


Figure 9 : Résultats du scénario B – réductions d'émissions ACV vs phase opérationnelle



3.1.3. Scénario C - Remplacement des générateurs diesel

Les Figure 10 et Figure 11 résument la comparaison entre les résultats de l'ACV et ceux de la phase opérationnelle dans le Scénario C. De manière similaire à ce qui est observé pour le Scénario B, les émissions des scénarios de base et de projet suivant une approche ACV ont un niveau élevé d'émissions. Cependant, contrairement au Scénario B, les réductions d'émissions de l'approche basée sur l'ACV sont plus élevées qu'avec l'approche considérant uniquement la phase opérationnelle. Ceci est dû au fait que dans l'approche ACV, les émissions en amont de la phase opérationnelle associées à la production, au traitement, au stockage et à la distribution du diesel sont prises en compte. Ces émissions représentant environ 20% des émissions totales de l'ACV. Les facteurs d'émission des groupes électrogènes diesel et des mini-réseaux solaires PV utilisés pour les calculs sont décrits dans le tableau suivant. L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Facteurs d'émissions ACV et Opération pour les solutions de mini-réseaux

Facteurs d'émission (EF)	Diesel	Mini-réseaux solaire PV
	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh
Facteur d'émission opération (EFop)	0,933	-
Facteur d'émission ACV (EFLCA)	1,155	0,088

Tableau 10 : Résultats du scénario C – réductions d'émissions

Année	SC – phase opérationnelle – Émissions Scénario de référence	SC - phase opérationnelle – Émissions Scénario de projet	SC - phase opérationnelle – Réductions d'émissions	SC – ACV - Émissions Scénario de référence	SC – ACV - Émissions Scénario de projet	SC - ACV – Réductions d'émissions
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e

Année	SC – phase opérationnelle – Émissions Scénario de référence	SC - phase opérationnelle – Émissions Scénario de projet	SC - phase opérationnelle – Réductions d'émissions	SC – ACV - Émissions Scénario de référence	SC – ACV - Émissions Scénario de projet	SC - ACV – Réductions d'émissions
2017	0,68	0,00	0,68	0,84	0,06	0,78
2018	0,68	0,00	0,68	0,84	0,06	0,78
2019	18,56	0,00	18,56	22,96	1,76	21,20
2020	51,86	0,00	51,86	64,16	4,92	59,24
2021	405,43	0,00	405,43	501,58	38,49	463,09
2022	427,22	0,00	427,22	528,53	40,56	487,97
2023	427,22	0,00	427,22	528,53	40,56	487,97
2024	427,22	0,00	427,22	528,53	40,56	487,97
2025	427,22	0,00	427,22	528,53	40,56	487,97
2026	408,66	0,00	408,66	505,57	38,80	466,78
2027	407,04	0,00	407,04	503,57	38,64	464,92
2028	302,46	0,00	302,46	374,19	28,71	345,47
2029	259,53	0,00	259,53	321,08	24,64	296,44
2030	10,54	0,00	10,54	13,04	1,00	12,04

Figure 10 : Résultats du scénario C – émissions du scénario de référence vs émission sur scénario de projet

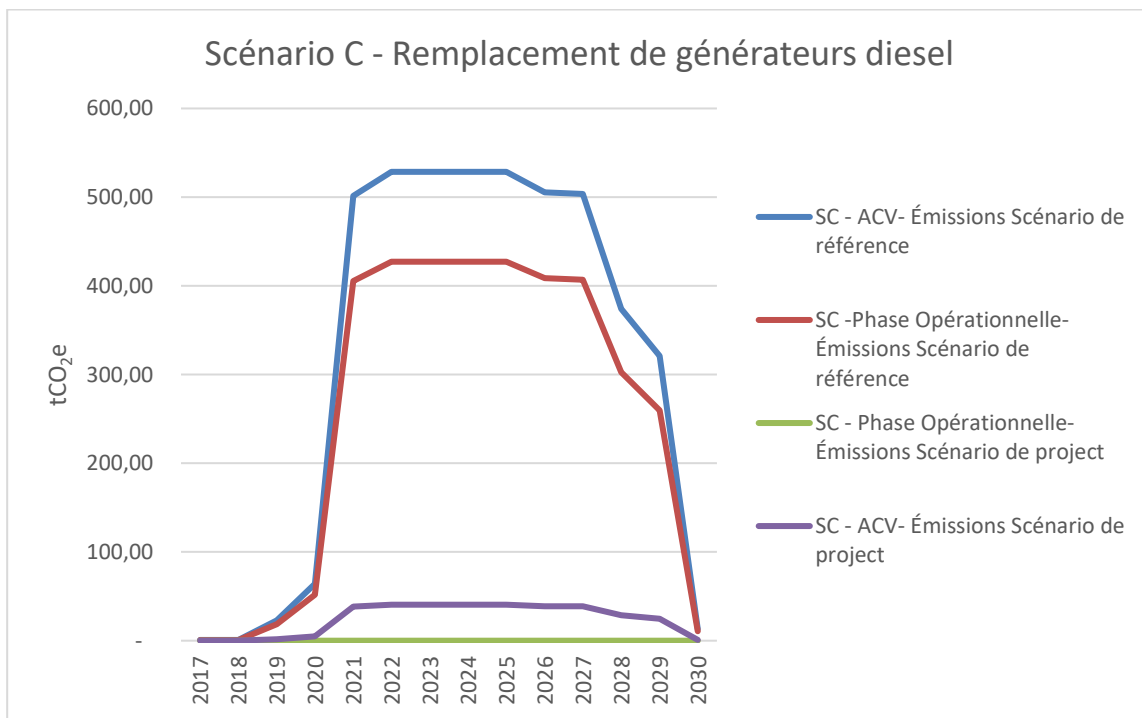
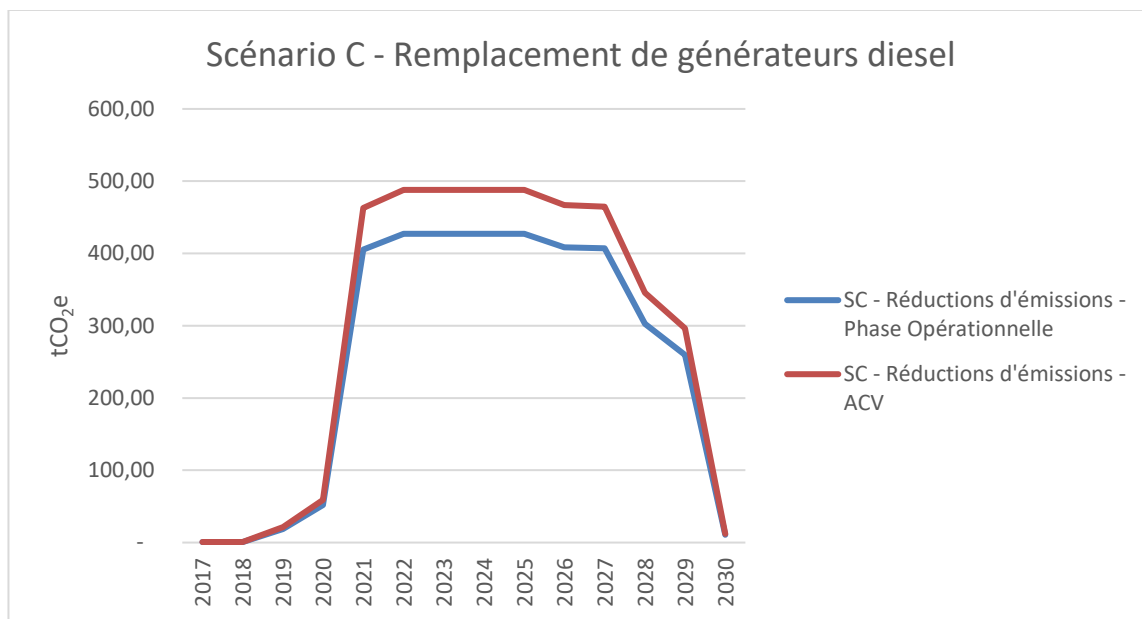


Figure 11 : Résultats du scénario C – réductions d'émissions ACV vs phase opérationnelle



3.1.4. ACV Outil - Analyse de sensibilité

3.1.4.1. Analyse de sensibilité - Taux d'utilisation

L'analyse de sensibilité – Taux d'utilisation vise à montrer comment une faible utilisation de l'installation solaire photovoltaïque peut entraîner une réduction des bénéfices en matière de réduction des émissions de GES (émissions cumulées entre 2017 et 2030).

Et Il est observé qu'en utilisant les panneaux solaires photovoltaïques uniquement à 20% de la capacité conçue, les avantages cumulatifs de l'atténuation du changement climatique sont réduits d'environ 60 % dans le Scénario B et sont réduits d'environ 30 % dans le Scénario C. Les résultats comparatifs sont présentés ci-dessous.

Figure 12: Résultats du scénario B – Analyse de sensibilité : Taux d'utilisation

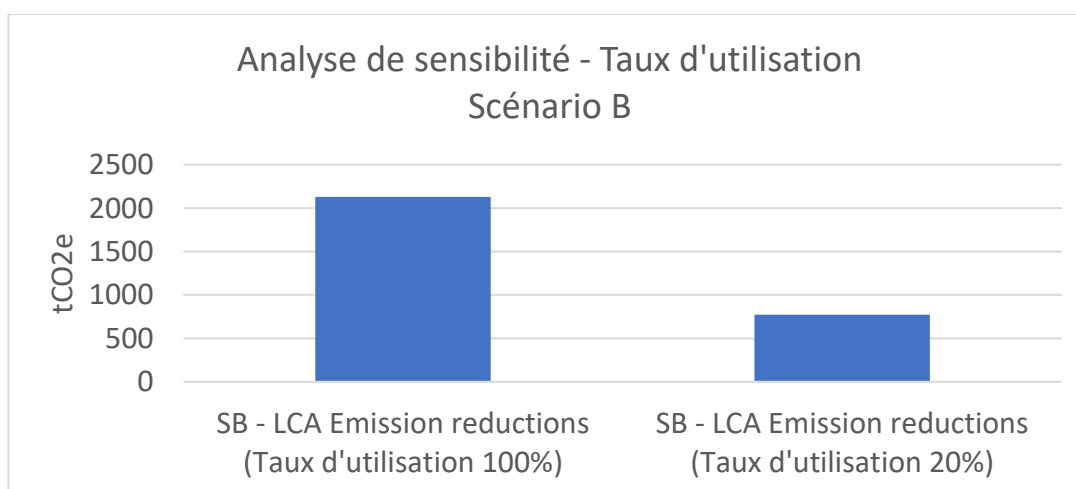
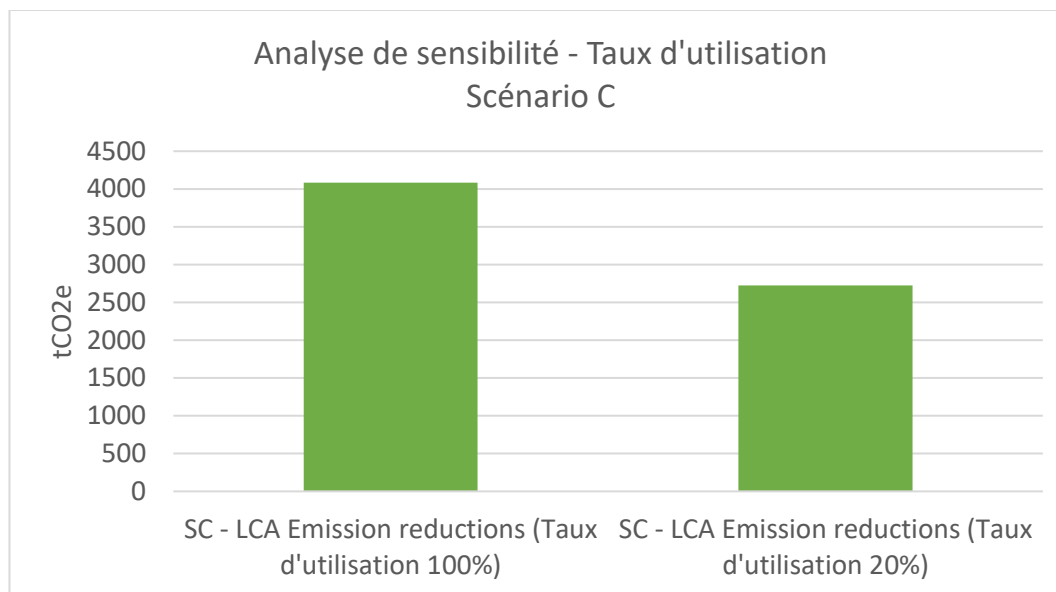


Figure 13: Résultats du scénario C – Analyse de sensibilité : Taux d'utilisation



Les résultats détaillés du scénario C sont présentés ci-dessous.

Scénario C (20%) - Remplacement des générateurs diesel (20 % de l'utilisation du solaire photovoltaïque)

Il est observé qu'en utilisant les panneaux solaires photovoltaïques uniquement à 20% de la capacité conçue, les avantages cumulatifs de l'atténuation du changement climatique sont réduits d'environ 30 % jusqu'en 2030.

Tableau 11 : Facteurs d'émissions ACV et Opération pour les solutions de mini-réseaux

Facteurs d'émission (EF)	Diesel	Mini-réseaux solaire PV
	tCO ₂ e/MWh	tCO ₂ e/MWh
Facteur d'émission opération (EFop)	0,933	-
Facteur d'émission ACV (EFLCA)	1,155	0,44

Tableau 12 : Résultats du scénario C – réductions d'émissions

Année	SC – phase opérationnelle – Émissions Scénario de référence	SC - phase opérationnelle – Émissions Scénario de projet	SC - phase opérationnelle – Réductions d'émissions	SC – ACV - Émissions Scénario de référence	SC – ACV - Émissions Scénario de projet	SC - ACV – Réductions d'émissions
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
2017	0,68	0,00	0,68	0,84	0,32	0,52
2018	0,68	0,00	0,68	0,84	0,32	0,52
2019	18,56	0,00	18,56	22,96	8,81	14,15
2020	51,86	0,00	51,86	64,16	24,62	39,54
2021	405,43	0,00	405,43	501,58	192,45	309,12

Année	SC – phase opérationnelle – Émissions Scénario de référence	SC - phase opérationnelle – Émissions Scénario de projet	SC - phase opérationnelle – Réductions d'émissions	SC – ACV - Émissions Scénario de référence	SC – ACV - Émissions Scénario de projet	SC - ACV – Réductions d'émissions
2022	427,22	0,00	427,22	528,53	202,80	325,74
2023	427,22	0,00	427,22	528,53	202,80	325,74
2024	427,22	0,00	427,22	528,53	202,80	325,74
2025	427,22	0,00	427,22	528,53	202,80	325,74
2026	408,66	0,00	408,66	505,57	193,99	311,59
2027	407,04	0,00	407,04	503,57	193,22	310,35
2028	302,46	0,00	302,46	374,19	143,57	230,61
2029	259,53	0,00	259,53	321,08	123,20	197,88
2030	10,54	0,00	10,54	13,04	5,00	8,04

Figure 14 : Résultats du scénario C (20%) – émissions du scénario de référence vs émission sur scénario de projet

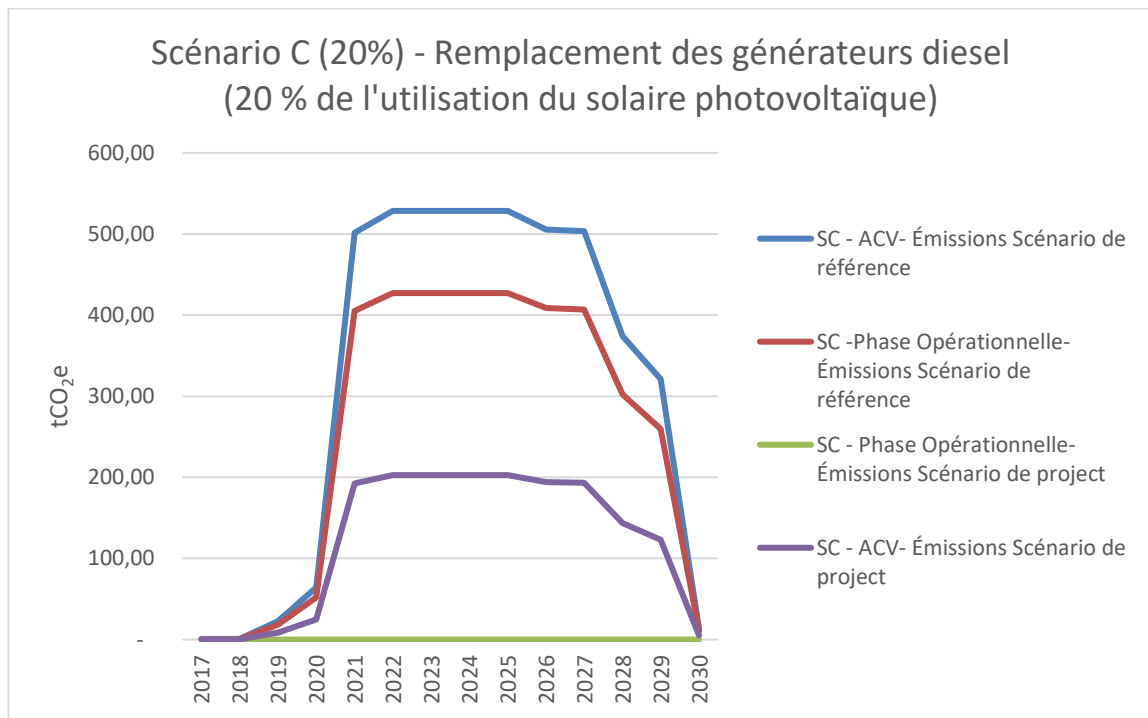
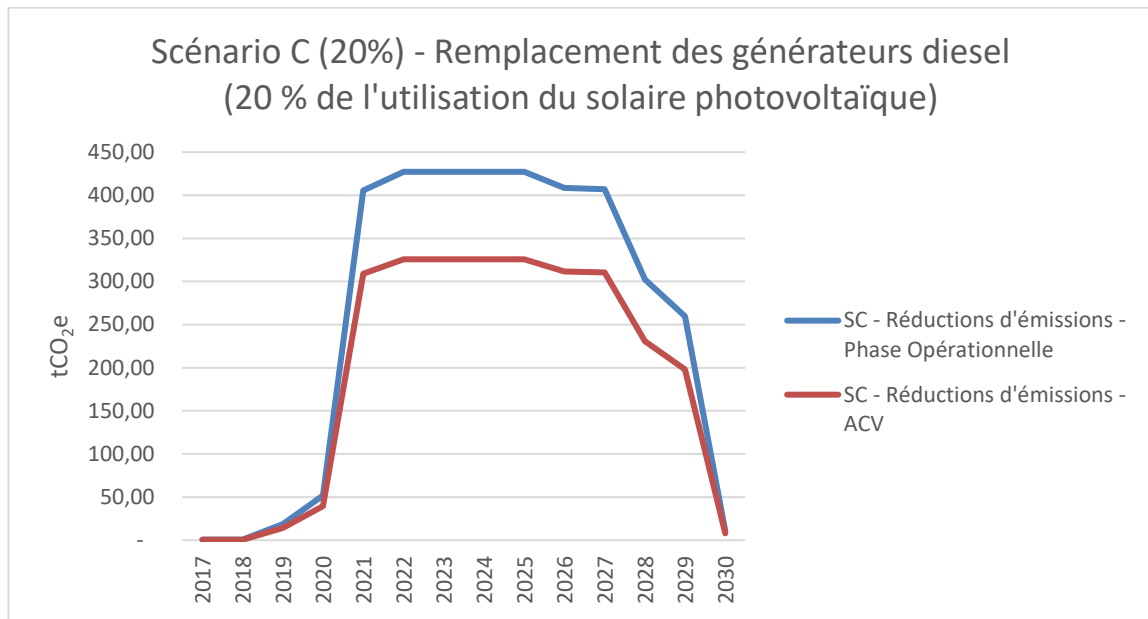


Figure 15 : Résultats du scénario C (20%)– réductions d'émissions ACV vs phase opérationnelle



3.1.4.2. Analyse de sensibilité - «upstream»

Une analyse de sensibilité a été réalisée pour comprendre comment l'inclusion des émissions «upstream» provenant des combustibles fossiles qui sont utilisés pour la production de panneaux solaires impacte les résultats (au cas où les valeurs par défaut de cette technologie ne l'incluraient pas). Pour cette analyse, la valeur par défaut du facteur d'émission pour la fabrication de panneaux solaires trouvée dans la littérature a été augmentée de 20%.

Dans les résultats d'analyse, il est observé que même pour un scénario dans lequel une valeur 20 % plus conservatrice est utilisée pour la valeur par défaut des émissions de la fabrication de panneaux solaires, le résultat en réduction des émissions de GES n'est pas significativement influencé.

Figure 16: Résultats du scénario B – Analyse de sensibilité : «upstream»

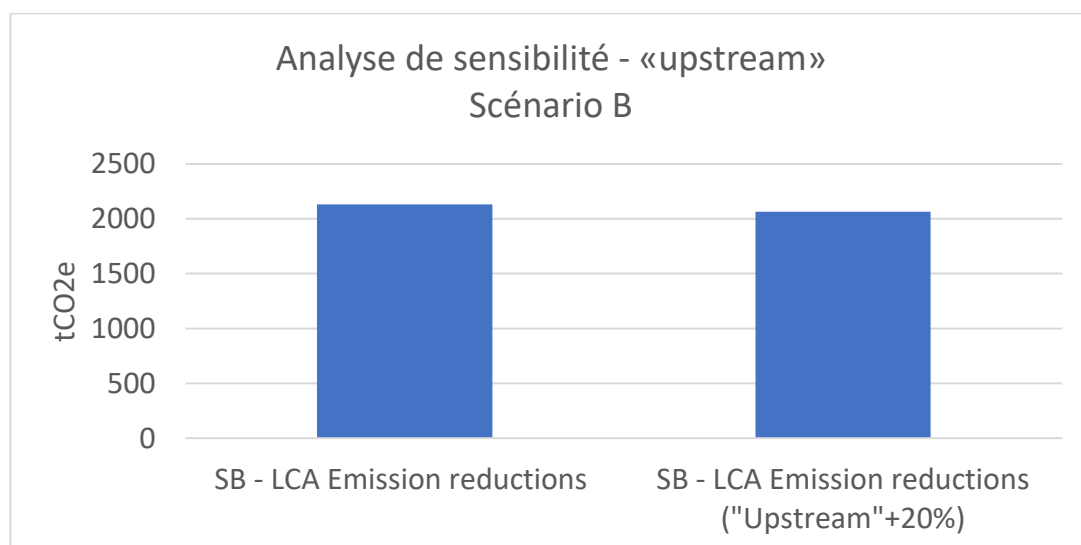
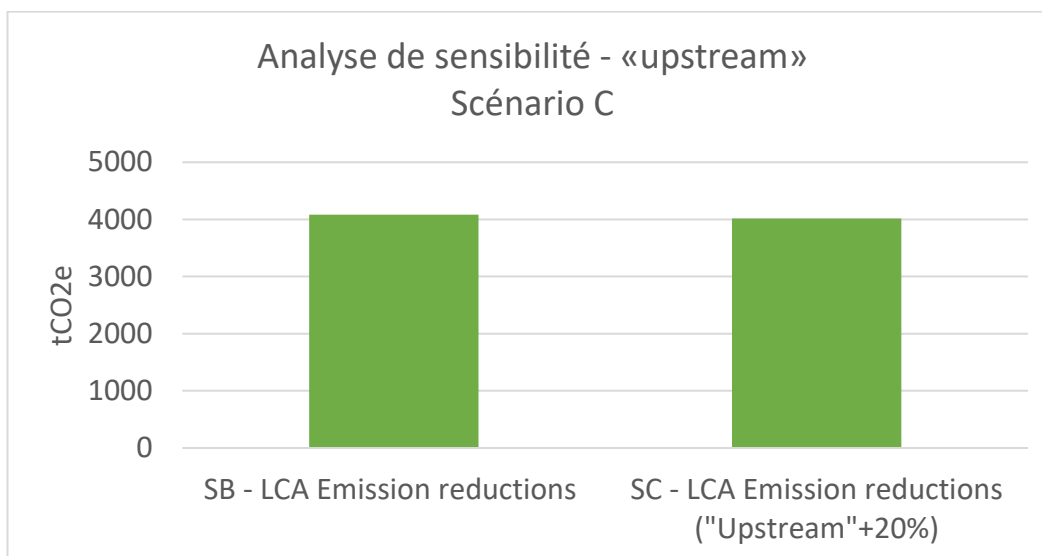


Figure 17: Résultats du scénario C – Analyse de sensibilité : «upstream»



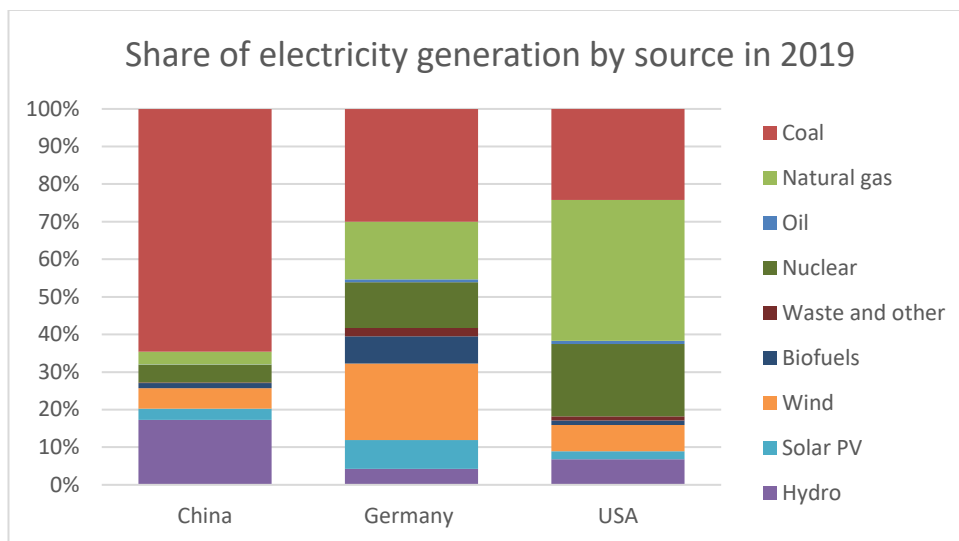
3.2. Discussion and recommendations

3.2.1. Considération de l'origine des panneaux solaires installés au Sénégal

L'outil ACV donne une vue d'ensemble des émissions en amont de la phase opérationnelle associées à la production de panneaux solaires et à l'installation d'équipements photovoltaïques à l'échelle mondiale. La consommation d'énergie en amont et les émissions liées aux équipements utilisés dépendent du processus de fabrication et du mix énergétique utilisé pour la production. L'accès à des informations sur l'origine des panneaux solaires pourrait aider les décideurs à identifier les panneaux solaires susceptibles d'avoir l'empreinte carbone la plus faible.

Le mix énergétique du pays où les panneaux solaires sont fabriqués peut déterminer le niveau des émissions de l'ACV. Les panneaux solaires fabriqués dans des pays dont les réseaux électriques sont plus intensifs en carbone auront une empreinte carbone plus élevée que les panneaux solaires fabriqués dans des pays dont le mix énergétique comprend plus d'énergies renouvelables et des technologies moins intensives en carbone. Par exemple, comme le montre la Figure 18, la Chine, qui est l'un des principaux producteurs de panneaux solaires au monde, a un mix électrique à forte intensité de carbone ; 65 % de l'électricité étant produite dans des centrales à charbon. En comparaison, d'autres acteurs clés du marché, comme les États-Unis et l'Allemagne, utilisent de l'électricité à moindre intensité de carbone pour fabriquer leurs panneaux solaires. Aux États-Unis, le réseau électrique est dominé par le gaz naturel avec 37 % de l'électricité produite, le charbon avec 24 % et le nucléaire avec près de 20 %. En revanche, en Allemagne, la participation des énergies renouvelables est plus évidente avec une participation de 28% du solaire et de l'éolien, 20% du nucléaire et 30% du charbon.

Figure 18 : Production d'électricité par source en 2019



Source: Auteurs basé sur IEA 2020

3.2.2. Considération des changements réglementaires au Sénégal sur les exigences en matière d'élimination des déchets des panneaux solaires et des centrales thermiques

Actuellement, l'outil d'ACV fait des estimations pour les émissions en aval de la phase opérationnelle (fin de vie) en prenant en compte les besoins énergétiques pour le démantèlement des centrales et la récupération des matériaux clés tels que l'acier et l'aluminium. Cependant, cette analyse présente certaines limites en raison du peu de données et d'analyses disponibles à cet égard.

La première limite est que l'on suppose que 100 % de ces matériaux sont récupérés, ce qui correspond à une bonne pratique. Cependant, il n'existe actuellement aucune réglementation au Sénégal et pratiquement nulle part en dehors de l'Union européenne en ce qui concerne les exigences d'élimination de ces matériaux. Les fabricants de panneaux solaires ou les maîtres d'ouvrage installant des panneaux solaires au Sénégal ne sont pas tenus de récupérer les panneaux pour les traiter une fois que les panneaux solaires ont atteint leur fin de vie.

La seconde est que l'outil n'analyse pas le taux de remplacement des matières premières et où cela se produit. En général, si les matériaux sont recyclés, un pourcentage des matériaux récupérés réintègre le cycle de vie des produits, ce qui diminue l'extraction de matières premières et entraîne donc une réduction supplémentaire des émissions. Cependant, étant donné le niveau d'incertitude au Sénégal à ce stade, d'abord en raison de l'absence de réglementation sur l'élimination et ensuite en raison du niveau de maturité du marché du photovoltaïque dans le pays, l'outil ACV est basé sur l'approche la plus conservatrice en supposant un niveau plus élevé d'émissions de l'élimination des panneaux solaires PV.

Cependant, à l'avenir et lorsque davantage de données seront disponibles en termes de réglementations dans le pays et de pourcentage de matériaux recyclés, l'ACV devra être réévaluée, et l'on s'attend à ce que les émissions en fin de vie des panneaux solaires photovoltaïques diminuent de manière significative en raison du fait que le recyclage des matières premières entraîne une réduction des émissions dans le

calcul de l'empreinte carbone du cycle de vie global du produit. Par exemple, selon Ashfaq et al. ² environ 90 % des matériaux récupérés des panneaux solaires peuvent être recyclés en produits utiles et les émissions de carbone et le coût énergétique sont plus faibles dans la fabrication de panneaux solaires recyclés que dans celle de panneaux neufs.

3.2.3. Analyse des émissions ACV vs phase opérationnelle

D'après les résultats obtenus dans l'outil ACV, les émissions ACV des centrales solaires photovoltaïques (y compris les batteries nécessaires) peuvent être 10 fois inférieures aux émissions ACV des technologies thermiques conventionnelles. Cela dépend de plusieurs facteurs tels que l'efficacité des technologies thermiques avec lesquelles elles sont comparées, les émissions associées à la fabrication des panneaux solaires (qui dépendent principalement de l'origine des panneaux solaires), la taille des centrales, etc.

Dans le cas de l'option des centrales thermiques, les émissions proviennent principalement de l'extraction, du transport et de la production de combustibles fossiles dans la phase amont et de la combustion de combustibles fossiles pendant l'exploitation des centrales. En revanche, pour les technologies d'énergie renouvelable et plus particulièrement pour le solaire photovoltaïque, les émissions de GES de l'ACV proviennent principalement de l'extraction des matières premières et de la fabrication des panneaux solaires ; les émissions de la phase d'exploitation n'ont pas d'importance car aucun combustible fossile n'est brûlé pendant cette phase.

Généralement, une analyse de la réduction des émissions de GES, par exemple dans le cadre du mécanisme pour un développement propre (MDP), se concentre uniquement sur la phase d'opérationnelle des centrales électriques. D'une part, parce qu'elle couvre les principales sources d'émissions, comme décrit dans le Guide méthodologique fourni le 20 juillet – les émissions liées à la phase opérationnelle des centrales thermiques peuvent représenter plus de 90% des émissions totales de l'ACV - et d'autre part parce que les ressources nécessaires pour faire une analyse approfondie des émissions de l'ACV des différentes sources d'énergie peuvent être très élevées.

L'outil d'ACV fournit une vue d'ensemble de ce à quoi pourraient ressembler les émissions sur l'ensemble du cycle de vie de différentes technologies, en utilisant la littérature existante et les bases de données ACV. Cependant, une analyse ACV complète nécessite une grande quantité de données qui ne sont généralement pas disponibles à moins qu'une analyse approfondie de l'empreinte carbone soit effectuée, à la fois pour le solaire photovoltaïque et pour toutes les autres technologies auxquelles il est comparé. Ces informations comprennent, entre autres, les éléments suivants :

- l'origine des matériaux pour chaque composant de la centrale ;
- la quantité de matériaux nécessaires pour chaque composant ;
- les besoins en énergie pour l'extraction des matières premières nécessaires ;
- les besoins en énergie pour la fabrication de chaque composant de la centrale électrique ;
- l'intensité carbone des systèmes électriques utilisés pour fabriquer chaque composant ;
- les besoins énergétiques pour le transport des matériaux et des composants entre chaque étape du cycle de vie. Cela peut inclure des informations telles que le mode de transport, la distance parcourue, le type de carburant utilisé, etc. ;
- le type de solutions d'élimination en fin de vie de la centrale électrique qui seront appliquées pour chaque composant de la centrale électrique (selon les réglementations en vigueur dans le pays) ;

² Comparative analysis of old, recycled and new PV modules, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363914000440>

- les besoins énergétiques pour chaque solution d'élimination et/ou émissions associées à cette solution d'élimination.
- l'âge et la durée de vie de chaque centrale électrique
- la production d'électricité pour chaque centrale (annuelle et cumulée sur la durée de vie).

4. Résultats et recommandations – WP3

L'objectif du WP3 est d'évaluer les émissions (impacts négatifs) liés à la mise en œuvre du programme P.E.D. Pour ce faire, les émissions du P.E.D. ont été évaluées grâce à un outil développé auparavant pour la GIZ. La mise en place du concept méthodologique de cet outil est basée sur une analyse d'environ 600 projets dans le cadre des enquêtes sur l'empreinte carbone agrégée de la GIZ et des analyses de matérialité réalisées en 2019 et 2020, il est apparu que, dans le contexte des projets de la GIZ, les GES importants sont principalement causés par deux activités trans-sectorielles :

- 1) La demande en énergie liée à l'utilisation des bâtiments / mesures d'infrastructure et
- 2) L'utilisation de moyens de transport (principalement l'avion) pour assister à des ateliers / formations / conférences (en bref : activités liées à des déplacements).

Les paragraphes suivants présentent les résultats obtenus grâce à l'utilisation de deux fichiers Excel, élaborés auparavant pour la GIZ et adaptés au contexte spécifique du programme P.E.D. au Sénégal.

4.1. Interprétation des résultats

4.1.1. Émissions du bureau P.E.D.

L'outil d'évaluation des émissions du bureau P.E.D. (*GIZ_Bureau_P.E.D. Sénégal_20210813*) prend en compte les deux sources d'émissions suivantes : les émissions liées à la consommation d'énergie (et notamment de d'électricité), ainsi que les émissions liées aux fuites des fluides réfrigérants provenant des appareils utilisés pour la climatisation des locaux.

Émissions liées à la consommation électrique réelle

L'électricité est la seule source d'énergie utilisée dans les bureaux du P.E.D. et elle est utilisée à trois fins principales : alimenter les dispositifs de climatisation (AC), alimenter le système d'éclairage et alimenter les appareils électriques (réfrigérateurs, ordinateurs et imprimantes). La consommation annuelle globale d'électricité est évaluée par l'examen des factures d'électricité périodiques reçues par les départements administratifs du P.E.D., qui indiquent la consommation périodique d'électricité.

Les émissions liées à la consommation d'électricité peuvent être facilement calculées avec le facteur d'émission du réseau (GEF), qui définit les tCO_{2e} émises pour la production d'un MWh par le réseau considéré (onglet "**CF Buildings**", ligne 19). Pour le WP3, les facteurs d'émissions du réseau utilisés pour les années 2017 et 2018 correspondent aux facteurs d'émissions du réseau calculés de manière ex-post dans l'outil ACV (il s'agit bien des facteurs d'émissions considérant uniquement les émissions de la phase opérationnelle des centrales) grâce aux données des bilans énergétiques des années correspondantes. Cependant, pour les années 2019 et 2020, étant donné que les bilans énergétiques annuels ne sont pas encore disponibles, les facteurs d'émissions utilisés sont ceux qui ont été modélisés ex-ante dans le cadre du scénario de référence (voir le détail dans la section explicative du WP2. Considérer le scénario de référence (celui avec les émissions les plus hautes) est l'option la plus conservatrice pour le WP3 et donc l'option préférable.

Les résultats des émissions liées à la consommation électrique sont présentés dans l'outil Excel dans l'onglet "**CF Buildings**", ligne 34. Les émissions liées à la consommation d'électricité sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Émissions totales associées à la consommation en électricité pour le bureau P.E.D.

	2017	2018	2019	2020
Émissions liées à la consommation électrique (tCO₂e/année)	11,4	11,2	12,1	12,3

En septembre 2019, la surface de bureaux, qui était auparavant de 215 m², est multipliée par deux (un nouvel étage est mis à disposition de l'équipe PED. À partir de septembre 2019, la surface totale des bureaux est donc de 430 m². L'augmentation limitée de la consommation énergétique en 2019, comparé aux années 2017 et 2018, peut s'expliquer par le fait que le doublement de la surface de travail ne s'effectue qu'en fin d'année 2019. Afin de refléter ce paramètre dans le fichier de calcul, il est considéré que pour l'année 2019, la surface totale des bureaux du PED est de 287m² (ce qui prend en compte une surface de bureau de 215 m² de janvier à août et 430 m² de septembre à décembre). En 2020, l'augmentation de la consommation d'électricité est aussi limitée par rapport aux années 2017 et 2018, malgré une augmentation de surface de bureaux significative. Ceci peut s'expliquer notamment du fait de la pandémie de Covid-19 qui a obligé l'équipe du P.E.D. à travailler depuis leur domicile, réduisant donc la consommation électrique au bureau. Un facteur important influençant ces résultats est le facteur d'émission du réseau. Comme expliqué ci-dessus, la méthode d'évaluation est différente pour les deux périodes : pour la période 2017-2018, le facteur d'émission du réseau est estimé ex post sur la base des données du bilan énergétique, tandis que celui utilisé pour la période 2019-2020 est estimé ex ante sur la base des informations communiquées par le gouvernement sur l'évolution du mix global de production d'électricité au fil du temps et jusqu'en 2030.

Estimation des sources de consommation électrique

Les factures liées à la consommation d'électricité indiquent la consommation globale d'électricité pour le bureau mais ne la détaille en fonction de la source de consommation électrique (énergie utile, par exemple, pour l'éclairage). Afin d'identifier les principales sources de consommation d'électricité, l'équipe a développé les estimations présentées dans la feuille "**CF Buildings**", de la ligne 42 à la ligne 175, dans une approche ascendante en utilisant les informations sur les taux de pénétration et les hypothèses par défaut typiques.

Les résultats montrant la part estimée de la consommation d'électricité pour la climatisation, l'éclairage et les appareils électriques sont présentés dans le tableau ci-dessous (pour le refroidissement, on considère l'approche 1 basée sur le refroidissement étant donné qu'il y a une incertitude sur les capacités des unités de refroidissement installées considérées dans l'approche 2).

Tableau 14 : Part estimée de la consommation d'électricité pour la climatisation, l'éclairage et les appareils électriques

Part estimée de la consommation d'électricité pour	2017	2018	2019	2020
Climatisation	64%	67%	70%	75%
Éclairage	6%	6%	9%	6%
Appareils électriques	30%	27%	21%	18%

Selon les estimations, la climatisation représente la principale utilisation de l'électricité (entre 67% et 80% de la consommation totale d'électricité, sur la base de l'approche de la demande en climatisation qui est liée à la température extérieure et au taux d'occupation des locaux). La consommation d'électricité des appareils électriques représente la deuxième utilisation majeure (entre 14 et 28% de la consommation totale d'électricité).

Émissions liées aux fuites de fluides réfrigérants

En plus des émissions liées à la consommation d'électricité, les émissions associées aux fuites de réfrigérants lié au fonctionnement des climatiseurs sont également prises en compte.

En effet, ces fuites peuvent être importantes. Pour les climatiseurs et les refroidisseurs, elles peuvent atteindre 15 % par an (selon les valeurs de référence du GIEC), voire davantage selon la qualité de l'entretien. Par conséquent, les climatiseurs doivent être entretenus et le réfrigérant doit être ajouté régulièrement.

Selon les informations partagées par la GIZ, deux types de réfrigérants sont utilisés dans le bureau P.E.D.: R22 et R410a, qui ont des potentiels de réchauffement global (GWP – *Global Warming Potential* selon le sigle anglais) élevés (1760 pour le R22 et 1924 pour le R410a). L'outil estime dans les feuilles "**CF Refrigerants R22**" et "**CF Refrigerants R410a**" les émissions annuelles d'un petit appareil de climatisation (AC) utilisant respectivement les réfrigérants R22 et R410a. Ces valeurs sont utilisées dans la feuille "**CF Buildings**" pour calculer, sur la base du nombre de climatiseurs indiqué par la GIZ, les émissions annuelles totales pour le bureau P.E.D. Le tableau ci-dessous illustre les résultats pour la période 2017-2020.

De la même manière que pour les émissions liées à la consommation d'électricité, les calculs pour l'année 2019 prennent en compte le fait que l'utilisation d'une nouvelle surface de bureaux, et des appareils de climatisation associés, ne se fait qu'à partir du mois de septembre (donc uniquement pour 4 mois de cette année 2019).

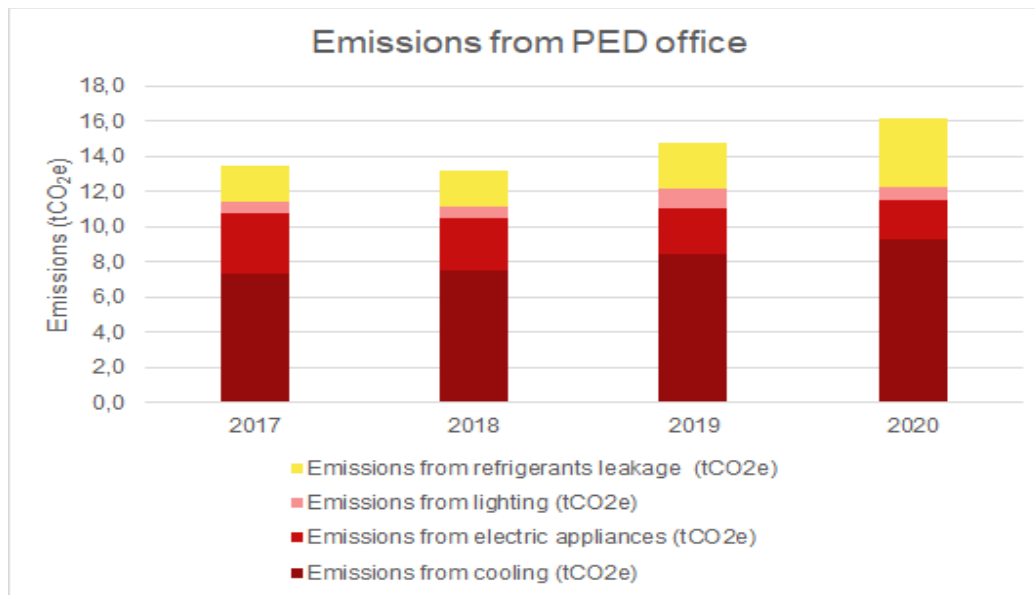
Tableau 15: Émissions totales associées aux fuites de réfrigérants pour le bureau P.E.D.

	2017	2018	2019	2020
Émissions liées aux fuites de réfrigérants (tCO₂e/année)	2,0	2,0	2,7	3,9

Aperçu des émissions du bureaux P.E.D. pour la période 2017-2020

La figure ci-dessous présente les émissions annuelles globales liées à la consommation d'électricité et aux fuites de réfrigérants.

Figure 19 : Émissions du bureau P.E.D.



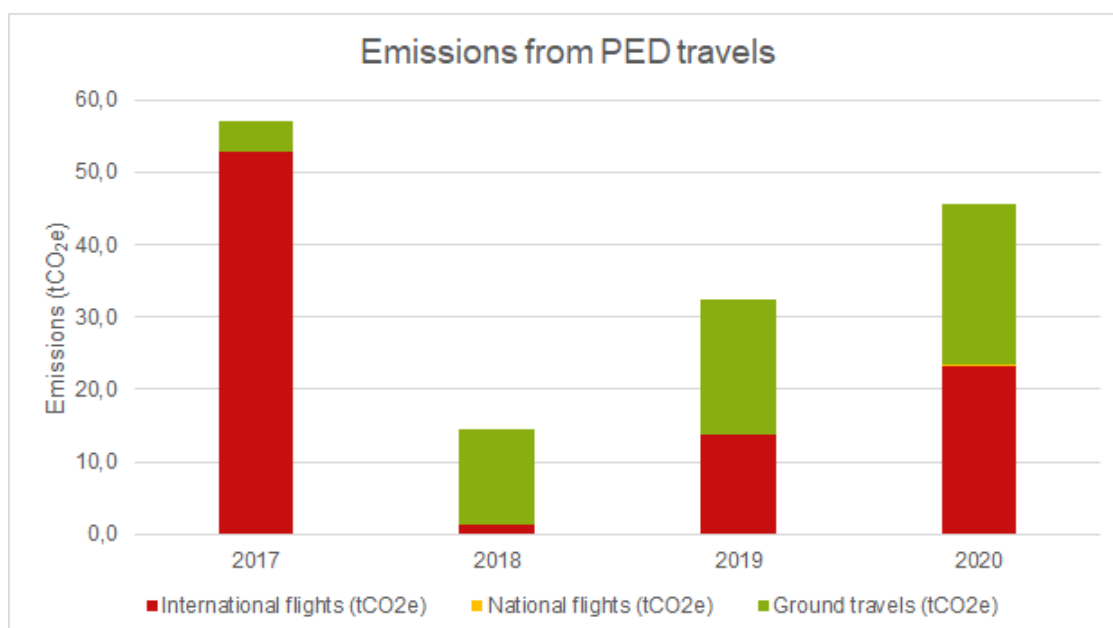
Source : Outil WP3 sur les émissions du bureau P.E.D.

On estime que les émissions liées à la consommation d'électricité représentent entre 76% et 84% des émissions totales du bureau, selon l'année considérée.

4.1.2. Résultats des émissions dues aux déplacements liés aux activités du P.E.D.

L'outil d'évaluation des émissions des déplacements liés aux activités du P.E.D. (*GIZ_Déplacements_P.E.D. Sénégal_20210813*) prend en compte les émissions des vols internationaux, des vols nationaux et des déplacements terrestres. La figure et le tableau ci-dessous résument les émissions annuelles pour la période 2017-2020.

Figure 20 : Émissions liées aux déplacements du P.E.D.



Source : Outil WP3 sur les émissions liées aux déplacements P.E.D.

La figure ci-dessus ainsi que le tableau ci-dessous montrent que les principales émissions liées aux déplacements proviennent des vols internationaux (entre 63 et 93 % des émissions annuelles selon l'année). Les émissions liées aux vols nationaux sont limitées car un seul vol national a été effectué en 2020. Les émissions des déplacements terrestres liées à l'utilisation des trois véhicules du P.E.D. représentent entre 7 et 37% des émissions annuelles des déplacements.

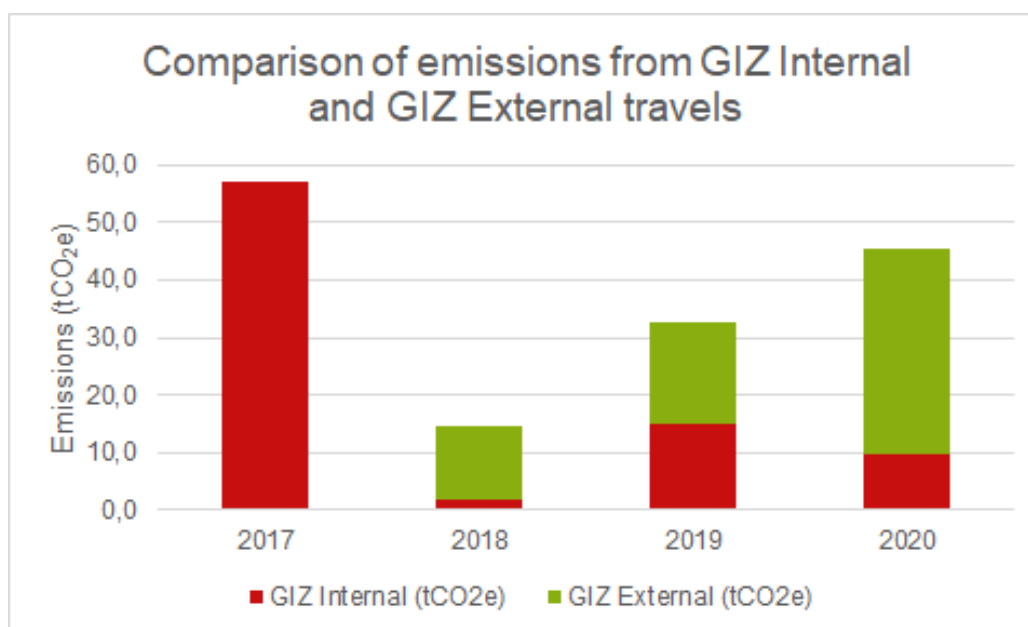
Tableau 16 : Distribution des émissions des déplacements par mode de transport

	2017	2018	2019	2020
Vols internationaux (tCO₂e)	93%	963%	43%	51,2%
Vols nationaux (tCO₂e)	0%	0%	0%	0,5%
Déplacements par voie terrestre (tCO₂e)	7%	91%	57%	48,3%

Pour chacune des trois catégories de déplacement, la GIZ a différencié les déplacements internes (effectués par le personnel de la GIZ) et les déplacements externes (effectués par exemple par des consultants sous traités qui ont contribué aux activités du P.E.D.). La figure ci-dessous montre que durant les trois premières années, les vols internationaux internes de la GIZ représentent la majeure partie des émissions. En 2017, un voyage d'étude en Allemagne, qui a impliqué 20 personnes et qui est considéré comme déplacement interne à la GIZ, a représenté des émissions de plus de 50 tCO₂e, ce qui explique les émissions particulièrement élevées observées pour cette année. Au contraire, en 2020, les émissions des vols internationaux des déplacements externes à la GIZ ont représenté la majeure partie des émissions des déplacements.

Après une diminution en 2018 (par rapport à 2017), les émissions liées aux déplacements terrestres ont augmenté en 2019 et 2020. Compte tenu de la situation liée à la Covid en 2020, il est probable qu'en l'absence de ces restrictions, les émissions auraient été plus élevées.

Figure 21 : Comparaison des émissions liées aux déplacements internes et externes de la GIZ



Source : Outil WP3 sur les émissions liées aux déplacements P.E.D.

4.1.3. Comparaison des émissions du bureau et des émissions liées aux déplacements

Le tableau ci-dessous montre les émissions annuelles totales liées au bureau et aux déplacements du P.E.D. Les résultats montrent que les émissions des bureaux restent plutôt stables en 2017 et 2018 avec une surface de bureau de 215 m². En 2020, les émissions des bureaux augmentent de manière importante, certainement en raison de l'augmentation de la surface des bureaux, qui est multipliée par deux (voir les commentaires ci-dessus concernant la situation spécifique de l'année 2019).

Au contraire, les émissions liées aux déplacements sont très variables ; 2017 est l'année où les émissions sont les plus élevées en raison d'un voyage d'étude impliquant vingt personnes (57 tCO_{2e}), alors qu'en 2018 les déplacements sont plus limités (27,7 tCO_{2e}). Pour 2018, aucun vol international n'est enregistré, cependant les émissions liées aux transports terrestres des partenaires ont un impact important sur l'empreinte carbone de cette année.

Tableau 17 : Comparaison des émissions du bureau et des déplacements

	2017	2018	2019	2020
<i>Émissions du bureau (tCO_{2e})</i>	13,4	13,2	14,8	16,2
<i>Émissions des déplacements (tCO_{2e})</i>	57	14,5	32,5	45,5
<i>Émissions TOTALES P.E.D. (tCO_{2e})</i>	70,4	15,27,7	47,3	61,7

4.2. Discussion et recommandations

En ce qui concerne les émissions des bureaux du P.E.D., les aspects suivants pourraient être pris en compte par l'équipe pour réduire les émissions :

- **Émissions liées à la climatisation** : on estime qu'entre 67 et 80 % de la consommation d'électricité est générée par la demande de climatisation. Par conséquent, l'utilisation de dispositifs à haute efficacité énergétique pour la climatisation est essentielle pour réduire la consommation d'énergie. Si aucun audit énergétique des appareils de climatisation n'a été réalisé et si les technologies de climatisation mises en œuvre ne sont pas efficaces, investir dans de nouveaux appareils avec des normes de performance énergétique élevées lorsque les appareils actuellement installés arriveront en fin de vie permettrait de réduire la consommation d'électricité et donc les émissions de GES. De plus, le changement de comportement peut être une option importante pour réduire la consommation d'électricité et donc les émissions des appareils de climatisation. Une attention particulière devrait être accordée à l'utilisation actuelle des appareils par le personnel afin d'évaluer si les pratiques peuvent être améliorées. Par exemple en i) ajustant le point optimal de climatisation du bureau, par exemple 21 au lieu de 18° (chaque degré d'augmentation de la température optimale du bureau permettra d'économiser de l'énergie), ii) gardant les fenêtres fermées, etc.
- **Audits énergétiques** : la réalisation d'un audit énergétique du bureau (non seulement des appareils électriques et de leur utilisation, mais aussi des murs du bâtiment, des fenêtres, etc.) permettrait de comprendre où des améliorations pourraient être apportées pour réduire la consommation d'énergie. Lors de l'audit, une mesure, à l'aide d'un compteur/multimètre, de la consommation d'énergie des différents appareils pourrait être réalisée afin de définir un profil énergétique précis du bureau.
- **Éclairage** : L'équipe de la GIZ a déjà indiqué que des ampoules LED sont utilisées dans le bureau, ce qui constitue une technologie efficace. De la même manière que pour le refroidissement, le changement de comportement peut être une option importante pour réduire les

émissions, c'est-à-dire éteindre les lumières lorsqu'elles ne sont pas nécessaires, si cela n'est pas déjà appliqué.

- **Fuites de réfrigérants** : Pour les climatiseurs, les fuites peuvent atteindre 15 % par an (selon les lignes directrices du GIEC), voire plus selon la qualité du processus d'entretien des appareils, ce qui est significatif (nous avons considéré ici un taux de fuite de 10 %). Par conséquent, le passage à des équipements de climatisation économes en énergie fonctionnant avec des réfrigérants naturels tels que le propane (R290) dont le PRG est faible (3 pour le R290) permettrait de réduire les émissions. Les climatiseurs utilisant le R290 représentent une technologie relativement nouvelle qui pose quelques problèmes de sécurité (inflammabilité), mais s'ils sont installés et entretenus correctement, le risque est négligeable. Les appareils actuellement installés ne devraient pas être remplacés avant la fin de leur durée de vie pour éviter les fuites ; ces changements concernent donc plutôt les appareils en fin de vie.
- **Changement de comportement** : comme mentionné ci-dessus, la sensibilisation de l'équipe au sujet de l'impact du comportement des utilisateurs sur la consommation d'énergie et donc sur les émissions de GES est importantes. Communiquer de manière claire sur les mesures à adopter par chacun des utilisateurs du bureau pourrait permettre de diminuer la consommation énergétique si cela n'a pas été promu auparavant : par exemple, en diminuant l'utilisation des systèmes d'éclairage ou de refroidissement pendant la journée, en réduisant l'utilisation du mode veille pour les imprimantes et les ordinateurs, etc.), en augmentant la température optimale de climatisation, etc.

En ce qui concerne les émissions des déplacements du P.E.D., les aspects suivants pourraient être pris en compte par l'équipe pour réduire les émissions :

- **Limiter autant que possible le nombre de vols internationaux** serait l'une des options les plus efficaces pour réduire les émissions liées aux déplacements. Par exemple, le voyage d'étude de 20 personnes en 2017 représentait 88% des émissions annuelles liées aux déplacements en 2017. Dans ce cas, évaluer les possibilités de réduire le nombre de personnes qui voyagent (par exemple en considérant l'option d'organiser des réunions par vidéoconférence entre l'équipe qui voyage et les personnes restées au Sénégal) permettrait de réduire les émissions. De plus, le choix de la compagnie aérienne peut avoir un impact sur les émissions si le voyage ne peut pas être évité. En effet, les compagnies aériennes dont la flotte d'avions est plus moderne émettent moins d'émissions par km. Voir le calculateur d'émissions d'atmosfair³.
- **Limiter l'utilisation des vols nationaux**, comme cela a été le cas ces dernières années, permettra d'éviter une augmentation des émissions.
- **Les émissions liées aux déplacements terrestres augmentent avec le temps**. Limiter autant que possible les déplacements terrestres des véhicules individuels pourrait contribuer à réduire les émissions. Envisager des options alternatives via les transports publics, lorsqu'ils sont disponibles, ou le covoiturage pourrait également permettre de réduire les émissions.

4.3. Utilisation de l'outil d'évaluation de l'empreinte carbone à l'avenir

Le Guide méthodologique fourni le 20 juillet donne des indications sur les paramètres utilisés par l'outil, qui devront être mis à jour à l'avenir.

³ https://www.atmosfair.de/en/air_travel_and_climate/atmosfair_airline_index/

En ce qui concerne les données d'activité, les cellules en jaune dans les deux fichiers de calcula du WP3 (celui sur les émissions du bureau et celui sur les émissions des déplacements) devront être remplies à l'avenir pour 2021, 2022 et 2023, à l'instar des années 2017, 2018 et 2019.

En ce qui concerne le facteur d'émission du réseau, comme expliqué dans la section sur le WP2, il sera important de calculer ce facteur de manière ex-post, avec des données historiques sur la production d'énergie par les sources d'énergie connectées au réseau. Par conséquent, si les informations sont disponibles, ces facteurs devront être calculés pour les années 2019, 2020, 2021, 2022 et 2023.

En ce qui concerne la mise à jour de l'outil, il est recommandé d'inclure les nouvelles données d'activité chaque année lorsque toutes les informations de l'année précédente sont disponibles. Les responsabilités pour : i) la collecte des données (consommation d'électricité, voyages, etc.) et ii) la mise à jour de l'outil, doivent être clairement définies.

5. Bibliographie

Ashfaqa, Haroon; Hussain, Ikhlaq; Giria, Ajay (2017): Comparative analysis of old, recycled and new PV modules, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363914000440#!> (accessed August 6, 2021)

Brucoli, Maria; Steele, Kristian;. Hamelmann, Christoph; Jagne, Elliman; Mukarakate, Daisy (n.d.) Off-grid power supply carbon footprint and sustainable energy planning of primary health facilities, https://www.undp.org/content/dam/undp/library/HIV-AIDS/Regional%20practices/UNDP%20Briefing_OffgridPower96.pdf (accessed July 1, 2021)

CDM (2014): AMS.I.F Renewable electricity generation for captive use and mini-grid V3.0, <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/9KJWQ1G0WEG6LKHX21MLPS8BQR7242> (accessed July 1, 2021)

CDM (2014): Tool 15: Upstream leakage emissions associated with fossil fuel use V2.0, https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-15-v2.0.pdf/history_view (accessed July 1, 2021)

CDM (2018): AMS-III.BA. Recovery and recycling of materials from E-waste Version 2.0, <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/PVHQ5T7VGCTO07EUHFU517J4HNW21Q> (accessed July 1, 2021)

CDM (2020): Tool 09: Determining the baseline efficiency of thermal or electric energy generation systems Version 3.0, https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-09-v3.0.pdf/history_view (accessed July 1, 2021)

IEA (2020): Countries and regions- Key energy statistics, <https://www.iea.org/countries> (accessed August 6, 2021)

IPCC (2006): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy, Chapter 1. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf (accessed July 1, 2021)

Ministère du Pétrole et des énergies (2019): Systeme d'information energetique du Senegal, Rapport 2019

Pacca, Sergio; Horvath, Arpad (2002): Greenhouse Gas Emissions from Building and Operating Electric Power Plants in the Upper Colorado River Basin, in Zimmerman, Julie B. (ed.), Environmental Science & Technology Vol. 36, American Chemical Society, Published on Web, p. 3194-3200

ProBas (n.d.): Process-oriented basic data for environmental management systems (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme), <https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php> (accessed August 6, 2021)

Spath, Pamela; Mann, Margaret; Kerr, Dawn (1999): Life Cycle Assessment of Coal-fired Power Production, National Renewable Energy Laboratory, Colorado , USA

Yin, Libao; Liao, Yanfen; Zhou, Lianjie; Wang, Zhao; Ma, Xiaoqian (2017): Life cycle assessment of coal-fired power plants and sensitivity analysis of CO₂ emissions from power generation side, <https://www.nrel.gov/docs/fy99osti/25119.pdf> (accessed July 1, 2021)

6. Annexes

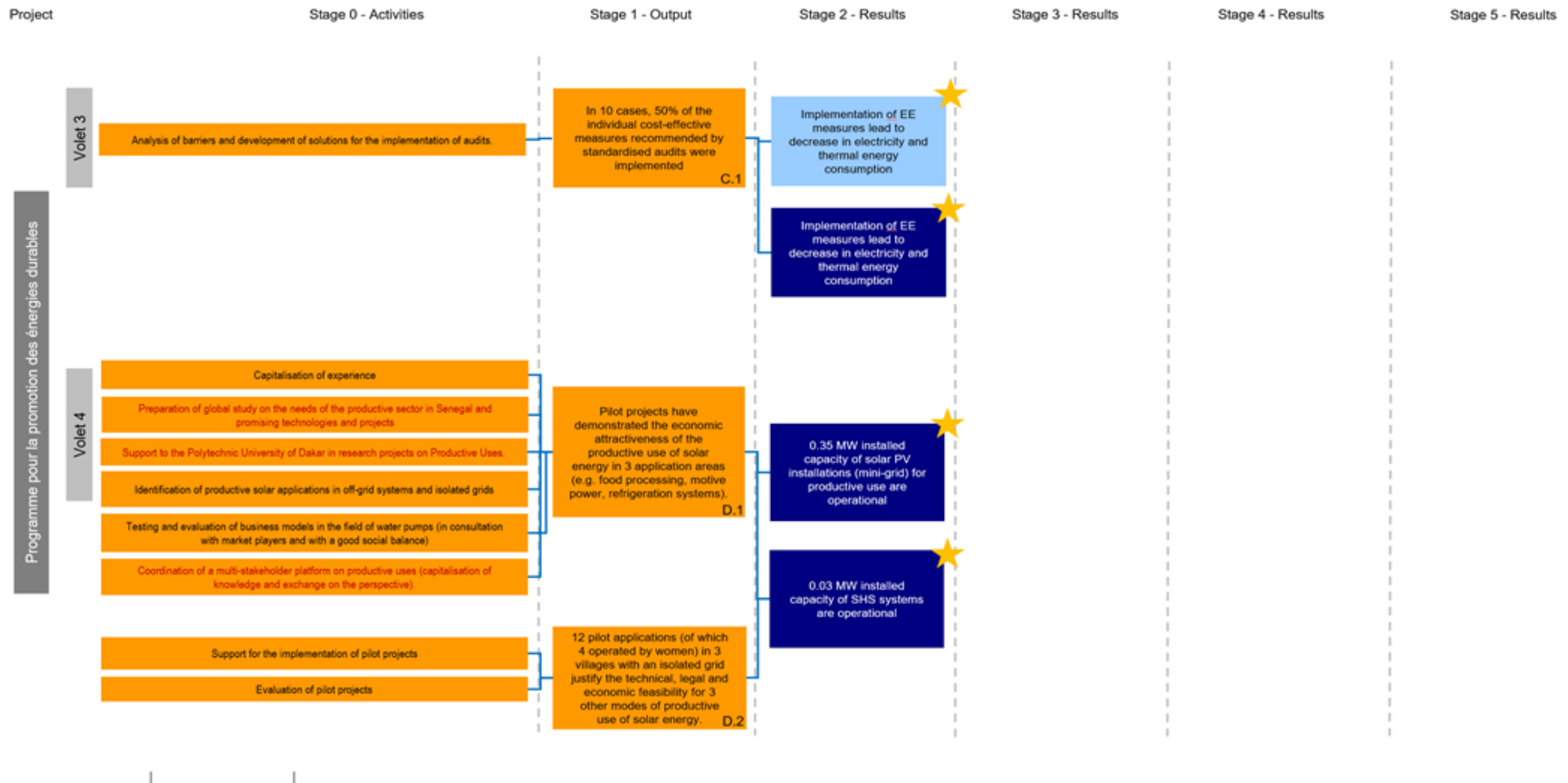
6.1. Annexe 1 – Guide d'Utilisation

Voir la version du Guide d'Utilisation envoyée le 20 juillet 2021.

6.2. Annexe 2 – Chaine de Causalité

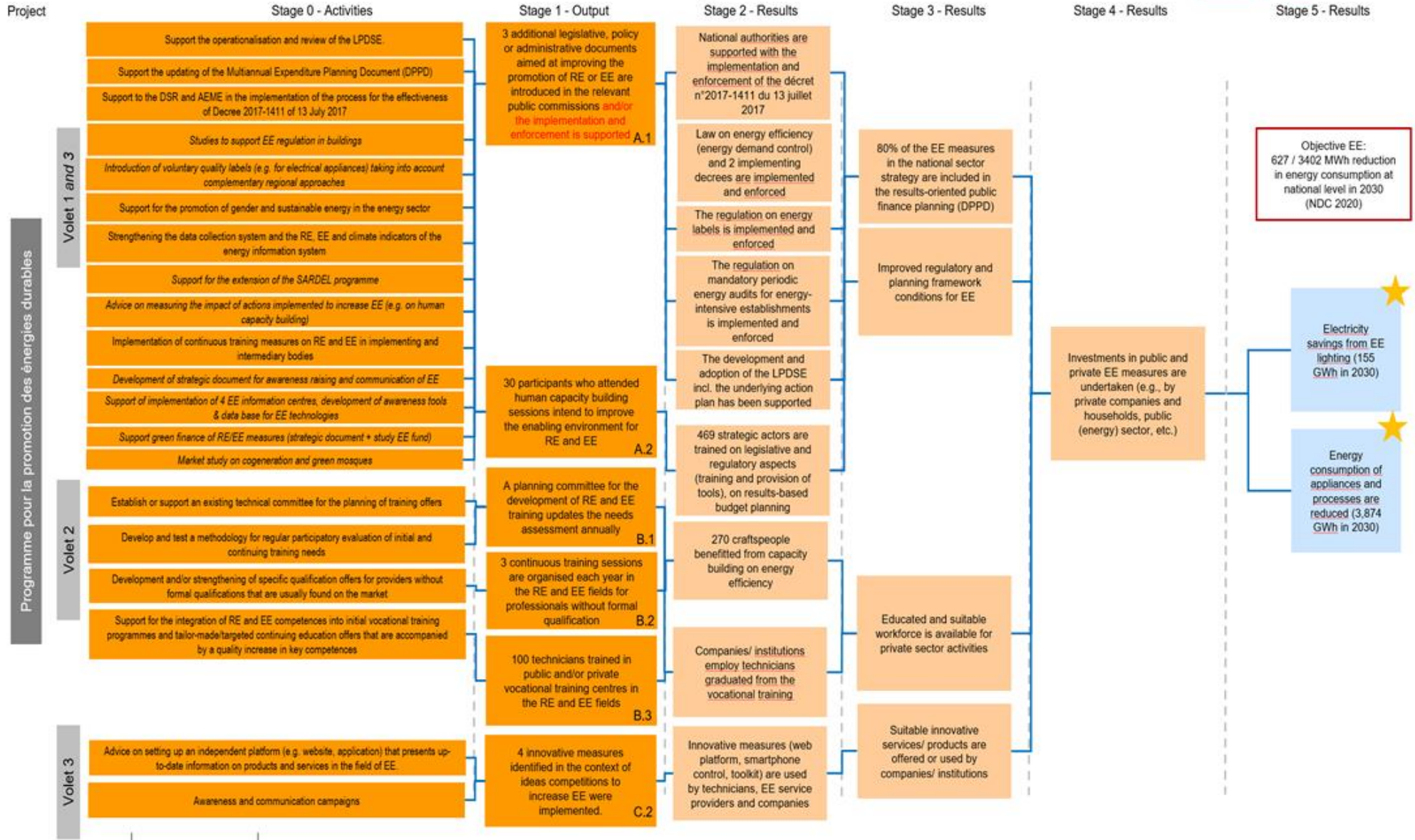
Causal Chain PED – project level impact (RE & EE)

Activities in red = not in WiMa

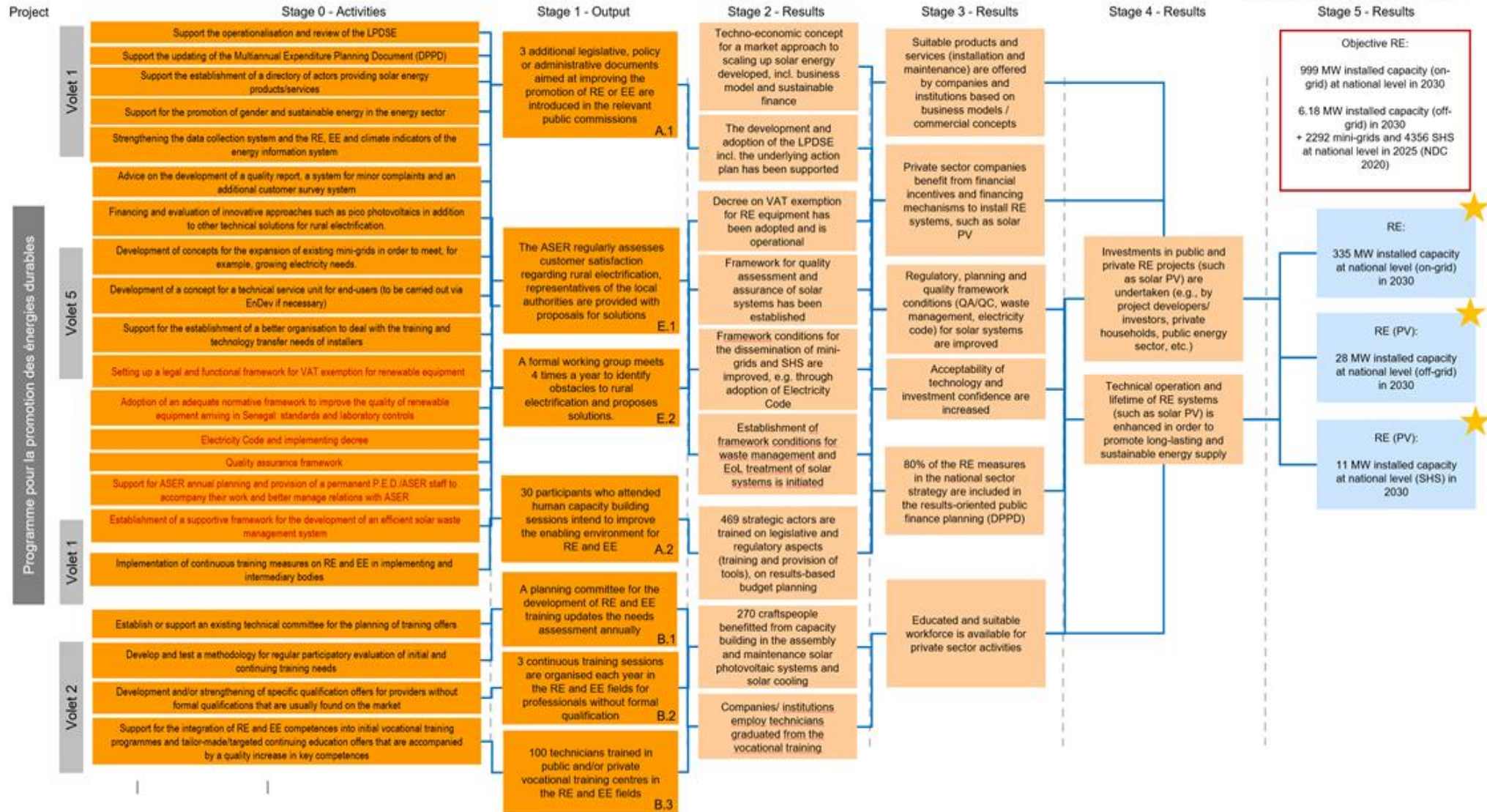


Causal Chain PED – national level impact - EE

Activities in red = not in WiMa



Causal Chain PED – national level impact - RE





Perspectives

Climate Group GmbH

Hugstetter Str. 7

79106 Fribourg, Allemagne

info@perspectives.cc

www.perspectives.cc