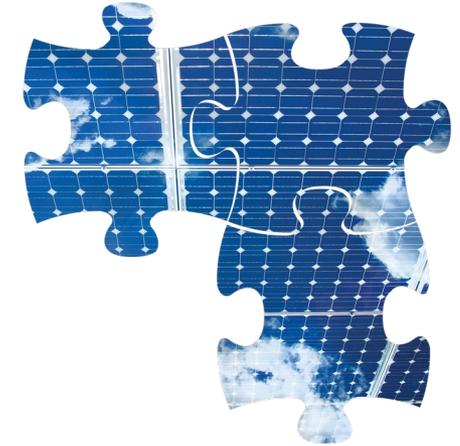




Empowered lives.
Resilient nations.



Burkina Faso: Atténuation des risques des investissements dans les énergies renouvelables



Sélection d'Instruments Publics pour promouvoir les investissements dans les mini-réseaux solaires photovoltaïques à batteries au Burkina Faso

RÉSULTATS COMPLETS

Mars 2023

Étude conduite par le PNUD en partenariat avec le Centre pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique de la CEDEAO (ECREEE). Étude financée par l'Agence Suédoise pour la Coopération et le Développement International (ASDI) dans le cadre du Projet d'appui à l'électrification rurale par systèmes d'énergie renouvelable dans la région du Liptako-Gourma mis en œuvre par l'UNOPS et le PNUD en partenariat avec ECREEE sous la tutelle de l'Autorité de développement intégré des Etats du Liptako-Gourma (ALG).

Sommaire

1. Introduction	3
2. Etat des investissements dans les mini-réseaux solaires au Burkina Faso	4
3. Concepts-clés de la méthodologie DREI	8
4. Modélisation de la promotion de l'investissement dans les mini-réseaux solaires au Burkina Faso	10
4.1 Environnement des risques	10
4.2 Sélection d'Instruments Publics	13
4.3 Coûts moyens actualisés de production de l'électricité	18
4.4 Indicateurs de performance	19
4.5 Analyse de sensibilité	21
5. Conclusions	25
Annexe A: Tableau-résumé des hypothèses de modélisation	25
Annexe B: Tableau des risques	27
Annexe C: Principales hypothèses de modélisation	30
Annexe D: Acronymes	34
Annexe E: Références	35
Annexe F: Remerciements	37

Ce rapport "**Résultats complets**" est accompagné des documents suivants:

- Un résumé "**Points-clés pour les décideurs**"
- Un document "**Méthodologie et hypothèses**"
- Les **outils de modélisation** correspondants en format Excel

Tous les documents sont téléchargeables sur www.undp.org/DREI

1. Introduction

- **L'objectif de cette étude est de proposer les mesures publiques d'atténuation des risques avec la meilleure relation coût-bénéfice afin de promouvoir les investissements du secteur privé dans les mini-réseaux solaires photovoltaïques avec batteries au Burkina Faso.** L'étude présente les résultats d'une analyse de modélisation quantitative fondée sur les risques aux investissements. Les données de modélisation ont été obtenues à partir d'entretiens structurés avec des investisseurs et des développeurs du secteur privé.
- Cette étude fait partie de la composante du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) dans le cadre du Projet d'appui à l'électrification rurale para systèmes d'énergies renouvelables dans la région du Liptako-Gourma, piloté par l'Autorité du Liptako-Gourma, financé par l'organisme de coopération suédoise ASDI et mis en œuvre par le PNUD et UNOPS en partenariat avec le Centre pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique de la CEDEAO (ECREEE) au Burkina Faso entre 2021 et 2023.
- Le Burkina Faso, dans le cadre de la Politique des énergies renouvelables de la CEDEAO, a développé le Plan d'Action National en matière d'Énergies Renouvelables (PANER), publié en Juillet 2015, qui prévoit des objectifs en termes de capacité installée de production d'électricité de sources renouvelables, en particulier solaires, à l'horizon 2030, ainsi que des objectifs d'électrification rurale, y compris par systèmes hors-réseau à base d'énergies renouvelables (27% de la population en 2030). En particulier, les localités éloignées du réseau de plus de 1500 habitants sont considérées éligibles à l'électrification par systèmes hybrides ou mini-réseaux solaires photovoltaïques.
- En 2021, dans le cadre du Projet Yeleen d'électrification rurale de la Banque Africaine de Développement (BAD), un appel d'offres pour l'installation et l'opération de mini-réseaux solaires photovoltaïques avec batteries et de systèmes solaires individuels a été lancé, sous la responsabilité de l'Agence Burkinabé d'Electrification Rurale (ABER). Ce projet prévoit l'installation de 100 mini-réseaux solaires, pour une puissance installée totale de 11,4 MWC en 2028.

2. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Burkina Faso (1/2)

Données générales sur le pays

- **Population [2020]:** 20,9 millions ⁱ
- **Superficie:** 274.200 km² ⁱ
- **GDP (USD) [2020]:** 17,93 milliards ⁱ
- **GDP/Capita (USD, PPP) [2020]:** 2,110 ⁱ
- **Notation souveraine:** B (S&P) ⁱⁱ
- **IDH PNUD [2020]:** 182 de 189 ⁱⁱⁱ
- **WB Ease of Doing Business [2020]:** 151 de 190 ^{iv}

Contexte du secteur de l'électricité et de l'électrification

- La capacité installée de production d'électricité en 2020 était de 366 MW ^v, et près de 68% de la demande est importée ^{vi}
- La production d'énergie électrique a été libéralisée en 2017. La Loi n°014-2017/AN a ainsi permis la participation de producteurs indépendants d'électricité et des régimes de concessions et autorisation pour la distribution d'électricité en zone rurale.
- Environ 74% de l'électricité produite au Burkina Faso est de source fossile (diesel et fioul), avec une participation croissante du solaire photovoltaïque (environ 8% en 2020) et environ 16% d'hydroélectricité ^{vi}.
- La demande en électricité est en forte croissance et se situait à 106 kWh/habitant en 2021 contre 93,3 en 2020 ^v
- Les tarifs de revente d'électricité sur le réseau national sont subventionnés de deux formes
 - par paiement annuel de l'Etat à la SONABEL (équivalent à 22,96 FCFA/kWh en 2019) ^{vii}
 - par subvention sur les prix de revente du diesel et fioul par la SONABY à la SONABEL et aux coopératives d'électrification rurale qui opèrent des générateurs à diesel ^{vii}
- L'électrification rurale hors-réseau peut être réalisée par des coopératives (COOPEL), avec subventions de l'ABER prélevées à hauteur de 2 FCFA/kWh sur les tarifs du réseau, et plus récemment par appel d'offres (projet Yeleen) ^{viii}
- L'approche standard d'électrification hors-réseau s'appuie sur des générateurs à diesel, en général sous la responsabilité de coopératives d'électrification, qui reçoivent des subventions aux investissements et pour l'achat du diesel ^{ix} (à hauteur de 40% ^x) de l'ABER (Agence Burkinabé de l'Électrification Rurale)

(Sources:

(i) Banque Mondiale (2020);

(ii) http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=BFA

(iii) 2021 S&P:estimate <https://disclosure.spglobal.com/sri/>, https://www.theglobaleconomy.com/rankings/credit_rating/

(iii) <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI> (2019)

(iv) World Bank report – 2019 (discontinued)

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402.pdf?sequence=24&isAllowed=y>

(v) Rapport d'activités 2020 de la SONABEL, <https://sonabel.bf/rapport-d-activites-sonabel-01-06-2021/>

(vi) Rapport d'activités de l'ARSE 2019, <https://www.arse.bf/spip.php?article282>

(vii) Rapport d'activités 2019 de la SONABEL, <https://sonabel.bf/rapport-d-activites-sonabel-01-06-2021/>

(viii) Plan d'Action National de l'Initiative Energie Durable pour Tous « SEforALL » - Burkina Faso Période [2-15-2020/2030], Juillet 2015

(ix) World Bank, Evaluation of Rural Electrification Concessions in sub-Saharan Africa Short Case Study: Burkina Faso

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/357991498163872158/pdf/116662-WP-PUBLIC-P150241-8p-Short-Case-Study-Burkina-Faso.pdf>

(x) Information obtenue auprès des acteurs publics, 21/09/2022.

2. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Burkina Faso (1/2)

Objectifs en matières d'électrification par mini-réseaux solaires

- En 2018, le taux d'électrification était de 21,5% (26% au 31/12/2021)ⁱ, avec un taux de 68,7% en milieu urbain et 3,2% en milieu rural.ⁱⁱ
- En 2016, environ 7000 localités rurales n'étaient pas électrifiées, dont environ 46% adaptées à l'électrification par mini-réseaux ⁱⁱⁱ
- Le PANER (Plan d'Action National pour les Energies Renouvelables), établi en 2015 dans le cadre de la participation du Burkina Faso à l'initiative Sustainable Energy for All (SEforALL) de l'ONU, prévoyait l'installation de 5 MW de mini-réseaux verts et hybrides à l'horizon 2030 ^{iv}
- Le projet Yeleen prévoyait l'installation de 11,4 MWc de mini-réseaux solaires à l'horizon 2028 ^v
- L'objectif en termes d'investissements dans les mini-réseaux solaires considéré dans le cadre de cette étude est basé sur le PANER. Toutefois, une erreur dans la population rurale projetée dans ce document explique le faible niveau de l'objectif du PANER en termes de capacité installée de mini-réseaux renouvelables et hybrides. Pour cela, l'objectif DREI retenu a été calculé basé sur l'objectif du PANER d'électrification de 13,45% de la population rurale du Burkina Faso par le biais de mini-réseaux verts en 2030, et une population rurale projetée en 17,22 millions d'individus par UN-DESA en 2030 ^{vi}. Compte tenu de la situation actuelle en termes de mini-réseaux solaires au Burkina Faso, un décalage temporel de 6 ans a été considéré.
- **L'objectif DREI utilisé pour cette étude considère une capacité installée de mini-réseaux solaire PV/batteries de 56,4 MWc.**
- **Cet objectif correspond à 926 mini-réseaux d'une capacité de production photovoltaïque de 40,1 kWc et de stockage de batterie au Lithium-Ion de 130,8 kWh, desservant une population rurale de 1.296.270 habitants avec un niveau de service de Tier 2/3.**

Sources:

- (i) Information envoyée par email par le président de la FESCOOPEL (Fédération des Coopératives d'Electrification Rurale), 21/09/2022
- (ii) Anuaire Statistique 2018 du Ministère de l'Energie, Décembre 2019. http://cns.bf/IMG/pdf/me_annuaire_statistique-2018.pdf
- (iii) Moner Girona M, Bodis K, Korgo B, Huld T, Koungas I, Pinedo Pascua I, Monforti-Ferrario F and Szabo S. Mapping the least-cost option for rural electrification in Burkina Faso: Scaling-up renewable energies. EUR 28514 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2016. JRC102198 <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC102198>
- (iv) Plan d'Action National des Energies Renouvelables (PANER) Burkina Faso Période [2015-2020/2030], Ministère de l'Energie, (July 2015) https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_PANER/Burkina_Faso_Plan_d_Actions_National_pour_les_Energies_Renouvelables.pdf
- (v) <https://population.un.org/wup/country-profiles/>
- (vi) Note de Communication Publique d'opération – Burkina Faso - CBF 1320, Programme solaire « YELEEN », AFD

2. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Burkina Faso (1/2)

Ressources solaires

- Le Burkina Faso a de très bonnes ressources solaires. L'irradiation solaire moyenne est estimée à 5,5 kWh/m²/jour, pour une durée totale d'ensoleillement de 3000 à 3500 heures par an. L'irradiation moyenne varie entre 5,35 et 6,1 kWh/m²/jour dans la majorité du territoire, suivant une tendance croissante du Sud vers le Nord (Sources: DTU/IRENA pour le Ministère de l'Energie ⁱ, logiciel RETScreen Expert)
- La modélisation considère données d'irradiation disponibles par le biais du logiciel RETScreen Expert, relatives à la région de Dori, qui peut être considérée comme représentative des zones rurales isolées au Burkina Faso, et qui présente une irradiation moyenne annuelle de 6,04 kWh/m²/jour.
- La technologie de modules photovoltaïques considérée est la polycristalline, avec une température normale d'opération de 46°C et un coefficient maximal de perte en température de -0,3845%, L'angle d'inclinaison des panneaux considéré est de 10°. ⁱⁱ

Situation actuelle des investissements dans les mini-réseaux solaires

- Il n'existe actuellement pas de mini-réseau solaire isolé opéré par l'initiative privée au Burkina Faso. Trois mini-réseaux hybrides (diesel et solaire PV) sont opérés par des COOPEL (Coopératives d'électrification). L'ONG Trade a installé un mini-réseau solaire de 15 kWc en 2010 et quelques projets sont en développement. ⁱⁱⁱ Toutefois, il existe au Burkina Faso des mini-réseaux verts connectés au réseau national, construits pour 15 d'entre eux avec financement de la Banque Mondiale et 14 par le Ministère de l'Energie et rétrocédés à l'ABER ^{iv}
- La Loi 014-2017/AN a permis la participation des entreprises privées à la production d'électricité et la production et distribution en zone rurale. Les décrets 1011 et 1012-2017 ont prévu les principales règles d'octroi de concessions, licences, autorisations pour ces opérateurs privés. Toutefois, il n'existe pas actuellement de réglementation spécifique pour les mini-réseaux isolés. Les tarifs autorisés dans les zones rurales sont fixés par l'Arrêté 09-018/MCE/MCPEA/MEF et ne prennent pas en compte les spécificités des mini-réseaux solaires. Il n'existe pas non plus de prévisions de mesures pour la connexion au réseau national de mini-réseaux isolés, ni de normes techniques ou de sécurité spécifiques. Il sont plafonnés à 138 FCFA/kWh.

Source:

(I) African Development Bank SEforAll Africa Hub, Mini Grid Market Opportunity Assessment: Burkina Faso, June 2017

<https://greenminigrd.afdb.org/sites/default/files/GMG%20Burkina%20Faso%20report%20final.pdf>

(II) Fiches Techniques de modules PV polycristallins

(III) Entretiens avec les acteurs du secteur

(IV) Information envoyée par email par le président de la FESCOOPEL (Fédération des Coopératives d'Electrification Rurale), 21/09/2022

2. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Burkina Faso (2/2)

Situation actuelle des investissements dans les mini-réseaux solaires

- Un certain nombre de projets d'appui international à l'énergie solaire photovoltaïque hors-réseau, y compris par mini-réseaux solaires avec batteries, a été développé et en implémentation au Burkina Faso, comme le montre le tableau [1] ci-dessous.

Tableau 1 : Appui international aux mini-réseaux solaires PV-batteries au Burkina Faso

Organisation	Description des activités
Banque Africaine de Développement	<ul style="list-style-type: none"> • Projet Yeleen – composante 2: soutien à l'installation de 100 mini-réseaux solaires photovoltaïques par des promoteurs privés, pour une puissance installée totale de 11,4 MWc • Assistance technique aux agences publiques (en particulier ABER – Agence Burkinabé d'Electrification Rurale)
GEF/UNDP	<ul style="list-style-type: none"> • Africa Minigrid Program: promotion des investissements dans les mini-réseaux verts par le biais de l'atténuation des risques, du développement de modèles d'affaires innovants et d'innovations numériques
SEforALL//BAD	<ul style="list-style-type: none"> • Green Mini Grids Help Desk: plate-forme d'informations sur les mini-réseaux verts pour assister les promoteurs et institutions publiques • Prospectus d'investissement SEforALL: diffusion des informations relatives aux projets en développement dans le domaine des énergies renouvelables
UE – AFD -	<ul style="list-style-type: none"> • Support financier direct / par le biais du projet Yeleen

Sources: entretiens avec les acteurs du secteur,

African Development Bank SEforAll Africa Hub, Mini Grid Market Opportunity Assessment: Burkina Faso, June 2017

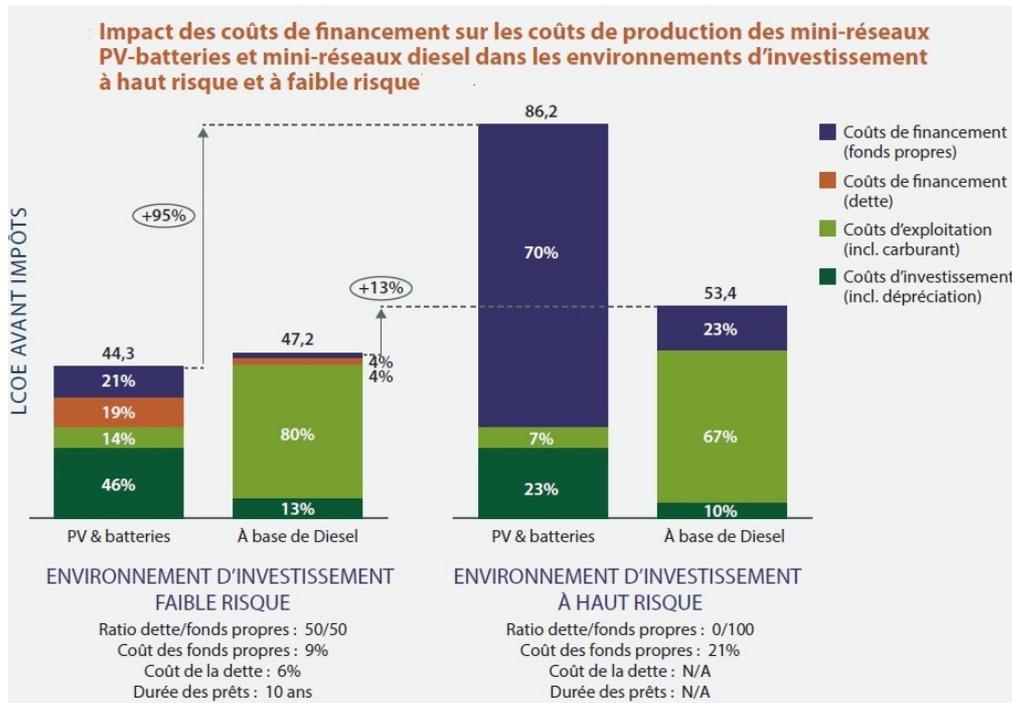
<https://greenminigrid.afdb.org/sites/default/files/GMG%20Burkina%20Faso%20report%20final.pdf>

Plan d'Action National de l'Initiative Energie Durable pour Tous « SEforALL » - Burkina Faso Période [2-15-2020/2030], Juillet 2015

3. Méthodologie DREI : principaux concepts

Le fort impact des coûts de financement sur les énergies renouvelables

Figure 1 : Impact des coûts de financement sur les coûts de production des mini-réseaux PV-batteries et mini-réseaux diesel dans les environnements d'investissement à haut risque et à faible risque

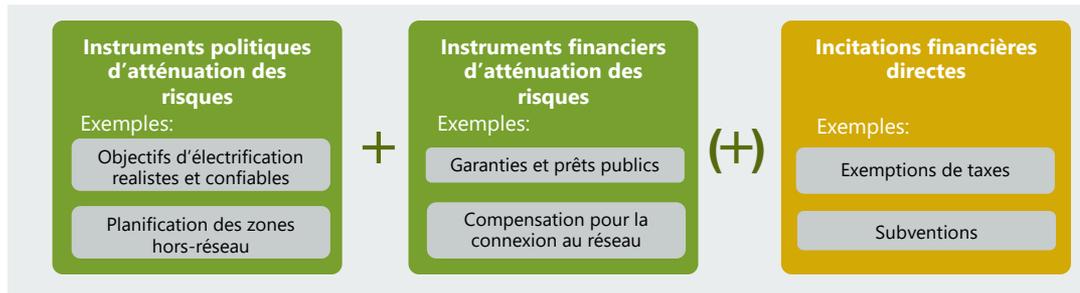


- Le cadre d'atténuation des risques des investissements dans les énergies renouvelables (DREI) est axé sur les coûts de financement pris en charge par le secteur privé. Dans les pays en développement, les coûts de financement des énergies renouvelables sont souvent élevés en raison des risques aux investissements qui peuvent exister sur les marchés naissants. Les investisseurs cherchent à mitiger ces risques par le biais de taux d'intérêts plus élevés.
- La figure 1, tirée du rapport DREI sur l'électrification hors-réseau, illustre comment en raison du volume de leurs coûts d'investissement, les mini-réseaux solaires sont pénalisés par des coûts de financement élevés dans des environnements d'investissement à haut risque. La figure montre la modélisation du PNUD afin de comparer les coûts nivelés de l'électricité (LCOE) des mini-réseaux PV-batterie et des mini-réseaux au diesel dans un environnement à haut coût de financement et à bas coûts de financement.
- Selon la théorie du changement qui sous-tend la méthodologie DREI, le point de départ clé pour les décideurs politiques dans les pays en développement consiste à faire face aux risques aux investissements, réduisant ainsi les coûts globaux sur tout le cycle de vie.

3. Méthodologie DREI : principaux concepts

Identifier un ensemble d'instruments publics pour promouvoir les énergies renouvelables

Figure 2 : Composantes caractéristiques d'un ensemble d'instruments d'action publique pour promouvoir les investissements dans les énergies renouvelables hors-réseau



Source: Derisking Renewable Energy Investment: Off-Grid Electrification, UNDP & ETH Zurich (2018).

- Afin de créer un environnement favorable aux investissements dans les énergies renouvelables, les décideurs politiques implémentent typiquement un concept clé de la méthodologie DREI, qui est celui de l'ensemble d'instruments publics, présenté dans la figure 2.

- Le cadre d'atténuation des risques des investissements dans les énergies renouvelables (DREI) identifie trois moyens principaux, souvent associés, qui permettent au secteur public d'améliorer le profil de risque et de rendement des opportunités d'investissement du secteur privé :
 - **Les instruments de réduction des risques**, ciblant les obstacles sous-jacents qui génèrent les risques d'investissement. Il s'agit en général de mesures politiques telles que la promulgation de lois ou la mise en place de programmes techniques, lesquels constituent des « **instruments politiques d'atténuation des risques** ». Par exemple, les opérateurs de mini-réseaux solaires font face au risque d'extension du réseau, qui peut causer des pertes de revenus importantes. Un instrument politique d'atténuation des risques consiste en établir un planning d'extension du réseau de qualité et transparent, incluant les zones de concession hors-réseau, où il est peu probable que les opérateurs de mini-réseaux soient affectés par l'extension du réseau.
 - **Les instruments de transfert des risques** fonctionnent en transférant les risques d'investissement aux acteurs publics, tels que des banques de développement. Ces instruments peuvent notamment inclure des prêts publics ou des garanties accordées aux banques commerciales aux fins de la rétrocession de prêts, des assurances de risques politiques et des fonds propres publics. Un instrument de transfert des risques faisant face au risque d'extension du réseau décrit ci-dessus est l'établissement d'un programme de compensation, qui peut dédommager les opérateurs de mini-réseaux pour leurs pertes en cas d'extension du réseau dans leur zone de concession. La méthodologie DREI désigne ce type d'instrument par le terme "**instruments financiers d'atténuation des risques**".
 - **Les instruments de compensation des risques**, augmentant le rendement des investissements. Reconnaissant que certains risques ne peuvent pas être atténués par le biais d'instruments politiques ou transférés par le biais d'instruments financiers, un troisième groupe d'instruments publics compense les investisseurs pour leur exposition à des niveaux élevés de risque. Ces "**incitations financières directes**" prennent la forme de subventions à l'investissement, d'exemptions fiscales ou de recettes de vente de crédits carbone.

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.1 Environnement de risque (étape 1)

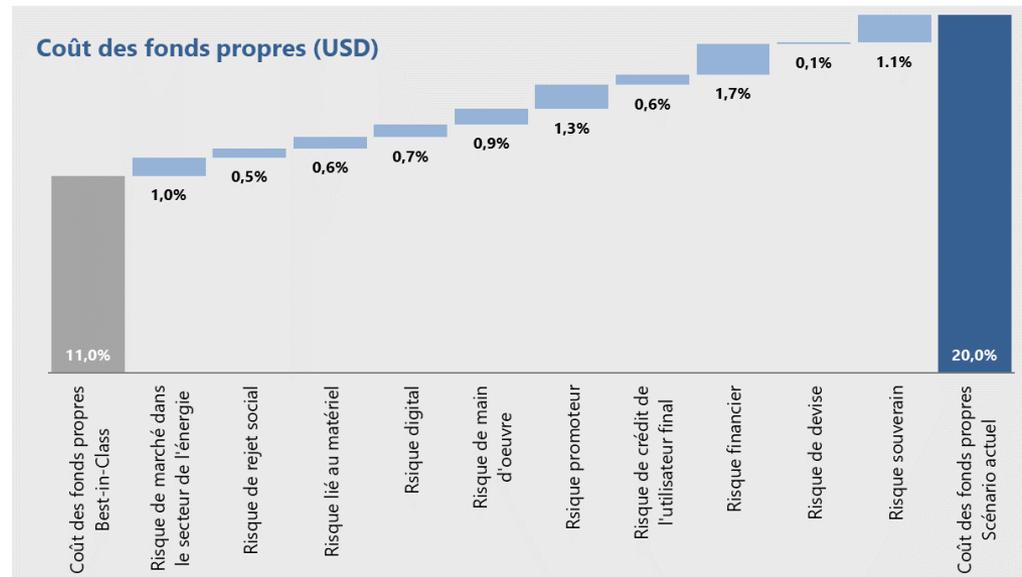
Entretiens

- Les données relatives à l'environnement de risques ont été obtenues par le biais d'entretiens structurés avec 8 acteurs, dont 2 promoteurs (SINCO, national et ASEMI, international), 2 fournisseurs/EPC (Newtech, national et Vergnet, international), 1 fondation internationale (FRES), 1 représentant de coopératives d'électrification rurale (FESCOOPEL), 1 investisseur en fonds propre (SINERGI) et 1 banque de développement (Banque Africaine de Développement).

Cascade des coûts de financement

- La figure 3 montre la contribution des différents risques d'investissement aux coûts de financement plus élevés pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso. Les catégories de risques ayant un impact significatif sur ces coûts de financement sont le risque financier, le risque promoteur et le risque souverain. Le risque de marché a également une participation significative. La catégorie de risque de crédit de l'utilisateur final semble sous-évaluée par les acteurs, au vu de l'expérience du PNUD et de ses partenaires dans le secteur.
- Un résumé des informations qualitatives partagées par les acteurs lors des entretiens est présenté dans le tableau 2.

Figure 3 : Impact des différentes catégories de risques sur les coûts de financement des mini-réseaux solaires au Burkina Faso dans le scénario actuel



4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.1 Environnement des risques (Etape 1)

Tableau 2 : Informations qualitatives relatives aux catégories de risques pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso recueillies auprès des acteurs (première partie)

Catégorie de risque	Impact sur les coûts de financement	Informations qualitatives fournies par les acteurs
Risque de marché dans le secteur de l'énergie	• Moyen à élevé	<ul style="list-style-type: none"> Le gouvernement démontre une forte volonté d'appuyer les investissements privés (y compris par une libéralisation récente de la production d'électricité et de la distribution en zones rurales), l'énergie solaire et l'électrification rurale Il n'existe pas de cadre réglementaire spécifique pour les mini-réseaux solaires et de nombreuses incertitudes subsistent, y compris relatives aux normes techniques. Les tarifs de vente d'électricité en zones rurales sont fixées par décret à un niveau très bas. Les subventions aux tarifs du réseau national et diesel/fioul sont perçues comme des menaces pour les mini-réseaux solaires, mais ne peuvent être réformées en raison du faible pouvoir d'achat de la population en général.
Risque de rejet social	• Faible à moyen	<ul style="list-style-type: none"> La perception est assez hétérogène entre les acteurs, mais la plupart mentionne que l'approche du promoteur en relation à la communication avec la communauté et les autorités locales a beaucoup d'impact sur la probabilité. La plupart des communautés rurales souhaitent avoir accès à l'électricité, et si le promoteur réalise un bon travail préliminaire d'étude de la communauté-cible et de communication, ce risque est en général assez faible. L'inquiétude relative aux tarifs qui seront appliqués (si ils sont plus élevés que les tarifs du réseau national) et de la qualité du service (en cas de mauvaise expérience passée avec des systèmes solaires individuels ou SHS, Solar Home Systems) peuvent contribuer à la probabilité et à l'impact de ce risque.
Risque lié au matériel	• Moyen	<ul style="list-style-type: none"> Il existe un marché concurrentiel et développé pour les équipements d'énergie solaire. Des standards existent seulement dans le cadres de la procédure d'appel d'offres en cours. Des spécifications de qualité très simples / incomplètes existent pour les équipements importés. Certains acteurs mentionnent un manque de clarté des spécifications techniques et peu de contrôles. Des difficultés semblent exister dans l'interprétation des équipements éligibles aux exemptions de taxes d'importation et TVA (Taxe sur la Valeur Ajoutée).
Risque numérique	• Moyen	<ul style="list-style-type: none"> La couverture du réseau mobile en zone rurale est en expansion, mais encore insuffisante. Les services de paiement mobiles sont déjà bien développés, mais dépendent de la couverture du réseau. Les habitants de zones rurales doivent parfois se déplacer pour effectuer des paiements. Les systèmes logiciels d'intégration des données de compteurs / facturation ne sont pas nombreux et souvent chers, certains promoteurs mentionnent des difficultés techniques. L'abus des données des utilisateurs n'est pas perçu comme un risque pertinent.
Risque de main d'oeuvre	• Moyen à élevé	<ul style="list-style-type: none"> Des formations techniques en énergie solaire existent, et les entreprises forment leur personnel, mais des risques de départ vers la concurrence sont mentionnées et signalent un probable déficit de main d'oeuvre qui peut s'accroître dans un futur proche.

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.1 Environnement des risques (Etape 1)

Tableau 3 : Informations qualitatives relatives aux catégories de risques pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso recueillies auprès des acteurs (deuxième partie)

Catégorie de risque	Impact sur les coûts de financement	Informations qualitatives fournies par les acteurs
Risque promoteur	• Élevé	<ul style="list-style-type: none"> Les compétences techniques des promoteurs nationaux sont perçues comme satisfaisantes, mais les promoteurs ont souvent des lacunes en termes de capacité de gestion et développement de plans financiers. Leurs flux de trésorerie sont souvent faibles. Peu d'entreprises internationales sont présentes, au vu de la taille limitée du marché
Risque de crédit de l'utilisateur final	• Faible à moyen*	<ul style="list-style-type: none"> Les perceptions des acteurs en relation à ce risque sont hétérogènes, et correspondent à des dynamiques contradictoires. L'utilisation de systèmes de prépaiement est encore très courant. Pour des raisons culturelles, les consommateurs s'efforcent d'honorer leurs engagements en termes de paiements. Les consommateurs ruraux peuvent toutefois rencontrer des difficultés à gérer leur consommation et anticiper le montant de leurs factures. En effet, ils sont en général habitués à gérer leurs dépenses énergétiques au jour le jour (kérosène, bois). Ils ont également des revenus qui présentent de grandes fluctuations et sont exposés aux risques climatiques (pertes de récoltes), et peuvent facilement interrompre leur consommation d'électricité en cas de difficultés financières ou migrations saisonnières. La perception de ce risque par les acteurs interviewés semble être très en-deçà de la réalité
Risque de financement	• Élevé	<ul style="list-style-type: none"> Les acteurs sont unanimes sur le niveau de cette catégorie de risque. Les offres de prêts à long terme sont très limitées en raison du manque de dépôts à long terme. Le manque de connaissance des banques commerciales, institutions financières et investisseurs en fonds propres à propos des mini-réseaux solaires est également un frein à l'octroi de financements abordables à long terme. Les acteurs ont mentionné une forte corrélation avec les risque promoteur et souverain, et les options actuelles en termes de financement semblent se limiter à des subventions, dons ou "crowdfunding" par des ONG
Risque de devise	• Faible	<ul style="list-style-type: none"> La devise locale – Franc CFA – a un taux de change fixe en relation à l'Euro, ce qui limite grandement ce risque même en cas de financement en Euro. Toutefois, il existe un risque résiduel en cas de financement en USD. Certains acteurs (institutions financières) n'écartent pas le risque de désenclavement du taux de change FCFA/Euro à long terme, mais avec un impact limité sur le projet
Risque souverain	• Élevé	<ul style="list-style-type: none"> L'environnement d'investissement, l'application des lois et des contrats, sont perçus comme stables. La question de l'insécurité et du terrorisme, en particulier dans certaines zones rurales, est citée par tous les acteurs comme un obstacle important aux investissements dans les mini-réseaux. Certains acteurs citent des abandons de projets pour des raisons de sécurité, et la crainte de perte d'investissements importants. Toutefois, ce risque semble affecter des régions bien délimitées

Source: Entretiens avec les acteurs

* Les auteurs considèrent que la perception du risque de crédit de l'utilisateur final est très probablement bien en-deça de son niveau réel. Cette considération est basée sur l'expérience du PNUD et de ses partenaires.

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.2 Sélection des Instruments publics (Etape 2)

Sélection des instruments publics

- Une fois les principaux risques aux investissements identifiés, un ensemble d'instruments publics peut être proposé pour y répondre. La modélisation adopte une approche systématique afin d'identifier les instruments publics: si la cascade des coûts de financement (Figure 3) identifie un coût incrémental de financement pour une catégorie de risque, alors un instrument public correspondant issu du tableau des instruments publics Annexe B) est considéré. Le Tableau 4 (page suivante) montre l'ensemble d'instruments publics recommandés.
 - Le développement d'une réglementation adaptée et claire et d'un Plan Directeur d'Electrification, de l'assistance technique aux promoteurs mais aussi aux investisseurs / institutions financières, apparaissent comme les instruments politiques les plus importants
 - Les prêts publics, ainsi que la mise en place d'une assurance "risque politique" sont des instruments financiers importants

Evaluation des coûts des instruments publics

- Les coûts publics de chaque instrument sélectionné sont également modélisés:
 - En relation à l'objectif pour 2030 de 37,13 MWc de mini-réseaux solaires PV-batteries installés, le coût public total entre 2023 et 2030 est estimé à 2,56 millions d'USD pour les instruments politiques et 35,05 millions d'USD pour les instruments financiers.
- Le détail des instruments publics sélectionnés et de leurs coûts sont présentés dans l'Annexe B.

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.2 Sélection des Instruments publics (Etape 2)

Tableau 4 : Sélection d'instruments publics visant à appuyer les investissements dans les mini-réseaux solaires au Burkina Faso

Catégorie de risque	Instruments politiques	Instruments financiers
Risque de marché dans le secteur de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> Elaboration d'un Plan Directeur d'Electrification Rurale clarifiant les objectifs et zones de concession pour les mini-réseaux solaires. Elaboration d'une réglementation adaptée aux mini-réseaux solaires (incluant normes et méthode de calcul des tarifs), avec une double approche pour les concessions / autorisations 	<ul style="list-style-type: none"> Système de compensation financière en cas de connexion au réseau national
Risque de rejet social	<ul style="list-style-type: none"> Campagnes de communication communautaire 	[NA]
Risque lié au matériel	<ul style="list-style-type: none"> Développement de normes et certifications complètes et adaptées au contexte local Clarification des équipements exempts de taxes d'importation et TVA, inclusion du BOP 	[NA]
Risque numérique	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation des réglementations des télécommunications et paiements mobiles Appuyer la formation d'une association industrielle pour développer des standards de services / intégration des systèmes de paiement / relevé des compteurs 	[NA]
Risque de main d'œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Identification des lacunes en termes de RH et développement de programmes de formation adéquats 	[NA]
Risque promoteur	<ul style="list-style-type: none"> Amélioration des effets de réseau et flux d'informations / assistance technique aux promoteurs 	<ul style="list-style-type: none"> Prêts publics
Risque de crédit de l'utilisateur final	<ul style="list-style-type: none"> Promotion de l'utilisation productive de l'électricité (campagnes de communication, formations, facilitation de l'accès au micro-crédit) Mandats gouvernementaux pour assurer des clients-clé solvables (ex: tour de télécommunication) 	<ul style="list-style-type: none"> Prêts publics
Risque de financement	<ul style="list-style-type: none"> Libéralisation du secteur Assistance technique aux institutions financières et investisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> Prêts publics
Risque de devise	<ul style="list-style-type: none"> Appui au développement d'un marché de produits dérivés de change 	[NA]
Risque souverain	[NA]	<ul style="list-style-type: none"> Assurances Risques Politiques

Source: modélisation. Voir Annexe [x] pour une description complète des instruments. "NA" indique que le type d'instrument ne s'applique pas à cette catégorie

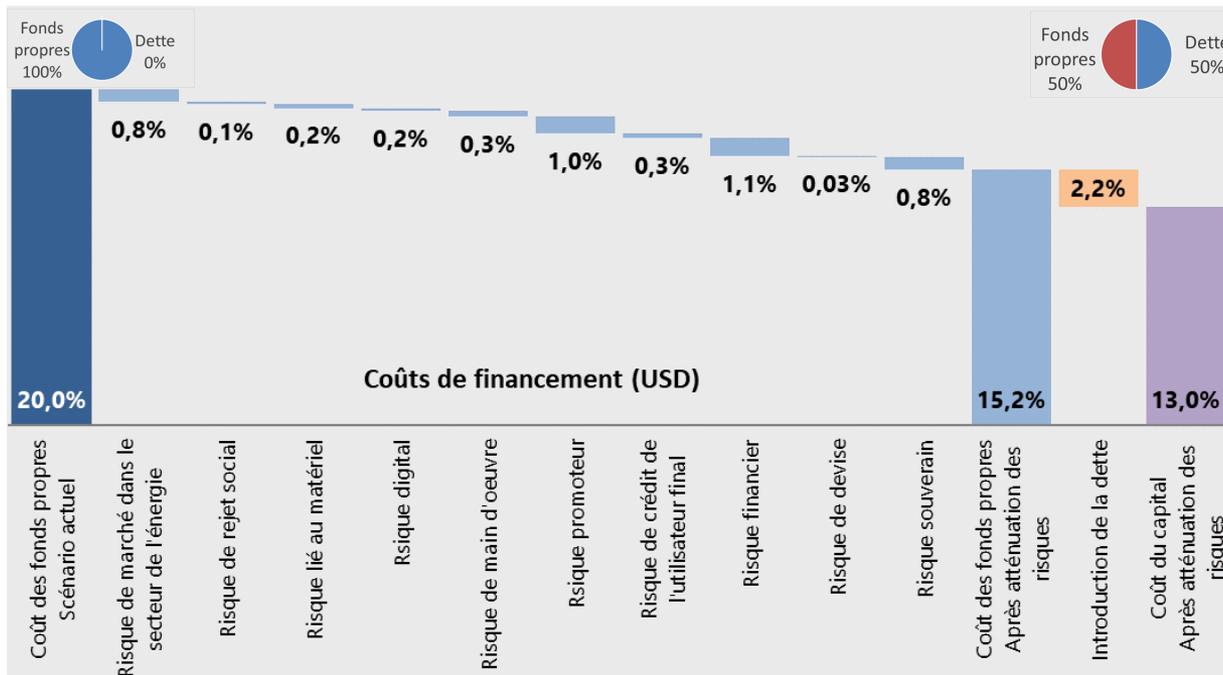
4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.2 Sélection des instruments publics (Etape 2)

Impact des instruments publics sur les coûts de financement

- L'impact des instruments publics sur la réduction des coûts de financement des mini-réseaux solaires au Burkina Faso est présenté dans la Figure 4 ci-dessous.
- Selon la modélisation réalisée, le coût moyen des fonds propres est réduit de 20 % à 15,2 %, et l'introduction d'un financement par prêts publics à un taux de 9%, pour 50% de l'investissement, mène à une réduction du coût du capital à 13%.
- Un résumé des informations qualitatives fournies par les acteurs à propos des instruments publics et de leur efficacité à réduire les coûts de financement est présenté dans le tableau 5.

Figure 4 : Cascade des coûts de financement des mini-réseaux solaires, après implémentation des instruments d'atténuation des risques liés aux mini-réseaux solaires au Burkina Faso



Source: entretiens avec les acteurs du secteur de mini-réseaux; voir le document "Méthodologie et hypothèses" pour plus de détails. Note: les impacts présentés correspondent aux impacts moyens au cours de la période de modélisation, considérant les effets temporels

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.2 Sélection des instruments publics (Etape 2)

Tableau 5 : Informations qualitatives relatives à l'impact des instruments publics sur les différentes catégories de risques aux investissements dans les mini-réseaux solaires au Burkina Faso, recueillies auprès des acteurs du secteur privé (première partie)

Catégorie de risque	Instruments politiques et financiers	Informations qualitatives fournies par les acteurs
Risque de marché dans le secteur de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> Elaboration du Plan Directeur d'Electrification Rurale, objectifs et zones de concessions pour mini-réseaux Réglementation adaptée et compilée, calcul des tarifs adaptés, normes techniques, double approche pour les concessions / autorisations Compensation en cas de raccordement au réseau 	<ul style="list-style-type: none"> Effet élevé Les acteurs mettent l'accent sur la nécessité d'une approche réglementaire plus claire et simplifiée, ainsi que d'une planification transparente de l'électrification rurale
Risque de rejet social	<ul style="list-style-type: none"> Campagnes de communication communautaire 	<ul style="list-style-type: none"> Effet moyen L'approche du promoteur en termes de communication communautaire est jugée plus importante que des actions à niveau national.
Risque lié au matériel	<ul style="list-style-type: none"> Développement de normes et certifications Clarification des équipements exempts de taxes d'importation et TVA. Clarifier les éléments inclus 	<ul style="list-style-type: none"> Effet moyen Des normes et spécifications de qualité plus claires ainsi que des contrôles – qui existent, mais doivent être renforcés
Risque numérique	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation des réglementations des télécommunications et paiements mobiles Appuyer la formation d'une association industrielle pour développer des standards de services / intégration des systèmes 	<ul style="list-style-type: none"> Effet moyen En particulier la facilitation du développement de la couverture cellulaire et paiements mobiles
Risque de main d'œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Identification des lacunes en termes de RH et développement de programmes de formation adéquats 	<ul style="list-style-type: none"> Effet élevé Instrument important spécialement à moyen terme
Risque promoteur	<ul style="list-style-type: none"> Instruments politiques: Amélioration des effets de réseau et flux d'informations / assistance technique aux promoteurs 	<ul style="list-style-type: none"> Effet élevé L'assistance technique aux promoteurs est jugée essentielle
	<ul style="list-style-type: none"> Instruments financiers: prêts publics, garanties et fonds propres publics 	<ul style="list-style-type: none"> Effet élevé En coordination avec l'assistance technique

Source : Entretiens avec les acteurs

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.2 Sélection des instruments publics (Etape 2)

Tableau 5 : Informations qualitatives relatives à l'impact des instruments publics sur les différentes catégories de risques aux investissements dans les mini-réseaux solaires au Burkina Faso, recueillies auprès des acteurs du secteur privé (deuxième partie)

Catégorie de risque	Instruments politiques et financiers	Informations qualitatives fournies par les acteurs
Risque de crédit de l'utilisateur final	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Instruments politiques:</i> • Promotion de l'utilisation productive de l'électricité (campagnes de communication, formations, facilitation de l'accès au micro-crédit) • Mandats gouvernementaux pour assurer des clients-clé solvables (ex: tour de télécommunication) 	<ul style="list-style-type: none"> • Effets moyens à élevés • Les clients-clés publics ne sont pas recommandés (antécédents de délais de paiement de factures).
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Instruments financiers:</i> prêts publics 	<ul style="list-style-type: none"> • Effet élevé
Risque de financement	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Instruments politiques</i> • Libéralisation du secteur bancaire • Mandats et incitatifs • Assistance technique aux institutions financières et investisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Effet moyen • L'amplitude des révisions réglementaires est limitée. L'assistance technique aux institutions financières est essentielle pour l'efficacité des instruments financiers
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Instruments financiers:</i> prêts publics 	<ul style="list-style-type: none"> • Effet élevé • Instrument jugé essentiel
Risque de devise	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Instruments politiques:</i> • Appui au développement d'un marché de produits dérivés de change 	<ul style="list-style-type: none"> • Effet faible
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Instruments financiers:</i> Programmes publics de couverture du risque de devise subventionnés 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas considéré dans cette étude en raison du faible impact de la catégorie de risque et du coût élevé de l'instrument
Risque souverain	<ul style="list-style-type: none"> • Instrument financier: Garantie de Risque Politique 	<ul style="list-style-type: none"> • Effet moyen • Certains acteurs mentionnent toutefois qu'il est préférable d'éviter certaines zones

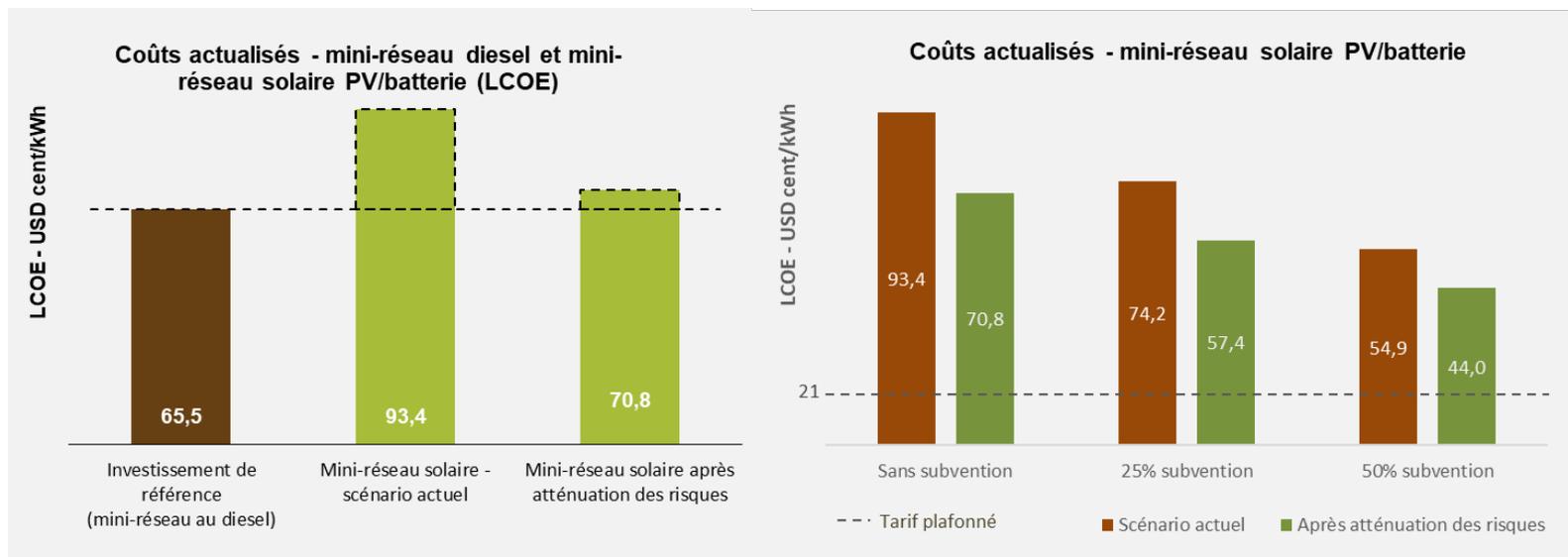
Source : Entretiens avec les acteurs

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.3 Coûts moyens actualisés (Etape 3)

- Les résultats de la modélisation des coûts moyens actualisés de production d'électricité (LCOE) pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso sont présentés dans la figure 5 ci-dessous.
- Les coûts moyens actualisés de la technologie de référence, les mini-réseaux au diesel, sont estimés à 65,5 centimes d'USD par kWh, considérant une subvention de 40% sur le prix d'achat du diesel, mais sans subvention aux investissements.
- Les coûts de production d'électricité par les mini-réseaux solaires se montrent plus élevés que le scénario de référence tant dans la situation actuelle, et moindres après implémentation des instruments d'atténuation des risques. L'ensemble d'instruments publics permet de réduire le coût moyen actualisé pour les mini-réseaux solaires de 93 centimes d'USD par kWh (scénario actuel) à 71 centimes d'USD par kWh (après atténuation des risques).
- Le recours aux subventions à l'investissement permet de réduire l'écart entre le niveau de plafonnement des tarifs et les coûts de production de l'électricité par mini-réseaux;

Figure 5 : Coûts moyens actualisés pour les mini-réseaux au diesel et les mini-réseaux solaires au Burkina Faso



Source: modélisation, voir Tableau 8 (Annexe A) et le document "Méthodologie et hypothèses" pour plus de détails

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

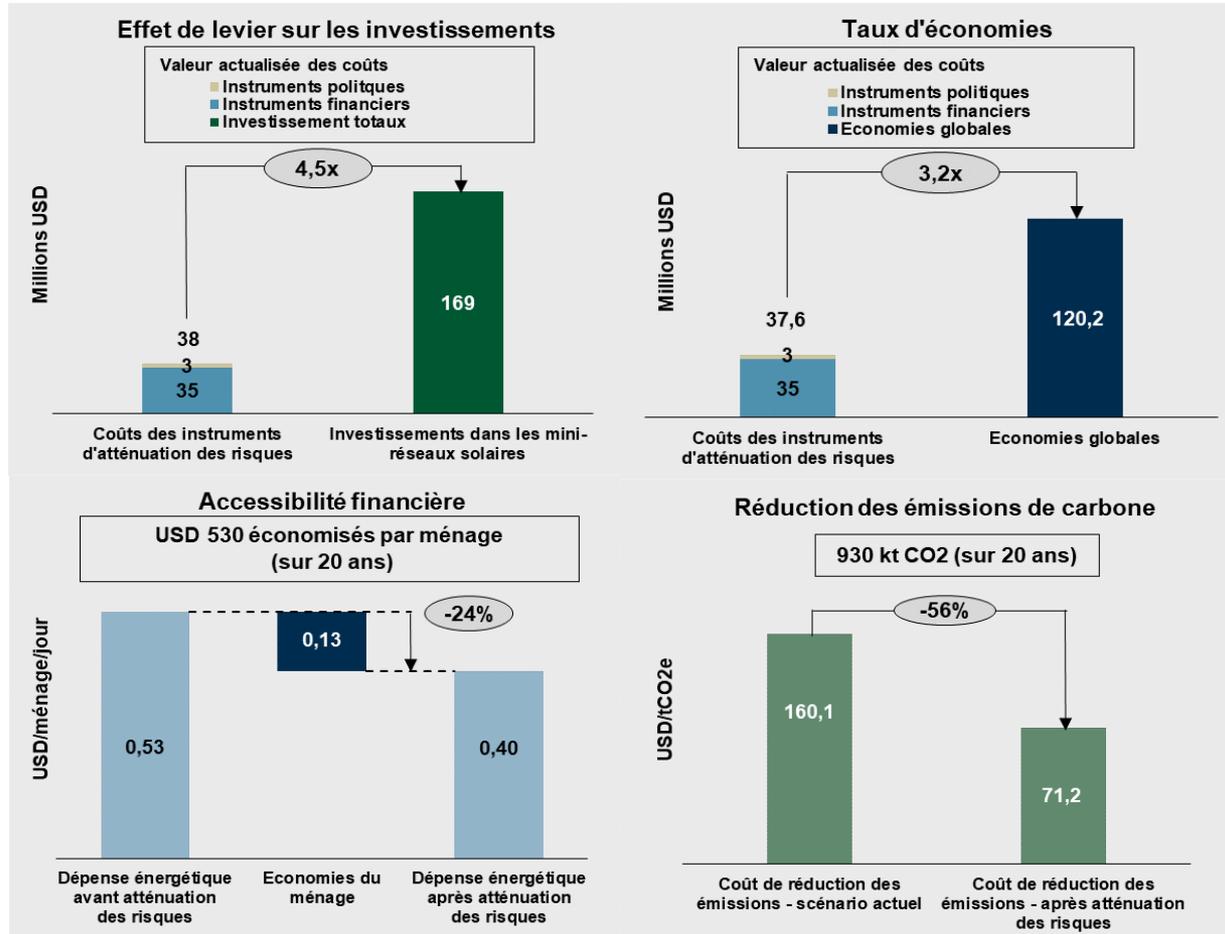
4.4 Indicateurs de performance (Etape 4)

- Les indicateurs de performance du modèle, qui évaluent les impacts de l'ensemble d'instruments d'action publique d'atténuation des risques relatifs à l'objectif pour les mini-réseaux solaires à l'horizon 2030 au Burkina Faso, sont présentés Figure 6.
- Chacun des quatre indicateurs prend une perspective différente:
 - L'**effet de levier sur les investissements** montre l'efficacité des instruments d'action publique à catalyser les investissements, en comparant le coût total des instruments d'action publique avec le montant total des investissements par le secteur privé.
 - Le **taux d'économies** prend une perspective sociale en comparant le coût des instruments d'atténuation des risques déployés avec les économies réalisées par la société grâce au déploiement de ces instruments.
 - L'**accessibilité financière** adopte la perspective du consommateur d'électricité en comparant le coût de production de l'électricité dans le scénario après atténuation des risques avec le coût dans le scénario de référence..
 - La **réduction des émissions de carbone** prend la perspective de la mitigation des changements climatiques en considérant le potentiel de réduction des émissions de carbone et en comparant les coûts de réduction des émissions par tonne de CO₂ évitée. Cet indicateur peut être utile pour comparer les prix du carbone.
- Dans leur ensemble, les indicateurs de performance pour les mini-réseaux solaires montrent comment le déploiement d'instruments publics d'atténuation des risques peut de manière significative augmenter la compétitivité et l'amorçabilité des mini-réseaux solaires au Burkina Faso.
 - Par exemple, l'effet de levier sur les investissements montre que l'atténuation des risques constitue une utilisation efficace des fonds publics. Pour l'objectif de 37,13 MW de capacité de mini-réseaux solaires jusqu'en 2030, on estime la nécessité de 169,04 millions d'USD d'investissements du secteur privé. La modélisation montre que dans le scénario actuel, des subventions visant à combler la différence de prix avec les mini-réseaux au diesel seraient de 92,97 millions d'USD. Dans le scénario après l'atténuation des risques, l'ensemble d'instruments publics dont le coût total est évalué à 37,62 millions d'USD permettrait d'éliminer la nécessité de ces subventions et réaliser des économies supplémentaires de 27,19 millions d'USD sur 20 ans, ce qui crée un effet de levier sur les investissements de 4,5.

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.4 Indicateurs de performance (Etape 4)

Figure 6 : Indicateurs de performance pour l'ensemble d'instruments publics d'atténuation des risques sélectionnés afin de promouvoir l'investissement dans 37,13 MW de capacité de mini-réseaux solaires au Burkina Faso



Source: modélisation ; voir le Tableau 8 (Annexe A) et le document "Méthodologie et hypothèses" pour plus de détails.

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.5 Sensibilités (Etape 4)

- Des analyses de sensibilités ont été réalisées afin d’obtenir une meilleure compréhension de la robustesse des résultats et afin de tester différents scénarios.
- Quatre principaux types d’analyses de sensibilité ont été réalisés:
 - Principales données d’entrée du modèle
 - Coûts des instruments financiers d’atténuation des risques
 - Subventions au capital
 - Profils de charge

Principales données d’entrée du modèle

Tableau 5 : Analyses de sensibilité des principales données d’entrée du modèle sur les LCOE – LCOE en centimes d’USD

TYPES DE SENSITIVITÉ	DESCRIPTION DE LA SENSITIVITÉ	LCOE CAS BASE	LCOE MINI-RÉSEaux SCÉNARIO ACTUEL	LCOE MINI-RÉSEaux APRÈS ATTÉNUATION DES RISQUES
Cas base		65,5	93,4	70,8
Coûts d’investissement	Coûts d’investissement : +15%	=	107,4	81,5
	Coûts d’investissement : -15 %	=	79,4	60,2
Coûts d’opération	Coûts d’opération = 5% des coûts d’investissement	=	99,9	77,6
Irradiation solaire moyenne	5573 Wh/m ² /jour (cas base: 6045)	=	96,1	72,9
Inflation du prix du diesel	5 % (cas base: 2,5%)	70,9	93,4	70,8
Coûts de financement	- 1% sur les coûts des fonds propres avant atténuation des risques et sur le coût des prêts publics	64,6	89,7	69,5
	+ 1% sur les coûts des fonds propres avant atténuation des risques et sur le coût des prêts publics	66,4	97,0	72,1

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.5 Sensibilités (Etape 4)

Coûts des instruments financiers d'atténuation des risques

Cette analyse de sensibilité considère un scénario de coûts d'instruments financiers d'atténuation des risques réduit, par le biais de deux considérations. Le résultat est une augmentation significative de l'effet de levier sur les investissements et les économies.

- La perception des acteurs du secteur des mini-réseaux solaires en relation au risque de marché de l'énergie, qui comprend le risque de connexion au réseau national pendant la durée de vie de l'investissement, est de niveau moyen, ainsi que la perception de l'efficacité des instruments proposés. Pour cela, une étude de sensibilité a considéré l'option de ne pas implémenter l'instrument financier de compensation pour la connexion au réseau national, en raison de son coût élevé.

Subventions au capital

Considérant le très faible pouvoir d'achat de la grande majorité de la population du Burkina Faso ainsi que les tarifs relativement bas de l'électricité pour les consommateurs du réseau national et les tarifs réglementés actuellement pour l'électricité en zones rurales (en moyenne de 17 centimes d'USD par kWh), une certaine pression pour maintenir les tarifs de l'électricité pour les consommateurs connectés aux mini-réseaux à un niveau similaire. Pour cela, des subventions aux investissements sont considérées comme nécessaires, en particulier pour éviter le rejet social si les tarifs des mini-réseaux sont jugés trop élevés par les populations rurales. Cette étude de sensibilité permet donc de comparer les effets de subventions à hauteur de 25%, 50% et 75% de l'investissement initial des mini-réseaux avec les effets promus par les instruments publics d'atténuation des risques.

Le tableau 6 présente les principaux résultats de la simulation relatifs à ces sensibilités.

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.5 Sensibilités (Etape 4)

Tableau 6 : Analyses de sensibilité des LCOE et autres résultats du modèle aux subventions aux investissements et aux coûts des instruments financiers d'atténuation des risques – LCOE en centimes d'USD

Description de la sensibilité	LCOE diesel	LCOE mini-réseaux, scénario actuel	LCOE mini-réseaux après atténuation des risques	Coût des instruments publics*	Coût des subventions	Effet de levier sur les investissements	Ratio d'économies
Cas base	65,5	93,4	70,8	37,6 millions USD	0	4,5	3,2
Sans compensation pour connexion au réseau		93,3	72,2	29,56 millions	0	5,8	3,9
Subvention – 25 % de l'investissement		74,2	57,4	28,86 millions USD	42,26 millions USD	1,8	1,3
Subvention – 50 % de l'investissement		54,9	44,0	20,11 millions USD	84,52 millions USD	0,8	0,6
Subvention – 75 % de l'investissement		35,7	31,2	10,25 millions USD	126,78 millions USD	0,3	0,1
Subvention – 29,5% de l'investissement		70,7	70,8**		49,87 millions USD		

Une subvention de 29,5% du coût des investissements dans les mini-réseaux solaires permet, sans atténuation des risques, d'atteindre un LCOE des mini-réseaux solaires similaire au LCOE après atténuation des risques. Le coût public des subventions dans ce cas est de 49,87 millions d'USD, contre un coût total évalué à 37,6 millions pour des instruments publics dans le cas base.

* Hors subventions

** Sans subvention

4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Burkina Faso

4.5 Sensibilités (Etape 4)

Profils de charge – demande de la tour de télécommunications et demande des activités productives

Les coûts d'investissements dans les mini-réseaux solaires PV/batteries présentent une tendance à une dépendance élevée au profil de charge. En effet, si la demande en électricité est concentrée dans la soirée, comme c'est le cas pour les ménages, la capacité de la batterie devra être proportionnellement plus élevée, afin de garantir l'accumulation pendant la journée d'une quantité d'énergie suffisante pour répondre à la demande des ménages. Toutefois, si une demande productive pendant la journée existe et est suffisamment élevée, la capacité relative de la batterie sera plus faible, avec un impact moindre sur les coûts de financement.

Considérant ces tendances, des analyses de sensibilité ont été réalisées pour prendre en compte:

- L'utilisation d'une tour de télécommunications, qui représente une demande constante élevée (4 kW)
- Une demande productive doublée par rapport au scénario de base

Les principaux résultats du modèle sont présentés dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7: Analyses de sensibilité des LCOE au profil de demande en électricité - USD

Sensibilité	Capacité solaire PV - kWc	Capacité de la batterie - kWh	Coûts d'investissement – USD/kWc	LCOE cas base	LCOE mini-réseaux scénario actuel	LCOE mini-réseaux après atténuation des risques
Cas base	40,1	131	4.802	75,9	93,7	70,8
Avec tour de télécommunications	62,9	208	4.171	57,8	84,6	64,4
Avec une demande productive doublée	49,7	139	4.070	67,5	81,1	61,5

Cette analyse confirme les considérations préliminaires qualitatives. Toutefois, il convient de remarquer que pour une même capacité totale installée, le nombre de mini-réseaux et donc de ménages bénéficiant de l'électrification sera réduit dans un scénario de demande productive élevée. Pour cela, un objectif en termes de ménages ayant accès à l'électricité par le biais de mini-réseaux demandera des volumes d'investissement plus importants.

5. Conclusions (1/2)

- Les résultats du présent rapport ne doivent pas être interprétés comme une analyse quantitative définitive des mini-réseaux solaires photovoltaïques au Burkina Faso, mais plutôt comme une contribution à un processus de prise de décisions politiques plus global.
- La modélisation réalisée a permis la sélection et examiné l'efficacité en termes de coûts-bénéfices, d'instruments d'action publique d'atténuation des risques visant à atteindre un objectif d'investissement privé à l'horizon 2027 dans 926 mini-réseaux solaires, permettant l'accès à l'électrification rurale de 1.296.270 habitants avec un niveau de service de Tier 2 à 3. Ces mesures publiques, qui consistent en un ensemble d'instruments politiques et financiers, visent de manière systématique les risques identifiés.
- Le mini-réseau type, illustratif, considéré dans cette étude dessert 200 ménages (pour une population de 1400 habitants), ainsi qu'une demande productive (13 abonnés) et les infrastructures sociales (5 à 6 abonnés) correspondantes. Il possède une puissance installée de production solaire photovoltaïque polycrystalline de 40,1 kWc et une capacité de stockage à base de batteries Lithium-Ion de 130,8 kWh, ce qui permet de répondre à 95% de la demande.
- Les résultats confirment que les coûts de financement pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso sont actuellement élevés, en particulier en comparaison avec des pays dont les environnements d'investissement sont plus favorables.
 - Le coût des fonds propres pour les mini-réseaux solaires sont actuellement estimés à 20%, et le coût de la dette à 12%, toutefois il apparaît que les opportunités réelles d'obtention de financements sont très limitées.
 - La modélisation évalue dix catégories de risques selon leur contribution aux coûts de financement plus élevés. Les 4 risques les plus importants sont le risque de financement, le risque promoteur, le risque souverain et le risque de marché de l'énergie, qui contribuent chacun à près de, ou plus d'un point de pourcentage aux coûts plus élevés des fonds propres. A ces catégories doit être ajouté le risque de crédit de l'utilisateur final, qui malgré les scores relativement faibles obtenus au cours des entretiens, représente un obstacle important reconnu par le PNUD et ses partenaires dans le cadre des projets d'électrification rurale..

5. Conclusions (2/2)

- La modélisation montre que l'investissement dans des mesures d'atténuation des risques pour faire face aux risques d'investissement est avantageux financièrement par rapport au seul paiement de subventions à l'investissement, en particulier en relation aux économies globales pour la société, calculées comme la réduction de la valeur présente de la compensation tarifaire (les coûts des instruments publics déduits).
- Toutefois, le recours aux subventions à l'investissement est encore nécessaire afin d'atteindre un coût de production de l'électricité proche des tarifs appliqués sur le réseau interconnecté.
- Les principaux instruments publics recommandés sont:
 - (i) la mise à jour de la réglementation relative aux mini-réseaux afin de pallier aux lacunes signalées (calcul des tarifs, normes techniques, compensation financière pour l'intégration au réseau),
 - (ii) la publication et mise à jour régulière d'un Plan Directeur d'Electrification Rurale
 - (iii) la stimulation de l'utilisation productive de l'électricité par des formations et des programmes de crédit,
 - (iv) des prêts et garanties publiques,
 - (v) des programmes d'assistance technique aux promoteurs et aux institutions financières et
 - (vi) des assurances risques politiques.
- Ces instruments ont été sélectionnés car: (i) ils manquent à la formation d'un environnement propice à l'investissement privé (en particulier la réglementation complète), (ii) ils permettent de réduire des obstacles dans des catégories de risques jugées les plus critiques par les acteurs du secteur (capacité de paiement des consommateurs, connaissances techniques des différents acteurs impliqués) ou (iii) ils permettent de directement stimuler l'offre de financements, en particulier d'offres de dette.

Annexe A: Tableau résumé des hypothèses de modélisation

Tableau 8 : Résumé des données et hypothèses de modélisation pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso

OBJECTIFS ET RESSOURCES EN MATIÈRE DE SOLAIRE PV		
Objectifs pour 2030 (en MWh)		37,13
Irradiation moyenne (en kWh/m ² /jour)		6045
Production énergétique annuelle totale pour atteindre l'objectif (en MWh)		57.754
RÉFÉRENCE MARGINALE		
Mini-réseaux au diesel		100%
Facteur d'émissions (kgCO ₂ e/kWh)		0,806
DONNÉES GÉNÉRALES DU PAYS		
Impôt effectif sur les sociétés (%)		30%
Coût public du capital (%)		6,20%
COÛTS DE FINANCEMENT	Scénario de référence	Scénario après atténuation des risques
Structure du capital Répartition dette/fonds propres	0%/100%	50%/50%
Coût de la dette		
Prêts publics subventionnés	N/A	9%
Prêts commerciaux avec garanties publiques	N/A	N/A
Prêts commerciaux sans garanties publiques	12%	12%
Durée des prêts (années)		
Prêts publics subventionnés	N/A	10 ans
Prêts commerciaux avec garanties publiques	N/A	N/A
Prêts commerciaux sans garanties publiques	5 ans	5 ans
Coût des fonds propres	20%	15,2%
Coût moyen pondéré du capital (CMPC) (après impôts)	20%	13,0%

Source: modélisation; voir le document "Méthodologie et hypothèses" pour plus de détails.

Annexe A: Tableau résumé des hypothèses de modélisation, suite

Tableau 8 : Résumé des données et hypothèses de modélisation pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso (2e partie)

	Scénario de référence	Scénario après atténuation des risques
Coût d'investissement moyen pour un mini-réseau (en USD)	182.546	182.546
Structure du capital		
Fonds propres	182.546	91.273*
Dette publique	0,0	91.273*
Investissement total (en millions d'USD)	169,04	169,04
COÛT DES INSTRUMENTS PUBLICS		
Instruments politiques d'atténuation des risques (en millions d'USD, valeur actuelle)		
Instruments concernant le risque du marché de l'énergie	N/A	0,5
Instruments concernant le risque de rejet social	N/A	0,26
Instruments concernant le risque numérique	N/A	0,02
Instruments concernant le risque lié au matériel	N/A	0,36
Instruments concernant le risque lié à la main d'œuvre	N/A	0,01
Instruments concernant le risque promoteur	N/A	0,52
Instruments concernant le risque de financement	N/A	0,85
Instruments concernant le risque de crédit de l'utilisateur final	N/A	0,48
Instruments concernant le risque de devise	N/A	0,015
Total		2,58
Instruments financiers d'atténuation des risques (en millions d'USD, valeur actuelle)		
Instruments concernant le risque de marché	N/A	8,64
Instruments concernant le risque promoteur	N/A	10,56**
Instruments concernant le risque de financement	N/A	10,56**
Instruments concernant le risque de crédit de l'utilisateur final	N/A	10,56**
Instruments concernant le risque souverain	N/A	15,85
Total		35,06
Incitations financières directes (en millions d'USD)		
Valeur actuelle des subventions sur 20 ans	0,0	0,0

Source: modélisation; voir le document "Méthodologie et Hypothèses" pour plus de détails.

Annexe B: Tableau des instruments d'action publique, première partie

Tableau 9 : Tableau des instruments d'action publique pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso, 1e partie

CATÉGORIE DE RISQUE	DESCRIPTION	OBSTACLES		ÉVENTAIL D'INSTRUMENTS À LA DISPOSITION DU SECTEUR PUBLIC			
		OBSTACLES SOUS-JACENTS	PARTIES PRENANTES	INSTRUMENTS POLITIQUES D'ATTÉNUATION DES RISQUES		INSTRUMENTS FINANCIERS D'ATTÉNUATION DES RISQUES	
				ACTIVITÉ	DESCRIPTION	ACTIVITÉ	DESCRIPTION
1. Risque de marché dans le secteur de l'énergie	Risque lié aux limites et aux incertitudes inhérentes au marché de l'énergie (hors réseau et en réseau) en termes de perspectives du marché, d'accès, de prix et de concurrence	<i>Perspectives du marché</i> : Absence de volonté politique et/ou incertitude quant aux objectifs nationaux ou par État en matière d'électrification et d'investissement dans les mini-réseaux à base d'énergies renouvelables.	Décideurs du secteur de l'énergie ; législateurs ; administrateurs ; services publics ; opérateurs de réseau ; régulateurs.	Susciter la volonté politique requise et fixer des objectifs réalistes et transparents, en utilisant des indicateurs d'électrification à plusieurs niveaux	La volonté politique étant considérée forte, cet instrument est réduit à la diffusion et actualisation du Plan Directeur d'Électrification Rurale		
		<i>Accès au marché, concurrence et expansion du réseau</i> : Limitations et difficultés d'accès au marché de l'électrification, notamment en raison des réglementations gouvernementales et des promoteurs de mini-réseaux ; incertitude concernant la concurrence future potentielle dans le domaine de l'électrification ; politiques de planification et d'extension du réseau peu claires ou inexistantes.		Établir une approche réglementaire complète (révision du Décret existant sur l'électrification rurale), comportant deux régimes cohabitant : régime de réglementation allégé (sans licence) et régime de réglementation complet (sous licence).	Régime allégé (sans licence) : Mettre en place un mécanisme simple permettant aux promoteurs de mini-réseaux de s'auto-enregistrer et de fournir des rapports annuels de base ; les promoteurs de mini-réseaux auto-enregistrés bénéficient d'un droit de préemption sur les concessions au titre du régime complet. Régime complet (sous licence) : Développer/renforcer les capacités des institutions (par ex., agences d'électrification rurale ou organismes de réglementation) ; déterminer les régions visées par la production d'électricité hors réseau au niveau national ou de l'État ; établir des concessions clairement définies (par ex., en termes de taille, d'années d'exploitation, d'objectifs ou de regroupement) pour les promoteurs de mini-réseaux ; mettre en oeuvre un mécanisme bien conçu pour accorder des concessions exclusives aux.		Régime complet (sous licence) : Établir un système de compensation (par ex., des subventions par kWh ou des options de sortie) en cas d'extension du réseau.
		<i>Tarifs</i> : incertitudes inhérentes à la rigidité de la réglementation des tarifs d'électricité applicables aux mini-réseaux.		Les promoteurs de mini-réseaux peuvent choisir de fonctionner sous l'un ou l'autre régime. Le régime allégé n'offre pas d'exclusivité ni d'accès au financement et aux subventions du gouvernement (voir les catégories de risque suivantes)	Régime allégé (sans licence) : Aucun contrôle tarifaire. Régime complet (sous licence) : Intégrer une méthodologie pour le calcul des tarifs autorisés		
		<i>Normes techniques</i> : Manque de clarté, incertitudes et/ou incohérences dans les exigences techniques gouvernementales liés aux mini-réseaux en ce qui concerne : i) la qualité de service ; et ii) l'intégration au réseau, le cas échéant.		Établir deux approches distinctes mais cohabitant : i) régime allégé (sans licence) ; et ii) régime complet (sous licence)	Régime allégé (sans licence) : Conformité volontaire aux normes du régime complet. Régime complet (sous licence) : Développer des normes/exigences techniques équilibrées en matière de qualité de l'électricité et d'intégration au réseau, soutenues par une mise en application active		
2. Risque de rejet social	Risques liés au manque de sensibilisation et à la résistance aux énergies renouvelables et aux mini-réseaux dans les communautés	<i>Subventions concurrentes</i> : Concurrence du diesel et du kérosène subventionnés (principalement utilisés pour l'éclairage) ; perceptions négatives des tarifs des mini-réseaux en raison de l'électricité subventionnée distribuée par le réseau.	Grand public ; ONG ; entreprises en place	Établir deux approches distinctes mais cohabitant : i) régime allégé (sans licence) ; et ii) régime complet (sous licence)	Régime allégé (sans licence) : Conformité volontaire aux normes du régime complet. Régime complet (sous licence) : Développer des normes/exigences techniques équilibrées en matière de qualité de l'électricité et d'intégration au réseau, soutenues par une mise en application active		
		Résistance de la part du grand public et des communautés locales en raison de leur méconnaissance de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables ; fausses informations/perceptions et manque de sensibilisation aux offres de mini-réseaux ; résistance des entreprises en place (notamment celles qui opèrent à partir de la production d'énergie fondée sur des groupes diesel) et des utilisateurs de systèmes solaires domestiques (SHS), perturbés par les mini-réseaux.		Reformer les subventions aux énergies fossiles et à l'électricité distribuée dans le réseau	Il n'a pas été jugé possible par les acteurs de réduire les subventions existantes dans le secteur de l'électricité		
3. Risque lié au matériel	Risque découlant des limites en termes de qualité et de disponibilité du matériel servant à la construction des mini-réseaux, ainsi que du traitement en douane de ce type de matériel	<i>Qualité du matériel</i> : manque d'accès aux informations sur la qualité, la fiabilité (performances) et le coût du matériel ; manque de clarté ou incertitude concernant les normes techniques gouvernementales destinées à garantir la sécurité du matériel des mini-réseaux ; absence de garanties pour des composants.	Chaîne d'approvisionnement technologique ; organisme de réglementation technique ; douanes (accises).	Développer et coordonner des campagnes d'impact communautaire et de sensibilisation de la population en général	Campagnes de sensibilisation du public ; dialogues avec les parties prenantes et ateliers réunissant les décideurs, les ONG, les communautés, les dirigeants communautaires et les utilisateurs finaux.		
		<i>Disponibilité du matériel</i> : absence de marché concurrentiel pour l'achat de matériel (auprès de fournisseurs nationaux et internationaux) ; manque de matériel adapté au contexte local (le cas échéant).		Établissement de projets pilote favorisant l'implication communautaire	Instrument considéré comme déjà existant		
		<i>Douane</i> : lourdeur des procédures de dédouanement pour l'importation de matériel entraînant des retards de livraison ; droits de douane dissuasifs sur le matériel des mini-réseaux, en particulier lorsque comparé à d'autres secteurs.		Établir une certification et des normes pour le matériel.	Développer, mettre à jour (si nécessaire), diffuser et appliquer de manière transparente les normes de performance technique et de sécurité ; exiger des garanties minimales pour les composants ; adopter des normes internationalement reconnues et partager les meilleures pratiques, le cas échéant.		
		<i>Garantir un marché ouvert et concurrentiel pour l'achat de matériel.</i>	Cet obstacle n'ayant pas été jugé pertinent par les acteurs, cet instrument n'a pas été considéré dans l'étude				
			Procédures douanières rationalisées et cohérentes ; réforme du système des droits de douane dissuasifs.	Réduction des étapes administratives douanières et des délais de réponse au public ; mécanismes de recours efficaces et accélérés. Il existe déjà des exemptions de droits de douane et TVA à l'importation, nécessité seulement de clarifier les conditions et processus de libération			

Source: auteurs, adapté de Atténuation des risques des investissements dans les énergies renouvelables : électrification hors réseau (Waissbein , Bayraktar et Henrich 2018)

Annexe B: Tableau des instruments d'action publique, deuxième partie

Tableau 9 : Tableau des instruments d'action publique pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso, 2e partie

CATÉGORIE DE RISQUE	DESCRIPTION	BARRIERS		ÉVÉNAIL D'INSTRUMENTS À LA DISPOSITION DU SECTEUR PUBLIC			
		OBSTACLES SOUS-JACENTS	PARTIES PRENANTES	INSTRUMENTS POLITIQUES D'ATTÉNUATION DES RISQUES		INSTRUMENTS FINANCIERS D'ATTÉNUATION DES RISQUES	
				ACTIVITÉ	DESCRIPTION	ACTIVITÉ	DESCRIPTION
4. Risque numérique	Risques liés à l'utilisation des réseaux cellulaires aux fins de monitoring et des télépaiements ; risques inhérents à l'utilisation de logiciels ; abus relatifs aux données des utilisateurs	Réseaux cellulaires et paiement mobile : manque de couverture mobile dans les zones rurales où l'électrification est nécessaire ; dépendance excessive à l'égard d'un opérateur unique pour un service mobile fiable et le traitement des paiements ; insuffisance des paiements mobiles ou limitations dues aux frais liés aux transactions des paiements mobiles.	Décideurs du secteur des télécommunications ; organismes de réglementation ; opérateurs de réseaux mobiles ; fournisseurs de logiciels	Réglementation bien conçue en matière de télécommunications autorisant une couverture universelle compétitive et l'accès à l'argent mobile.	Réglementation des zones de couverture et de la concurrence pour les opérateurs de réseaux de téléphonie mobile ; réglementation garantissant un marché de l'argent mobile compétitif, y compris des frais raisonnables pour les transactions.		
		Logiciels : standardisation limitée des logiciels et des interfaces pour les données et les opérations de back-end des promoteurs de mini-réseaux et sur les plateformes de paiement mobile.		Appui du gouvernement à la constitution d'associations industrielles aux fins de l'établissement de normes et du partage des meilleures pratiques.	Encourager l'engagement des opérateurs de réseau, des sociétés d'argent mobile, des promoteurs de mini-réseaux par le biais d'associations industrielles et de groupes de travail technologiques aux fins d'établir des normes pour la numérisation de la fourniture de services énergétiques.		
		Abus relatifs aux données des utilisateurs : abus possibles au niveau de la confidentialité des données des utilisateurs en matière de paiements et d'utilisation ; manque de compréhension et de clarté dans l'utilisation des données des utilisateurs.		Initier une réglementation équilibrée pour la protection des données des utilisateurs.	Cet obstacle n'ayant pas été jugé pertinent par les acteurs, cet instrument n'a pas été considéré dans l'étude		
5. Risque de main d'œuvre	Risques liés au manque de travailleurs qualifiés et/ou spécialisés dans le domaine	Absence d'offres compétitives sur le marché du travail en termes de candidats instruits, qualifiés et spécialisés, ce qui entraîne des coûts plus élevés, l'embauche de personnel non local et des performances sous-optimales.	Population active ; instituts de formation, établissements éducatifs.	Programmes pour développer un marché du travail compétitif et qualifié dans les énergies renouvelables (tous les rôles).	Apprentissages, certificats et programmes universitaires pour le renforcement des compétences dans les énergies renouvelables (par exemple, ingénierie, marketing, gestion des entreprises).		
6. Risque promoteur	Risques découlant des limites de l'exploitant du mini-réseau, en termes de capacité de gestion, de solvabilité et de trésorerie.	Capacité de gestion : manque de compétences et d'expérience des cadres supérieurs pour assurer une exécution efficace du projet (planification commerciale, structuration financière, conception de l'usine (évaluation des ressources et de la demande), installation, exploitation et maintenance) et gérer les défis (informations limitées, événements imprévus)	Exploitants demini-réseaux (CPE)	Appui du gouvernement en faveur de l'amélioration des flux d'informations et des effets de réseau	Appui du gouvernement à la création d'une association industrielle et à la mise en place des premières conférences de l'industrie ; diffusion des résultats de l'évaluation des ressources nationales de haut niveau ; études universitaires financées par le gouvernement. Assistance technique aux développeurs		
		Solvabilité et solidité des flux de trésorerie du promoteur : incapacité du promoteur à obtenir un financement à faible coût auprès des investisseurs en raison d'un manque de solvabilité ou de flux de trésorerie insuffisants pour répondre aux exigences de rendement des investisseurs			Prêts publics, lignes de crédit, garanties et/ou fonds propres aux exploitants de mini-réseaux	Prêts publics directs aux exploitants de mini-réseaux ; lignes de crédit, garanties publiques aux banques commerciales qui prêtent des fonds aux exploitants de mini-réseaux ; participations publiques au capital des exploitants de mini-réseaux.	
7. Risque de crédit de l'utilisateur final	Risque découlant de la volonté et de la capacité des clients de payer pour les services d'électricité et des modes de paiement disponibles à cet effet	Manque d'informations sur la solvabilité de l'utilisateur final : Manque de données sur le crédit des utilisateurs finaux permettant d'évaluer la capacité de ces derniers à s'acquitter des frais de connexion initiaux, des factures d'électricité en cours et des équipements auxiliaires (par exemple, les lumières et les appareils).	Utilisateurs finaux (ménages, entreprises, organismes publics) ; acteurs du crédit à la consommation (banques de détail, acteurs intervenant dans le traitement des données de crédit et organismes de réglementation) ; crédit à la consommation.	Faciliter la croissance du secteur des données sur le crédit à la consommation	Lorsque cela est possible, mise en place d'un schéma d'identification électronique parrainé par le gouvernement ; promotion d'une approche réglementaire équilibrée en matière de financement et de protection de la vie privée autorisant la collecte de données concernant le crédit par le secteur privé ; mise à l'essai de solutions/platformes fintech pour l'analyse des données de crédit		
		Mauvaise solvabilité et non-paiement : Risque de paiement retardé, de paiement réduit ou de non-paiement des clients en raison d'une mauvaise solvabilité, d'un manque de fonds, du vol d'électricité et de la dynamique sociale.		Rehausser la capacité de l'utilisateur final à améliorer sa solvabilité au fil du temps	Deux approches complémentaires : (i) Faciliter l'accès au crédit à la consommation (par ex., schéma d'identification électronique parrainé par le gouvernement ; réforme générale du crédit à la consommation ; paiements mobiles) ; (ii) promouvoir l'utilisation productive de l'électricité (par ex., établir un réseau d'inubateurs et de conseillers pour le développement des entreprises fournissant des formations et des conseils portant notamment sur les mini-réseaux)	Deux approches possibles pour aborder le risque de crédit : i) Prêts publics, lignes de crédit, garanties et/ou fonds propres aux exploitants de mini-réseaux ; ii) acheteur (de la production) auprès du gouvernement par le biais d'un contrat d'achat d'électricité (CAE/PPA). Gouvernement pas approuvé comme acheteur solvable	(i) Prêts publics directs au promoteur de mini-réseau ; garanties publiques aux banques commerciales qui prêtent à l'exploitant du mini-réseau ; participations publiques au capital des exploitants de mini-réseaux ; (ii) conclusion par le gouvernement, en qualité de fournisseur intermédiaire, d'un CAE/PPA avec le promoteur de mini-réseau. L'électricité est achetée par le client final. Cette approche de transfert des risques ou d'atténuation des risques financiers peut être combinée à une subvention par l'État (financement financier direct), afin de répondre aux préoccupations concernant l'abordabilité.
		Insuffisance des canaux de crédit à la consommation et de la réglementation offerte		Mandats gouvernementaux pour garantir à aux mini-réseaux des locataires des solvables	Ombles et mandats du gouvernement exigeant des acteurs solvables, dans le secteur privé (par ex., antennes-relais de téléphonie mobile) et le secteur public (par ex., établissements de crédit) d'obtenir leur électricité à partir de mini-réseaux à base d'énergies renouvelables -secteur public non approuvé par les acteurs comme acteurs solvables		
				Réglementations bien conçues relatives aux financements et aux télécommunications pour améliorer l'accès des zones rurales au crédit à la consommation	Etablir des réglementations financières et dans les télécommunications pour permettre l'établissement de micro-crédits, argent mobile, etc. à des coûts de transaction acceptables (i.e., tarifs des opérateurs de réseaux de téléphonie mobile pour l'argent mobile)		

Source: auteurs, adapté de Atténuation des risques des investissements dans les énergies renouvelables : électrification hors réseau (Waissbein , Bayraktar et Henrich 2018)

Annexe B: Tableau des instruments d'action publique, troisième partie

Tableau 9 : Tableau des instruments d'action publique pour les mini-réseaux solaires au Burkina Faso, 3e partie

BARRIERS				ÉVENTAIL D'INSTRUMENTS À LA DISPOSITION DU SECTEUR PUBLIC			
CATÉGORIE DE RISQUE	DESCRIPTION	OBSTACLES SOUS-JACENTS	PARTIES PRENANTES	INSTRUMENTS POLITIQUES D'ATTÉNUATION DES RISQUES		INSTRUMENTS FINANCIERS D'ATTÉNUATION DES RISQUES	
				ACTIVITÉ	DESCRIPTION	ACTIVITÉ	DESCRIPTION
8. Risque de financement	Risques liés à la pénurie de capitaux des investisseurs nationaux (dette et fonds propres) dans les mini-réseaux et au manque de familiarité des investisseurs nationaux avec les mini-réseaux et les structures de financement appropriées.	Pénurie de capitaux - contraintes de liquidité dans les banques nationales: disponibilité limitée de prêts nationaux à long terme en raison des exigences de réserves bancaires élevées.	Investisseurs nationaux (fonds propres et dette); organisme de réglementation des investisseurs du secteur financier	Réformer les réserves obligatoires pour les prêts nationaux aux entreprises – option limitée par les réglementations de l'UMOA	En raison des réglementations de l'UMOA, cet instrument ne pourra pas être implémenté	Prêts publics, lignes de crédit, garanties et/ou fonds propres aux exploitants de mini-réseaux pour remédier à la pénurie de capitaux.	Prêts publics directs aux exploitants de mini-réseaux; lignes de crédit, garanties publiques aux banques commerciales qui prêtent des fonds aux exploitants de mini-réseaux; participations publiques au capital des exploitants de mini-réseaux.
		<i>Pénurie de capitaux - secteur financier national sous-développé</i> : Faible nombre d'intervenants bien capitalisés (dette, fonds propres, assurance, retraites); manque de clarté réglementaire sur les nouveaux types de produits financiers.		Libéraliser le secteur financier national	Libéralisation du secteur financier national en y introduisant la concurrence; réformes permettant d'introduire et de faciliter de nouveaux types de financement (par ex., financement participatif, prêts entre pairs).		
		<i>Pénurie de capitaux - incitatifs et mandats concurrents</i> : les politiques existantes incitent ou mandatent le secteur financier national (banques, fonds de pension) à investir dans des secteurs alternatifs concurrents aux mini-réseaux.		Libéraliser le secteur financier national	Approche équilibrée des incitatifs dans tous les secteurs; introduction d'incitatifs, d'objectifs et d'exigences obligatoires en matière de prêt pour les énergies renouvelables, les mini-réseaux et l'électrification.		
		<i>Expérience limitée des investisseurs nationaux avec les mini-réseaux</i> : manque d'informations, de compétences et d'expérience qui permettraient aux investisseurs nationaux d'évaluer les projets de mini-réseaux; absence de réseautage et de ses effets (investisseurs, opportunités d'investissement) constatée sur les marchés établis; manque de familiarité et de compétences avec les structures financières appropriées.		Renforcer les connaissances et les capacités des investisseurs nationaux (dette et fonds propres) en matière de mini-réseaux à base d'énergies renouvelables	Dialogues et conférences sur le financement des mini-réseaux et de l'électrification; ateliers et formations à l'intention des investisseurs sur l'évaluation des projets et la structuration financière		
9. Risque de devise	Risques liés à l'asymétrie de devises entre les revenus perçus en monnaie nationale et le financement libellé en devises fortes.	Incertitudes dues à la volatilité de la monnaie locale; fluctuations défavorables des taux de change, ce qui fait que les recettes en monnaie nationale ne sont pas suffisantes pour assurer le service de la dette et des fonds propres; incapacité à couvrir de manière rentable l'exposition au risque de change en raison de la pénurie de liquidités sur les marchés des produits dérivés de change.	Risque macro-économique	Appui gouvernemental au développement à long terme de marchés nationaux liquides de produits dérivés de change.	Réformes réglementaires permettant la négociation de produits dérivés dans les bourses locales; pilotage d'importants contrats gouvernementaux de couverture du risque de change vers les marchés de change nationaux.	Prévoir des instruments permettant de transférer tout ou partie du risque de change au secteur public. Option non considérée en raison du faible impact de cette catégorie de risque et de son caractère complexe.	
10. Risque souverain	Risque résultant d'un ensemble de caractéristiques politiques, économiques, institutionnelles et sociales transversales, propres au pays en question et qui ne sont pas spécifiques aux mini-réseaux	Limitations et incertitudes liées aux conflits, à l'instabilité politique, aux performances économiques, aux événements météorologiques et aux catastrophes naturelles, à la gouvernance juridique, à l'aisance de mener des affaires, à la criminalité et à l'application de la loi, au régime foncier et aux infrastructures dans un pays spécifique.	Risque macro-économique			Le cas échéant, produits de partage des risques par les banques de développement pour faire face aux risques politiques	Le cas échéant, fourniture d'une assurance risques politiques (PRI) couvrant l'expropriation, la violence politique, les restrictions monétaires et la rupture de contrat.

Source: auteurs, adapté de Atténuation des risques des investissements dans les énergies renouvelables : électrification hors réseau (Waissbein, Bayraktar et Henrich 2018)

Annexe C: Hypothèses clés utilisées pour la modélisation

- La méthodologie et les hypothèses complètes de l'étude sont détaillées dans le document "Méthodologie et hypothèses".
- Les hypothèses clés suivantes utilisées pour la modélisation méritent d'être mises en évidence :
- **Estimation de la demande et dimensionnement du système.** La demande en électricité d'un village-type a été évaluée, basée sur les données fournies par un développeur et des études de faisabilité de mini-réseaux solaires réalisés dans le cadre de projets de développement. Quatre catégories de consommateurs ont été considérées : ménages, utilisation productive, structures sociales et communautaires et clients-clés (tours de télécommunication), parmi lesquelles plusieurs types de consommateurs ont pu être décrits. Les capacités de production d'électricité et de stockage du mini-réseau à diesel (scénario de référence) et du mini-réseau solaire PV/batteries types sont calculées en considérant que le mini-réseau doit permettre de fournir 95% de la demande projetée. Pour le mini-réseau avec générateur à diesel, la capacité du générateur est déterminée avec une marge de sécurité de 20%. Pour le mini-réseau solaire PV/batteries, la capacité installée de génération solaire PV et la capacité de stockage des batteries sont calculées par un algorithme de répartition par lequel l'électricité produite par les panneaux solaires est utilisée au moment de sa production, et l'excédent est stocké dans les batteries et déchargé la nuit ou durant les journées nuageuses. Utilisant la fonction « Solver » de Microsoft Excel, les capacités sont optimisées pour le LCOE le plus bas.
- **Coûts d'investissements et coûts d'O&M.** Ces coûts ont été estimés à partir de valeurs fournies par des acteurs (COOPEL et développeurs de mini-réseaux), ainsi qu'utilisés dans les documents de référence de projets de développement ou d'ONG.
- **Conditions de financement pour les mini-réseaux solaires.** Les hypothèses liées au financement des mini-réseaux sont principalement basées sur les entretiens structurés réalisés avec les acteurs du secteur et des recherches bibliographiques, incluant des documents de référence du projet Yeleen de la BAD dont un des objectifs est de favoriser les investissements privés dans les mini-réseaux solaires au Burkina Faso. Actuellement, il n'existe pas d'offre consistante de prêts à long terme pour les projets de mini-réseaux et peu d'opportunités en termes de fonds propres, à des coûts moyens estimés à 20%.
- **Coûts de production de l'électricité et émissions de carbone.** Les coûts moyens actuels de production de l'électricité dans le cas de référence (mini-réseaux au diesel) et pour les mini-réseaux solaires sont calculés par le biais de la formule du LCOE, à partir principalement des hypothèses citées ci-dessus. Les émissions de carbone des mini-réseaux au diesel sont calculées considérant un contenu de 74,35 kgCO₂eq/MJ* et une efficacité de 33,2% du générateur.

* Calculé à partir des facteurs d'émissions de IPCC guideline for National Greenhouse Gas Inventories 2006, Chapter 2, stationary combustion

Annexe C: Hypothèses clés utilisées pour la modélisation

- La méthodologie et les hypothèses complètes de l'étude sont détaillées dans le document "Méthodologie et hypothèses".
- Les hypothèses clés suivantes utilisées pour la modélisation méritent d'être mises en évidence :
- **Objectifs d'investissement.** Le PANER (Plan d'Action National pour les Energies Renouvelables) élaboré en 2015 considérait un objectif de 40 MW en termes de capacité installée par mini-réseaux isolés hybrides et solaires à l'horizon 2030. Le document ne précise pas quelle proportion de cet objectif concerne les mini-réseaux solaires. Afin de mettre à jour cet objectif, cette étude considère un objectif de 15% de la population rurale électrifiée par le biais de mini-réseaux solaires en 2030 (le PANER prévoit 15% de la population rurale ayant accès à l'électrification par mini-réseaux solaires et hybrides) et les projections de l'ONU-DESA en termes de population rurales, ainsi qu'un retard de 6 ans pour prendre en compte la situation actuelle en termes d'implantation de mini-réseaux solaires au Burkina Faso.
- **Calcul du coût des instruments publics – instruments politiques.** Ces coûts ont été estimés à partir d'une estimation du salaire moyen des fonctionnaires potentiellement impliqués dans la formulation, l'implantation et l'accompagnement des instruments politiques d'atténuation des risques sélectionnés ainsi que des coûts de contrats de consultance jugés nécessaires. La Grille indiciaire de la Fonction Publique a été utilisée comme référence et le coût annuel moyen des fonctionnaires à plein temps a été calculé comme la moyenne entre les salaires des fonctionnaires de catégorie A1, A2 et A3, avec des avantages à hauteur de 20% du salaire. Le résultat est un coût annuel moyen estimé à 4.000 USD. Les coûts de contrats de consultance ont été évalués à 200.000, 100.000 et 50.000 USD.
- **Calcul du coût des instruments publics – instruments politiques.** Ces coûts sont calculés par l'outil Financial LCOE, et leurs paramètres peuvent être ajustés.
 - Prêts publics: capital requis pour couvrir les prêts (25% du montant total)
 - Compensation pour la connexion au réseau: 20% des mini-réseaux connectés en 2030, différence entre le tarif moyen du réseau et les coûts actualisés reversés aux opérateurs
 - Garanties de risque politique: coût en réserve alloué pour les indemnités (25% du montant total)

Annexe C: Hypothèses clés utilisées pour la modélisation

Hypothèses technologiques – mini-réseaux solaires PV-batteries batteries Lithium)

Technology Item	Assumption	Source
Objectif en termes de capacité installée en 2030	37.130 kW	Objectifs PANER 2015 révisés: 28 MW mini-réseaux hybrides et solaires
Solar PV technology	Polycrystalline	Acteurs interviewés, choix des auteurs
Capacité installée solaire PV	40,1 kWp	Calculé par l'outil LCOE
Capacité des batteries	131 kWh	Calculé par l'outil LCOE
Coûts d'investissements totaux (2022)	4.552 USD/kWp	Données fournies par les acteurs interviewés et Nigelec
Coût annuel initial d'O&M Inflation annuelle	3% du CAPEX 4%	Données fournies par les acteurs interviewés et Nigelec
Lifetime	20 years	Authors
Irradiation solaire moyenne	6.046 kWh/m ² /jour	Base de données RETScreen - Dori
Facteur d'émissions	0,803 tCO _{2e} /MWh	Auteurs (seules les émissions directes sont considérées)

Hypothèses technologiques – mini-réseaux au diesel

Élément	Hypothèse	Source/Commentaires
CAPEX (USD/kW)	2.338	Données fournies par une COOPEL et bibliographie
OPEX sans combustible (USD/kWh)	0,6 cents	Données fournies par une COOPEL
Inflation de l'OPEX	2,5 %	Acteurs interviewés
Durée de vie (années)	20	Acteurs interviewés
Efficacité	33,2 %	Acteurs interviewés et données de l'étude du Niger
Facteur d'émissions	0,803 kgCO _{2e} /kWh	Méthodologie UNFCCC, considérant 74,35 tonCO ₂ (IPCC) et efficacité du générateur de 33,2%
Financing Item		
Structure du capital	100% fonds propres	Auteurs
Coût des fonds propres	18%	Basé sur le coût des fonds propre pour les mini-réseaux solaires, avec 10% de réduction pour prendre en compte la maturité de la technologie
Durée des prêts	NA	
Dépréciation	Linéaire, 100%	Auteurs

Annexe C: Hypothèses clés utilisées pour la modélisation

Profils de charge - Nombre de chaque type de consommateur d'électricité considéré pour l'évaluation de la demande du village-type

Secteur	Type de consommateur	Nombre/mini-réseau
Ménages	Household	200
Utilisation productive	Restaurant	4
Utilisation productive	Moulin agricole	1
Utilisation productive	Pompe à eau	4
Utilisation productive	Atelier de couture	2
Utilisation productive	Atelier de soudure	2
Infrastructure Sociale	Ecole	1
Infrastructure Sociale	Eclairage public	1
Infrastructure Sociale	Centre de santé	0,5
Infrastructure Sociale	Lieu de culte	2
Infrastructure Sociale	Administration	1
Client-clé	Tour de télécommunications	0
Total Number of End-Users		218,5

Annexe D: Acronymes

ABER	Agence Burkinabé d'Electrification Rurale
AFD	Agence Française de Développement
AFDF	African Development Fund
ALG	Autorité de Développement Intégré des Etats du Liptako Gourma
ANEREE	Agence Nationale des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique
ARSE	Autorité de Régulation du Secteur de l'Energie
ASDI	Agence Suédoise de Développement International
BAD	Banque Africaine de Développement
BID	Banque Islamique de Développement
CEDEAO	Communauté Economique des Etats de l'Afrique Occidentale
CMPC	Coût Moyen Pondéré du Capital
CO2	Dioxyde de Carbone
COPEL	Coopérative d'Electricité
DREI	Derisking Renewable Energy Investment
GCF	Green Climate Fund
IDH	Indice de Développement Humain
IRENA	International Renewable Energy Agency
kW	Kilowatt
kWc	Kilowatt crête
kWh	Kilowatt-heure
LCOE	Levelized Cost Of Energy (Coût moyen actuel de l'Energie)
ME	Ministère de l'Energie
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
MW	Mégawatt
PANER	Plan d'Action National des Energies Renouvelables
PIB	Produit Intérieur Brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PPP	Partenariat Public-Privé
PV	Photovoltaïque
SEforAll	Sustainable Energy for All
SHS	Solar Home Systems
UE	Union Européenne
UMOA	Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine
USD	United States Dollar

Annexe E: Références (1/2)

AFD Note de Communication Publique d'opération – Burkina Faso - CBF 1320, Programme solaire « YELEEN », <https://population.un.org/wup/country-profiles/>

Agence Burkinabé d'Electrification Rurale (ABER), Projet Yeleen d'électrification rurale, Avis de Pré-Qualification, 2021.

ARSE (2020), Rapport d'activités 2019, <https://www.arse.bf/spip.php?article282>

Autorité de Développement Intégré de la région du Liptako-Gourma – Direction Générale, Etude de faisabilité technico-économique du programme de développement des énergies renouvelables dans la région du Liptako-Gourma (Burkina Faso-Mali-Niger) – Rapport final de la phase 2. Consultant : CTEXCEI, Octobre 2018

Banque Mondiale (2019)
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402.pdf?sequence=24&isAllowed=y>

Banque Mondiale (2020)
<http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=BFA>

Direction Générale des Etudes et des Statistiques Sectorielles (DGESS) du Ministère de l'Energie, (2020, septembre). Annuaire statistique 2019 du Ministère de l'Energie du Burkina Faso

IPCC, IPCC guideline for National Greenhouse Gas Inventories 2006, Chapter 2, stationary combustion

GCF, Funding Proposal – FP093: Yeleen Rural Electrification Project in Burkina Faso, 2018

Ministère de l'Energie du Burkina Faso (Novembre 2018), Stratégie dans le Domaine de l'Energie 2019-2023

Ministère de l'Energie du Burkina Faso (Juillet 2015), Plan d'Actions National des Energies Renouvelables (PANER) Burkina Faso, Période [2015-2020/2030], dans le cadre de la mise en œuvre de la Politique d'Energies Renouvelables de la CEDEAO (PERC),

Ministère de l'Energie, Anuaire Statistique 2018 du Ministère de l'Energie, Décembre 2019. http://cns.bf/IMG/pdf/me_annuaire_statistique-2018.pdf

Annexe E: Références (2/2)

Moner Girona M, Bodis K, Korgo B, Huld T, Kougiass I, Pinedo Pascua I, Monforti-Ferrario F and Szabo S. Mapping the least-cost option for rural electrification in Burkina Faso: Scaling-up renewable energies. EUR 28514 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2016. JRC102198 <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC102198>

PNUD (Octobre 2021) UNDP Project Document – National Child Project under the GEF Africa Minigrids Program – Burkina Faso, Octobre 2021

S&P <https://disclosure.spglobal.com/sri/> , https://www.theglobaleconomy.com/rankings/credit_rating/

SEforALL, Prospectus d'investissement de l'énergie durable pour tous (SEforALL) du Burkina Faso – Mai 2019

SONABEL (Juin 2021), Rapport d'activités 2020 de la SONABEL

UNDP and ETH Zürich, 2018, Derisking Renewable Energy Investment: off-Grid Electrification. A framework to Support Policymakers in Selecting Public Instruments to Promote Private Investment in Solar PV-Battery Mini-Grids in Developing Countries. New York and Zürich.

Plan d'Action National des Energies Renouvelables (PANER) Burkina Faso Période [2015-2020/2030], Ministère de l'Énergie, (July 2015) [https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_PANER/Burkina Faso Plan d Actions National pour les Energies Renouvelables.pdf](https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_PANER/Burkina_Faso_Plan_d_Actions_National_pour_les_Energies_Renouvelables.pdf)

Annexe F: Remerciements

Auteurs: Laurene Desclaux (Consultante Internationale), Xavier Sawadogo (Consultant National)

Révision et contributions : Jonathan Schwieger, Oliver Waissbein, Christelle Odongo, Rosine Ouedraogo (UNDP)

Remerciements: Le PNUD remercie l'Agence Suédoise pour la Coopération et le Développement International (ASDI), qui a financé l'étude dans le cadre du Projet d'appui à l'électrification rurale par systèmes d'énergie renouvelable dans la région du Liptako-Gourma mis en œuvre par l'UNOPS et le PNUD en partenariat avec ECREEE sous la tutelle de l'Autorité de développement intégré des Etats du Liptako-Gourma (ALG). Le PNUD tient également à exprimer sa gratitude au Ministère de l'Énergie, Agence Burkinabé d'Electrification Rurale, Autorité de Régulation du Secteur de l'Energie, Agence Nationale des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique, Autorité de Développement Intégré des Etats du Liptako Gourma pour avoir fourni un soutien et des contributions inestimables pour ce rapport. Les auteurs tiennent également à remercier les investisseurs dans les mini-réseaux solaires photovoltaïques, les représentants des banques de développement et commerciales et les parties prenantes du Burkina Faso qui ont participé aux entretiens structurés, fournissant les informations nécessaires pour la modélisation. Enfin, les auteurs remercient tous les réviseurs et contributeurs pour leurs précieux commentaires et contributions. Toute erreur ou omission dans ce rapport relève de la seule responsabilité des auteurs.

Cette publication s'appuie sur une série d'articles de recherche antérieurs, incluant le rapport DREI original *Derisking Renewable Energy Investment* (UNDP, 2013), qui établit la méthodologie utilisée dans cette publication.

Cette publication devrait être référencée comme: UNDP (2022). Burkina Faso: *Atténuation des risques aux investissements dans les mini-réseaux solaires PV-batteries*. New York, NY: United Nations Development Programme.

Mars 2023, Ouagadougou and New York.