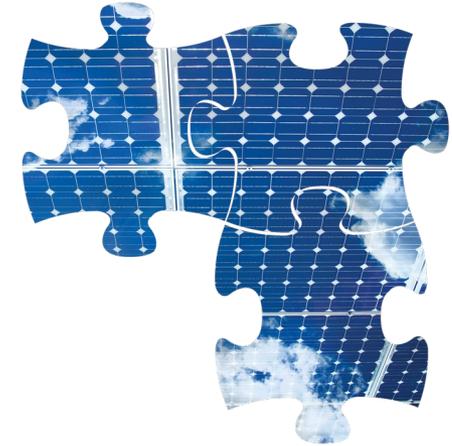




Empowered lives.  
Resilient nations.



# Mali: 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 Mali

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. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Mali                                    | 4  |
| 3. Concepts-clés de la méthodologie DREI   | 7  |
| 4. Modélisation de la promotion de l'investissement dans les mini-réseaux solaires au Mali | 9  |
| 4.1 Environnement des risques  | 9  |
| 4.2 Sélection d'Instruments Publics  | 12 |
| 4.3 Coûts moyens actualisés de production de l'électricité                                 | 16 |
| 4.4 Indices de performance   | 17 |
| 4.5 Analyse de sensibilité   | 19 |
| 5. Conclusions   | 21 |
| <br>   |    |
| Annexe A: Tableau-résumé des hypothèses de modélisation                                    | 22 |
| Annexe B: Tableau des risques  | 24 |
| Annexe C: Principales hypothèses de modélisation   | 28 |
| Annexe D: Acronymes  | 29 |
| Annexe E: Références   | 30 |
| Annexe F: Remerciements  | 31 |

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](http://www.undp.org/DREI)

## 1. Introduction

- **L'objectif de cette étude est de proposer les mesures d'atténuation des risques avec la meilleure relation coût-bénéfice afin de promouvoir les investissements du secteur privé dans les mini-réseaux solaires photovoltaïques (PV) avec batteries au Mali.** 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 au Mali entre 2021 et 2023.
- En 2019, la BAD a réalisé une étude sur le potentiel des mini-réseaux renouvelables at Mali. Les analyses ont démontré que 3,9 millions d'habitants (21% de la population sans accès à l'électricité) pourraient être alimentés par les mini-réseaux au Mali. Le potentiel est le plus élevé dans la région de Mopti qui se situe dans la zone du Liptako-Gourma avec un marché exploitable entre USD 35 et 47 millions. La population de Mopti qui pourrait être desservie par les mini-réseaux est estimée entre 859.000 personnes (couverture actuelle du réseau) et 648.000 personnes (avec une extension planifiée du réseau à l'horizon 2025).

## 2. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Mali (1/3)

### Données générales sur le pays

- **Population [2021]:** 20,855 millions <sup>i</sup>
- **Superficie:** 1.246.814 km<sup>2</sup> <sup>i</sup>
- **GDP (USD) [2021]:** 19,14 milliards <sup>i</sup>
- **GDP/Capita (USD, PPP) [2021]:** 2.370 <sup>i</sup>
- **Notation souveraine:** Caa2 (Moody's) <sup>ii</sup>
- **IDH PNUD [2020]:** 182 de 189 <sup>iii</sup>
- **WB Ease of Doing Business [2020]:** 151 de 190 <sup>iv</sup>

### Contexte et opportunités pour les mini-réseaux solaires PV-batteries

- Le secteur de l'électricité au Mali est caractérisé par une forte dépendance des importations des carburants fossiles pour la production thermique.<sup>v</sup>
- En 2020, la capacité de production électrique était de 1024,92 MW, dont 835 MW pour l'ensemble de EDM-SA (repartie en 183,7 MW hydro; 598,62 MW thermique et 53 MW solaire PV); 162 MW pour les auto-producteurs (considérée tout thermique) et 27 MW pour les Opérateurs AMADER (repartie pour 19 MW thermique et 8 MW solaire PV). La production électrique était de 2577,44 GWh (69% thermique ; 26,8% hydro ; 4,2% solaire PV).<sup>v</sup>
- En 2020, le Mali avait un taux d'électrification de 50,56% à l'échelle nationale – 96% dans le milieu urbain et 21,12% dans le milieu rural. Cela se traduit en 10,24 millions de personnes ayant accès à l'électricité contre 10,01 millions de personnes n'ayant pas accès à l'électricité. Dans les milieux ruraux, 8,79 millions de personnes n'avaient pas accès à l'électricité.<sup>vi</sup>
- Plusieurs recommandations ont été faites incluant un nouvel objectif d'électrification rurale de 61 % d'ici 2033 <sup>vii</sup>
- Le Plan Directeur d'Electrification Rurale (PDER) 2007-2020 est en place depuis 2007, mais ce document est largement considéré comme obsolète. Le PDER avait identifié des sites potentiels de développement et avait divisé le Mali en 10 zones d'électrification multisectorielle.<sup>viii</sup>
- Une approche récente, grâce au programme pour la valorisation à grande échelle des énergies renouvelables dans les pays à faible revenu, pour pallier cette lacune est l'hybridation (avec les sources d'énergies renouvelables, y compris le solaire) de ces mini-réseaux d'origines thermiques, qui justifie le choix du solaire photovoltaïque comme une technologie viable au Mali.<sup>vii</sup>
- Les analyses démontrent que 3,9 millions d'habitants (21% de la population sans accès à l'électricité) pourraient être alimentés par les mini-réseaux au Mali. Le potentiel est le plus élevé dans la région de Mopti qui se situe dans la zone du Liptako-Gourma.<sup>vii</sup>

(Sources:

(i) <https://data.worldbank.org/country/ML>; <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD?locations=ML>

(ii) [https://www.theglobaleconomy.com/Mali/credit\\_rating/](https://www.theglobaleconomy.com/Mali/credit_rating/)

(iii) <https://hdr.undp.org/sites/default/files/Country-Profiles/MLI.pdf>

(iv) World Bank report – 2019 (discontinued)

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

(v) Annuaire statistique MMEE/SME/EDM-SA-DNE-AMADER, 2020

(vi) <https://trackingsdg7.esmap.org/country/mali> - accédé le 4 décembre 2021; <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=ML>

(vii) Sustainable Energy for All, AfDB, Carbon Trust and SNV (2019) MG market Opportunity Assessment: Mali

(viii) Le revue du PDER est en train d'être finalisée (Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau (2021) Plan Directeur d'Electrification Rurale – Phase No 1,

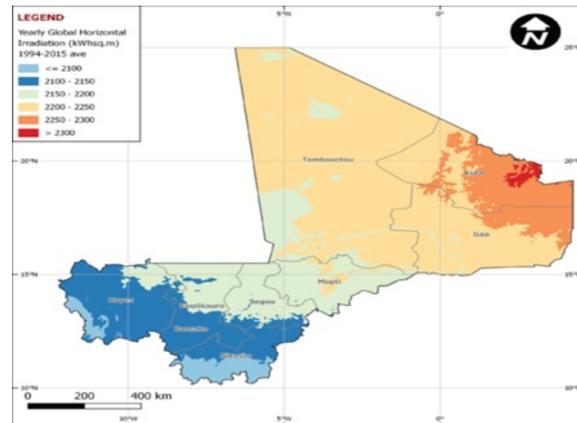
## 2. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Mali (2/3)

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

- AMADER a été créé en 2003 (Loi Décret No. 03-006 du 21 mai 2003), et elle a pour mandat de promouvoir l'électrification des zones péri-urbaines et rurales. Elle agit aussi bien comme porteur de projets que régulateur de l'électrification rurale.
- +300 localités électrifiées; puissance installée (thermique): 19 MW ; puissance installée (solaire) :8 MWc ; +910 000 personnes bénéficiaires; 63 Opérateurs privés; 75 358 Clients ruraux connectés; 896 Institutions publiques connectées; 208 Ecoles ; 165 Centres de santé et 8 748 Systèmes PV domestiques et communautaires <sup>i</sup>
- Les tarifs de revente d'électricité sur le réseau national sont subventionnés (équivalent à 98,3 FCFA/kWh en 2019) <sup>ii</sup>
- Les différences de prix restent élevées, le prix des mini-réseaux étant estimé à 250-280 FCFA/kWh (0,44\$-0,49\$/kWh), comparé à un prix urbain facturé par le service public national d'environ 130 FCFA/kWh (0,23\$/kWh).<sup>ii</sup>
- Historiquement, l'électrification hors-réseau s'appuie sur des générateurs à diesel. Il y a maintenant un effort pour la hybridation de la production thermique avec le solaire PV <sup>ii</sup>

### Ressources solaires

- Ensoleillement: 5 à 7 kWh/m<sup>2</sup>/jour avec une durée moyenne de 10 heures/jour.



(Source: Sustainable Energy for All, AfDB, Carbon Trust and SNV 2019)

Sources:

- (i) Annuaire statistique MMEE/SME/EDM-SA-DNE-AMADER, 2020 (et collecte de données par le Consultant national)
- (ii) Sustainable Energy for All, AfDB, Carbon Trust and SNV (2019) MG market Opportunity Assessment: Mali

## 2. Situation actuelle des mini-réseaux solaires au Mali (3/3)

### 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 Mali, comme le montre le tableau [1] ci-dessous.

Tableau 1 : Appui international aux mini-réseaux solaires PV au Mali

| Organisation                             | Description des activités  |
|--|--|
| <b>Banque Africaine de Développement</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Le projet SHER d'environ 45 millions de dollars visant à financer la réactivation ou l'hybridation de jusqu'à 50 mini-réseaux; mis en œuvre par AMADER</li> <li>Assistance technique pour la mise à jour du PDER</li> </ul>   |
| <b>GEF/UNDP</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>   |
| <b>SforALL//BAD</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Green Mini Grids Help Desk: plate-forme d'informations sur les mini-réseaux verts pour assister les promoteurs et institutions publiques</li> <li>Prospectus d'investissement SEforALL: diffusion des informations relatives aux projets en développement dans le domaine des énergies renouvelables</li> </ul> |
| <b>BADEA</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Projet PERSHY-32 pour le développement de 32 sites avec des mini-réseaux hybrides</li> </ul>  |

Source: Sustainable Energy for All, AfDB, Carbon Trust and SNV (2019) MG market Opportunity Assessment: Mali

### Situation actuelle des objectifs d'énergies renouvelables hors-réseau

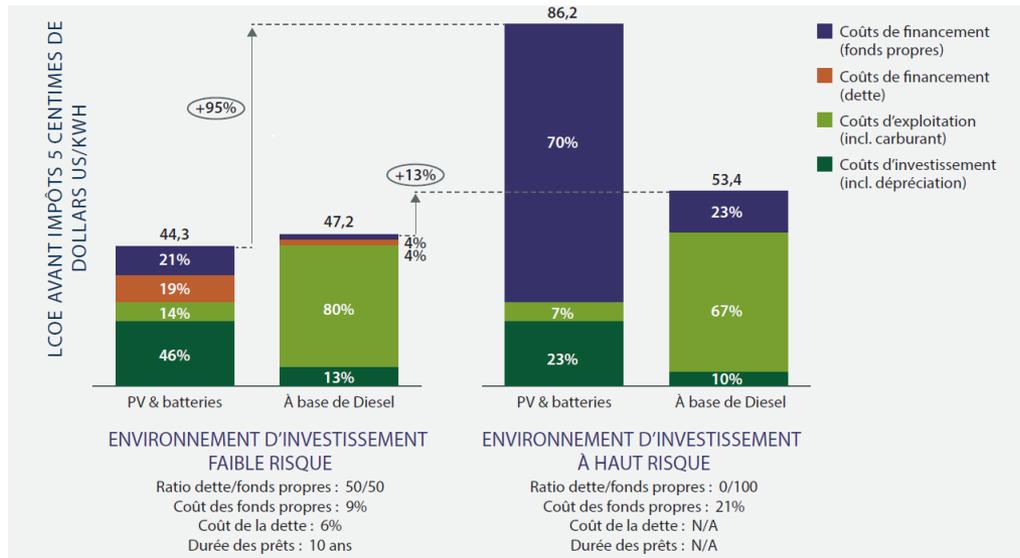
|   | 2010  | 2020   | 2030   |
|---|-------|--------|--------|
| <b>Mini-réseaux, énergies renouvelables et hybrides (en mégawatt)</b>   | 0.094 | 8.063  | 8.063  |
| <b>Capacité installée totale pour tous les autres systèmes (en mégawatt)</b>  | 20.27 | 234.72 | 605.01 |
| <b>Population rurale ayant accès à l'électricité issue d'énergies renouvelables (mini-réseau et systèmes isolés) (en %)</b> | 1.7   | 36.9   | 66.64  |

Source: IRENA/AER-MALI, Evaluation de l'état de préparation aux énergies renouvelables, 2019

### 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

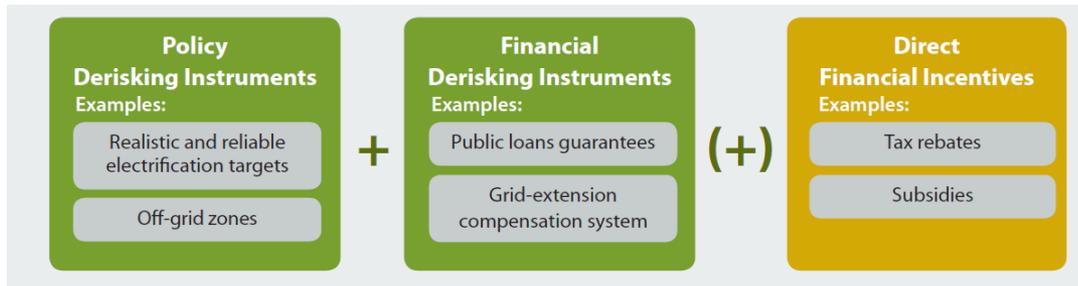


- Le cadre d'atténuation des risques des investissements dans les énergies renouvelables (DREI) est axé sur les coûts de financement pris en charge par le secteur privé. Dans les pays en développement, les coûts de financement des énergies renouvelables sont souvent élevés en raison des risques d'investissement 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. Reconnaisant 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 Mali

### 4.1 Environnement de risque (étape 1)

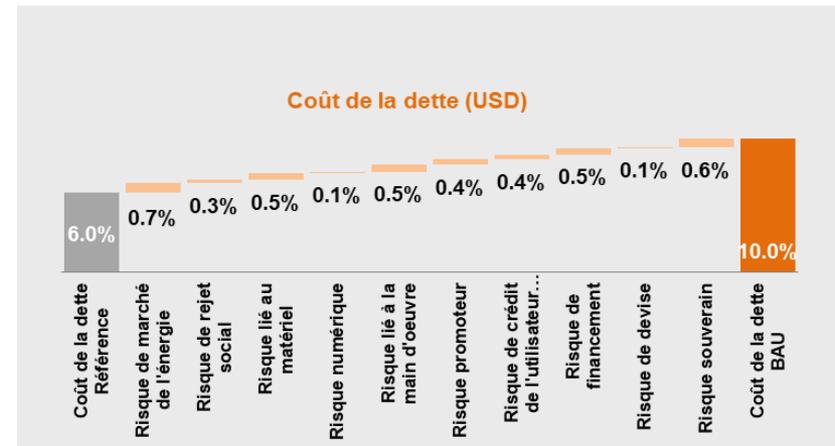
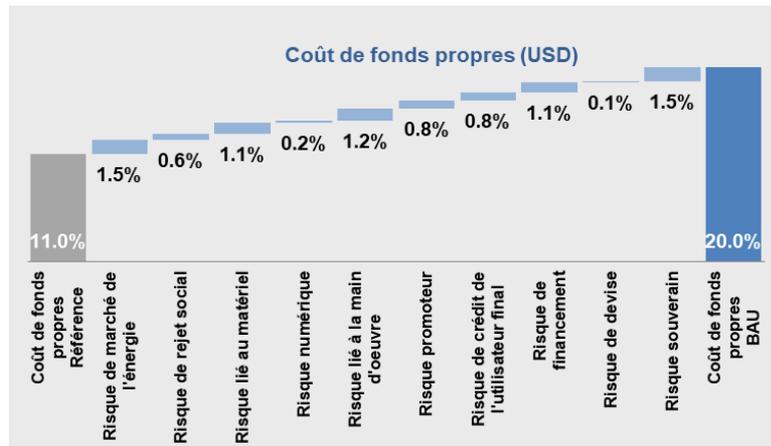
#### Entretiens

- Les données relatives à l'environnement de risques ont été obtenues par le biais de 8 entretiens structurés avec des acteurs du secteur des mini-réseaux solaires PV/batteries : 4 développeurs/operateurs de projets mini-réseaux, 2 partenaires de développement, 1 investisseur en fonds propres et 1 banque commerciale

#### 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 Mali. 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.
- 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 Mali dans le scénario actuel



Source: entretiens avec des acteurs du secteur des mini-réseaux solaires; la modélisation utilise les Açores comme pays de référence ; voir le document "Méthodologie et Hypothèses" pour plus de détails.

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 4.1 Environnement des risques (Etape 1)

Tableau 2 : Informations qualitatives relatives aux catégories de risques pour les mini-réseaux solaires au Mali 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 | • Elevé                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 fixés par décret à un niveau très bas.</li> <li>• 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.</li> </ul>                       |
| Risque de rejet social                        | • Faible à moyen                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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 domestiques peuvent contribuer à la probabilité et à l'impact de ce risque.</li> </ul> |
| Risque lié au matériel                        | • Moyen à élevé                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il existe un marché concurrentiel et développé pour les équipements d'énergie solaire. Des normes existent seulement dans le cadre de la procédure d'appel d'offres en cours et il n'y a pas de suivi de terrain concernant la qualité du matériel.</li> <li>• Des difficultés existent dans l'interprétation des équipements éligibles aux exonérations de taxes d'importation et TVA (Taxe sur la Valeur Ajoutée) et les procédures douanières lourdes.</li> </ul>  |
| Risque numérique                              | • Faible à moyen                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La couverture du réseau mobile en zone rurale est en expansion, mais encore insuffisante. La qualité de service laisse à désirer.</li> <li>• Le paiement par argent mobile n'est pas vu comme un obstacle pour récupérer les revenus</li> <li>• L'abus des données des utilisateurs n'est pas perçu comme un risque pertinent.</li> </ul>   |
| Risque de main d'oeuvre                       | • Moyen à élevé                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des formations techniques en énergie solaire existent, mais ces formations sont en déphasages avec la réalité du marché.</li> <li>• Le déficit de la main d'oeuvre dans les zones rurales augmente le cout des opérations et de la maintenance.</li> </ul>  |

Source: Entretiens avec les acteurs

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 4.1 Environnement des risques (Etape 1)

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

| Catégorie de risque                     | Impact sur les coûts de financement | Informations qualitatives fournies par les acteurs  |
|---|-------------------------------------|---|
| Risque promoteur                        | • Moyen à élevé                     | • Les promoteurs ont souvent des lacunes en termes de capacité de gestion et développement de plans financiers. Leurs flux de trésorerie sont souvent faibles.  |
| Risque de crédit de l'utilisateur final | • Moyen à élevé                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacité de paiement des consommateurs dans les milieux ruraux est faible. L'agriculture est l'activité principale, et les revenus 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.</li> <li>• La meilleure façon de procéder est de promouvoir les activités productives qui entameraient le développement socioéconomique des communautés rurales. L'effet cascade serait une meilleure capacité de paiement pour l'électricité.</li> </ul> |
| Risque de financement                   | • Moyen à élevé                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les acteurs sont unanimes sur le niveau de cette catégorie de risqué. Les offres de prêts à long terme sont très limitées en raison du manque de dépôts à long terme.</li> <li>• 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.</li> <li>• Les acteurs ont mentionné une forte corrélation avec les risques de marché, de promoteur et souverain.</li> </ul>   |
| Risque de devise                        | • Faible                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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</li> </ul>   |
| Risque souverain                        | • Élevé                             | • 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. Toutefois, ce risque semble affecter des régions bien délimitées   |

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 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 ci-dessous 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

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

| Catégorie de risque                           | Instruments politiques  | Instruments financiers  |
|---|---|---|
| Risque de marché dans le secteur de l'énergie | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboration d'un Plan Directeur d'Electrification Rurale clarifiant les objectifs et zones de concession pour les mini-réseaux solaires.</li> <li>• 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</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Système de compensation financière en cas de connexion au réseau national</li> </ul> |
| Risque de rejet social                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Campagnes de communication communautaire</li> </ul>  | [NA]  |
| Risque lié au matériel                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Développement de normes et certifications complètes et adaptées au contexte local</li> <li>• Clarification des équipements exempts de taxes d'importation et TVA, inclusion du BOP</li> </ul>  | [NA]  |
| Risque numérique                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimisation des réglementations des télécommunications et paiements mobiles</li> </ul>  | [NA]  |
| Risque de main d'œuvre                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des lacunes en termes de ressources humaines et développement de programmes de formation adéquats</li> </ul>  | [NA]  |
| Risque promoteur                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration des effets de réseau et flux d'informations / assistance technique aux promoteurs</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prêts publics</li> </ul>   |
| Risque de crédit de l'utilisateur final       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotion de l'utilisation productive de l'électricité (campagnes de communication, formations, facilitation de l'accès au micro-crédit)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prêts publics</li> </ul>   |
| Risque de financement                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Libéralisation du secteur</li> <li>• Assistance technique aux institutions financières et investisseurs</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prêts publics</li> </ul>   |
| Risque de devise                              | [N/A]   | [NA]  |
| Risque souverain                              | [NA]  | [N/A]   |

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 4.2 Sélection des instruments publics (Etape 2)

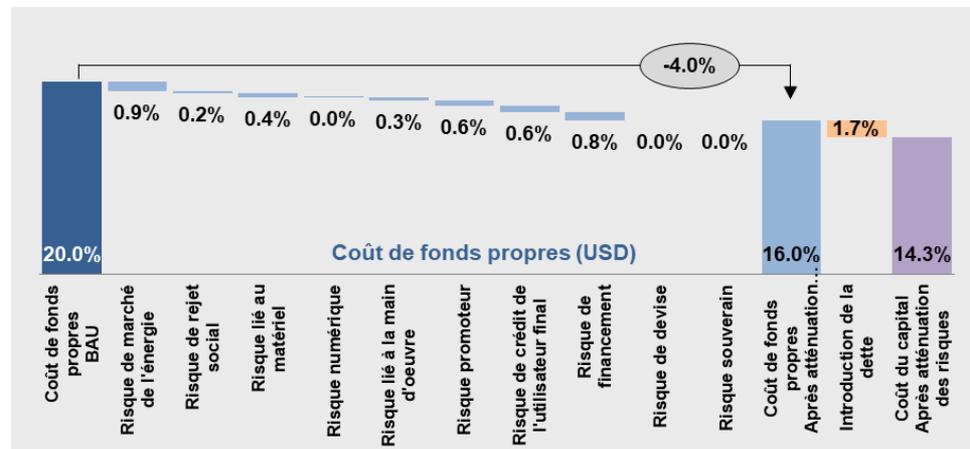
#### Evaluation des coûts des instruments

- Les coûts publics de chaque instrument sélectionné sont également modélisés:
  - En relation à l'objectif pour 2030 de 39,7 MWC de mini-réseaux solaires PV-batteries installés, le coût public total entre 2023 et 2030 est estimé à 2,28 millions d'USD pour les instruments politiques et 22,06 millions d'USD pour les instruments financiers.
- Le détail des instruments publics sélectionnés et de leurs coûts sont présentés dans l'Annexe B.

#### 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 Mali est présenté dans la Figure 4 ci-dessous.
- Selon la modélisation réalisée, le coût moyen des fonds propres est réduit de 20% à 16%, et l'introduction d'un financement par prêts publics à un taux de 10%, pour 30% de l'investissement, mène à une réduction du coût du capital à 14,3%.
- 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 Mali



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 Mali

### 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 Mali, 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"> <li>Elaboration du Plan Directeur d'Electrification Rurale, objectifs et zones de concessions pour mini-réseaux</li> <li>Réglementation adaptée et compilée, normes techniques</li> <li>Double approche pour les concessions / autorisations</li> <li>Compensation en cas de raccordement au réseau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Effet élevé</li> <li>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</li> <li>En raison du faible pouvoir d'achat de la population du Mali et de l'impossibilité perçue par les acteurs de réforme des subventions accordées aux tarifs de vente d'électricité sur le réseau de EDM ou pour l'achat de diesel pour la production d'électricité, les instruments politiques relatifs à la réforme des subventions concurrentes ont été exclus de la modélisation</li> </ul> |
| Risque de rejet social                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Campagnes de communication communautaire</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Effet élevé</li> <li>L'approche du promoteur en termes de communication communautaire est jugée plus importante que des actions à niveau national</li> </ul>  |
| Risque lié au matériel                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en vigueur des normes pour le matériel et surveillance du marché de la qualité du matériel</li> <li>Rationaliser et éclaircir les procédures douanières et les équipements éligibles à l'exemption de taxes</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Effet élevé</li> <li>Des normes et spécifications de qualité plus claires ainsi que des contrôles – qui existent, mais doivent être renforcés</li> </ul>  |
| Risque numérique                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Réglementation des télécommunications visant à atteindre une couverture et l'accès à l'argent mobiles universels</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Effet faible</li> <li>Les personnes interrogées étaient catégorique que ce n'était pas le besoin du secteur public d'organiser un réseau d'acteurs privés impliqués dans les mini-réseaux solaires PV et de là à soutenir l'animation de ce réseau d'acteurs privés</li> </ul>  |
| Risque de main d'œuvre                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identification des lacunes en termes de ressources humaines et développement de programmes de formation adéquats</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Effet Moyen-à-élevé</li> <li>Instrument important spécialement à moyen terme</li> </ul>   |

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 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 Mali, recueillies auprès des acteurs du secteur privé (deuxième partie)

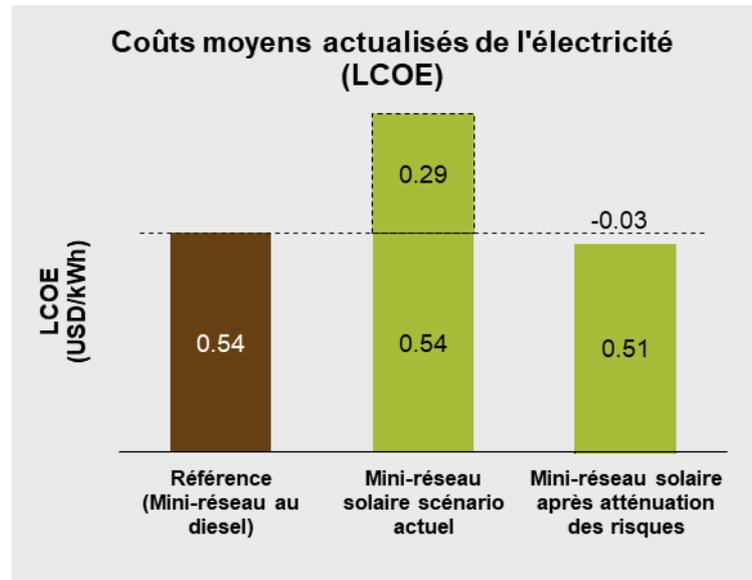
| Catégorie de risque                     | Instruments politiques et financiers   | Informations qualitatives fournies par les acteurs  |
|---|--|---|
| Risque promoteur                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruments politiques: Amélioration des effets de réseau et flux d'informations / assistance technique aux promoteurs</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet moyen</li> <li>• L'assistance technique aux promoteurs est jugée essentielle</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruments financiers: prêts publics, garanties et fonds propres publics</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet élevé</li> <li>• En coordination avec l'assistance technique</li> </ul>  |
| Risque de crédit de l'utilisateur final | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instruments politiques:</i></li> <li>• Promotion de l'utilisation productive de l'électricité (campagnes de communication, formations, facilitation de l'accès au micro-crédit)</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets moyens à élevés</li> <li>• Les clients-clés publics ne sont pas recommandés (antécédents de délais de paiement de factures).</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instruments financiers:</i> prêts publics</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet élevé</li> </ul>   |
| Risque de financement                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instruments politiques</i></li> <li>• Libéralisation du secteur bancaire</li> <li>• Mandats et incitatifs</li> <li>• Assistance technique aux institutions financières et investisseurs</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet moyen</li> <li>• L'amplitude des révisions réglementaires est limitée. L'assistance technique aux institutions financières est essentielle pour l'efficacité des instruments financiers</li> </ul> |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instruments financiers:</i> prêts publics</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet élevé</li> <li>• Instrument jugé essentiel</li> </ul>  |
| Risque de devise                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instruments politiques:</i></li> <li>• Appui au développement d'un marché de produits dérivés de change</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas considéré dans cette étude en raison du faible impact de la catégorie de risque et du coût élevé de l'instrument</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instruments financiers:</i> Programmes publics de couverture du risque de devise subventionnés</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas considéré dans cette étude en raison du faible impact de la catégorie de risque et du coût élevé de l'instrument</li> </ul>  |
| Risque souverain                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrument financier: Garantie de Risque Politique</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas considéré dans cette étude en raison de manque d'expériences des acteurs</li> </ul>  |

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 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 Mali 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 54 centimes d'USD par kWh, considérant une subvention de 70% 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 83 centimes d'USD par kWh (scénario actuel) à 51 centimes d'USD par kWh (après atténuation des risques); soit une réduction de 3 centimes d'USD / kWh relatif à la production thermique.

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



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 Mali

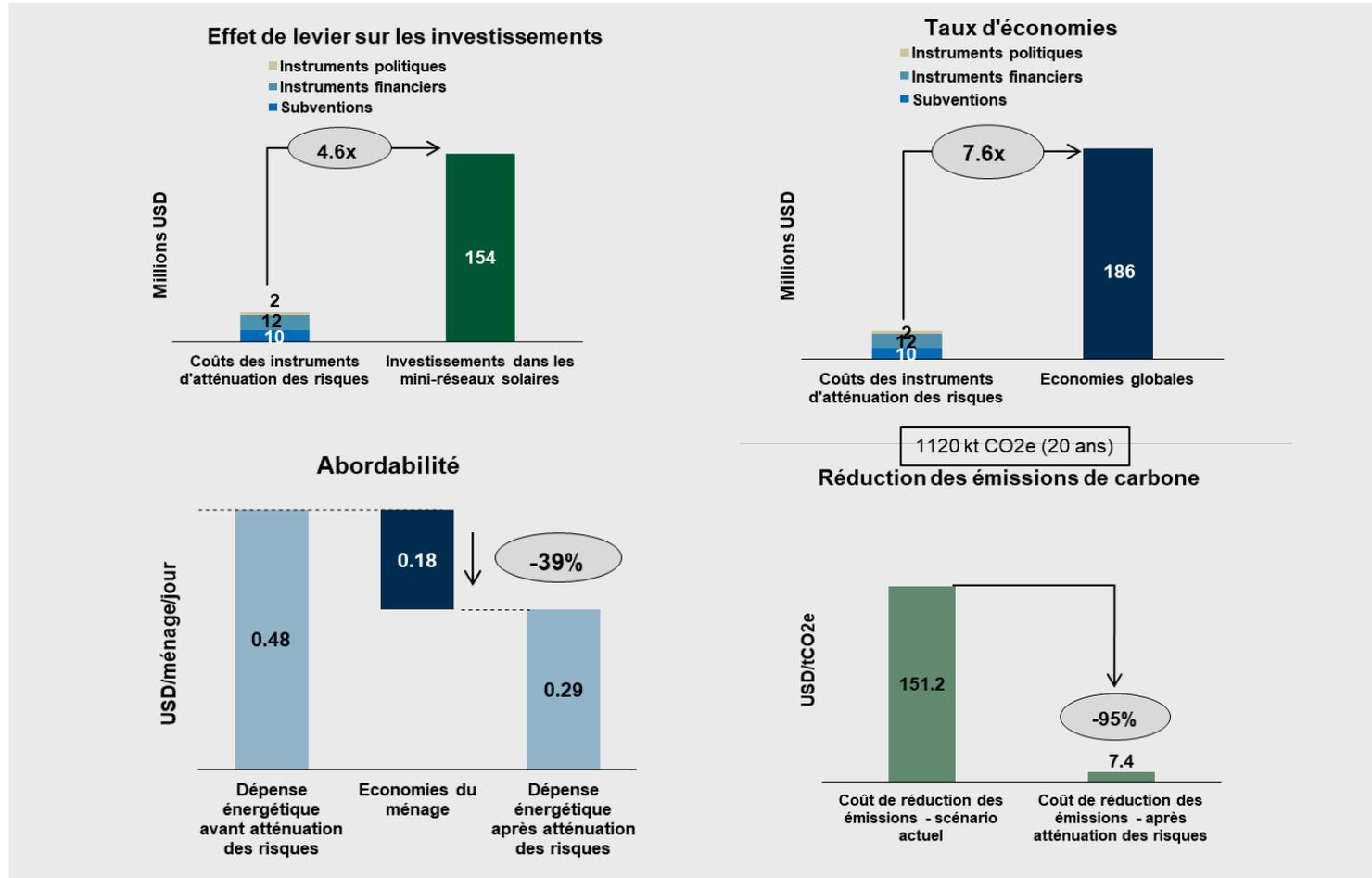
### 4.4 Indicateurs de performance (Etape 4)

- 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 Mali sont présentés dans la 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 CO<sub>2</sub> évitée. Cet indicateur peut être utile pour comparer les coûts de réduction de 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 Mali.
  - 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 39,7 MW de capacité de mini-réseaux solaires jusqu'en 2030, on estime la nécessité de 153,86 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 18,30 millions d'USD par an. Dans le scénario après l'atténuation des risques, l'ensemble d'instruments publics dont le coût total est évalué à 24,34 millions d'USD permettrait de minimiser la nécessité de ces subventions et réaliser des économies supplémentaires de 8,65 millions d'USD sur 20 ans, ce qui crée un effet de levier sur les investissements de 4,6.

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 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 39,7 MW de capacité de mini-réseaux solaires au Mali



## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 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
  - Structure du capital pour parité LCOE (solaire PV-batteries après atténuation des risques vs production thermique)

#### 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 |
|------------------------------------|--|---------------|-----------------------------------|---|
| <b>Cas base</b>                    |  | 53,9          | 83,2                              | 51,1  |
| <b>Coûts d’investissement</b>      | Coûts d’investissement : +20%  | =             | 98,0                              | 60,0  |
|                                    | Coûts d’investissement : -20 %   | =             | 69,2                              | 42,3  |
| <b>Coûts de financement</b>        | + 1% sur les coûts des fonds propres avant atténuation des risques et sur le coût des prêts publics  | =             | 86,3                              | 52,3  |
|                                    | - 1% sur les coûts des fonds propres avant atténuation des risques et sur le coût des prêts publics  | =             | 79,9                              | 50,1  |
| <b>Irradiation solaire moyenne</b> | 5.595 kWh/m <sup>2</sup> /jour (-10% de la référence de 6.217 kWh/m <sup>2</sup> /jour )   | =             | 85,2                              | 52,2  |
| <b>Effet de combinaisons</b>       | - Meilleur effet: Coûts d’investissement : -20 %; - 1% sur les coûts des fonds propres avant atténuation des risques et sur le coût des prêts publics; irradiation inchangée | =             | 66,3                              | 41,5  |
|                                    | - Effet pire: Coûts d’investissement : +20 %; -1% sur les coûts des fonds propres avant atténuation des risques et sur le coût des prêts publics; irradiation faible         | =             | 1,05                              | 63,3  |

## 4. Modélisation de la promotion des mini-réseaux solaires au Mali

### 4.5 Sensibilités (Etape 4)

#### *Structures du capital pour parité LCOE*

La structure du capital pour atteindre la parité LCOE avec la production thermique à base de diesel a été déterminée pour les différentes analyses de sensibilité dans le tableau 5. Il est à souligner que l'analyse de la structure du capital est faite que pour les scénarios où les coûts actualisés après atténuation des risques sont plus élevés que le coût de référence de la production thermique. La contribution de la dette dans la structure du capital est maintenue à 30% et la part de la subvention est ajustée en conséquence.

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

*Tableau 6 : Analyses de la structure du capital pour avoir la parité LCOE (solaire PV-batteries après atténuation des risques vs production thermique)*

| Description de la sensibilité        | LCOE diesel | LCOE mini-réseaux après atténuation des risques | Subventions (%) | Fonds propres (%) | Dettes (%) |
|--------------------------------------|-------------|---|-----------------|-------------------|------------|
| <b>Cas base</b>                      | 53,9        | 51,1  | 10              | 60                | 30         |
| <b>Coûts d'investissement : +20%</b> | 53,9        | 53,9  | 22              | 48                | 30         |
| <b>Effet de combinaisons (pire)</b>  | 53,9        | 53,9  | 28              | 42                | 30         |

## 5. Conclusions

- Les résultats du présent rapport ne doivent pas être interprétés comme une analyse quantitative définitive des mini-réseaux solaires photovoltaïques au Mali, mais plutôt comme une contribution à un processus de prise de décisions politiques plus global.
- Les résultats confirment que les coûts de financement pour les mini-réseaux solaires au Mali 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 au Mali sont actuellement estimés à 20%, et le coût de la dette à 10%, toutefois il apparaît que les opportunités réelles d'obtention de financements à long terme sont actuellement très limitées.
  - La modélisation évalue dix catégories de risques selon leur contribution aux coûts de financement plus élevés. En particulier, le risque de marché de l'énergie, le risque souverain, le risque lié à la main d'œuvre, le risque de financement, le risque de crédit de l'utilisateur final et le risque promoteur sont les catégories qui contribuent le plus aux coûts des fonds propres / dette.
- La modélisation a examiné la sélection et l'efficacité en termes de coûts d'instruments d'action publiques d'atténuation des risques visant à atteindre les objectifs d'investissement à l'horizon 2030 dans 39,7 MWh de capacité installée de mini-réseaux solaires. Ces mesures publiques d'atténuation des risques, qui consistent un ensemble d'instruments politiques et financiers, visent de manière systématique les risques identifiés.
- En relation à l'objectif d'investissement de 39,7 MWh à l'horizon 2030, la modélisation identifie un ensemble de mesures d'atténuation des risques d'un coût total estimé à 24,34 millions d'USD jusqu'en 2030. Une fois cet ensemble déployé, les bénéfices suivants sont attendus :
  - Approvisionnement en électricité de source renouvelable à 653.617 personnes
  - Catalyser d'investissements privé d'un total de 113,11 millions d'USD dans les mini-réseaux solaires
  - Réduction des coûts de production d'électricité par mini-réseaux solaires due à l'atténuation des risques, de 83,2 centimes d'USD à 51,1 centimes d'USD par kWh
  - Économies pour la société relatives à l'atténuation des risques liés aux investissements dans les mini-réseaux solaires de 185,75 millions d'USD sur 20 ans
  - Réduire la facture de l'électricité d'un ménage de 38,6% avec des épargnes d'USD 1,29 par ménage par semaine
  - Réduire les émissions de carbone de 1.200.000 tonnes de CO<sub>2</sub> sur 20 ans en comparaison au scénario de référence et une réduction de 95,1% du coût de carbone évité (soit de 151,21 USD/tCO<sub>2</sub> à 7,39 USD/tCO<sub>2</sub>).
- La modélisation permet d'observer que l'investissement dans des mesures d'atténuation des risques pour faire face à ces risques d'investissement est avantageux financièrement par rapport au paiement de subventions sur les prix de vente.
- La stimulation de l'utilisation productive de l'électricité se révèle également une mesure qui permet de diminuer les coûts de production de l'électricité en augmentant la proportion de la demande pendant la journée, diminuant l'importance relative des batteries dans les coûts d'investissement.

## Annexe A: Tableau résumé des hypothèses de modélisation

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

|  |                              |   |
|--|------------------------------|---|
| <b>OBJECTIFS ET RESSOURCES EN MATIÈRE DE SOLAIRE PV</b>                    |                              |   |
| Objectifs pour 2030 (en MW)  |                              | 39,7  |
| Irradiation moyenne (en kWh/m <sup>2</sup> /jour)                          |                              | 6216  |
| Production énergétique annuelle totale pour atteindre l'objectif (en MWh)  |                              | 63.107  |
| <b>RÉFÉRENCE MARGINALE</b>   |                              |   |
| Mini-réseaux au diesel   |                              | 100%  |
| Facteur d'émissions (kgCO <sub>2</sub> e/kWh)                              |                              | 0,889   |
| <b>DONNÉES GÉNÉRALES DU PAYS</b>   |                              |   |
| Impôt effectif sur les sociétés (%)  |                              | 30%   |
| Coût public du capital (%)   |                              | 6,25%   |
| <b>COÛTS DE FINANCEMENT</b>  | <b>Scénario de référence</b> | <b>Scénario après atténuation des risques</b> |
| <b>Structure du capital</b><br>subventions/Répartition dette/fonds propres | 0%/100%                      | 10%60%/30%                                    |
| <b>Coût de la dette</b>  |                              |   |
| Prêts publics subventionnés  | N/A                          | 10%   |
| Prêts commerciaux avec garanties publiques                                 | N/A                          | N/A   |
| Prêts commerciaux sans garanties publiques                                 | 10%                          | 10%   |
| <b>Durée des prêts (années)</b>  |                              |   |
| Prêts publics subventionnés  | N/A                          | 10 ans  |
| Prêts commerciaux avec garanties publiques                                 | N/A                          | N/A   |
| Prêts commerciaux sans garanties publiques                                 | 10 ans                       | 10 ans  |
| <b>Coût des fonds propres</b>  | 20%                          | 16,0%   |
| <b>Coût moyen pondéré du capital (CMPC) (après impôts)</b>                 | 20%                          | 14,3%   |

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 Mali (2e partie)

|  | Scénario de référence | Scénario après atténuation des risques |
|--|-----------------------|--|
| <b>Investissement total (en million USD)</b>   | 153,858               | 153,858                                |
| <b>Dette (en millions d'USD)</b>   |                       |  |
| Prêts publics subventionnés  | 0,0                   | 9,426                                  |
| Prêts commerciaux avec garanties publiques   | 0,0                   | 4,713                                  |
| Prêts commerciaux sans garanties publiques   | 0,0                   | 4,713                                  |
| <b>Fonds propres (en millions d'USD)</b>   | 169,04                | 94,260                                 |
| <b>Subventions (en millions d'USD)</b>   | 0,0                   | 12,568                                 |
| <b>COÛT DES INSTRUMENTS PUBLICS</b>  |                       |  |
| <b>Instruments politiques d'atténuation des risques (en millions d'USD, valeur actuelle)</b> |                       |  |
| Instruments concernant le risque du marché de l'énergie                                      | N/A                   | 1,40                                   |
| Instruments concernant le risque de rejet social   | N/A                   | 0,04                                   |
| Instruments concernant le risque numérique   | N/A                   | 0,17                                   |
| Instruments concernant le risque lié au matériel   | N/A                   | 0,02                                   |
| Instruments concernant le risque lié à la main d'œuvre                                       | N/A                   | 0,09                                   |
| Instruments concernant le risque promoteur   | N/A                   | 0,06                                   |
| Instruments concernant le risque de financement  | N/A                   | 0,43                                   |
| Instruments concernant le risque de crédit de l'utilisateur final                            | N/A                   | 0,06                                   |
| <b>Total</b>   |                       | <b>2,28</b>                            |
| <b>Instruments financiers d'atténuation des risques (en millions d'USD, valeur actuelle)</b> |                       |  |
| Instruments concernant le risque de marché   | N/A                   | 9,16                                   |
| Instruments concernant le risque promoteur   | N/A                   | 3,24*                                  |
| Instruments concernant le risque de financement  | N/A                   | 3,24*                                  |
| Instruments concernant le risque de crédit de l'utilisateur final                            | N/A                   | 3,24*                                  |
| <b>Total</b>   |                       | <b>12,40</b>                           |
| <b>Incitations financières directes (en millions d'USD)</b>                                  |                       |  |
| Valeur actuelle des subventions sur 20 ans   | 0,0                   | <b>9,66</b>                            |

25

Source: modelling; see "Méthodologie and Assumptions" document for further details.

\* Coût commun aux trois catégories de risque (relative aux prêts publics)



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

Tableau 9 : Tableau des instruments d'action publique pour les mini-réseaux solaires au Mali, 2eme partie

| BARRIERS                   |   |  |  | ÉVENTAIL D'INSTRUMENTS À LA DISPOSITION DU SECTEUR PUBLIC   |  |  |   |
|----------------------------|---|--|--|---|--|--|---|
| CATÉGORIE DE RISQUE        | DESCRIPTION   | OBSTACLES SOUS-JACENTS   |  | INSTRUMENTS POLITIQUES D'ATTÉNUATION DES RISQUES  |  | INSTRUMENTS FINANCIERS D'ATTÉNUATION DES RISQUES   |   |
|                            |   | OBSTACLES SOUS-JACENTS   | PARTIES PRENANTES  | ACTIVITÉ  | DESCRIPTION  | ACTIVITÉ   | DESCRIPTION   |
| 3. Risque lié au matériel  | Risque de décalant 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  | Qualité du matériel : 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 composantes.  | Chaîne d'approvisionnement technologique ; organisme de réglementation technique ; douanes (accises).                                  | Établir une certification et des normes pour le matériel ( <b>le plus important c'est de faire la mise en vigueur des normes par la surveillance du marché</b> )  | 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. | Garantir un marché ouvert et concurrentiel pour l'achat de matériel.   | Mesures politiques visant à garantir un marché concurrentiel pour la disponibilité du matériel ; objectifs équilibrés en matière de politique industrielle, le cas échéant, pour les fabricants nationaux et marchés ouverts pour les fabricants internationaux ; soutien du gouvernement aux travaux de recherche et développement visant à apporter les modifications techniques nécessaires au matériel pour s'adapter aux conditions locales. |
|                            |   | Disponibilité du matériel : 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).  |  |   |  |  |   |
|                            |   | Douane : lourdeur des procédures de dédouanement pour l'importation de matériel entraînant des retards de livraison ; tarifs de douane dissuasifs sur le matériel des mini-réseaux, en particulier lorsque comparé à d'autres secteurs.  |  |   |  |  |   |
| 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.   | 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.  |
|                            |   | 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.   |  | Faciliter l'élaboration de lignes directrices claires et transparentes sur l'utilisation des données par les entreprises dans l'écosystème des mini-réseaux ; sensibiliser les utilisateurs ; encourager l'application par le gouvernement des lois sur la confidentialité des données. |  |  |   |
|                            |   | 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.  |  |   |  |  |   |
| 5. Risque de main d'oeuvre | Risques liés au manque de candidats instruits, qualifiés et spécialisés, ce qui entraîne des coûts plus élevés, l'embauche de personnel non local et des performances sous-optimales.   | 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).   | 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 (par ex., sur l'évolution de la demande).  |
| 6. Risque promoteur        | Risques de décalant 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 de mini-réseaux (CPE)  | 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.  |  |   |
|                            | 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 |  |  |   |  |  |   |

\*Note : cet instrument est une incitation financière directe

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 Mali, 3<sup>ème</sup> partie

| BARRIERS                                   |  |  |   | ÉVÉNAIL D'INSTRUMENTS À LA DISPOSITION DU SECTEUR PUBLIC  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|
| CATÉGORIE DE RISQUE                        | DESCRIPTION  | OBSTACLES SOUS-JACENTS   | PARTIES PRÉVANTES   | INSTRUMENTS POLITIQUES D'ATTÉNUATION DES RISQUES  |  | INSTRUMENTS FINANCIERS D'ATTÉNUATION DES RISQUES   |  |  |  |
|  |  |  |   | ACTIVITÉ  | DESCRIPTION  | ACTIVITÉ   | DESCRIPTION  |  |  |
| 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 du 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'échelle 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 ; réformes générales du crédit à la consommation ; paiements mobiles) ; (ii) promouvoir l'utilisation productive de l'électricité (par ex., établir un réseau d'incubateurs 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).              | (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-réseaux. L'électricité est ensuite vendue aux utilisateurs finaux. Cette approche de transfert des risques ou d'atténuation des risques financiers peut être combinée à une subvention par kWh* (incitation financière directe), afin de répondre aux préoccupations concernant l'abordabilité. |  |  |
|  |  | Insuffisance des canaux de crédit à la consommation et de la réglementation adéquate   |   | Risque découlant de l'insuffisance ou de la non-faisabilité des canaux de crédit à la consommation (par ex., paiements mobiles et/ou institutions locales de microfinancement) ou de la réglementation connexe qui entrave l'accès au crédit à la consommation. | Mandats gouvernementaux pour garantir aux mini-réseaux des locataires clés solvables   | Cibles et mandats du gouvernement exigeant des acteurs solvables, à la fois dans le secteur privé (par ex., antennes-relais de téléphonie mobile) et le secteur public (par ex., établissements de santé) d'obtenir leur électricité à partir de mini-réseaux à base d'énergies renouvelables. |  |  |  |
| 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   | 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)  |  |  |  |  |
|  |  | Pénurie de capitaux - secteur financier national sous-développé : Faible nombre d'intervenants bien capitalisés (dette, fonds propres, assurance, retraites) ; manque de clarté réglementaire sur les nouveaux types de produits financiers.   |   | Reformer les réserves obligatoires pour les prêts nationaux aux entreprises   | Approche équilibrée des besoins de liquidité, évaluation des compromis entre la stabilité financière et les objectifs en termes d'énergies renouvelables/électrification.  |  |  |  |  |
|  |  | Pénurie de capitaux - incitatifs et mandats concurrents : 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   | 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).  | 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.  |  |  |
|  |  | Expérience limitée des investisseurs nationaux avec les mini-réseaux : 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. |   | 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.  |  |  |  |  |
|  |  |  |   | 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  |  |  |  |  |

\* Note : cet instrument est une incitation financière directe

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, quatrième partie

Tableau 9 : Tableau des instruments d'action publique pour les mini-réseaux solaires au Mali, 4<sup>ème</sup> partie

| BARRIERS             |  |   |                         | ÉVENTAIL D'INSTRUMENTS À LA DISPOSITION DU SECTEUR PUBLIC   |   |   |   |
|----------------------|--|---|-------------------------|---|---|---|---|
| CATÉGORIE DE RISQUE  | DESCRIPTION  | PARTIES PRENANTES   |                         | INSTRUMENTS POLITIQUES D'ATTÉNUATION DES RISQUES  |   | INSTRUMENTS FINANCIERS D'ATTÉNUATION DES RISQUES  |   |
|                      |  | OBSTACLES SOUS-JACENTS  |                         | ACTIVITÉ  | DESCRIPTION   | ACTIVITÉ  | DESCRIPTION   |
| 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. | Produits financiers permettant de transférer tout ou partie du risque de change au secteur public.                      | Diverses options de conception existent. Une première option consiste à faire conclure par le gouvernement un CAE/PPA intermédiaire avec un exploitant de mini-réseaux, libellé en devises fortes, puis à vendre l'électricité ainsi produite aux utilisateurs finaux à un tarif fixe ou moins sujet à fluctuation, en monnaie nationale. Une autre option est le recours à des programmes publics de couverture du risque de devise subventionnés ou facilités (en particulier pour les opérations de change peu liquides) |
| 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 pour la présente étude basée sur les données fournies par un opérateur de mini-réseau au Mali. Trois catégories de consommateurs ont été considérées : ménages, utilisation productive, infrastructures sociales parmi lesquelles plusieurs types de consommations électriques ont pu être décrits. Le scénario d'électrification considère que la demande en électricité, au-delà des services d'accès basique à l'électricité, est basée sur des équipements plus diversifiés pour les ménages (télévisions, ventilateurs, ainsi que des réfrigérateurs pour certains), ainsi qu'une utilisation productive génératrice de revenus (pompes à eau, machine à coudre, réfrigération), et des services communautaires (en particuliers, écoles et éclairage public).

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 (AMADER et développeurs de mini-réseaux).
- **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. 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 kgCO<sub>2</sub>eq/MJ et une efficacité de 30% du générateur.

## Annexe D: Acronymes

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>AER-Mali</b> | Agence des Energies Renouvelables du Mali  |
| <b>AFD</b>      | Agence Française de Développement  |
| <b>ALG</b>      | Autorité de Développement Intégré des Etats du Liptako Gourma                                  |
| <b>AMADER</b>   | l'Agence Malienne pour le Développement de l'Energie Domestique et de l'Electrification Rurale |
| <b>BAD</b>      | Banque Africaine de Développement  |
| <b>BID</b>      | Banque Islamique de Développement  |
| <b>CEDEAO</b>   | Communauté Economique des Etats de l'Afrique Occidentale                                       |
| <b>CMPC</b>     | Coût Moyen Pondéré du Capital  |
| <b>CO2</b>      | Dioxyde de Carbone   |
| <b>CREE</b>     | Commission de Régulation de l'Electricité et de l'Eau  |
| <b>DNE</b>      | Direction Nationale de L'Energie   |
| <b>DREI</b>     | Derisking Renewable Energy Investment  |
| <b>GCF</b>      | Green Climate Fund   |
| <b>IDH</b>      | Indice de Développement Humain   |
| <b>IRENA</b>    | International Renewable Energy Agency  |
| <b>kW</b>       | Kilowatt   |
| <b>kWc</b>      | Kilowatt crête   |
| <b>kWh</b>      | Kilowatt-heure   |
| <b>LCOE</b>     | Levelized Cost Of Energy (Coût moyen actuel de l'Energie)                                      |
| <b>MEE</b>      | Ministère de L'Energie et de L'Eau   |
| <b>ONG</b>      | Organisation Non Gouvernementale   |
| <b>ONU</b>      | Organisation des Nations Unies   |
| <b>MW</b>       | Mégawatt   |
| <b>PANER</b>    | Plan d'Action National des Energies Renouvelables  |
| <b>PDER</b>     | Plan Directeur d'Electrification Rurale  |
| <b>PIB</b>      | Produit Intérieur Brut   |
| <b>PNUD</b>     | Programme des Nations Unies pour le Développement  |
| <b>PPP</b>      | Partenariat Public-Privé   |
| <b>PV</b>       | Photovoltaïque   |
| <b>SEforAll</b> | Sustainable Energy for All   |
| <b>SHS</b>      | Solar Home Systems   |
| <b>UE</b>       | Union Européenne   |
| <b>UEMOA</b>    | Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine  |
| <b>USD</b>      | United States Dollar   |

## Annexe E: Références (1/2)

AfDB and Carbon Trust (2019) MG market Opportunity Assessment: Mali

Annuaire statistique MMEE/SME/EDM-SA-DNE-AMADER, 2020

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 (Mali-Mali-Niger) – Rapport final de la phase 2. Consultant : CTEXCEI, Octobre 2018

INSTAT (2022) CONSOMMATION PAUVRETE BIEN-ETRE DES MENAGES 2021

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

IRENA/AER-MALI (2019) Evaluation de l'état de préparation aux énergies renouvelables.

MME (2007) Plan Directeur d'Electrification Rurale (Mali)

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

République du Mali & CEDEAO (2015) Plan d'Action Nationale d'Efficacité Energétique

SEforALL (2019) Prospectus d'investissement de l'énergie durable pour tous (SEforALL) du Mali

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.

Waissbein, O., Glemarec, Y., Bayraktar, H., & Schmidt, T.S., (2013). Derisking Renewable Energy Investment: A Framework to Support Policymakers in Selecting Public Instruments to Promote Renewable Energy Investment in Developing Countries. New York, NY: United Nations Development Programme.

World Bank Group, Economy Profile Mali Doing Business 2020

<https://archive.doingbusiness.org/content/dam/doingBusiness/country/m/mali/MLI.pdf>

## Annexe F: Remerciements

**Auteurs:** Sanju Deenapanray (Consultant International), Bagui Diarra (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 en charge de l'Énergie, la Direction Nationale de l'Énergie (DNE), l'Agence Malienne pour le Développement de l'Énergie Domestique et l'Électrification Rurale (AMADER), l'Agence des énergies renouvelables du Mali (AER-Mali), la Commission de Régulation de l'Électricité et de l'Eau (CREE), l'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). Mali: *Atténuation des risques aux investissements dans les mini-réseaux solaires PV-batteries*. New York, NY: United Nations Development Programme.

Mars 2023, Bamako and New York.