

LE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE SOLAIRE EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE : UNE  
RÉPONSE RÉALISTE AU DÉFI ÉNERGÉTIQUE DE L'URBANISATION ?

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et en développement durable en  
vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de monsieur Khalid Adnane

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Juillet 2023

## SOMMAIRE

Mots-clés : urbanisation, milieu urbain, défi énergétique, énergie solaire photovoltaïque, Afrique subsaharienne, démocratisation, accessibilité.

L'objectif principal de cet essai consiste à évaluer si le développement de l'énergie solaire en Afrique subsaharienne (ASS) peut répondre au défi énergétique de l'urbanisation. Pour atteindre cet objectif, une exploitation des ressources documentaires a permis de mettre en exergue l'évolution de l'urbanisation en ASS, les effets de la croissance urbaine démesurée et de son expansion spatiale sur les services énergétiques de la région. Ces effets se traduisent par un faible taux d'accès à l'énergie et un service de fourniture d'électricité de plus en plus médiocre compte tenu de la demande croissante suivant l'urbanisation. Ce qui constitue un des défis majeurs de la croissance urbaine en ASS même si elle présente des opportunités de développement. Or, un développement ne peut pas être envisageable sans l'accès à une énergie propre et durable. Alors que la présentation du mix énergétique en ASS, de l'état des lieux de l'énergie solaire en Afrique puis en ASS a démontré que cette région exploite faiblement son énorme potentiel d'énergie solaire. Une analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM) appliquée à une étude de cas sur le développement de l'énergie solaire sur trois villes de la région subsaharienne notamment Niamey (capitale du Niger), Ekurhuleni (Afrique du Sud) et Nairobi (capitale du Kenya) est entreprise pour évaluer si l'énergie solaire constitue une réponse à ce défi énergétique de l'urbanisation. L'analyse des forces et des faiblesses de l'étude de cas ressort, qu'importe le niveau de développement du pays en ASS, si le potentiel solaire et la volonté politique existent, les villes peuvent augmenter leur taux d'accès à l'énergie et améliorer la fourniture grâce à l'énergie solaire. Les opportunités et menaces de l'étude de cas sont utilisées dans la formulation des recommandations à l'intention des parties prenantes, afin de permettre à d'autres villes de la région subsaharienne qui souhaitent adopter l'énergie solaire, de contourner les obstacles et de profiter des opportunités qui s'offrent à elles. Ainsi, les pouvoirs publics qui semblent la catégorie de parties prenantes la plus influente vu le pouvoir d'influence qu'il exerce sur toutes les autres, doivent renforcer les politiques énergétiques dans le but de faciliter l'accès au secteur des énergies solaires aux investisseurs privés. Une démocratisation du secteur énergétique, facilitée par la volonté des pouvoirs publics, sera nécessaire pour améliorer la prise en charge de la demande et réduire la charge du fournisseur national. La mise en place d'un système de tarif de rachat du surplus de production résidentiel va permettre aux pouvoirs publics d'encourager l'autonomisation des ménages en énergie et l'acquisition de la technologie solaire photovoltaïque. Pour le financement des projets d'énergie solaire, les bailleurs devraient dans un premier temps respecter les promesses de financements envers les pays en développement et dans un second temps, revoir à la hausse la part du financement dédié à ce secteur afin d'accompagner les pays de la région dans leur transition énergétique. Le renforcement des capacités techniques à travers la formation en collaboration avec le secteur privé doit être mené par les universitaires, la société civile et les ONG en vue de développer l'expertise locale favorable au développement de l'énergie solaire en ASS.

## **REMERCIEMENTS**

Cette section porte généralement moins l'attention des lecteurs. Mais, elle est d'une importance capitale, car elle me permet d'exprimer ma gratitude envers les personnes qui ont de près ou de loin contribué à la réalisation de cet essai. Par-là, je veux formuler mes sincères remerciements à monsieur Khalid Adnane, qui a accepté dès le premier contact de m'accompagner comme directeur d'essai. Votre soutien indéfectible, vos encouragements, vos orientations et votre patience m'ont grandement servi durant tout le processus de la rédaction.

Je souhaite remercier tout le personnel du centre universitaire de formation en environnement (CUFE) pour la qualité de la formation, le suivi et l'accompagnement.

Un énorme merci à la famille Diop, Falilou, Aissatou et leurs enfants depuis Sainte-Anne-des-Plaines pour leur hospitalité, leur soutien moral et financier qui ont été d'une grande utilité pour mon intégration au Québec.

Merci à mon époux Opa Diallo, d'être toujours là à me soutenir moralement et émotionnellement. Aucun mot ne saurait exprimer ma gratitude envers ta personne. Je remercie Dieu de t'avoir mis sur mon chemin et je prie fort pour que notre amour soit éternel. Merci Opichou !

Mes sincères remerciements à ma mère Fatou Khouma, ma grand-mère Ndeye Fall et à toute ma famille pour tout ce que vous faites pour ma modeste personne.

Enfin, un grand merci à tous mes amis notamment Ndoumbé Ndiaye Fall, Aimé, Emmanuel, Yaye Aissatou Fall pour les encouragements, les motivations et les discussions à propos de l'essai. Vous avez grandement participé à l'achèvement de ce travail, je vous en suis reconnaissante.

À tous ceux que je n'ai pas pu citer ici et qui me sont chers, je vous remercie et vous dédie ce travail.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : DÉFIS ÉNERGÉTIQUES DE L'URBANISATION EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE.....	4
1.1    Portrait de l'urbanisation en Afrique.....	4
1.1.1    Historique.....	4
1.1.2    Croissance exponentielle.....	5
1.1.3    Facteurs déterminants de l'urbanisation.....	6
1.2    Pression énergétique découlant de l'urbanisation.....	8
1.2.1    Différentiel entre l'offre et la demande énergétique.....	8
1.2.2    Pratiques inappropriées et précarité énergétique.....	9
1.3    Mix énergétique en Afrique subsaharienne.....	10
1.3.1    Énergie et Afrique.....	11
1.3.2    Le solaire à l'assaut des villes en ASS.....	12
CHAPITRE 2 : ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LES PÉRIMÈTRES URBAINS EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE.....	14
2.1    Enjeux de gouvernances, économiques, sociaux, environnementaux et techniques.....	14
2.1.1    Enjeux de gouvernances.....	14
2.1.2    Enjeux économiques.....	15
2.1.3    Enjeux sociaux.....	16
2.1.4    Enjeux environnementaux.....	17
2.1.5    Enjeux techniques.....	18
2.2    Identification des parties prenantes et leur position.....	18
2.2.1    Pouvoir public.....	18
2.2.2    Investisseurs.....	19
2.2.3    Entreprises/développeurs du secteur énergétique.....	19
2.2.4    Bailleurs/prêteurs.....	20
2.2.5    Consommateurs.....	21
2.3    Relation entre les différentes parties prenantes.....	21
2.4    Présentation des initiatives de développement de l'énergie solaire en Afrique.....	24
2.4.1    Initiatives de la COP 21.....	24
2.4.2    Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA).....	25
2.4.3    Autres initiatives en cours.....	25
CHAPITRE 3 : ÉTAT DES LIEUX DE L'ÉNERGIE SOLAIRE EN AFRIQUE.....	30
3.1    L'Afrique dans le bilan énergétique solaire mondial.....	30
3.1.1    Transition énergétique encore à la traîne.....	33

3.1.2	Prévisions à l’horizon 2030.....	35
3.2	État des lieux du solaire en Afrique subsaharienne.....	36
3.2.1	Énergie rare et chère, des besoins considérables.....	37
3.2.2	Énergie solaire, un fort potentiel encore très peu développé en ASS.....	38
3.3	Technologie solaire en Afrique subsaharienne.....	39
3.3.1	Kits individuels.....	40
3.3.2	Mini-réseaux.....	41
3.3.3	Grands ouvrages de production d’énergie solaire (champs solaires).....	42
CHAPITRE 4 : ANALYSE DE L’INFORMATION.....		43
4.1	Cadre méthodologique de l’étude.....	43
4.1.1	Recherche bibliographique.....	43
4.1.2	Méthodologie pour le choix des villes dans l’étude de cas.....	44
4.1.3	Analyse forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM).....	44
4.1.4	Méthodologie FFOM.....	44
4.2	Contraintes et limites de l’analyse.....	45
4.3	Étude de cas : trois modèles de ville qui ont intégré l’énergie solaire dans leur mix énergétique en ASS.....	46
4.3.1	Modèle 1 : Niamey (capitale du Niger).....	46
4.3.2	Modèle 2 : la ville d'Ekurhuleni.....	48
4.3.3	Modèle 3 : Ville de Nairobi (Nigéria).....	51
4.4	Analyse FFOM.....	55
4.4.1	Les forces du modèle de développement de l’énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi.....	55
4.4.2	Les faiblesses du modèle de développement de l’énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi.....	56
4.4.3	Les opportunités du modèle de développement de l’énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi.....	57
4.4.4	Les menaces du modèle de développement de l’énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi.....	58
4.5	Constats.....	60
Chapitre 5 : Recommandations.....		61
5.1	Recommandation à l’intention des pouvoirs publics (Structure étatique).....	61
5.2	Recommandation à l’intention des Bailleurs/prêteurs.....	64
5.3	Recommandation à l’intention des consommateurs.....	65
CONCLUSION.....		68
RÉFÉRENCES.....		70
ANNEXE 1 : Tableaux parties prenantes identifiées dans le secteur de l’énergie solaire en ASS.....		75

## LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1.1 Population totale et urbaine en ASS entre 1960 et 2050. ....	6
Figure 2.1 Synthèse des relations entre les acteurs de la filière solaire en ASS .....	23
Figure 3.1 Augmentation de la capacité mondiale des énergies solaires, éoliennes et hydroélectriques .....	31
Figure 3.2 Capacités de production d'énergie solaire par région dans le monde en 2022 .....	32
Figure 3.3 Évolution du coût des énergies renouvelables .....	33
Figure 3.4 Production d'électricité par source et par région dans la SAS, 2020 et 2030 .....	36
Figure 3.5 Capacité solaire cumulative installée en Afrique subsaharienne par type de technologie, MW. ....	38
Figure 3.6 Capacité électrique cumulative par type d'installation en Afrique subsaharienne (en MW) .....	40
Tableau 2.1 Différentes initiatives pour le développement du solaire en Afrique .....	28
Tableau 4.1 Synthèse de l'étude de cas .....	54
Tableau 4.2 Tableau synthèse de l'analyse FFOM .....	59

## **LISTE DES ACRONYMES**

OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
AFSIA	Africa Solar Industry Association
APD	Aide publique au développement
ASS	Afrique subsaharienne
CDE	Connaissance des énergies
CNUCED	Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement
CSAO	Club du Sahel et de l’Afrique de l’Ouest
FVC	Fonds vert pour le climat
GW	Gigawatt
IEA	International Energy Agency (IEA)
IFDD	Institut de la francophonie pour le développement durable
IRENA	International Renewable Energy Agency
KWc	Kilowatt crête
MW	Megawatt
ODD	Objectif du développement durable
OGEF	Off-Grid Energy Access Fund
ONG	Organisation non gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
ROGEP	Regional Off Grid Electrification Project
SAS	Sustainable Africa Scenario
UEMOA	Union économique et monétaire ouest-africaines

## INTRODUCTION

Sur l'ensemble de la planète, la croissance urbaine s'effectue à un rythme inégalé. Cette urbanisation est souvent motivée par la quête de meilleures conditions de vie notamment en matière d'emploi, de meilleurs soins de santé, des structures d'éducation et de l'eau potable. Selon les Nations unies, « un peu plus de la moitié de la population mondiale vit dans des zones urbaines et d'ici 2050, ce chiffre pourrait atteindre 70 % ». (Stijns et David, 2020)

Sur le plan continental, cette urbanisation est plus prononcée en Afrique où la croissance urbaine reste la plus dynamique au monde avec un taux de croissance urbain de 4 % en moyenne par an (Al-Korachi, 2022). Ce qui implique, selon les prévisions des Nations Unies, la plus forte croissance allant jusqu'à plus de 820 millions d'habitants dans les villes d'Afrique d'ici 2030. (Stijns et David, 2020) En effet, de 1960 à 2010, le niveau d'urbanisation du continent est passé de 15 % à 40 % et les tendances montrent qu'il va atteindre 60 % d'ici 2050 (Al-Korachi, 2022). Comme partout ailleurs, l'aspect exponentiel de l'urbanisation ne constitue pas un phénomène propre au continent africain. Cependant, la rapidité de sa croissance constitue l'une des spécificités de l'urbanisation en Afrique, plus particulièrement, l'Afrique subsaharienne (ASS) qui se démarque du reste du monde par sa croissance urbaine sans précédent dans l'histoire de l'humanité compte tenu de son ampleur et sa vitesse. Cette région, très rurale jusqu'ici est en train de devenir majoritairement urbaine avec ses villes qui ne cessent de voir leur taille doubler chaque décennie et leur population augmenter au quotidien. (Adjamagbo et Attané, 2019) Alors que 15 % de sa population vivaient en ville dans les années soixante, le taux de la population urbaine de l'Afrique subsaharienne a atteint 27 % en 1990 et 41 % en 2020 (Schilimmer, 2022 ; Tabutin et Schoumaker, 2020).

Par ailleurs, cette urbanisation s'accompagne de plusieurs défis bien qu'elle porte aussi des opportunités de développement. Elle peut accélérer la croissance du continent en contribuant à la diversification des économies tout en rendant les villes plus productives et innovantes (Stijns et David, 2020). Nombreux sont ceux qui identifient la réponse principale à la croissance démographique exponentielle, le développement économique des pays du continent africain. Cependant, un aspect crucial est trop souvent négligé : l'accès à l'énergie. Sans énergie, il est impossible de faire fonctionner des dispensaires, permettre aux écoliers de faire leurs devoirs le soir ou d'avoir accès à internet ; aucun développement économique ou humain ne semble envisageable. Alors qu'un des défis majeurs de l'urbanisation mal maîtrisée reste le défi énergétique. (Huard et Fremaux, 2019)

Or, la majorité des pays africains, pour leur besoin énergétique, demeure très dépendante des combustibles fossiles qui sont souvent importés. Cette dépendance se traduit souvent par une fourniture électrique inadéquate avec des délestages qui peuvent durer jusqu'à des jours dans certaines villes. (Voix d'Afrique, s. d.) D'où la nécessité de faire évoluer rapidement le secteur énergétique du continent pour atteindre une indépendance énergétique si elle veut soutenir sa transition urbaine (Stratton-Short et Morgan, 2023). Elle lui permettra de prendre en charge presque entièrement ses besoins en énergie, en se tournant vers les énergies renouvelables telles que l'énergie solaire. En ce sens, les pays en Afrique

plus particulièrement en Afrique subsaharienne possèdent un plein potentiel en énergie solaire du fait de leur ensoleillement annuel extrêmement important. De plus, le soleil reste une ressource gratuite et inépuisable. Donc le développement de cette énergie engendrera des bénéfices tant économiques qu'environnementaux au continent. (Abubakar Mas'ud et al., 2016)

Depuis près d'une décennie, l'arrivée sur le marché de la technologie de production d'énergie solaire photovoltaïque ouvre de nouvelles perspectives pour le continent. Ainsi, la chute des prix des panneaux solaires et des batteries, la croissance exponentielle de l'énergie solaire dans le monde et la multiplication des initiatives de développement pour les énergies renouvelables ont laissé penser que le problème de l'accès à l'énergie en Afrique était résolu. (Huard et Fremaux, 2019) Toutefois, une limite cruciale se pose : celle du financement. En effet, les équipements solaires sont assez dispendieux et peu accessibles. Si leur financement doit mobiliser beaucoup de capitaux, il pourrait s'appuyer sur les nombreuses initiatives de développement mises en place pour soutenir la transition énergétique. Parmi elles, on peut citer les initiatives de la COP21, l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), le « Fond vert pour le climat » et d'autres partenaires externes, notamment dans le cadre de l'Aide publique au Développement (APD).

Ainsi, la problématique suivante a été formulée : l'énergie solaire serait-elle en mesure de répondre au défi énergétique de l'urbanisation galopante des villes en Afrique subsaharienne ? Afin de répondre à cette question, ce présent essai a pour objectif principal d'évaluer la possibilité de développer l'énergie solaire en milieu urbain en Afrique subsaharienne pour répondre au défi énergétique de l'urbanisation. Pour ce faire, trois objectifs spécifiques ont été identifiés. Tout d'abord, le premier vise à présenter le défi énergétique de l'urbanisation, ainsi que l'état des lieux de l'énergie solaire en Afrique puis en ASS. Le second objectif consiste à réaliser une analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM) du développement de l'énergie solaire en milieu urbain subsaharien en se basant sur une étude de cas de trois villes qui sont Niamey (capitale du Niger), Ekurhuleni (en Afrique du Sud) et Nairobi (capitale du Kenya). Enfin, le dernier objectif spécifique consiste à formuler des recommandations afin de favoriser le développement de l'énergie solaire dans d'autres périmètres urbains en ASS.

L'essai comporte cinq (5) chapitres. Le premier chapitre brosse le portrait de l'urbanisation en Afrique, la pression énergétique découlant de cette urbanisation et le mix énergétique en ASS. Le chapitre 2 identifie les enjeux suivant les thématiques du développement durable, les parties prenantes et leur position ainsi que la relation qui existe entre elles. Les initiatives d'appui au développement de l'énergie solaire sont aussi exposées dans ce chapitre 2. Le chapitre 3 permet de comprendre l'état des lieux de l'énergie solaire en Afrique puis en ASS et les différentes technologies de production d'énergie solaire déployées dans cette région. Le chapitre 4 constitue le cœur de l'essai vu qu'il s'agit de la partie analyse. Cette partie consiste tout d'abord à exposer le cadre méthodologique de l'essai. Une étude de cas sur trois modèles de villes qui ont intégré l'énergie solaire dans leur mix énergétique en ASS a ensuite servi de base à l'analyse FFOM. Et le chapitre 4 se termine par une prise de position. Le chapitre 5 regroupe les recommandations qui sont formulées afin de contourner les obstacles et de profiter des opportunités

qui s'offrent au développement de l'énergie solaire dans d'autres villes en ASS. Les recommandations sont émises envers les parties prenantes telles que les pouvoirs publics, les bailleurs (ou prêteurs) et les consommateurs suivant leur pouvoir d'influence.

## **CHAPITRE 1 : DÉFIS ÉNERGÉTIQUES DE L'URBANISATION EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE**

Ce chapitre expose la tendance évolutive de l'urbanisation en Afrique subsaharienne (ASS) à travers une revue de la littérature. Il permet de comprendre l'interférence de l'urbanisation sur la disponibilité de l'énergie en quantité et en qualité dans cette région du continent africain. Le chapitre présente tout d'abord la dynamique de l'urbanisation en Afrique subsaharienne en faisant le portrait de cette dernière. Puis, il évoque les pressions énergétiques qui découlent de cette urbanisation. Pour terminer avec le toporama du mix énergétique en milieu urbain en Afrique subsaharienne tout en mettant l'accent sur la part du solaire dans ce mix énergétique.

### **1.1 Portrait de l'urbanisation en Afrique**

Au xxi -ème siècle, l'urbanisation est le phénomène qui va profondément changer le continent africain. En effet, le nombre de villes en Afrique a doublé passant de 3300 à 6600 depuis 1990. Les populations cumulées de ces villes ont augmenté de 500 millions de personnes. (OCDE et al., 2022) Ce qui fait aujourd'hui de l'Afrique la région qui connaît le taux de croissance urbaine le plus élevé au monde. Selon les prévisions de l'OCDE, la population urbaine du continent devrait doubler d'ici 2050. (Moya, 2022) D'ailleurs, l'Afrique est considérée comme l'une des régions du monde le moins urbanisé, mais où l'urbanisation se produit très rapidement et la taille de la population croît de façon exponentielle (Ogalama, 2013 ; Amare et al., 2021).

#### **1.1.1 Historique**

Historiquement, l'urbanisation a toujours existé en Afrique même avant la colonisation. Des recherches archéologiques ont démontré que le phénomène de l'urbanisation n'est pas nouveau en Afrique. Depuis le xv -ème siècle, les cités africaines se sont développées grâce aux courants commerciaux et aux structures politiques stables. Ainsi, plusieurs villes ont été créées telles que Koumi Saleh qui fut la capitale de l'empire du Ghana et est considérée comme l'une des cités les plus anciennes d'Afrique noire. Elle comptait à l'époque jusqu'à trente mille habitants selon le voyageur arabe Al Bahri. (Ogalama, 2013) Il faut noter que ces cités n'étaient pas organisées selon les rationalités occidentales. En effet, des communautés ethniques se regroupaient dans des quartiers spécifiques contrôlés par leur chef. La gestion de l'espace urbain n'était pas sous la responsabilité d'une autorité centrale, mais plutôt par des chefs de groupe. La structuration de ces cités ignorait les régularités géométriques donnant ainsi des cités urbaines en forme d'enclos lignager juxtaposé. De plus, on y décèle une réelle ségrégation sociale et spatiale. (Ogalama, 2013)

Plus tard, la colonisation est venue bouleverser les systèmes urbains anciens en Afrique. Elle a imposé une autre logique hiérarchisée avec un découpage militaro-administratif du territoire. Les cités urbaines

étaient désormais occupées par les colons et la périphérie par les autochtones. (Ogalama, 2013 ; Amare et al., 2021)

À la fin de la Deuxième Guerre mondiale, le processus d'urbanisation s'était accéléré en Afrique et avait pris d'ampleur au fil des années. En 1960, le nombre de centres urbains s'élevait à six-cents (600) et la population totale urbaine était près de treize millions d'habitants. Quant à l'Afrique subsaharienne, elle a connu, depuis 1960, une urbanisation soutenue. Sur la période de 1945-1960, le taux de croissance urbaine a dépassé 8 % par an à l'échelle de l'ensemble de la région. (Ogalama, 2013) Selon Ogalama (2013), « La vitesse du processus d'urbanisation a donc été tout à fait exceptionnelle en ASS, sans égal dans aucune région du monde ni à aucune autre époque ». Alors que 15 % de sa population vivaient en ville dans les années soixante, le taux de la population urbaine de l'ASS a atteint 27 % en 1990 et 41 % en 2020. En trente ans (1990-2020), sa population urbaine a triplé en passant de 136 millions à 459 millions. Et selon les projections de l'Organisation des Nations Unies (ONU), cette tendance évolutive des taux de croissance de la population urbaine en ASS va se poursuivre progressivement dans le temps pour atteindre 50 % vers 2035 et 60 % en 2050. (Schilimmer, 2022 ; Tabutin et Schoumaker, 2020)

En outre, cette urbanisation s'opère de manière inégale d'une part entre les pays et de l'autre part entre les villes d'un même pays. (Niandou, 2017) Ainsi, le processus d'urbanisation est fortement prononcé dans les villes des pays côtiers (40-50 %) que ceux de l'intérieur du continent (moins de 25 %). C'est le cas par exemple du Burundi, de l'Éthiopie, du Malawi, du Niger et de l'Ouganda où moins de 20 % de la population vit en ville contrairement au Botswana, au Congo, au Cameroun, au Gabon et en Afrique du Sud où ce chiffre est compris entre 50 % et 80 %. (Ongo Nkoa et Younda, 2022) Cela s'explique par plusieurs facteurs tels que leurs accessibilités aux côtes, l'ancienneté de leur colonisation et le climat. À cela s'ajoute, la stabilité de la plupart de ces pays côtiers qui n'ont pas connu de crises sociopolitiques majeures. (Niandou, 2020) Les disparités dans le processus d'urbanisation s'observent également entre les villes d'un même pays où les populations des capitales se multiplient au détriment des villes moyennes et petits centres (Niandou, 2017).

### **1.1.2 Croissance exponentielle**

Comme partout ailleurs, l'aspect exponentiel de l'urbanisation n'est pas un phénomène propre au continent africain. Cependant, la rapidité de sa croissance constitue l'une des spécificités de l'urbanisation en Afrique. Plus particulièrement, l'Afrique subsaharienne qui se démarque du reste du monde par sa croissance urbaine sans précédent dans l'histoire de l'humanité compte tenu de son ampleur et sa vitesse. Cette région, très rurale jusqu'ici est en phase de devenir majoritairement urbaine avec ses villes qui ne cessent de voir leur taille doubler chaque décennie et leur population augmenter au quotidien. Certaines capitales de la région gagnent 1000 habitants par jour. (Adjamagbo et Attané,

2019) Selon Schilimmer (2022) ; Tabutin et Schoumaker (2020) ; Amare et al., (2021), cette région connaît des taux de croissance urbaine moyens d'environ 4 %.

Toutefois, de fortes disparités subsistent entre sous-régions en ASS bien que le taux d'urbanisation soit en croissance sensible. L'Afrique de l'Est est encore très rurale avec 29 % de citadins, l'Afrique australe est déjà très urbanisée avec 65 % de citadins et les deux autres régions (l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique du Sud) se situent autour de 50 %. Cette diversité est encore plus prononcée d'un pays à l'autre en ASS. On peut observer moins de 17 % de taux d'urbanisation au Burundi, Rwanda, Malawi et Niger à plus de 68 % en Angola, Botswana et Gabon. (Tabutin et Schoumaker, 2020 ; Banque Mondiale, 2021 ; (Ongo Nkoa et Younda, 2022)

La figure 1.1 illustre l'évolution en ASS de la population totale et de la population urbaine entre 1960 et 2050.

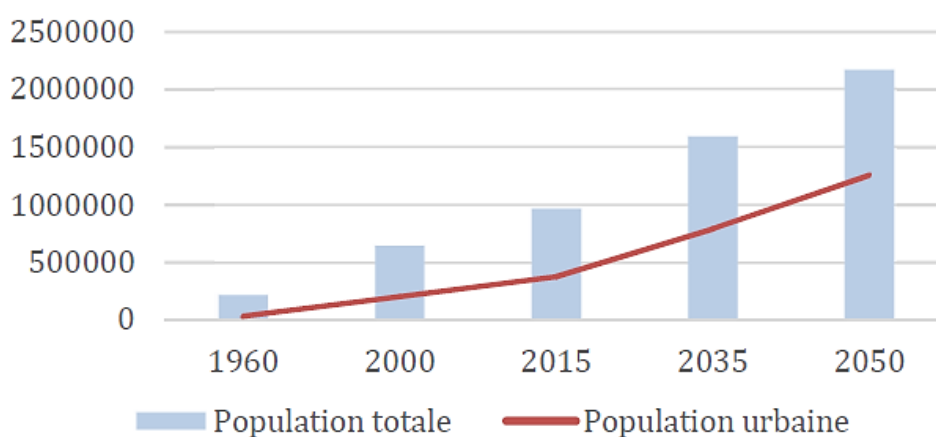


Figure 1.1 Population totale et urbaine en ASS entre 1960 et 2050. Source : (Ongo Nkoa et Younda, 2022), à partir d'United Nations (2018)

### 1.1.3 Facteurs déterminants de l'urbanisation

Depuis plusieurs années, la croissance exponentielle des villes africaines fait l'objet d'une attention particulière. Des rapports de communautés scientifiques, des débats d'experts internationaux et des initiatives de recherche visent à mettre en lumière les facteurs déterminants à l'origine de cette explosion des villes en Afrique et de comprendre les impacts sociaux, économiques et environnementaux qui en découlent. (Schilimmer, 2022) Il en ressort que le phénomène de l'urbanisation en ASS est alimenté par trois principaux facteurs : la croissance naturelle de la population, l'exode rural et l'extension territoriale avec l'agglomération des zones rurales. (Moya, 2022) En effet, l'exode rural a été longtemps considéré comme la principale cause de croissance urbaine en Afrique. Or, la densification démographique et l'expansion spatiale avec l'émergence de nouveaux espaces urbains sont tous autant de facteurs qui participent à ce phénomène. (Ogalama, 2013)

En ce qui concerne l'exode rural, il reste un phénomène motivé par la recherche de meilleures conditions de vie. Les petites zones urbaines constituent un lien entre les zones rurales et urbaines (Africapolis, s. d.). Les jeunes africains perçoivent ces zones urbaines comme des lieux de plus grandes opportunités pour améliorer leur subsistance (Amare et al., 2021). Pour bon nombre d'entre eux, ces lieux constituent des points d'accès aux marchés, aux services publics tels que la santé et l'éducation et aux opportunités d'emploi (Africapolis, s. d.). Ce qui explique leur motivation à déménager dans les centres urbains (Amare et al., 2021).

Par ailleurs, la croissance naturelle de la population constitue un aspect spectaculaire de l'urbanisation en ASS (Moya, 2022). Depuis 1990, la forte croissance démographique est considérée comme le principal moteur des dynamiques d'urbanisation, car elle contribue directement à la croissance naturelle de la population (OCDE/CSAO, 2020). En effet, cette région ne présentait aucune ville millionnaire en 1950 alors qu'elle en totalise 50 en 2016 (Pourtier, 2017). Selon (OCDE/CSAO, 2020), la population urbaine a connu une hausse de 2000 % en passant de 27 millions en 1950 à 567 millions en 2015. Des villes comme Kenya comptent plus de citadins (28,6 millions) en 2015 que n'en dénombre l'Afrique dans sa totalité en 1950. Dakar, capitale du Sénégal, tout comme Abidjan en Côte d'Ivoire et Lomé au Togo comptent plus d'habitants que l'ensemble de leurs pays il y a un demi-siècle. (OCDE/CSAO, 2020) Lagos (capitale du Nigéria) compterait douze (12) millions d'habitants et le Kinshasa (capitale du Congo) dix (10) millions (Pourtier, 2017). La population urbaine de l'Afrique croît de 21 millions de personnes par année depuis 2010 (OCDE/CSAO, 2020).

Enfin, l'étalement et l'émergence de nouvelles agglomérations constituent aussi des facteurs déterminants de l'urbanisation en ASS (Moya, 2022). Ces nouveaux espaces urbains sont conçus soit à partir de noyaux villageois existants (« urbanisation in situ »), soit sous la forme de villes nouvelles spécialement créées (« urbanisation ex nihilo »), soit sous la forme de rassemblements ou de concentrations non planifiées donnant naissance à de nouvelles agglomérations (Niandou, 2017). La croissance des petites et moyennes villes et la transformation des villages en petites villes constituent une dimension importante, mais souvent négligée de la transformation urbaine de l'ASS. Ces nouveaux centres urbains enracinés dans les régions rurales rendent les distances plus courtes entre les zones rurales et urbaines. Mais, la plupart de ces centres urbains émergents n'ont pas encore été définis comme urbains par les autorités nationales et échappent à toute réglementation et à tout contrôle. (Agergaard et al., 2021) ; Ogalama, 2013) Ces espaces périurbains, ni vraiment urbains, ni vraiment ruraux résultent d'une avancée de « formes anarchiques d'installations humaines en symbiose économique avec la ville puis une densification de ces espaces ». Ce qui constitue un des facteurs de la dégradation de l'environnement des métropoles africaines. (Ogalama, 2013) Par ailleurs, l'urbanisation ne se résume pas aux seules grandes villes. La base de données Africapolis souligne l'importance de la prolifération des petites agglomérations de plus 10 000 habitants en ASS. Ces villages ruraux qui se densifient pour devenir des villes par regroupement entre plusieurs villages qui se sont développés demeurent une

tendance évolutive particulièrement importante dans les pays du Sahel où la population devrait passer de 58 millions à 254 millions d'habitants entre 2000 et 2050. (Moya, 2022)

Pour conclure cette section, il convient de noter que l'urbanisation en Afrique plus particulièrement en Afrique subsaharienne (ASS) est un processus multidimensionnel qui présente d'énormes variations entre les pays, les régions et les villes. Les rythmes d'urbanisation de l'Afrique dans le futur sont donc incertains bien que les prédictions présagent une tendance évolutive. Ces rythmes vont dépendre de l'évolution des facteurs déterminants tels que les flux de migrations entre villes et campagnes, la reclassification de localités rurales en localités urbaines et la croissance naturelle de la population (Tabutin et Schoumaker, 2020). Face à cette situation, les zones urbaines d'Afrique deviennent encombrées et surchargées exerçant une pression sur l'insuffisance des ressources disponibles, notamment les ressources énergétiques (Amare et al., 2021).

## **1.2 Pression énergétique découlant de l'urbanisation**

L'urbanisation a des incidences considérables sur les réalités socio-économiques de la région subsaharienne. Elle engendre la congestion permanente, les embouteillages monstrueux aux heures de pointe, les délestages électriques et tant d'autres irritants qui affectent la qualité de vie des citoyens (Adjamagbo et Attané, 2019). Cette urbanisation est mal maîtrisée en ASS. À la différence de l'urbanisation des pays développés, celle connue par l'ASS est mal accompagnée constate Niandou (2020). Alors que l'explosion urbaine s'accompagne d'une croissance des besoins, un retard latent est noté dans le déploiement d'équipements urbains (Adjamagbo et Attané, 2019) Niandou, 2020). Ceci s'explique en partie par le fait que la majorité des villes en ASS ne dispose pas de politiques efficaces d'aménagement urbain leur permettant de suivre leur croissance tant démographique que spatiale et d'anticiper l'augmentation des besoins. Ainsi, la majorité des services urbains devient précaire face à l'augmentation des besoins et cela surtout dans le secteur de l'énergie. (Niandou, 2020)

### **1.2.1 Différentiel entre l'offre et la demande énergétique**

Les villes en ASS ne parviennent pas à suivre ce rythme de croissance soutenu qui se traduit par plusieurs centaines de millions de citoyens supplémentaires. Ainsi, une insuffisance dans la fourniture des services de base nécessaires à la vie urbaine, surtout ceux qui sont énergétiques, est constatée. (Adjamagbo et Attané, 2019) En effet, le développement urbain s'accompagne d'une augmentation de la demande en énergie rendant le réseau précaire pour répondre aux besoins de la population (Niandou, 2020). D'abord, il est certain que plus la population s'urbanise, plus elle change ses habitudes de consommation et les adapte aux réalités urbaines. Ainsi, de plus en plus de ménages en ville sont dotés d'équipements électroménagers à forte consommation énergétique. La demande d'énergie par exemple pour les ventilateurs et la climatisation quadruple au cours de la décennie. L'urbanisation et les changements

climatiques sont les seuls facteurs qui augmentent ces besoins en refroidissement. (International Energy Agency (AIE), 2022)

Par ailleurs, la croissance spatiale des villes engendre l'éloignement des quartiers, ce qui nécessite le déploiement et l'extension des services urbains (Niandou, 2020). Or, ces services urbains manifestent des difficultés à s'adapter à la dynamique actuelle de la ville. À titre d'exemple, la grande majorité des réseaux électriques urbains sont archaïques. Ces réseaux ont été auparavant établis pour des populations de moindre consommation électrique alors qu'aujourd'hui la pression urbaine exige une vigueur différente d'un tel réseau. (Niandou, 2017 ; DAOUDA H. 2010)

### **1.2.2 Pratiques inappropriées et précarité énergétique**

Devant le changement des habitudes de consommation et l'incapacité du réseau à suivre cette dynamique urbaine, la « précarité énergétique » constitue une pression énergétique découlant de l'urbanisation. Il faut noter l'existence d'un fait inédit qui semble être une pratique courante dans les villes en ASS, il s'agit de la « rétrocession illégale de l'électricité qui suppose qu'un ménage soit branché légalement au réseau de distribution d'électricité et qui finit par vendre l'électricité à ses voisins » (Niandou, 2020). Ces pratiques frauduleuses sont favorisées par plusieurs facteurs tels que la promiscuité et le manque de contrôle des entités responsables de la distribution d'électricité. Ce qui se manifeste par une augmentation du nombre de consommateurs sans pour autant augmenter le nombre d'abonnés au service. Également, il existe des ménages qui profitent de la générosité de leur voisin en bénéficiant de raccordement gratuit. Et enfin, des ménages qui partagent le même compteur électrique. Ces comportements des citoyens à l'égard du réseau de distribution électrique entraînent la précarité énergétique qui se manifeste par une fourniture discontinue de l'électricité avec des délestages très fréquents et une augmentation des coûts d'entretien et de fonctionnement du réseau. (Niandou, 2020 ; Niandou, 2017)

En effet, ces pratiques augmentent les dépenses énergétiques au niveau national. Ce qui impacte directement le prix du kilowattheure. Selon la Banque africaine de développement (BAD) (2015), le prix de la facture d'électricité en ASS est plus élevé par rapport aux pays développés. Adjamagbo et Attané (2019) soutiennent que le coût moyen effectif du kilo watt-heure (kWh) en ASS est environ quatre fois supérieur à la moyenne mondiale. Or, la majorité des populations issues des villes de la région subsaharienne ont de faibles revenus ce qui ne leur permet pas de répondre suffisamment au coût élevé de la facture d'électricité. Ainsi, le faible niveau de revenu des ménages qui rend difficile le paiement des factures freine les investissements permettant de réduire la facture pour atteindre un niveau de confort supérieur. Outre que le prix de l'énergie qui reste élevé, la capacité de production et la disponibilité demeurent très faibles. En 2012, la capacité de production installée en ASS était seulement de 0,1 KW par habitant. Ce qui est contraire aux « pays riches qui ont des capacités installées allant de

1,0 à 3,3 kW par habitant ». (Avila, et al., 2017) D'ailleurs, le faible taux d'accès à l'énergie dans cette région qui restent autour de 43 % vient confirmer ce constat (Seck et al., 2019).

En réalité, cette précarité énergétique présente trois dimensions. Une dimension sociale où elle crée le mécontentement des populations voire des soulèvements. Une dimension financière qui se traduit par les moyens et solutions que la société de distribution mettra en place, pour assurer la continuité de la prestation du service pendant les périodes de coupures. En moyenne par pays, cette précarité présente un effet négatif considérable sur les économies soit un coût allant de 1 % à 5 % du produit intérieur brut (PIB) national. Et enfin, une dimension technique qui se manifeste par la destruction de certains matériels sans possibilité de dédommagement. (Niandou, 2017) En effet, les baisses de voltage limitent l'utilisation d'appareillages électriques et dans bien des cas elle cause des dommages irréversibles (Le Picard et Toulement, 2022).

Somme toute, cette pression énergétique de l'urbanisation se traduit par un déficit en électricité en ASS. Ce déficit énergétique a empêché la région d'atteindre plusieurs de ses objectifs de développement notamment en santé et éducation. Ceci est principalement dû à un décalage entre l'offre et la demande dans les secteurs connectés au réseau et un manque d'accès dans les secteurs hors réseau. (Avila, et al., 2017) Également, la précarité énergétique et certaines pratiques inappropriées viennent amplifier ce phénomène (Niandou, 2017). Ainsi, pour pallier les faiblesses du réseau et pour satisfaire leur demande en énergie, les citoyens font recours aux nombreuses technologies de production autonome d'électricité comme les générateurs diesel ou les systèmes solaires décentralisés. Bien que ces derniers soient dédiés à l'origine aux zones rurales non couvertes par le réseau, ils partent aujourd'hui à l'assaut des villes en ASS. (Le Picard et Toulement, 2022)

### **1.3 Mix énergétique en Afrique subsaharienne**

Les secteurs énergétiques subsahariens sont confrontés à la forte croissance démographique et à l'urbanisation rapide de la région. Les projections de l'Organisation des Nations Unies (ONU) soutiennent que la population dans cette région va presque doubler pour atteindre 2,1 milliards en 2050 et 60 % de cette population seront principalement concentrées dans les villes. Ainsi, pour faire face à une augmentation des besoins en énergie engendrée par la croissance démographique en ASS et la défaillance du réseau de distribution électrique, les consommateurs ont tendance à adopter d'autres alternatives pour subvenir à leurs besoins en énergie. De nombreuses technologies de production autonome d'énergie comme les systèmes solaires décentralisés atteignent les zones urbaines où les citoyens les utilisent pour pallier les faiblesses du réseau central. (Picard, 2022) Dans ce qui suit, le portrait énergétique de l'Afrique sera exposé et l'emphase mise sur la présence du solaire en milieu urbain en ASS.

### 1.3.1 Énergie et Afrique

L'Afrique renferme de nombreuses ressources énergétiques. Ces dernières sont constituées d'énergies renouvelables et non renouvelables notamment le pétrole brut, le charbon, le gaz naturel, l'énergie géothermique, l'énergie éolienne, la biomasse et l'énergie solaire. Dans la production mondiale totale d'énergie, l'Afrique ne représente que 9,5 %, dont 12,1 % de pétrole brut, 4,2 % de charbon brut, 6,8 % de gaz naturels et 4,6 % d'énergie hydroélectrique. (Banque africaine de Développement (BAD), s.d) Ce faible taux de production fait de l'Afrique la région qui présente le plus bas taux d'électrification. Ainsi, les pays africains affrontent de nombreuses difficultés dans la quête de l'amélioration du bien-être de leurs populations. Nombreux parmi elles n'ont pas accès à des services énergétiques modernes abordables et fiables. En effet, la proportion de la population ayant accès à l'électricité en Afrique par exemple est estimée à 42 % contre 75 % dans les pays développés (BAD, s.d). Ce constat est encore plus flagrant en ASS où le taux d'accès à l'électricité est encore plus bas : 78,2 % en zone urbaine et 28,5 % dans les zones rurales (BAD, s.d et Banque Mondiale, 2020). Le bilan est encore plus sombre en ce concerne l'accès à des moyens de cuisson propre. Près de trois quarts de la population africaine soit 970 millions de personnes n'y avaient pas encore accès en 2021. Une augmentation de 2 % par an de leur nombre en 2010 et 2019, et de 2,5 % par an en 2020 et 2021 a été constatée. (Nelson, 2020)

Face à cette situation très peu favorable au développement économique, l'ASS mise sur le mix énergétique pour pallier ce déficit. Avec certitude, le mix énergétique en ASS est particulièrement marqué par la prédominance de la biomasse produite à partir de matière organique. La biomasse représente 61 % du mix énergétique contre 34 % d'énergies fossiles, dont près de 17 % de charbon. (Abdou Hassan, 2017) Dans l'espace Union économique et monétaire ouest africaine (UEMOA), qui comprend huit (8) pays de l'Afrique de l'Ouest, par exemple, la biomasse énergie représente plus de 84 % de toute la production énergétique. S'en suivent les autres sources telles que le pétrole brut (9 %), le gaz naturel (6 %) et l'hydroélectricité (1 %). (Nelson, 2020)

Cependant, si les sources d'énergie sont diverses elles sont inégalement réparties. Le Point Afrique (2019) et Avila, et *al.* (2017) exposent la capacité de production et le mélange dans chaque région en ASS constituée principalement de l'hydroélectricité, du charbon, du pétrole et du gaz :

- L'Afrique australe présente plus de capacité de production que le reste de l'ASS. Cette production équivalente à 58 GW est constituée principalement du charbon (70 %), des énergies renouvelables (16 %), du pétrole et du gaz (8 %) ;
- L'Afrique de l'Ouest a une capacité de production estimée à environ 20 GW. 50 % de cette capacité est issue de la production de gaz, près de 30 % de distillats de pétrole et environ 20 % d'énergie hydroélectrique ;
- L'Afrique de l'Est, elle présente une capacité de production de 8 GW dont 50 % proviennent de l'hydroélectricité, 45 % du pétrole distillé et le reste de la géothermie et du gaz ;

- L’Afrique centrale dispose elle, d’une capacité de production de 4 GW qui correspond à la plus faible en ASS. Cette capacité est composée principalement de 65 % d’hydroélectricité, 15 % de gaz, et 20 % du pétrole distillé. (Avila, et al., 2017)

De ce qui précède, on peut constater l’absence de l’énergie solaire dans le mix énergétique en ASS. Ainsi, le potentiel solaire est sous-exploité dans ce continent. Pourtant, les énergies renouvelables telles que le solaire constituent les opportunités les plus intéressantes pour l’avenir du continent (Le Point Afrique ; 2019). Pour la production d’électricité par exemple, seuls 10 térawatts-heures (TWh) à partir d’énergie solaire ont été produits dans la région en 2019 selon l’Agence internationale de l’énergie (AIE). Ce qui équivaut à moins de 0,01 % de son potentiel solaire théorique. En ASS, le solaire s’élève à 1,7 GW (7,7 GW avec l’Afrique du Sud) dans les capacités de production d’électricité soit 2 % des capacités installées (6 % avec l’Afrique du Sud). (Picard, 2022)

### **1.3.2 Le solaire à l’assaut des villes en ASS**

Les énergies renouvelables telles que l’énergie solaire était auparavant déployée dans les zones rurales trop éloignées des réseaux de distribution. Mais, elles sont aujourd’hui à l’assaut des villes. Pour rappel, les réseaux électriques en ASS sont sous pression. Cette pression est la résultante d’une très forte urbanisation avec la hausse de la population notamment dans les villes. Pour s’équiper, la plupart des consommateurs se tournent vers des systèmes décentralisés. Ainsi, la présence de kits solaires et de panneaux solaires s’observe de plus en plus dans les zones urbaines. Ceci s’explique par le fait qu’elles ne soient pas raccordées au réseau, ou pour pallier ses défaillances. De plus, comparer aux générateurs diesel plus coûteux, ces systèmes solaires sont plus abordables pour les consommateurs. Le marché du solaire décentralisé s’est rapidement développé grâce à la modernisation du marché et au nouveau système de tarification. (Rantrua, 2021)

Dans le même sens, Picard (2022) abonde que le marché solaire s’adresse actuellement à une clientèle déjà électrifiée qui combine plusieurs solutions énergétiques dans le but de sécuriser son approvisionnement et optimiser ses dépenses. Cette clientèle est constituée d’une part de ménages aisés et d’autre part, par les établissements industriels et commerciaux (usines, centres commerciaux, stations-service, hôtels) (Baraille et Jaglin, 2022). Ces industries qui manifestent de gros besoins en électricité se tournent vers ces systèmes décentralisés pour pallier l’irrégularité du réseau central tout en limitant leur dépendance au carburant (Rantrua, 2021).

Pour mieux appréhender ce phénomène, Picard (2022) a mené une étude basée sur l’analyse des images satellites sur une étendue de zones urbaines à la recherche de panneaux solaires dans plus de 14 villes en ASS. Cette étude a montré qu’une partie des systèmes solaires décentralisés en ASS se situe dans les zones urbaines. Cette situation est constatée dans les zones urbaines où même l’approvisionnement électrique est de bonne qualité. L’analyse de ces millions d’images satellites dans 14 villes d’ASS

permet de constater entre 184 MW et 231 MW de « capacité solaire décentralisée ». Cela représente, selon les estimations dans la région subsaharienne (hors Afrique du Sud) près de 10 % de la capacité solaire installée. Cette estimation pourrait très probablement augmenter de façons importantes avec l'élargissement de cette analyse aux autres villes africaines. (Picard, 2022) Il est démontré dans l'analyse de Picard (2022) que des villes plus développées en ASS comme Windhoek, Nairobi et Cape Town ont des capacités installées qui sont respectivement de 23,7 MW, 21,7 MW et 55,7 MW. En revanche, d'autres villes moins développées comme Khartoum ou Harare ont des capacités installées respectivement 0,8 MW et 3,6 MW. Comparé aux normes européennes, cela peut paraître minime, mais il faut rappeler que dans toute l'ASS, la capacité solaire centralisée correspond environ à 1,7 GW (hors Afrique du Sud). (Picard, 2022)

Donc on voit clairement que l'énergie solaire est faiblement représentée dans le mix énergétique en ASS. Elle connaît progressivement son succès en milieu urbain grâce à la modernisation du marché et aux nouveaux systèmes de tarification. Son utilisation est relative au niveau de revenu des citoyens qui, si les ressources financières le permettent, ont tendance à se procurer des systèmes solaires décentralisés pour pallier les manquements du réseau central.

En conclusion, ce chapitre a mis la lumière sur les défis énergétiques de l'urbanisation en ASS. L'exposé sur la dynamique urbaine dans la première partie a permis de comprendre le phénomène de l'urbanisation et son évolution dans le temps. Puis la seconde partie présente les pressions énergétiques qui découlent de cette urbanisation en ASS. Entre déficits énergétiques, précarité énergétique et des pratiques inappropriées de certains citoyens à l'égard du réseau de distribution électrique, les pressions découlant de l'urbanisation constituent un frein au développement de la région. Et enfin, la dernière partie de ce chapitre présente le mix énergétique en ASS. Elle montre une faible exploitation du potentiel solaire et une prédominance de la biomasse énergétique et des combustibles fossiles. Ce qui implique le faible taux d'accès à l'énergie constaté dans cette région. Le développement des énergies renouvelables tel que le solaire devient donc, une nécessité pour permettre un accès fiable à l'énergie pour tous. Ainsi, les enjeux de gouvernances, sociaux, économiques et environnementaux sont à prendre en considération pour une meilleure transition vers ce nouveau énergétique.

## **CHAPITRE 2 : ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LES PÉRIMÈTRES URBAINS EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE**

Le chapitre II tente d'expliquer d'abord, les enjeux du développement de l'énergie solaire dans les périmètres urbains en ASS suivant les thématiques du développement durable. Ensuite, à travers une revue de la littérature, le chapitre II expose les différentes parties prenantes du secteur des énergies solaires, la relation entre ces parties prenantes ainsi que leurs préoccupations. Et pour finir, il recense les initiatives de développement des énergies solaires en ASS. Il est important de noter que pour ce dernier point, beaucoup d'initiatives sont promues pour le développement des énergies renouvelables en général et pas que le solaire. Donc, pour se tenir à la portée de l'essai, le chapitre II se concentre que sur les initiatives qui sont destinées, ou en grande partie destinées au développement du solaire en ASS.

### **2.1 Enjeux de gouvernances, économiques, sociaux, environnementaux et techniques**

L'accès à l'énergie constitue le point central de tout développement socio-économique. Ainsi, l'énergie devient indispensable à toutes les activités humaines, des plus élémentaires aux plus extravagantes, d'où son importance pour le décolllement de beaucoup de pays notamment ceux de l'ASS qui enregistrent du retard dans plusieurs domaines socio-économiques. (Ndiandou, 2020) En effet, les énergies renouvelables, plus particulièrement le solaire, constituent une opportunité pour mieux satisfaire les besoins énergétiques de l'Afrique de manière durable et soutenable. Mais, elles présentent un potentiel peu exploité dans le continent, ce qui laisse prédire d'importantes évolutions dans ce secteur. De plus, la prise en considération du contexte énergétique actuel en ASS, teinté par la volatilité des prix des combustibles fossiles, la dépendance aux importations énergétiques extérieures et la prise de conscience des conséquences néfastes des émissions de carbone, va appuyer cette évolution. (Berahab, 2019) L'accès à l'énergie solaire représente plusieurs enjeux pour ces pays : celui de la bonne gouvernance, du développement économique, de l'accès des populations à un meilleur cadre de vie, de la décarbonation du mix énergétique et de l'accès à une technologie propre et bon marché (Ndiandou, 2020 ; Berahab, 2019). Cette section explique ces enjeux suivant les thématiques du développement durable.

#### **2.1.1 Enjeux de gouvernances**

La mise en place des politiques favorables aux investissements dans les énergies renouvelables plus particulièrement le solaire constitue un enjeu de taille pour les décideurs de ce secteur (Takoulev, 2021b). En effet, plusieurs auteurs soutiennent que l'accès à l'énergie en ASS doit passer, à long terme, par les investissements privés (Huard et Fremaux, 2019). Et pour attirer le secteur privé dans sa transition énergétique avec le développement de l'énergie solaire, la mise en place d'un contexte qui incite les investisseurs à venir financer et construire sur son territoire demeure un prérequis indispensable pour un État. Ce contexte consiste avant tout à mettre en place un cadre réglementaire stable et à offrir une

visibilité sur les conditions de rémunération de l'énergie qui sera distribuée, mais non d'une subvention. (Huard et Fremaux, 2019) Dans ce même sens Ndiandou (2020), suggère aux autorités compétentes la création d'un système de réglementation institutionnelle et tarifaire incitatif et une redéfinition des politiques énergétiques et environnementales qui regroupent tous les sous-secteurs de l'énergie, et particulièrement les sources d'énergies renouvelables. Ainsi, la mise en place d'un bon cadre réglementaire permettra d'une part de réduire au maximum les facteurs de risque liés aux investissements ; et d'autre part, stimuler selon l'IRENA, la capacité solaire installée d'ici à 2030. (Huard et Fremaux, 2019 ; Takoulev, 2021) En parallèle, ces dispositifs politiques et réglementaires vont accompagner le développement de projets d'énergies renouvelables notamment solaires. Mais, Huard et Fremaux (2019) avancent que ces dispositifs restent incomplets ou défailants en ASS, ce qui semble la raison des difficultés observées dans le déploiement du solaire en ASS.

Par ailleurs, Ndiandou (2020) soutient que l'ASS a d'abord besoin d'harmoniser le secteur énergétique en redynamisant le cadre institutionnel nécessaire pour une gestion plus globale du secteur. En effet, il propose que les gouvernements des pays en ASS s'associent pour la création d'un marché régional de l'énergie. Ce marché va permettre de réduire les dépendances énergétiques envers les importations des grandes puissances et faciliter les échanges entre les pays de la région. Selon la Banque Mondiale (2018), la création d'un marché unifié va attirer facilement les investissements du secteur privé dans la production d'énergie. Mais, cela exige que les différents pays de la région évoluent au même rythme dans les domaines politiques, réglementaires et institutionnels. À titre d'exemple, le marché régional de l'énergie en Afrique de l'Ouest, qui regroupe quatorze (14) pays de la région Ouest-africaines, favorise une production d'électricité plus écologique avec l'intégration des sources d'énergies plus propres comme le solaire. Ce marché exige que les pays adhérents évoluent au même rythme dans les domaines politiques et réglementaires, ce qui semble avoir un impact économique positif équivalent à des économies de coûts de cinq à huit milliards de dollars par année selon la Banque Mondiale (2018). (Banque Mondiale, 2018)

### **2.1.2 Enjeux économiques**

Garantir la sécurité de l'approvisionnement de l'énergie, afin de ne pas freiner la dynamique du développement économique qui s'observe progressivement en Afrique constitue un enjeu économique important. En effet, les activités économiques restent susceptibles de s'entraver par la volatilité des prix des hydrocarbures, la dépendance à l'égard des combustibles fossiles et les perturbations dans le processus de leur approvisionnement. Ce bouleversement économique va plus se sentir dans les secteurs à forte densité d'énergie comme les villes. (Berahab, 2019) Ainsi, la mobilisation de tous les efforts afin d'améliorer les capacités des entreprises nationales d'électricité demeure indispensable. Dans cette optique d'amélioration, ces entreprises devraient verdir leur mix énergétique en exploitant le potentiel solaire dans le but de réduire les coûts d'approvisionnement et d'augmenter la qualité du service,

permettant de sécuriser l’approvisionnement, d’élargir l’accès aux ménages actuellement non électrifiés. (Puliti, 2022)

Par ailleurs, bien que la décentralisation des systèmes solaires en Afrique subsaharienne marche et se renforce par l’urbanisation rapide du continent (Picard et Toulemont, 2022), la démocratisation de l’accès à des kits solaires de plus grande puissance pourrait constituer une alternative importante pour sécuriser l’approvisionnement et la disponibilité en énergie. Ces kits intermédiaires permettent d’assurer l’accès immédiat à une première source d’énergie. Cette dernière donne l’occasion à différents usages notamment l’éclairage, la recharge de téléphones mobiles ou l’utilisation de télévision. Cette source d’énergie favorise aussi l’usage des appareils qui nécessitent plus de puissance comme un congélateur, un convertisseur, des ordinateurs portables avec accès internet 3 G. L’effet bénéfique immédiat de ces kits solaires de plus grandes puissances demeure la mise en place d’un « effet levier bénéfique » en favorisant des activités génératrices de revenus. (Huard et Fremaux, 2019) En effet, les kits solaires permettent de prolonger les activités économiques au-delà du coucher du soleil, ce qui contribue énormément à la bonne marche des affaires commerciales. À cela s’ajoute, la création des toutes petites entreprises (TPE) formelles qui évoluent et prennent de l’ampleur dans la commercialisation des kits solaires sous l’influence d’une forte demande dont fait preuve les villes en ASS. (Niandou, 2020) Cette dynamique économique s’est accélérée par le numérique avec le mobile monnaie. Ainsi, les start-ups qui opèrent dans la distribution de kits solaires se sont approprié le modèle « Pay-As-You-GO ». Ce modèle de paiement mobile qui a fait ses preuves en Afrique de façon générale ne représente rien d’autre qu’un système qui permet aux clients de financer progressivement leur acquisition de kits solaires. Et ceci, en payant une partie du montant total à l’achat du kit et le reste en petits paiements successifs à des fréquences variables (journalières, hebdomadaires ou mensuelles). Ainsi, le numérique avec le mobile monnaie va permettre d’accélérer l’effet levier bénéfique au passage d’une économie d’échelle. La mise en place et l’opérationnalisation de tous ces dispositifs impliquent la création d’un cycle économique vertueux indispensable au développement de la région subsaharienne. (Huard et Fremaux, 2019 ; Berahab, 2019)

### **2.1.3 Enjeux sociaux**

Parmi les enjeux sociaux, l’accès universel à une énergie abordable et fiable semble le plus important. L’Agence Internationale de l’Énergie (IEA) avance dans son rapport « Africa Energy Outlook 2022 »<sup>1</sup> que l’atteinte de l’accès universel à l’électricité en Afrique nécessite d’électrifier 90 millions de personnes par an, soit trois fois plus rapidement qu’au cours des dernières années. Actuellement,

---

<sup>1</sup> Le rapport Africa Energy Outlook 2022 (Perspectives énergétiques de l’Afrique 2022) est un nouveau rapport de la série du World Energy Outlook de l’Agence Internationale de l’Énergie (AIE). Il explore les possibles évolutions des systèmes énergétiques du continent pour atteindre tous les objectifs africains, notamment l’accès universel à des services énergétiques modernes et abordables d’ici 2030 et les contributions déterminées au niveau national. (Africa Energy Outlook, 2022)

600 millions de personnes soit 43 % de la population du continent n'ont pas accès à l'électricité et la majorité vit en ASS. (International Energy Agency (IEA), 2022 ; Berahab, 2019) Ces chiffres expriment l'ampleur du besoin énergétique en Afrique. Pour pallier ce déficit énergétique, les auteurs soutiennent, en unanimité, la diversification des sources d'énergie. Mais, cette diversification doit se mener à travers la substitution des sources d'énergie fossiles aux renouvelables. Ainsi, cette transition va assurer l'accès à un plus grand nombre des populations aux sources d'énergie moderne, à moindre coût et sans atteinte à l'environnement. (Ndiandou, 2020)

Par ailleurs, l'accès universel à l'énergie va permettre d'atteindre la satisfaction de la demande énergétique d'une société qui devient de plus en plus consommatrice et qui exprime davantage ses besoins en refroidissement sous les effets de l'urbanisation et des changements climatiques (International Energy Agency (IEA), 2022). À cela s'ajoute, l'épanouissement social qui découle de l'accès universel à l'énergie. Cet épanouissement s'accompagne d'une amélioration des conditions de vie des femmes et des filles qui demeurent majoritairement les principales personnes qui gèrent l'énergie du foyer en Afrique. De plus, l'éclairage continu grâce à l'absence de délestage ou de coupure permet l'amélioration des résultats scolaires des élèves. (NIANDOU et al., 2019)

#### **2.1.4 Enjeux environnementaux**

La décarbonisation du mix énergétique constitue un autre enjeu tout aussi crucial du développement de l'énergie solaire en ASS. En d'autres termes, l'accélération de la transition énergétique pour réduire la part des centrales diesel ou à gaz, très polluantes à l'environnement alors que la demande d'électricité suit la courbe de la forte croissance démographique constitue un enjeu important. (Viennot, 2022) En effet, l'Afrique représente le continent le plus vulnérable aux effets du changement climatique, bien que sa contribution aux émissions de dioxyde de carbone reste faible en comparaison avec d'autres pays en développement. Il devient donc essentiel de limiter la part des combustibles fossiles dans le mix énergétique. (Berahab, 2019) Pour ce faire, l'autonomisation des consommateurs apparaît comme le meilleur moyen de baisser les coûts de l'électricité pour ceux-ci et de favoriser l'adoption de la technologie solaire sur le continent, tout en faisant baisser la pollution liée à l'utilisation des générateurs diesel par exemple. De plus, la décentralisation des capacités de production pourrait contribuer à améliorer la résilience des réseaux face à des événements naturels extrêmes qui pourraient endommager les réseaux, rendant les consommateurs moins dépendants aux infrastructures centralisées. (Picard et Toulemont, 2022)

Il est important de noter que l'utilisation du solaire comparée aux autres sources d'énergie telles que la biomasse, l'hydroélectricité ou le nucléaire reste bénéfique. L'énergie solaire n'a pas besoin d'eau et élimine donc les préoccupations environnementales concernant l'augmentation de la consommation d'eau et les pénuries qui en découlent. Ainsi, grâce au développement de l'énergie solaire sur site, les bâtiments pourraient ne plus émettre de carbone et les villes pourraient devenir des villes écologiques à

faible teneur en carbone et plus efficace sur le plan énergétique. (Phillips et Smith, s. d.) De plus, l'accès à l'électricité contribue à réduire l'impact des sociétés africaines sur la biodiversité (Ndiandou, 2020).

### **2.1.5 Enjeux techniques**

L'enjeu technique du développement du solaire en milieu urbain en ASS réside tout d'abord dans la compatibilité des infrastructures solaire avec les constructions en milieu urbain. Compte tenu de l'architecture assez hétérogène qui se dessine en milieu urbain africain, les panneaux solaires photovoltaïques doivent rester facilement portatifs sur tous les bâtiments. (Phillips et Smith, *sd.*)

En effet, Phillips et Smith (*sd.*) avancent que l'énergie solaire pourrait être efficace dans les villes si des panneaux photovoltaïques pouvaient s'installer sur « les toits des bâtiments où il n'y'a pas d'obstruction à la lumière et où l'entretien est réduit ». Ils avancent aussi que l'implantation des panneaux photovoltaïques dans les environnements urbains s'entrave souvent par la difficulté de leur intégration dans les systèmes énergétiques (Phillips et Smith, *sd.*).

Par ailleurs, le développement de l'énergie solaire en ASS suscite la mise en place d'un cadre formatif pour l'innovation et la recherche dans des centres nationaux spécialisés dans les énergies renouvelables (Gbossou, 2013).

## **2.2 Identification des parties prenantes et leur position**

Le secteur des énergies renouvelables plus particulièrement celui du solaire regroupe diverses parties prenantes avec des positions et des niveaux de pouvoir d'influence différents. Ces parties prenantes jouent des rôles bien spécifiques et peuvent être classées en plusieurs catégories. (Brunet, 2021) Il convient de faire la distinction entre eux, car ils ont des besoins et des contraintes différents. Dans le cadre de projet solaire financé soit par l'État ou le secteur privé, les parties prenantes identifiées sont présentées dans cette section.

### **2.2.1 Pouvoir public**

Cette catégorie se constitue par l'ensemble des structures étatiques dont les missions présentent un rapport direct ou indirect avec la filière énergie solaire. Il s'agit de l'État, des ministères, de l'Assemblée nationale, des municipalités, des structures économiques, etc. Les pouvoirs publics jouent le rôle de régulateur du secteur énergétique. Ils s'assurent de la bonne cohésion des acteurs du marché notamment sur le respect des règles de la concurrence, le déploiement des offres en adéquation avec les attentes du consommateur et la mise en place de réseaux fiables (Institut Choiseul et al., s. d.).

Par ailleurs, ces pouvoirs publics demeurent des décideurs qui ont la responsabilité de mettre en place des politiques énergétiques ambitieuses qui permettent de faciliter la substitution d'une bonne partie de leur consommation énergétique par des énergies renouvelables. Cette responsabilité découle, des

engagements internationaux en lien avec le changement climatique que les pays d'ASS ont adhéré. C'est le cas, par exemple, des engagements pris à l'accord de Paris où l'ASS donne la priorité à la sécurité énergétique et au développement d'un mix énergétique stable et fiable à travers les énergies renouvelables (Okwatch, 2022). Dans le même sens, l'atteinte de l'objectif numéro 7 du développement durable (ODD7) à l'horizon 2030 est une préoccupation majeure pour les pouvoirs publics en ASS. Cet objectif (ODD7) consiste à assurer l'accès universel à des énergies abordables, fiables et modernes d'ici 2030 (CNUCED, 2023).

### **2.2.2 Investisseurs**

Ils peuvent être privés ou publics. Ils participent directement au financement de la construction de nouvelles capacités d'électricité (Picard et Toulemont, 2022). Les investisseurs dans le domaine des énergies renouvelables se préoccupent souvent par les multiples risques dont ils peuvent être confrontés sur de longues périodes de 15 à 25 ans. En effet, les ouvrages de production d'énergies renouvelables nécessitent d'importants investissements et la grande majorité est consentie en amont, au moment de la construction bien que leurs coûts d'exploitation soient assez faibles (Berahab, 2019 ; Huard et Fremaux, 2019 ; Picard et Toulemont, 2022). Cet investissement de base nécessite au moins 15 années de revenus stables. Or, dans de nombreuses régions en ASS le niveau d'incertitudes s'élève sur un certain nombre de paramètres tels que la stabilité politique, réglementaire, fiscale et les taux de change, etc. (Huard et Fremaux, 2019) Ce qui implique un niveau de risque incertain pour beaucoup d'investisseurs.

À cela s'ajoute, le besoin des investisseurs d'être convaincus par la rentabilité et la réussite du projet dès la phase de financement (Berahab, 2019). Cette certitude va consolider les aspirations continues que les investisseurs nourrissent en termes de financement des projets énergétiques en Afrique. Ceci sera en faveur du soutien incontournable qu'ils apportent aux entreprises qui évoluent dans le secteur des énergies solaires en leur permettant de concrétiser des projets plus ambitieux. (Institut Choiseul et al., s. d.)

Enfin, les investisseurs sont incontournables, car, ils œuvrent dans le financement énergétique sur le continent et accompagnent les acteurs du secteur dans leurs ambitions et leur développement. Pour chaque projet, ils doivent évaluer le niveau de risque de leurs investissements et étudier les possibilités de le réduire en diversifiant leur actif bien qu'elles soient limitées par le nombre restreint de projets. (Institut Choiseul et al., s. d. ; Huard et Fremaux, 2019).

### **2.2.3 Entreprises/développeurs du secteur énergétique**

Elles peuvent être soit privées ou publiques. Elles jouent le rôle de développeur, de prestataires de services et assurent la distribution énergétique. Elles dynamisent le marché du solaire en proposant des solutions concrètes (réseaux off grid, fermes solaires). En d'autres termes, les entreprises, de par leur agilité, répondent rapidement à un besoin identifié en proposant des solutions souples et adaptables aux

différentes situations rencontrées sur le terrain (Institut Choiseul et al., s. d.). Elles doivent assurer l'expansion et la modernisation des infrastructures électriques. Les entreprises publiques se préoccupent de leur santé financière affectée par plusieurs facteurs tels que les factures impayées, les pertes d'énergies à travers les infrastructures de distribution électrique qui sont pour la plupart vétustes ; et leur dépendance à l'importation des énergies fossiles affectent directement la qualité de leurs services qui devient peu fiable pour leurs clients. (Puliti, 2022)

Par ailleurs, les entreprises privées en Afrique subsaharienne participent au développement de l'énergie solaire d'une part à travers l'installation des systèmes solaires décentralisés et d'autre part à travers la fabrication et la commercialisation des panneaux solaires photovoltaïques. Ces systèmes solaires sont pour la plupart domestiques. Ce petit réseau électrique, qui sert à stocker de l'électricité à l'échelle d'une maison, est composé d'un ou plusieurs panneaux solaires, des onduleurs et des batteries. L'énergie ainsi stockée va servir d'alternative pendant la nuit ou par mauvais temps. (Takouleu, 2021b)

Pour finir, les entreprises présentent une volonté manifeste d'améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie sur tout le continent. Elles ont également l'enjeu de « réussir à reproduire leur modèle à l'échelle continentale pour leur permettre de déployer tout leur potentiel et devenir des acteurs majeurs de l'énergie en Afrique ». (Institut Choiseul et al., s. d.)

#### **2.2.4 Bailleurs/prêteurs**

Ils jouent un rôle d'appui financier aux projets de développement économique ou à vocation environnementale, et ceci sous forme de dette (Huard et Fremaux, 2019). Ils regroupent les ONG (organisation non gouvernementale), les institutions financières comme les banques de développement multilatérales (Banque mondiale, Banque africaine de développement, Banque asiatique de développement, etc.), les agences de développement telles que fonds vert pour le climat, l'Aide publique au Développement (APD), l'OCDE, le PNUD (Programme des Nations unies pour le développement) (Gbossou, 2013 ; Huard et Fremaux, 2019). Ces bailleurs, grâce à leur financement, permettent aux organisations de la société civile d'incuber des projets qui mettent à disposition l'énergie solaire. Ainsi, ils contribuent à l'accélération de l'accès à l'énergie et des principaux vecteurs de développement tels que l'éducation, la santé, l'entrepreneuriat, etc. Ils permettent aussi de développer de nouveaux savoir-faire reproductibles simplement sur l'ensemble du territoire, si besoin avec l'appui de l'État et des banques de développement. (Huard et Fremaux, 2019)

Par ailleurs, les prêteurs assument l'essentiel du risque financier associé au projet de développement solaire. En effet, la dette représente souvent une part importante du montant d'investissement soit entre 70 % et 90 % selon le cas avancent Huard et Fremaux (2019), mais il est important de souligner qu'en cas de défaillance, les prêteurs sont remboursés en premier par rapport aux investisseurs. (Huard et Fremaux, 2019)

### **2.2.5 Consommateurs**

Les consommateurs représentent l'ensemble des acteurs directement impactés par les projets de développement énergétique. Ils regroupent les associations, les citoyens, la société civile, les universitaires, les chercheurs, les autorités (locales, régionales et nationales), etc. Ces consommateurs épousent l'innovation sur les produits solaires et adhèrent au mix énergétique (Gbossou, 2013). En ASS, il persiste un décalage entre le niveau actuel de fourniture énergétique et le niveau requis pour satisfaire la demande des consommateurs (Picard et Toulemont, 2022). Pour pallier ce déficit, les consommateurs ont tendance à se réapproprier l'accès à l'électricité même ceux qui se trouvent dans les zones couvertes par le réseau (Le Picard, 2020). Par exemple, la probabilité de posséder un système solaire décentralisé tend à augmenter au regard des consommateurs qui désirent vivre dans des quartiers modernes et bien desservis par les services publics (Picard et Toulemont, 2022).

Par ailleurs, certains consommateurs jouent le rôle d'appui à des projets de terrain, de communication, d'information sur le développement des énergies renouvelables. C'est le cas de la société civile qui dispense même des formations et de l'accompagnement pour les autres acteurs. À côté d'elle, les universitaires jouent le rôle de production et de vulgarisation des connaissances qui permettent de comprendre les problématiques du réchauffement climatique et de la crise énergétique en Afrique subsaharienne. Ils s'activent pour dispenser des formations initiales, continues ou professionnelles sur la technologie solaire en Afrique. (Gbossou, 2013)

## **2.3 Relation entre les différentes parties prenantes**

- **Les pouvoirs publics**

Ils sont des acteurs qu'on peut caractériser de dominants. Le pouvoir public exerce une influence sur les autres acteurs, car, il est responsable de mettre en place un environnement adéquat au développement de l'énergie solaire. Il se déploie à travers l'innovation, la taxation et prime, et la réglementation ainsi que l'établissement des infrastructures d'appui telles que des institutions financières, des structures de régulation et de normalisation. (Gbossou, 2013)

- **Les bailleurs/prêteurs**

Cette catégorie de partie prenante exerce une influence sur les investisseurs vu qu'elle assure le financement des projets de développement d'énergie solaire en Afrique. Cependant, le pouvoir public à travers les taxes, la politique fiscale et la politique nationale de développement de la filière solaire en ASS influence les bailleurs. (Gbossou, 2013)

- **Les investisseurs**

Ils exercent directement une influence sur les entreprises en les accompagnant financièrement dans leur projet de développement solaire. Et ils sont influencés par le pouvoir public qui s'assure du respect des règles de la concurrence sur le marché énergétique. (Institut Choiseul et al., s. d.)

- **Les entreprises/développeurs du secteur énergétique**

Elles peuvent être caractérisées comme des acteurs de relais. En effet, les entreprises à travers leurs activités ont un impact direct sur les consommateurs. En revanche, elles sont influencées par le pouvoir public à travers les taxes, la politique fiscale, mais aussi la politique nationale de développement de la filière solaire en ASS. (Gbossou, 2013)

- **Les Consommateurs**

Cette catégorie de partie prenante peut être caractérisée d'abord, comme des acteurs intermédiaires vu le rôle déterminant des universitaires et de la société civile dans le transfert de connaissance bien qu'ils se limitent dans la plupart du temps à la formation théorique. Puis, ils peuvent être considérés comme des acteurs dominés, vu la posture des citoyens qui n'exercent aucune pression sur les autres acteurs notamment le pouvoir public et les entreprises. (Picard et Toulemont, 2022)

La figure 2.1 synthétise la position et le rôle des différentes parties prenantes de la filière solaire en ASS.

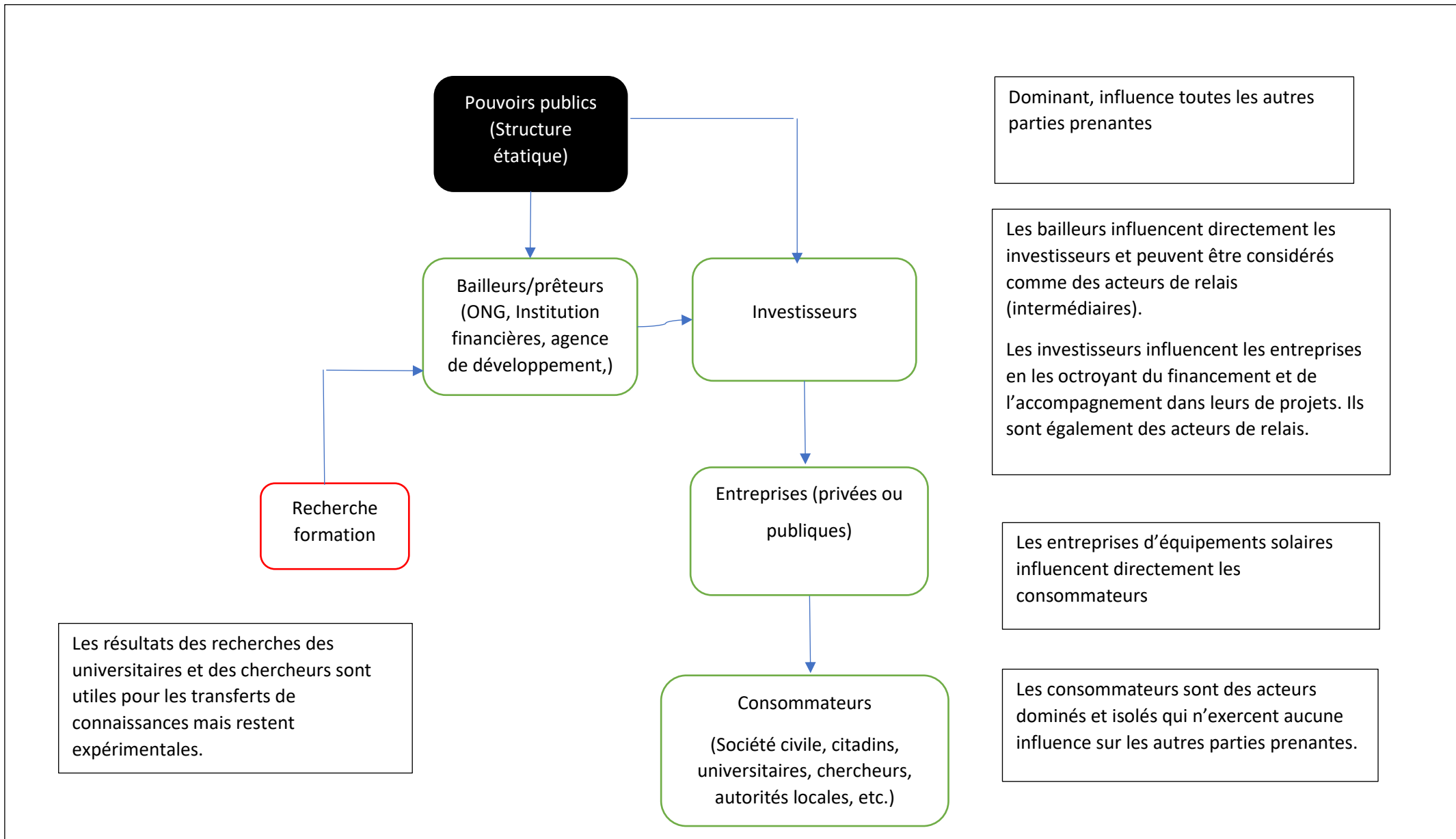


Figure 2.1 Synthèse des relations entre les acteurs de la filière solaire en ASS (inspiré de Gbossou (2013))

La liste des parties prenantes est loin d'être exhaustive. Celles listées ci-dessus demeurent les plus présentes dans les projets solaires en Afrique subsaharienne. Bien que leurs préoccupations et intérêts diffèrent, la collaboration entre ces parties prenantes reste essentielle pour le succès des projets de développement d'énergie solaire.

## **2.4 Présentation des initiatives de développement de l'énergie solaire en Afrique**

L'un des défis fondamentaux du développement de l'énergie solaire en Afrique subsaharienne reste le financement. L'insuffisance du financement public, rend impératif le besoin de mobiliser le financement du privé dans ce secteur. Pour ce faire, les fonds publics avec le soutien de bailleurs de fonds et de sources non gouvernementales doivent être consacrés aux efforts qui visent à mobiliser des financements privés dans le secteur. (Morrissey, 2017) En effet, l'ensemble des institutions internationales et les fonds d'impacts ont réalisé clairement que les projets de raccordement aux réseaux nationaux sont difficiles à concrétiser. Ainsi, des perspectives plus prometteuses s'ouvrent pour les projets de mini-réseaux avec les évolutions technologiques récentes (digitalisation, chute des prix des cellules photovoltaïques et des batteries) justifiant l'orientation des instances de financement, qui de plus en plus financent les projets de mini-réseaux. Nombreuses d'entre elles, initiées par des institutions nationales et internationales sont en cours. (Huard et Fremaux, 2019) Mais, la plupart de ces initiatives ont pour cible l'ensemble des énergies renouvelables. Pour rester dans la portée de l'essai, seules les initiatives axées sur le développement des énergies solaires vont être documentées. On peut citer notamment (liste non exhaustive) :

### **2.4.1 Initiatives de la COP 21**

Dans le cadre de l'Accord de Paris pour le climat, en 2015, à la COP21, plusieurs initiatives pour les énergies vertes ont vu le jour notamment le développement de l'énergie solaire en Afrique. Ces initiatives sont entre autres :

- ❖ Alliance solaire internationale (ASI) : lancée par la France et l'Inde, et comportant aujourd'hui 115 États membres, dont plus d'une moitié d'États africains, l'Alliance solaire internationale (ASI) est sans doute la plus importante de ces initiatives pour l'énergie solaire (Huard et Fremaux, 2019). En octobre 2020, l'ASI a annoncé un partenariat avec Bloomberg Philanthropies. Ce partenariat vise à mobiliser 1000 milliards de dollars d'investissement dans la production d'énergie solaire à travers le monde. Le programme s'adresse aux 115 membres de l'organisation dont la plupart se trouvent en Afrique. (Takoulev, 2021b)
- ❖ « Terrawatt Initiative » : lancée en même temps que l'Alliance solaire internationale (ASI) lors de la COP21 en 2015, « Terrawatt Initiative » est une plateforme ouverte reconnue comme ONG par l'ONU. Elle rassemble tous les volontaires qui travaillent sans but lucratif avec toutes les parties prenantes afin d'établir de nouveaux cadres et institutions locales (règlementations,

garanties, contrats, marchés des capitaux, numérisation des processus) pour accélérer la transition globale. Elle est portée par de nombreux acteurs privés et vise notamment à contribuer à structurer le dialogue entre le privé et l'État. Ces dialogues ont pour desseins, de rendre possible le déploiement d'un térawatt de nouvelles capacités solaires photovoltaïques à horizon 2030 en passant par l'harmonisation des cadres réglementaires et le développement des instruments financiers adaptés. (Huard et Fremaux, 2019)

- ❖ L'initiative africaine pour les énergies renouvelables (AREI) : l'Union africaine avec l'appui de la Banque africaine de développement pilote directement l'initiative africaine pour les énergies renouvelables (AREI). Elle fédère les gouvernements africains derrière des objectifs partagés tels que l'amélioration des cadres réglementaires afin d'attirer les investissements et le renforcement des compétences (Huard et Fremaux, 2019).

#### **2.4.2 Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA)**

Lancée en 2011, elle représente une organisation quasi universelle. Elle regroupe actuellement 168 membres. Son objectif de départ était de recenser et de diffuser la connaissance disponible concernant les énergies renouvelables. Elle assure non seulement le partage des connaissances techniques, mais également elle fait le point sur l'état des ressources et le potentiel de déploiement de chaque type d'énergies renouvelables dans les différents États membres. Actuellement, l'IRENA facilite la mise en œuvre de projets en mettant en contact suivant des programmes, les décideurs et les investisseurs. Il travaille sur l'amélioration de l'intégration du secteur privé qui demeure insuffisant dans le secteur des énergies renouvelables en ASS.

#### **2.4.3 Autres initiatives en cours**

- ❖ Programme ROGEP : mis sur pied par la banque mondiale depuis 2019, le programme ROGEP (Regional Off Grid Electrification Project) dispose de 150 millions de dollars de financement. Il a pour objectif « d'accroître l'accès à l'électricité des ménages et des entreprises qui utilisent des systèmes solaires autonomes modernes grâce à une approche régionale harmonisée ». Dans le même sens, la Banque mondiale a approuvé en décembre 2022, un financement de 311 millions de dollars pour augmenter la capacité d'énergie renouvelable connectée en Afrique de l'Ouest (Banque Mondiale, 2022 b).
- ❖ Banque européenne d'investissement (BEI) : l'Union européenne finance à travers la BEI et les banques de développement locales de nombreuses initiatives de déploiement de réseaux. Ainsi, lors de la COP27, la BEI Monde et la Banque de développement de l'Afrique australe ont conclu un contrat de financement sous forme de prêt de 200 millions d'euros. Ce contrat est destiné à appuyer un nouveau programme de financement ciblé qui tente plutôt qu'à mobiliser 400 millions d'euros pour des investissements du secteur privé relatifs aux énergies renouvelables en Afrique du Sud (Banque européenne d'investissement (BEI), 2023). Il mettra

à disposition des financements pour une série de nouveaux projets d'énergie renouvelable sur l'ensemble du territoire sud-africain. (BEI, 2023)

- ❖ « Scaling Solar » : est un programme initié par la Société financière internationale (SFI) du groupe de la Banque mondiale. La SFI veut s'appuyer sur le solaire pour accélérer l'électrification de l'Afrique à travers son programme « Scaling Solar ». Grâce aux partenariats public-privé (PPP), ce programme souhaite installer rapidement des centrales solaires. Pour l'heure, « Scaling Solar » se déploie dans plusieurs pays en Afrique subsaharienne notamment au « Sénégal, en Côte d'Ivoire, en Éthiopie, à Madagascar, en Zambie et plus récemment au Niger ». (Takoulev, 2021b)
- ❖ « Desert to Power G5 Sahel » : la Banque africaine de développement (BAD) concentre ses efforts sur le Sahel pour faire d'elle la plus grande zone de production solaire en Afrique. Ainsi, la (BAD) bénéficie d'un financement du Fonds vert pour le climat (FVC) à travers son initiative « Desert to Power G5 Sahel ». Ce financement de 150 millions de dollars a permis d'entamer la première phase du programme. Ainsi, la BAD recherche une capacité solaire installée de 10 000 MW dans le Sahel, l'équivalent de la production électrique du Maroc, qui s'élève actuellement à 10 627 MW selon l'Office national de l'électricité et de l'eau potable (Onep). (Takoulev, 2021b)
- ❖ Power Africa: «est un partenariat dirigé par le gouvernement américain». Il a pour objectif d'accroître l'accès à l'énergie et mettre fin à la pauvreté énergétique en Afrique subsaharienne. Pour ce faire, Power Africa rassemble les ressources collectives du secteur privé, des organisations internationales de développement et des gouvernements du monde entier. De plus, il fait progresser une croissance économique inclusive et à faible émission de carbone. À date, 80 % des projets électriques réalisés par Power Africa utilisent les énergies renouvelables, dont une part importante constituée de solaire. (Banque Africaine de développement (BAD), 2021)
- ❖ Fonds OGEF : le fonds d'accès à l'énergie hors réseau (OGEF) est lancé en 2018 par la Banque africaine de développement en collaboration avec le Fonds nordique de développement, le Fonds pour l'environnement mondial et Calvert Impact Capital. L'OGEF est conçu pour fournir des instruments de dettes flexibles. Il est principalement axé sur les prêts en monnaie locale pour le crédit à la consommation, aux entreprises du secteur de l'accès à l'énergie des ménages, y compris les distributeurs, les fabricants et les fournisseurs de crédits aux utilisateurs finaux. Le fonds soutient les transactions financièrement durables des marchés locaux afin d'accroître l'accès à une électricité propre pour les ménages mal desservis. Le fond a été lancé initialement avec un capital de 58 millions de dollars américains et fait partie de la facilité pour l'inclusion énergétique (FEI), qui est une « plateforme de dette de 500 millions de dollars américains pour catalyser le soutien des marchés de capitaux aux stratégies innovantes d'accès à l'énergie ». (BAD, 2018)

- ❖ Millennium Challenge Corporation (MCC) : Initié par l'administration américaine, le MCC consiste en un partenariat avec les pays qui ont adopté des réformes en vue d'une meilleure gouvernance et d'un environnement favorable à l'initiative privée. Dans plusieurs pays émergents, ce fonds fournit un financement pour l'électrification hors réseau et la construction de mini-réseaux. C'est le cas du Bénin par exemple, à travers le projet Bénin Power Compact, le MCC a consacré 32 millions de dollars. Ce projet est considéré comme étant le plus gros investissement américain dans l'électrification solaire hors réseau dans un seul pays (Davis, 2023).
- ❖ Prêts directs : la Banque africaine de développement accompagne les entreprises publiques et privées dans leur projet de déploiement d'énergies renouvelables. C'est ainsi que Zola EDF Côte d'Ivoire (consortium EDF/Off-Grid Electric) a bénéficié d'un financement de 28 millions USD (en monnaie locale) pour le déroulement de leur activité de fourniture de « Solar Home Systems ». (Huard et Fremaux, 2019)

Le tableau 2.1 présente une synthèse des différentes initiatives présentées dans cette section.

Tableau 2.1 Différentes initiatives pour le développement du solaire en Afrique

Initiatives		Spécificité
Les initiatives de la COP21	Alliance solaire internationale (ASI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1000 milliards de dollars d'investissement dans la production d'énergie solaire à travers le monde d'ici 2030 ;</li> <li>- 1000 GW d'installation d'énergie solaire ;</li> <li>- Accès à l'énergie à 1 000 millions de personnes qui utilisent des solutions d'énergie propre</li> </ul>
	« Terrawatt Initiative »	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ONG à but non lucratif pour accélérer l'atteinte des objectifs de l'Alliance solaire internationale (ASI)</li> </ul>
	L'initiative africaine pour les énergies renouvelables (AREI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regroupe les gouvernements africains</li> <li>- A pour but d'améliorer les cadres réglementaires dans le secteur de l'énergie</li> <li>- Attirer les investisseurs</li> </ul>
L'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plateforme de</li> <li>- Connaissances sur les énergies renouvelables</li> <li>- Rassemblement (États, secteurs privés, investisseurs, sociétés civiles)</li> </ul>
Programme ROGEP		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 150 millions de dollars de financement</li> <li>- Accrois l'accès à l'électricité des ménages et des entreprises qui utilisent des systèmes solaires autonomes modernes grâce à une approche régionale harmonisée</li> </ul>
Banque européenne d'Investissement (BEI)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finance nombreuses initiatives de déploiement de réseaux</li> <li>- 400 millions d'euros pour financer (sous forme de dette) le déploiement de l'énergie renouvelable en Afrique australe.</li> </ul>
« Scaling Solar »		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programme qui permet l'installation rapide de centrales solaires grâce aux partenariats publics privés (PPP) en Afrique</li> </ul>
« Desert to Power G5 Sahel »		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Financer par le Fonds vert du Climat à 150 millions de dollars</li> <li>- 10 000 MW de capacité de production solaire</li> <li>- Accès à l'énergie à 250 millions de personnes en utilisant l'énergie solaire</li> </ul>
Power Africa		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A pour objectif l'accès à l'énergie pour tous</li> <li>- 80 % des projets électriques réalisés utilisent les énergies renouvelables, dont une part importante constituée de solaire.</li> </ul>
Fonds OGEF		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fournis des instruments de dettes flexibles</li> <li>- Accrois l'accès à une électricité propre pour les ménages mal desservis.</li> <li>- 58 millions de dollars de fonds</li> </ul>
Millennium Challenge Corporation (MCC)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partenariat avec les pays qui ont une meilleure gouvernance et un environnement favorable à l'initiative privée</li> <li>- Fournis un financement pour l'électrification hors réseau et la construction de mini-réseaux dans les pays émergents</li> </ul>
Prêts directs		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Banque africaine de développement accompagne les entreprises publiques et privées dans leur projet de déploiement d'énergies renouvelables.</li> </ul>

Bien que les initiatives de développement énergétique surtout en énergie solaire pullulent en Afrique, la part du solaire dans le mix énergétique demeure faible.

En conclusion, on voit bien que le secteur des énergies solaires présente de nombreux enjeux. Ces derniers, suivant les thématiques du développement durable sont entre autres, la bonne gouvernance, le développement économique, l'accès des populations à un meilleur cadre de vie, la décarbonation du mix énergétique et l'accès à une technologie propre et bon marché. Plusieurs parties prenantes avec des rôles et préoccupations différents sont identifiées dans le secteur des énergies renouvelables plus spécifiquement le solaire. La connaissance des parties prenantes permet de situer les responsabilités dans le secteur du solaire en ASS. Les initiatives en cours dans ce secteur sont recensées afin de prendre connaissance des efforts qui sont mobilisés pour son développement. Il devient intéressant de faire l'état des lieux du solaire en Afrique puis en Afrique subsaharienne dans le but d'avoir une aperçue globale sur l'évolution du secteur et l'impact de ces initiatives.

### **CHAPITRE 3 : ÉTAT DES LIEUX DE L'ÉNERGIE SOLAIRE EN AFRIQUE**

Le domaine énergétique est un vaste complexe difficile à couvrir et sa définition varie d'un auteur à un autre. Trois catégories d'énergies sont identifiées dans la littérature : primaire, secondaire et finale. (Niandou, 2020) Dans ce chapitre III, la bibliographie sera axée sur l'énergie primaire uniquement. Cette dernière peut rester d'origine fossile ou renouvelable et se définit, selon Niandou (2020), comme l'ensemble de la consommation destinée à satisfaire les besoins de l'homme. Aussi, l'énergie primaire qui nous intéresse demeure l'énergie solaire. Trois solutions solaires existent à savoir : le solaire photovoltaïque, l'énergie solaire thermique et l'énergie solaire thermodynamique. Ce chapitre met l'emphase sur le solaire photovoltaïque vu qu'il constitue la solution la plus utilisée en Afrique. Soulignons que les différentes sources d'informations statistiques consultées sur les énergies solaires en Afrique et dans la région subsaharienne présentent de légères différences.

Donc, ce chapitre III met en relief l'état des lieux du solaire en Afrique puis en Afrique subsaharienne. Il expose, dans un premier temps, la position de l'Afrique dans le bilan énergétique solaire mondiale. Puis, il brosse le portrait du solaire en Afrique subsaharienne. Et enfin, à travers la littérature, le chapitre présente les technologies solaires les plus utilisées en Afrique subsaharienne.

#### **3.1 L'Afrique dans le bilan énergétique solaire mondial**

Le bilan énergétique mondial exprime « la situation énergétique d'une zone géographique au cours d'une période donnée en décrivant sa contribution à la demande mondiale d'énergie primaire ». Le mix énergétique mondial est marqué depuis quelques décennies, par une augmentation progressive des énergies renouvelables. « Les combustibles fossiles représentent environ 80 % et le reste est partagé entre l'hydroélectricité et les autres sources d'énergie renouvelable ». (Niandou, 2020) Toutefois, la production énergétique est inégalement répartie à travers le monde. Le continent africain reste en déficit énergétique chronique, ce qui affecte énormément son développement économique et humain. Ce déficit peut s'observer à travers la répartition énergétique mondiale, où l'Afrique se positionne derrière les autres continents exceptés l'Océanie. En effet, près de la moitié de la production énergétique est asiatique. Le continent américain est en deuxième position avec 24 % suivi par l'Europe. Et en dernière position, l'Afrique et l'Océanie avec respectivement 6 % et 1 % de production. (Huard et Fremaux, 2019)

Malgré cette modeste contribution à la production énergétique mondiale, l'Afrique ne cesse d'augmenter la part des énergies renouvelables dans son mix énergétique. Ainsi, en 2022, la capacité d'énergie renouvelable en Afrique a augmenté de 4,8 %. L'Agence internationale de l'énergie soutient dans son rapport « *Renewable Capacity Statistics 2023* » que cette augmentation reste moindre par rapport au 9,5 % de croissance enregistrée dans le monde. (COMMODAFRICA, 2023) En comparaison avec l'évolution des autres énergies renouvelables, l'énergie solaire continue de disposer de la croissance la plus forte au niveau mondial avec une augmentation massive de 192 GW suivie de l'éolien avec 75 GW.

La figure 3.1 illustre cette augmentation massive de la capacité de l'énergie solaire photovoltaïque en comparaison avec la capacité mondiale installée des énergies éolienne et hydroélectrique. (AFSIA, 2023 ; COMMODAFRICA, 2023 ; IRENA, 2023d)

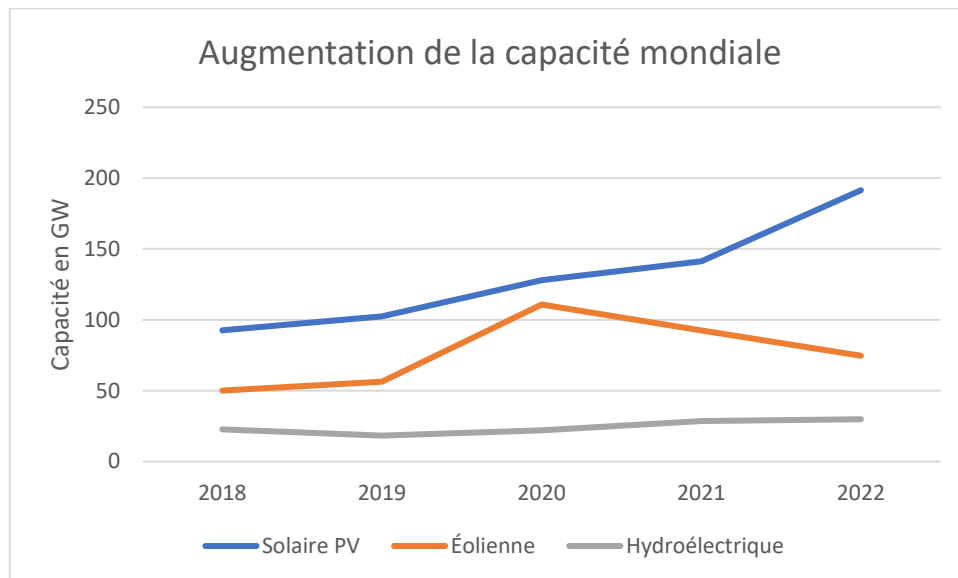


Figure 3.1 Augmentation de la capacité mondiale des énergies solaires, éoliennes et hydroélectriques (Source : Données prises dans le rapport statistique IRENA, 2023d)

« Africa solar industry association » (ASFIA) (2023) soutient que l'année 2022 constitue une bonne année pour le solaire en Afrique, même si l'augmentation demeure un peu moins exceptionnelle du point de vue mondial. Ainsi, le continent a vu l'installation de près de 1 GW de nouvelle capacité photovoltaïque ce qui équivaut à une croissance annuelle de 14 % par rapport à 2021. (AFSIA, 2023 ; COMMODAFRICA, 2023) Toujours, selon ASFIA (2023), en 2022, si l'on s'en tient aux installations pour les grands réseaux, les commerces et industries, les mini-réseaux sans même tenir compte des installations résidentielles, le constat reste que :

- 30 pays d'Afrique ont installé plus de 1 MW.
- 16 pays d'Afrique ont installé plus de 10 MW
- 2 pays d'Afrique ont installé plus de 100 MW

Ces chiffres expriment l'ampleur de l'expansion de la capacité du solaire en Afrique. Cette croissance, d'après COMMODAFRICA (2023), a permis d'enregistrer en 2022, la plus forte augmentation annuelle de la capacité de production d'énergie solaire. La figure 3.2 illustre l'évolution de la capacité totale de production d'énergie solaire photovoltaïque par région dans le monde.

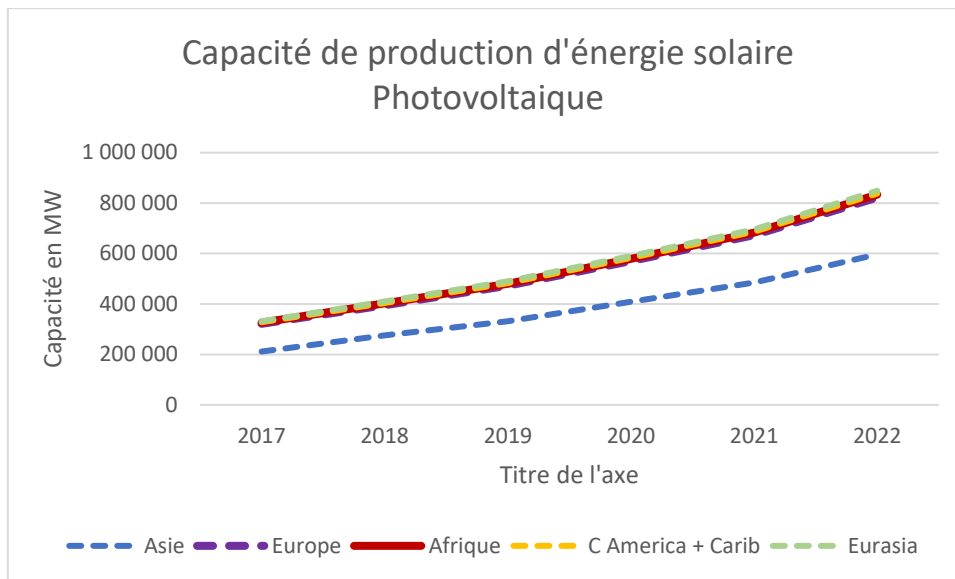


Figure 3.2 Capacités de production d'énergie solaire par région dans le monde en 2022 (Source : Données prises dans le rapport statistique de IRENA, 2023d)

La figure 3.2 permet de constater que l'énergie solaire a connu une réelle augmentation en 2022 du point de vue mondial. Mais, par rapport au reste du monde, le solaire en Afrique est en recul (AFSIA, 2023).

Lorsqu'on compare le monde et l'Afrique en termes de capacité solaire nouvellement ajoutée ou totale installée, on reconnaît que l'Afrique reste encore largement sous performance. Pourtant, elle regroupe tous les atouts favorables à sa croissance aux énergies renouvelables, compte tenu de sa taille, de sa population et de son fort potentiel en énergie solaire. (AFSIA, 2023)

Cependant, la Banque africaine de développement (BAD) (2023) constate que l'Afrique se trouve au bord d'une révolution. AFSIA (2023) soutient que l'Afrique suit la dynamique mondiale en énergie solaire, en quadruplant d'ici 2027 presque la capacité photovoltaïque totale installée. Cette révolution est encouragée par une diminution des coûts de la technologie solaire photovoltaïque, qui devient désormais plus accessible financièrement aux pays africains. En effet, tel qu'illustré par la figure 3.3, une forte corrélation existe entre le coût d'acquisition de la technologie solaire photovoltaïque et son déploiement. Ainsi, 14 pays africains ayant installé plus de 50 mégawatts de capacité solaire notamment le Maroc et le Kenya génèrent plus de 10 % de leur énergie grâce à des sources solaires et éoliennes. Cette proportion dépasse même celui de la Chine, de l'Inde et des États-Unis. (BAD, 2023)

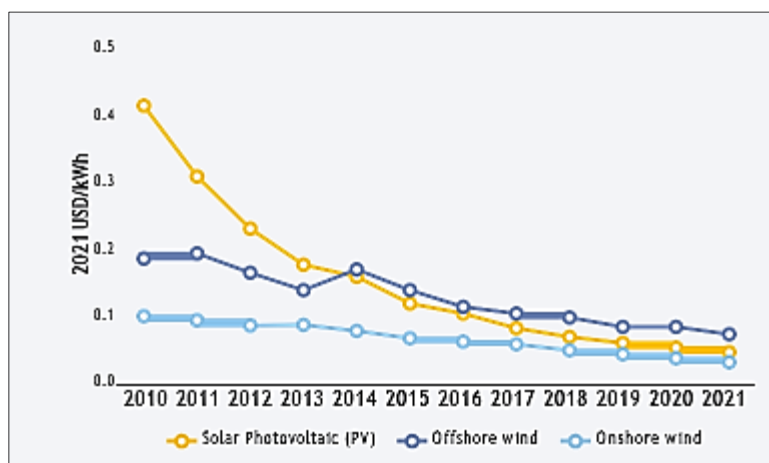


Figure 3.3 Évolution du coût des énergies renouvelables (BAD, 2023)

En outre, les nombreuses opportunités en matière d'énergie solaire que l'Afrique offre, qui peuvent être très différentes de celles qui se présentent dans d'autres parties du monde, justifient son énorme potentiel et présage une transition énergétique axée en grande majorité sur le développement du solaire. (AFSIA, 2023 ; BAD, 2023)

### 3.1.1 Transition énergétique encore à la traîne

En Afrique, « la transition énergétique reste encore à la traîne » (Niandou, 2020). Ce continent compte pour moins de 6 % de la consommation énergétique du globe alors que près de 18 % de la population mondiale vivent en Afrique. (Connaissance des énergies (CDE), 2022) Près de cinq cent quatre-vingts (580) millions de personnes, soit 42 % de la population, n'ont toujours pas accès à l'électricité en Afrique et la grande majorité vit en Afrique subsaharienne ce qui représente trois quarts de la population mondiale non desservie (CDE, 2022 ; BAD, 2023 ; International Energy Agency (IEA), 2022a). L'accès universel à une électricité abordable en Afrique demeure possible, si seulement on parvient à raccorder quatre-vingt-dix (90) millions de personnes par an, soit à un rythme trois fois plus important que ces dernières années. (IEA, 2022a) Pour réussir ce défi, plusieurs auteurs soutiennent que l'Afrique doit miser sur les énergies renouvelables en accélérant sa transition énergétique. Mais le constat demeure qu'elle reste visiblement à la traîne, car, avec un potentiel représentant 60 % des meilleures ressources solaires mondiales, l'Afrique n'exploite que 1 % de ce potentiel (IEA, 2022a).

Depuis plus d'une décennie, de nouvelles perspectives pour l'électrification du continent africain se sont ouvertes avec l'arrivée sur le marché de la technologie du solaire photovoltaïque (Huard et Fremaux, 2019). Huard et Fremaux (2019) avancent que plusieurs facteurs tels que la chute des prix des panneaux solaires et des batteries, la croissance exponentielle de l'énergie solaire dans le monde, et diverses initiatives telles que l'Initiative africaine pour les énergies renouvelables ont laissé penser que le problème d'accès à l'énergie en Afrique était résolu. Pourtant, l'Afrique en est très loin. Pas plus tard qu'en 2019, une dizaine de centrales solaires de plus de 5 MW représentaient les seules raccordées au

réseau en Afrique subsaharienne (hors Afrique du Sud), dont quatre pour le Sénégal seul. L'Afrique reste ainsi, la grande retardataire de la vague de déploiement de l'énergie solaire dans le monde, ce qui constitue un échec collectif aux raisons profondes. (Huard et Fremaux, 2019)

Premièrement, le déploiement du solaire en Afrique a été longtemps retardé par les coûts des installations et de la production qui étaient très élevées voir inaccessibles. Cette situation découlait du fait que l'investissement sur la production du solaire photovoltaïque restait très onéreux. D'après (Niandou, 2020), un kilowattheure produit par le solaire photovoltaïque, en 2012, coûtait huit fois plus cher que le kilowattheure produit à partir du nucléaire. De plus, la comparaison des coûts entre une centrale solaire et nucléaire, dans cette même année, montre clairement que le coût d'un générateur solaire produisant 7 térawatts-heures (Twh) par an s'élevait à 17 milliards d'euros, soit l'équivalent de dix fois le prix d'une solution nucléaire de la même puissance énergétique. (Niandou, 2020) Ainsi, selon l'agence internationale de l'énergie (AIE) (2022 a), les investissements dans les énergies renouvelables en Afrique ont chuté de 35 % en 2021, années où les investissements ont augmenté de 9 % à l'échelle mondiale pour atteindre un niveau record. Sur 434 milliards de dollars investis dans le monde, pour la construction des projets d'énergies propres, seul 0,6 % soit 2,6 milliards de dollars sont allés en Afrique. (AFSIA, 2023) Ceci semble modeste comme investissement pour un continent qui abrite plus de 18 % de la population mondiale. Mais, les prévisions optimistes de l'AIE (2022a) dans son rapport « Renewables 2022 » sont encourageantes quant aux investissements futurs pour les énergies renouvelables sur le continent. Dans ce rapport, l'AIE indique que l'Afrique, au cours des cinq prochaines années, va multiplier à trois fois et demie ce qui a été investi au cours des 20 dernières années. Ceci permettra à l'Afrique de s'aligner à cette dynamique mondiale caractérisée par une croissance « turbocompressée » des énergies renouvelables, alimentée d'une part par les préoccupations d'une sécurité énergétique et d'autre part par la volonté de renforcer les incitations à la décarbonisation dans les grandes économies telles que les États-Unis, l'UE, la Chine et l'Inde. (AFSIA, 2023)

Ensuite, bien que le développement du solaire engendre en Afrique beaucoup d'avantages, notamment l'élargissement des opportunités d'électrification, la contribution à la décarbonisation du mix énergétique, la contribution dans la fabrication de la ville durable, l'utilisation des photovoltaïques reste encore à la traîne à cause de la faible solvabilité économique des États africains. (Niandou, 2020) Ainsi, les gouvernements et les partenaires internationaux doivent, selon l'AIE (2022 a), s'attaquer aux obstacles qui freinent actuellement les investissements en Afrique afin d'attirer et de déployer les quatre (4) à cinq (5) milliards de dollars nécessaires chaque année pour assurer la croissance du solaire en Afrique. À cela s'ajoute, le développement de l'expertise locale en termes de fabrication de produits solaires qui demeure très limitée en Afrique : la grande majorité des équipements solaires sont importés d'Asie. « Pourtant, le développement des chaînes de valeur locales contribue non seulement au développement industriel, mais aussi au développement économique et social plus large d'un pays ». (AFSIA, 2023)

Enfin, la technologie solaire photovoltaïque a démontré ses limites en termes de production, ce qui peut justifier davantage son déploiement à la traîne en Afrique. En effet, la production d'énergie solaire peut varier d'une région à une autre suivant trois variations : la variation géographique de l'équateur aux pôles, la variation saisonnière et la variation nuits-jours auxquelles s'ajoutent les variations dues aux nuages. Par ailleurs, le recours à l'énergie solaire, réputée respectueuse de l'environnement, constitue comme toute activité humaine, une source de pollution aussi minime que ce soit. Selon Niandou (2020), la fabrication des cellules photovoltaïques repose le plus souvent sur l'industrie du silicium qui est caractérisée par la science comme très polluante. À cela s'ajoute, la pollution visuelle à l'échelle urbaine que les panneaux solaires photovoltaïques font objet, car ils sont, en effet, dévoreurs d'espace. Ainsi, l'équivalent de la puissance d'un seul réacteur nucléaire exige une installation sur 100 km<sup>2</sup>. (Niandou, 2020) Cependant, malgré ses limites, le déploiement de l'énergie solaire reste incontournable à la révolution énergétique du continent (AIE, 2022a).

### 3.1.2 Prévisions à l'horizon 2030

Selon la dernière publication de l'AIE « Renewables 2022 », l'Afrique reste au bord d'une révolution solaire comme le reste du monde. Cette révolution, se traduit par le quadruplement de la capacité installée qui va passer de 7 à 25 GW d'ici 2027. L'AIE est même allée beaucoup plus loin, en présentant dans son rapport, un « scénario accéléré » « Sustainable **Africa Scenario** » (SAS) apportant la capacité solaire installée à 43,2 GW d'ici 2027 : une prévision irréaliste selon (AFSIA, 2023). Dans le « SAS », l'AIE avance que l'énergie solaire présente des avantages concurrentiels en termes de prix dans la plupart des régions en Afrique et qu'en 2030, ça sera le cas dans toutes les régions (IEA, 2022a). Il ajoute aussi que la demande énergétique en Afrique va connaître une croissance de 75 % d'ici 2030 et à cette date, le solaire photovoltaïque va constituer une source énergétique sûre avec de nouveaux ajouts de capacités allant jusqu'à 27 % de la production énergétique, soit 8 fois leur part actuelle (IEA, 2022a). La figure 3.4 illustre les prévisions dans la « SAS » en termes de production d'électricité par source et par région à l'horizon 2030.

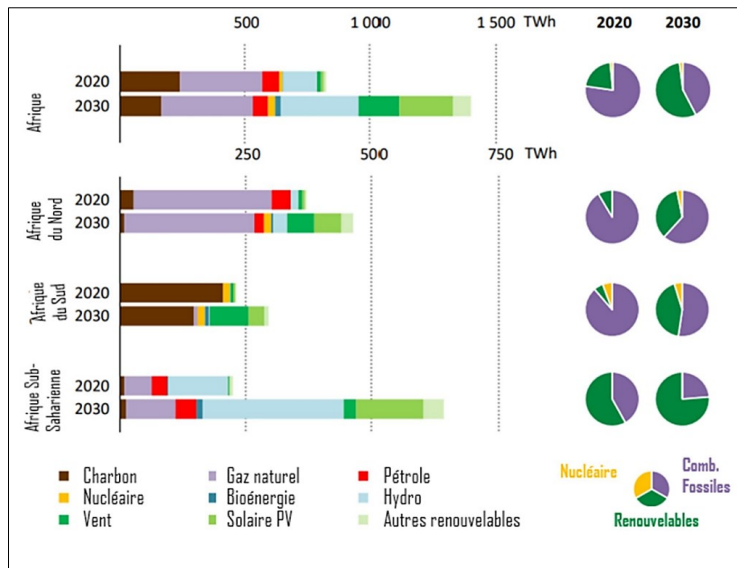


Figure 3.4 Production d'électricité par source et par région dans la SAS, 2020 et 2030 (Source AIE, 2022a)

En ces termes, on peut dire que l'Afrique durable met en valeur son énorme potentiel en énergie solaire. Sa région subsaharienne, qui possède d'abondantes sources d'énergies solaires sous-exploitées constitue un acteur majeur pour l'atteinte de ces prévisions.

### 3.2 État des lieux du solaire en Afrique subsaharienne

L'Afrique subsaharienne est une aire géographique qui fait référence à 49 pays sur les 54 du continent africain. Elle regroupe pratiquement tous les pays africains à l'exception des cinq États principalement arabes d'Afrique du Nord notamment le Maroc, la Libye, la Tunisie, l'Égypte et l'Algérie. (Abubakar Mas'ud et al., 2016)

L'Afrique subsaharienne a en particulier un vaste potentiel d'énergie solaire. Ceci semble contradictoire avec l'état actuel de sa fourniture énergétique surtout en électricité. En effet, elle constitue la région la moins électrifiée au monde avec un taux d'électrification qui atteint à peine 45 %. Rappelons que l'un des objectifs du 7 -ème Objectif de développement durable (ODD7), porté par l'initiative « Sustainable Energy for All », adoptée par les Nations unies en 2015, consiste à assurer un accès universel à l'électricité d'ici 2030. C'est dans ce sens que, tous les pays en développement, la majorité se trouvant en ASS converge pour atteindre cet objectif. (Michel et Vessat, 2022) Pour ce faire, le recours aux énergies renouvelables plus particulièrement le solaire fait l'objet d'une attention croissante dans de nombreux pays en ASS depuis quelques années (Berahab, 2021). Bien que les technologies solaires aient joué un rôle très limité dans le secteur de l'énergie historiquement, elles demeurent actuellement au cœur de la transition énergétique en ASS dans un contexte de volatilité des prix de combustibles fossiles, de dépendances aux importations énergétiques extérieures et de prise de conscience des conséquences néfastes des émissions de carbone. De plus, la grande majorité des pays de la région

bénéficient en moyenne d'un ensoleillement annuel de 320 jours. Ceci témoigne le fort potentiel en énergie solaire de la région. (Berahab, 2021, et Huard et Fremaux, 2019)

Cependant, le constat reste qu'en ASS, le déploiement du solaire reste lent et très fragile. Il incombe ainsi, de comprendre les facteurs déterminants de ce retard énergétique notable en ASS.

### **3.2.1 Énergie rare et chère, des besoins considérables**

L'ASS est la seule région au monde où la croissance démographique demeure supérieure au rythme auquel les populations accèdent à l'électricité. (Huard et Fremaux, 2019) Selon l'Agence de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), la croissance démographique attendue en Afrique d'ici 2040, devrait faire qu'une personne sur deux supplémentaires sera africaine et de plus en plus en milieu urbain. Cette situation va provoquer l'augmentation des besoins en énergie. (Spaes, 2019) Cependant, la capacité installée dont disposent les 48 pays d'Afrique subsaharienne (hors Afrique du Sud) reste insuffisante pour répondre aux besoins grandissants de sa population, d'où la nécessité de faire recours à l'énergie solaire. (Huard et Fremaux, 2019) Compte tenu de ce déficit et des projections de croissance démographique, l'ASS entreprend d'importantes réformes en développant l'énergie solaire dans son mix énergétique. Cette énergie semble particulièrement adaptée à la spécificité de ses besoins. (Huard et Fremaux, 2019) Ainsi, des initiatives des installations de mini et hors réseaux (mini et off-grid) prennent de plus en plus d'ampleur dans de nombreux pays en ASS, devenant ainsi, le moyen le plus populaire et moins cher de se fournir de l'électricité ou de trouver une alternative aux dysfonctionnements du réseau. (Berahab, 2021)

Par ailleurs, ces réformes énergétiques sont encouragées par les investissements très importants notés dans ce secteur (Huard et Fremaux, 2019). Dans son rapport publié en 2023, IRENA affirme que l'ASS reste la principale destination des investissements dans les énergies renouvelables hors réseau. La région a attiré plus de 70 % des investissements mondiaux hors réseau, soit 2,2 milliards USD entre 2010 et 2021. Ceci a « favorisé l'éclosion du marché solaire photovoltaïque dans cette région ». (IRENA, 2023e)

Malgré les efforts réalisés en termes de déploiement d'énergie solaire photovoltaïque, le nombre de personnes n'ayant toujours pas accès à l'électricité en ASS reste élevé (Picard, 2022). Selon AFSIA (2023), 72 % de la population rurale d'Afrique subsaharienne et 22 % des zones urbaines manquent encore d'électricité. Et la demande reste en forte croissance dans les villes, où la densité de population, la vie en habitat collectif, et la consommation d'électricité par habitant plus importante ne permettent pas aux kits solaires de couvrir les besoins en totalité. (AFSIA, 2023) L'ajout de nouvelles capacités demeure donc nécessaire (Huard et Fremaux, 2019). En 2022, les capacités installées dans toute l'Afrique subsaharienne s'élevaient à plus de 8,9 gigawatts (GW) issus majoritairement du photovoltaïque figure 3.5, soit près de trois fois moins que la France pour 20 fois plus d'habitants. Alors que plus de 580 millions de subsahariens n'ont toujours pas accès à l'électricité, les besoins énergétiques

du continent s'accroissent chaque année. (Connaissance des énergies (CDE), 2022 ; Viennot, 2022a) La figure 3.5 illustre la capacité cumulative de la technologie solaire photovoltaïque installée en Afrique subsaharienne en comparaison avec la technologie du solaire concentré.

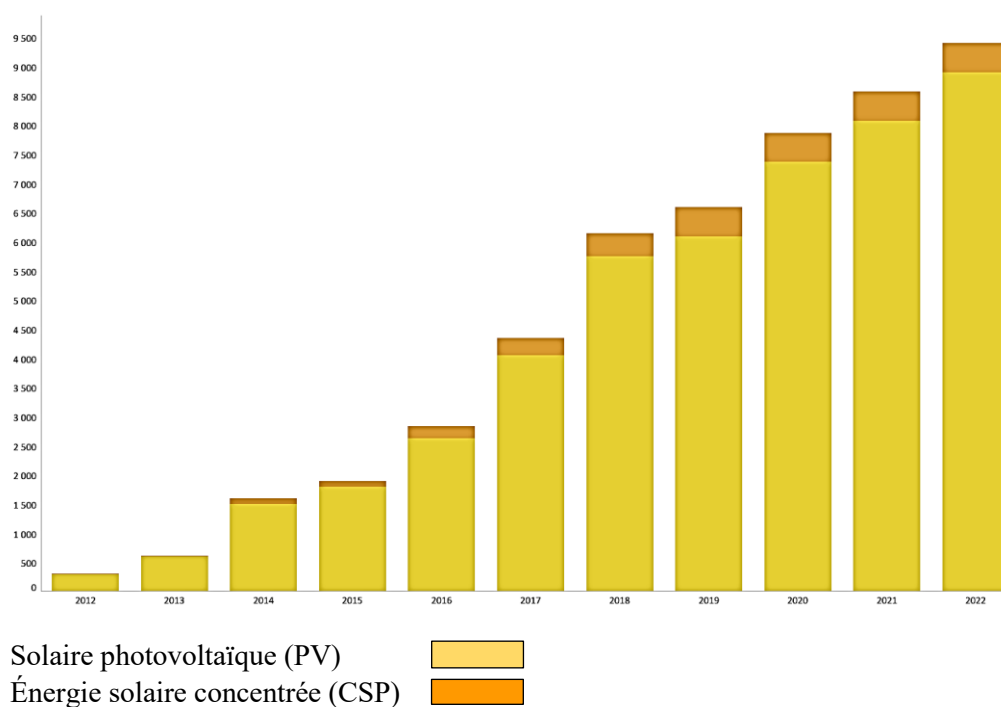


Figure 3.5 Capacité solaire cumulative installée en Afrique subsaharienne par type de technologie, MW. Source (IRENA, 2023b)

### 3.2.2 Énergie solaire, un fort potentiel encore très peu développé en ASS

Selon les données de la banque mondiale, l'Afrique subsaharienne possède l'un des potentiels de ressources renouvelables les plus élevés au monde (Ecofin, 2022 ; International Energy Agency (IEA), 2022b). En effet, elle est dotée d'un potentiel de production d'électricité solaire colossal et si ce dernier était bien exploité, il devrait permettre à la région de satisfaire ses besoins énergétiques grandissants de façon durable. L'Atlas solaire mondial de la Banque mondiale décrit néanmoins ce potentiel comme une « occasion unique de fournir une électricité abordable, fiable et durable à une grande partie de l'humanité où l'amélioration des opportunités économiques et de la qualité de vie est la plus nécessaire » (Ecofin, 2022).

Toutefois, le constat pousse à dire que l'utilisation de l'énergie solaire dans la région reste très en deçà de son potentiel malgré la forte baisse des coûts du photovoltaïque (PV), la multiplication des initiatives d'institutions financières de développement et l'engouement du secteur privé pour le développement de projets solaires. (CDE, 2022) l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans son rapport « Africa outlook 2022 » indique que l'ASS dispose d'un potentiel théorique de production d'énergie issue du soleil de 60 millions de TWh par an (37,5 % pour l'Asie et 3 % pour l'Europe) (Viennot, 2022a). Ainsi, 13 pays en ASS (à l'exclusion de l'Afrique du Sud) disposent à date d'une capacité PV installée de plus

de 50 mégawatts, contre seulement deux il y a cinq ans (BEYER, 2022b). À titre de comparaison, la capacité photovoltaïque installée en Allemagne représenterait à elle seule une puissance d'environ 58 gigawatts en 2020 (Magne, 2022). Or, tous les pays de la région disposent d'un potentiel solaire élevé, soit environ 10 000 GW par an et un potentiel technique du solaire photovoltaïque estimé à 6500 watts par an (Avila et al., 2017).

Par ailleurs, la capacité solaire photovoltaïque installée en Afrique ne représente jusqu'ici que 1 % de son potentiel (BEYER, 2022). Selon Ecofin (2022), une grande partie de ce potentiel photovoltaïque reste encore inexploitée surtout en ASS. Plus de 580 millions de personnes vivant dans cette région n'ont toujours pas accès à l'électricité et presque 80 % des entreprises subsahariennes subissent des coupures d'électricité fréquentes. Cette situation entraîne, entre autres, des pertes économiques abondantes selon les chiffres de l'Agence française de Développement (AFD). Ainsi, l'avenir énergétique de cette région doit reposer sur le développement du solaire en complément au réseau conventionnel déjà existant, et ceci dans le but de se rapprocher de la meilleure façon d'une électrification « universelle ». (Viennot, 2022a)

### **3.3 Technologie solaire en Afrique subsaharienne**

D'abord, en Afrique subsaharienne, les installations solaires demeurent présentes sous des formes multiples. Elles peuvent constituer des lampadaires solaires (pour éclairage), des kits individuels (avec une puissance de quelques watts), « des minicentrales hors réseau (quelques kilowatts) » ou « des grands champs solaires (du mégawatt à quelques dizaines de mégawatts) » (Huard et Fremaux, 2019). Ainsi, l'électricité produite à partir du solaire photovoltaïque s'adapte à toutes les échelles de projets allant du kit solaire équipant un foyer isolé, jusqu'aux gigantesques diapositives solaires alimentant des villes entières. De cette manière, l'énergie solaire peut procurer une électricité bon marché avec des projets de petite taille et plus adaptés aux réalités locales. (Huard et Fremaux, 2019)

Ensuite, ces formes d'installation se déploient dans deux contextes : les zones raccordées aux réseaux « *on-grid* » et les zones non raccordées au réseau « *off-grid* ». Dans la figure 3.6, on constate que la capacité solaire cumulative des zones « *on-grid* » a connu une augmentation suivant les années de même que pour les zones « *off-grid* ». Ainsi, en 2022, les capacités nettes ajoutées aux zones « *on-grid* » et « *off-grid* » en ASS représentaient respectivement 2377 et 29 Mégawatts (MW) rendant les capacités cumulatives à 46 334 MW pour le « *on-grid* » et 1187 MW pour le « *off-grid* ». (IRENA, 2023c)

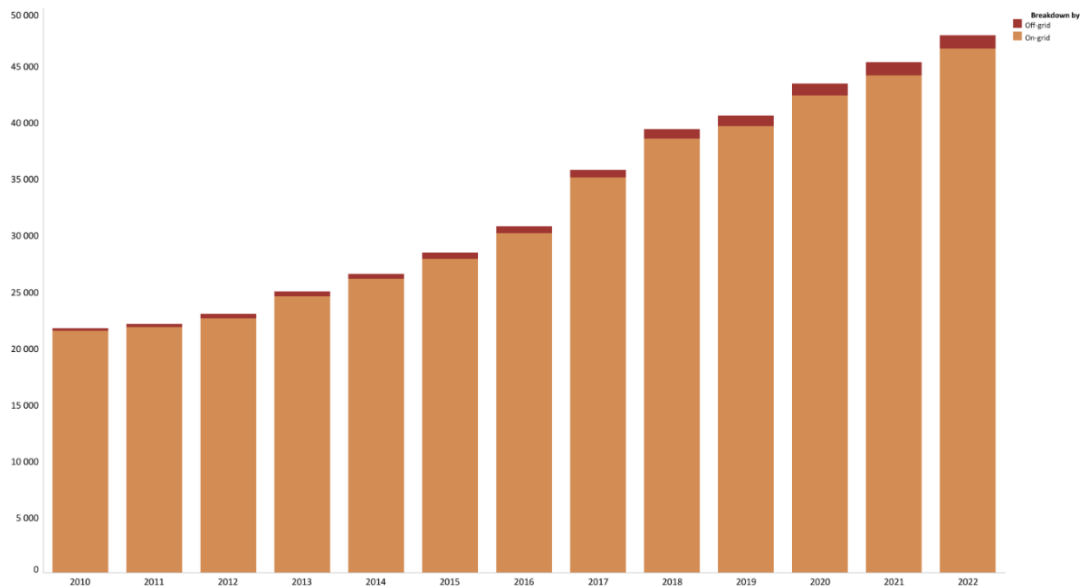


Figure 3.6 Capacité électrique cumulative par type d’installation en Afrique subsaharienne (en MW)

En outre, afin de comprendre leur déploiement dans la région subsaharienne, il convient de présenter chacune des formes d’énergie solaire existantes.,

### 3.3.1 Kits individuels

Disposant d’une puissance de quelques watts, les kits solaires étaient auparavant destinés aux populations rurales non connectées au réseau, ainsi qu’aux populations connectées au réseau, mais souffrant de ses déficiences (Picard, 2022). Les kits individuels, également appelés « Solar Home System » sont souvent constitués d’un panneau solaire et d’une batterie. L’acquisition d’un kit solaire permet de couvrir les besoins tels que la recharge d’un téléphone ou d’un portable, l’éclairage, l’utilisation d’un petit réfrigérateur ou encore une télévision. En 2018, les produits solaires vendus dans le monde s’élevaient à 2,7 millions de lampes solaires et 395 000 kits de type « Solar Home System ». De ces produits solaires « off-grid », 40 % (soit 1,5 million) étaient vendus en ASS. (Huard et Fremaux, 2019 ; Picard, 2022)

L’expansion de l’usage de ces kits solaires va passer par la mise en marché de kits solaires de plus grande puissance. Ces derniers vont permettre non seulement un accès immédiat à une première source d’énergie permettant entre autres l’éclairage, la recharge de téléphone, etc. Mais aussi à des appareils nécessitant plus de puissance comme un congélateur, un convertisseur, des ordinateurs portables, etc. (Berahab, 2021)

Le déploiement de ces kits solaires en ASS est fortement influencé depuis quelques années par le modèle dit du « Pay-as-you-go » qui rencontre un fort succès. Le principe du modèle demeure tel que les opérateurs financent eux-mêmes les kits et les mettent à la disposition de leurs clients. Ces derniers paient à la consommation (le temps d’utilisation) via leur smartphone exactement de la même façon qu’ils achètent du crédit téléphonique. (Niandou, 2020) Ainsi, un code qui permet de débloquer le kit

solaire se génère à l'achat de crédit. À titre d'exemple, les entreprises telles que M-Kopa, Fenix International ou Off-Grid Electric ont installé respectivement 700 000, 250 000 et 150 000 kits solaires notamment au Kenya, en Tanzanie, en Ouganda ou en Zambie. Ces installations ont permis l'électrification des millions de bénéficiaires (une installation pouvant être utilisée par 5 personnes). (Huard et Fremaux, 2019)

### **3.3.2 Mini-réseaux**

Comme le kit solaire, le mini-réseau constitue une technologie « off-grid ». Il est isolé du réseau électrique principal et comporte ses propres moyens de production qui peuvent être renouvelables, thermiques ou hybrides. Il se différencie du kit solaire individuel par sa capacité de raccorder plusieurs points de consommation. Les mini-réseaux sont retrouvés le plus souvent au sein d'un village ou d'un groupe de village, mais se déploient lentement dans les espaces périurbains qui ne sont ni vraiment urbains, ni vraiment ruraux. (Huard et Fremaux, 2019 ; Berahab, 2021) Ce sont des localités en cours d'urbanisation où les services publics en réseau sont soit absents, soit (fortement) défectueux. Guillou et Girard (2023) avancent que ce sont des lieux où les gens commencent à adopter un mode de vie urbain. En même temps, l'activité économique se diversifie amenant ainsi les gens à adopter des pratiques plus énergivores. La population dans ces milieux développe ainsi des attentes plus élevées quant à la qualité du service dont elle bénéficie. Ce décalage entre la demande et la réalité est souvent comblé, dans le secteur énergétique par ces mini-réseaux. (Guillou et Girard, 2023)

Aussi, le déploiement des mini-réseaux en ASS a pris du retard compte tenu du risque financier qui accompagne ces projets. Huard et Fremaux (2019) indiquent que l'investissement sur les mini-réseaux alourdit le coût de l'électricité délivrée aux utilisateurs compte tenu de sa petite taille. Ensuite, le risque commercial associé aux mini-réseaux demeure important. Ces risques constituent entre autres, le manque de clients solvables, les raccordements sauvages sur le réseau et la difficulté de conclure des contrats à long terme (20 ans) avec un acheteur unique et crédible. Enfin, les obstacles réglementaires ont aussi participé au ralentissement du déploiement des mini-réseaux en ASS. Dans de nombreux pays, seul l'opérateur national historique a le monopole du marché énergétique, ce qui empêche le privé de vendre directement au consommateur final. (Huard et Fremaux, 2019 ; Ndiandou, 2020)

D'ailleurs, comme dans le cas des kits solaires individuels, l'expansion des mini-réseaux tient compte de l'amélioration des cadres réglementaires pour permettre au secteur de rester compétitif avec le réseau national. De plus les bailleurs de fonds et les institutions internationales ont tous pris conscience de la difficulté d'accomplir les projets de centrales solaires raccordées au réseau national. Donc ils cherchent à orienter leur plus de financement dans les projets non raccordés au réseau. (Huard et Fremaux, 2019)

### 3.3.3 Grands ouvrages de production d'énergie solaire (champs solaires)

Les centrales solaires, à la différence des systèmes individuels ou hors réseaux, restent d'une plus grande puissance. Faisant partie des technologies « on-grid » (raccordées au réseau), ces centrales solaires restent nécessaires pour alimenter les villes. En effet, les villes observent une demande d'électricité en forte croissance vu la densité de population et la consommation d'électricité par habitant qui y sont importantes. Donc, à défaut des kits solaires individuels et des systèmes hors réseaux (mini-grid), qui ne suffisent pas à couvrir la totalité des besoins en villes, les centrales solaires constituent une alternative pour mieux intégrer le solaire dans le mix énergétique urbain. (Huard et Fremaux, 2019)

Ces centrales solaires sont situées dans un segment intermédiaire entre les kits solaires individuels destinés à priori aux villages et les installations centralisées de très grande puissance alimentant les villes. Ce segment intermédiaire regroupe les centrales solaires de 5 à 50 MW de puissance. Selon Guillou et Girard (2023), le niveau de puissance de ces centrales reste suffisamment important pour répondre à la demande énergétique des agglomérations moyennes de 30 000 à 300 000 habitants où l'urgence énergétique demeure la plus manifeste. Toutefois, le niveau de puissance de ces installations reste également, suffisamment modeste pour être inséré sur les réseaux électriques existants. Ces derniers peuvent accueillir des capacités solaires supérieures à 50 MW. (Huard et Fremaux, 2019 ; Berahab, 2021) Malheureusement, les statistiques fiables capables de nous faire part du nombre réel de centrales solaires de ce type ayant pu être réalisées à l'échelle du continent africain demeurent presque inexistantes.

Il convient de noter que ces modes d'électrification solaire que ce soient les kits individuels, les mini-réseaux ou les grandes centrales solaires, sont complémentaires. Répondre aux défis de l'accès à l'énergie en ASS, suppose donc un développement simultané de l'ensemble de ces solutions disponibles en fonction des spécificités de la demande locale. (Huard et Fremaux, 2019)

En conclusion, le continent africain participe modestement à la vague de déploiement des énergies renouvelables dans le monde. Cette participation se traduit par un faible taux d'accès à l'électricité et aux énergies propres. Ce déficit énergétique est plus prononcé en ASS où le niveau d'électrification demeure le plus bas au monde alors que sa population ne cesse d'augmenter. Mais, depuis quelques décennies, l'ASS fait l'objet de plusieurs réformes énergétiques notamment le développement de l'énergie solaire. Les formes des énergies solaires photovoltaïques recensées restent les kits solaires domestiques, les mini-réseaux et les grandes centrales. Ces différentes formes, qui étaient destinées auparavant au monde rural, sont désormais déployées dans les centres urbains en ASS. Une étude de cas permettra d'évaluer l'impact énergétique du déploiement de cette technologie dans les villes en ASS.

## **CHAPITRE 4 : ANALYSE DE L'INFORMATION**

Les trois premiers chapitres ont permis de comprendre le phénomène de l'urbanisation et le défi énergétique qui l'accompagne. Ces chapitres ont également abordé l'état des lieux de l'énergie solaire dans les pays en ASS ainsi que d'identifier les enjeux et les différentes parties prenantes du secteur. Le chapitre IV représente la partie analytique de cet essai. Il comporte plusieurs sections et débute par une présentation du cadre méthodologique de l'étude. Elle sera suivie par une étude de cas qui présente trois modèles de villes en ASS notamment le Niamey (Niger), Ekurhuleni (Afrique du Sud) et Nairobi (Kenya) qui ont intégré l'énergie solaire dans leur mix énergétique. Cette étude de cas sera suivie par une analyse FFOM qui permet de prendre position et de répondre à la problématique de l'étude.

### **4.1 Cadre méthodologique de l'étude**

L'objectif de cet essai reste d'évaluer si le développement de l'énergie solaire peut répondre au défi énergétique de l'urbanisation en ASS. Pour ce faire, une démarche méthodologique axée sur une recherche bibliographique pertinente, une étude de cas et une analyse FFOM (force, faiblesses, opportunité et menace) est adoptée. Ces différentes parties de la démarche méthodologique seront présentées dans ce qui suit.

#### **4.1.1 Recherche bibliographique**

Pour cerner le sujet à l'étude et mieux comprendre le contexte, une revue de la littérature pertinente a été menée. Cette revue a permis d'exposer dans un premier temps, le défi énergétique de l'urbanisation en ASS. Ainsi, le portrait de l'urbanisation en Afrique, la pression énergétique découlant de cette urbanisation et la part de l'énergie solaire dans le mix énergétique urbain sont succinctement étudiés à travers la revue. Dans un second temps, la revue de la littérature a permis de caractériser les enjeux du développement de l'énergie solaire dans les périmètres urbains en ASS suivant les thématiques du développement durable. Suivi de l'identification des parties prenantes et de leur position, pour finir avec le recensement des initiatives de financement du développement de l'énergie solaire en ASS. Dans un troisième temps, l'état des lieux de l'énergie solaire en Afrique puis en ASS a été exposé grâce à la revue de la littérature.

Les sources consultées dans la recherche bibliographique demeurent pertinentes, diversifiées et à jour. Elles ont été identifiées dans différentes plateformes tels les sites des gouvernements, des organismes de développement, etc. Le plus souvent, ce sont des d'articles de revue traitant essentiellement des questions africaines ou des rapports des bailleurs de fonds et d'organismes de développement. À cela s'ajoute, les thèses de doctorat et les mémoires sur l'urbanisation et les énergies solaires en Afrique qui sont consultées.

#### **4.1.2 Méthodologie pour le choix des villes dans l'étude de cas**

Les villes présentées dans l'étude de cas ci-dessous ont été choisies tout d'abord sur une base régionale. Elles sont toutes situées dans des pays qui se trouvent dans la région subsaharienne. Ensuite, la disponibilité de l'information a été une base pour choisir la ville vu l'absence récurrente d'informations fiables que l'on note en Afrique. Puis, la présence d'équipements solaires dans la ville et le niveau d'urbanisation constituaient des critères de choix. Et enfin, dans un souci de représentativité de la région subsaharienne qui est fortement marquée par des disparités dans le niveau de développement des pays, le choix a été axé sur trois villes avec des niveaux de développement économique différents. La ville de Niamey, capitale du Niger qui est un pays pauvre en ASS, Nairobi au Kenya avec un niveau de développement relativement moyen dans la région subsaharienne et la ville d'Ekurhuleni en Afrique du Sud qui fait partie des pays les plus développés en ASS.

#### **4.1.3 Analyse forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM)**

Afin d'évaluer le potentiel que le développement de l'énergie solaire en milieu urbain réponde au défi énergétique de l'urbanisation en ASS, une analyse FFOM a été choisie. Ce choix se justifie par sa simplicité et son approche systémique qui prend en considération l'environnement interne et externe d'une organisation. Dans le cas de cet essai, l'organisation est assimilée à la ville, le milieu urbain. Cette analyse servira à synthétiser les forces, faiblesses, opportunités et menaces des différents modèles d'adoption du solaire en milieu urbain présentés dans l'étude de cas. Les informations recueillies suivant l'étude de cas serviront de base à cette analyse.

À l'issue de cette analyse, des constats seront présentés par rapport à la question de recherche et des recommandations pertinentes et cohérentes seront formulées pour le développement de l'énergie solaire dans les périmètres urbains en ASS.

#### **4.1.4 Méthodologie FFOM**

L'analyse forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM) comportent quatre éléments qu'il convient d'expliquer pour faciliter la compréhension commune. D'abord les forces et faiblesses représentent les facteurs internes qui influencent le développement de l'énergie solaire dans les villes à l'étude. Les forces (F) font référence aux atouts des modèles présentés dans l'étude de cas. C'est-à-dire, les ressources disponibles qui permettent aux villes de prospérer le développement de l'énergie solaire dans leur périmètre. Les faiblesses (F) désignent les attributs qui limitent les modèles présentés dans l'étude de cas. Autrement dit, ils correspondent aux facteurs internes de la ville qui limitent le déploiement du solaire.

Par ailleurs, les opportunités et menaces constituent les facteurs externes qui influencent le développement de l'énergie solaire en milieu urbain. Les opportunités (O) sont des facteurs externes,

qui combinés à de bonnes décisions peut favoriser l'accroissement du déploiement des énergies solaires dans les villes présentées à l'étude de cas. Puis les menaces (M) constituent les forces externes ou pressions qui constituent un frein au développement de l'énergie solaire dans les études de cas. (BDC, 2020) Ces quatre éléments appliqués à l'étude de cas serviront à interpréter les résultats de recherche du présent travail. Ces résultats seront ainsi présentés au tableau 4.3.1. Ce dernier sera ensuite utilisé pour la formulation des recommandations pertinentes pour le déploiement de l'énergie solaire dans les périmètres urbains en ASS.

#### **4.2 Contraintes et limites de l'analyse**

L'analyse a fait face à certaines limites qu'il convient de présenter. Premièrement, la recherche s'est basée uniquement sur une collecte de données secondaire qui a poussé à la consultation de multiples sources. Mais, ces dernières contenant les données statistiques des énergies renouvelables notamment le solaire font souvent état d'une incohérence d'une source à une autre. Cette situation constitue une contrainte dans la mesure où la recherche bibliographique n'a pas été subordonnée par une enquête de validation auprès des villes présentées dans l'étude de cas par exemple.

Deuxièmement, la portée géographique a constitué une contrainte à la collecte des informations nécessaires à l'étude. En effet, le sujet à l'essai se concentre en milieu urbain en Afrique subsaharienne. Ainsi, les données et les faits rapportés devaient logiquement se concentrer sur cette portée. Cela a rendu difficile l'accès à l'information vu la recherche pointue et locale qui était requise. Sachant que les données en Afrique sont rarement actualisées et que dans la plupart des municipalités elles étaient inexistantes.

Plusieurs études en Afrique concernent les énergies solaires, mais peu d'entre elles se concentrent sur le milieu urbain en particulier. Parmi les sources consultées, seules deux études se sont concentrées exclusivement en milieu urbain. L'étude menée par Picard (2022) analyse à partir des images satellitaires les panneaux solaires installés dans 14 villes en Afrique subsaharienne et l'étude de Niandou (2020) présente la précarité énergétique à Niamey (capitale du Niger). La première étude ne couvre pas toutes les formes d'énergie solaire (kits solaires individuels, mini-réseau) utilisées en ville. Il ne permet pas de savoir également la part des énergies solaires dans le mix énergétique de ces périmètres urbains. Celle réalisée par Niandou (2020) a présenté l'énergie solaire comme sources de solutions au défi énergétique de l'urbanisation à Niamey, mais de façons sommaires bien qu'il ait effectué des enquêtes ménages qui lui ont permis d'estimer le nombre de ménages utilisant exclusivement l'énergie solaire comme source d'énergie dans la ville de Niamey.

### **4.3 Étude de cas : trois modèles de ville qui ont intégré l'énergie solaire dans leur mix énergétique en ASS**

En ASS, la forte demande énergétique devient insoutenable pour les réseaux nationaux constate Picard (2022). En effet, la forte urbanisation, accompagnée d'un développement anarchique des villes et d'une hausse de la population, met les réseaux de distribution électriques plus sous pression. Ainsi, les consommateurs, soit parce qu'ils ne sont pas encore raccordés au réseau, soit pour pallier ses défaillances, cherchent à s'autonomiser en s'équipant, pour la plupart d'un système décentralisé, qui était auparavant déployé dans les zones rurales, éloignées des réseaux de distribution. (Picard, 2022) Ces systèmes décentralisés dans les zones urbaines et périurbaines se présentent sous forme de kits solaires individuels, des mini-réseaux et de panneaux solaires de plus grandes puissances. Les consommateurs optent pour ces systèmes solaires au détriment des autres sources d'énergie comme les générateurs diesel, qui sont eux, beaucoup plus coûteux et polluants. (Picard, 2022 ; Niandou, 2020) De plus, les innombrables avantages que présentent les énergies solaires, notamment la réduction des coûts de l'énergie (pour les pays, les entreprises et les ménages), l'augmentation de la fiabilité du réseau, la stimulation du développement économique et l'amélioration du bien-être des populations font d'elles une alternative idéale au dysfonctionnement du réseau central. (Urban Energy Support, 2022a)

Dans ce contexte, trois modèles en ASS, où l'énergie solaire est adoptée sous différentes formes en milieu urbain sont documentés. Ces villes sont la ville de Niamey (capital du Niger), la ville Nairobi (Capitale du Kenya) et la métropole d'Ekurhuleni (en Afrique du Sud). Cette documentation s'effectue suivant le contexte de la ville et son niveau d'urbanisation, l'équipement solaire photovoltaïque déployé à l'échelle de la ville, l'application de cette énergie solaire et les politiques en faveur du solaire photovoltaïque. Ces milieux urbains ont été sélectionnés sur une base régionale (en ASS), mais aussi, par rapport à la disponibilité des données.

#### **4.3.1 Modèle 1 : Niamey (capitale du Niger)**

- Contexte de la ville et Niveau d'urbanisation

La ville de Niamey est la capitale de la République du Niger. Ce pays d'Afrique de l'Ouest fait partie des pays les moins électrifiés du continent avec un taux d'accès à l'électricité estimé à 18,8 % selon le rapport 2019 de la Banque mondiale. (Takoulevu, 2021a) Le Niger est ensoleillé par excellence à près de 300 jours par an avec un rayonnement bien réparti sur le territoire national et qui varie environ de 5 à 7 kWh/m<sup>2</sup>/jours (ANPER, 2016).

Sa capitale concentre un nombre important de la population urbaine du pays soit 34,39 % (Niandou, 2020). La ville fait partie d'une zone qui dispose des conditions favorables à la production solaire bien qu'elles sont sous-exploitées. Sa population est estimée à 1 407 635 habitants en 2022, selon l'Institut National de la Statistique du Niger (INS, 2022). La ville connaît un fort taux d'urbanisation estimé à

95,2 % comparé à la moyenne nationale de 16,2 % (INS, 2022). Cette croissance urbaine n'est surtout pas accompagnée par des politiques efficaces d'aménagement urbain. Ainsi, l'augmentation des besoins a engendré au fil des années des conséquences sur la majorité des services urbains de la ville notamment la fourniture électrique. Cela se manifeste, selon Niandou (2020), par des baisses de tensions allant jusqu'au délestage voire des coupures d'électricité qui peuvent durer plusieurs heures entraînant des pertes économiques considérables pour les ménages. C'est pour cette raison que beaucoup d'entre eux se sont dotés des kits solaires pour faire face à ces coupures d'électricité pour ceux qui sont déjà rattachés au réseau de la NIGELEC (société de distribution d'électricité), et pour disposer d'électricité pour ceux qui se trouvent à la périphérie des services du réseau. (Niandou, 2020) Ainsi, dans son étude sur la précarité énergétique à Niamey, Niandou (2020), indique que 10 000 ménages parmi les 166 680 que compte la ville utilisent le solaire comme principale source d'énergie pour l'éclairage. De plus, sur la base des données issues de la cartographie des concessions électrifiées à base du solaire, il avance que 2907 concessions de la ville font recours à cette énergie. (Niandou, 2020)

- Équipements solaires

Les systèmes solaires les plus commercialisés à Niamey restent les Kits solaires. C'est un business florissant dans cette ville, où beaucoup de jeunes trouvent leur compte dans la commercialisation de ces kits. Ils sont commercialisés dans plusieurs endroits à travers la ville de Niamey sous l'influence d'une forte demande. Cependant, Niandou (2020), constate que la vente de ces kits se concentre dans deux endroits, le centre de la ville et les quartiers périphériques. Ceci s'explique par le fait qu'au centre-ville se trouve l'agglomération des plus grands centres commerciaux et marchés de la capitale et pour les quartiers périphériques, une insuffisance pérenne d'électricité. Dans le second cas demeure une pratique assez commune aux habitants des quartiers périphériques des villes en ASS où la présence du réseau électrique fait défaut (Niandou, 2020).

- Application de l'énergie solaire photovoltaïque

Toujours dans l'étude menée par Niandou (2020) sur la précarité énergétique à Niamey, 100 % des ménages enquêtés et qui utilisent le solaire comme source d'énergie principale affirment percevoir une amélioration de leur cadre de vie. Ainsi, le recours à ces kits solaires permet de réduire considérablement les disparités entre centre et périphérie. Ces kits solaires permettent également aux populations situées loin du réseau électrique de se munir d'un éclairage nocturne et d'accéder aux services de l'information et de la communication (internet, télévision, radio, etc.). Outre ces applications, l'énergie captée par ces plaques solaires est utilisée pour aérer, à travers les appareils de conditionnement de l'air, l'intérieur des maisons sachant que le Niger fait partie des pays les plus chauds au monde avec des températures pouvant dépasser les 40 °C.

Par ailleurs, l'accès à ces kits solaires améliore les conditions de vie des enfants et des femmes en réduisant de façon significative les corvées physiques du puisage manuel et de transport de bois de chauffe des femmes (Gbossou C., 2013).

- Politique en matière d'Énergie solaire photovoltaïque

L'État du Niger a mis en place une politique énergétique dont l'un des axes principaux est la promotion de l'énergie solaire. Il ambitionne d'atteindre l'accès universel à l'énergie d'ici à 2035 en produisant 30 % de son électricité à partir de source durable. Il prévoit, dans sa politique énergétique, d'augmenter la part du solaire dans son mix énergétique. Pour ce faire, il envisage l'ajout de capacités à grande échelle en hybridant les centrales thermiques actuelles avec du solaire photovoltaïque, en promouvant l'efficacité énergétique et en facilitant l'accès aux équipements solaires photovoltaïques. (Takoulev, 2021a)

Cependant, malgré son engagement dans la promotion de l'accès à l'électricité pour tous, la politique énergétique nigérienne semble non encourageante en matière d'énergie solaire. En effet, contrairement à certains pays, aucune loi n'est adoptée par les autorités compétentes pour venir en aide aux particuliers qui installent des panneaux photovoltaïques en autoconsommation avec revente du surplus. En plus, au Niger, les kits solaires ne sont pas épargnés par les tarifs fiscaux liés à leur importation contrairement à certains pays de la sous-région, comme le Mali et le Sénégal. Ces derniers ont mis en place un système permettant d'accroître les importations issues des énergies solaires. (Niandou, 2020)

#### **4.3.2 Modèle 2 : la ville d'Ekurhuleni**

- Contexte de la ville et Niveau d'urbanisation

Créer à l'an 2000, la ville d'Ekurhuleni signifiant « lieu de paix », est la quatrième plus grande municipalité métropolitaine d'Afrique du Sud (Ville d'Ekurhuleni, 2021a). C'est une ville en pleine expansion avec une importante croissance démographique. Sa population est estimée en 2022, à 3 858 147 personnes soit une augmentation de 679 677 depuis le recensement de 2011 (Ville de EKURHULENI, 2022). Elle est fortement urbanisée avec 99,4 % de la population vivant en ville allant des quartiers informels aux banlieues résidentielles. Comme dans beaucoup de villes en ASS, la croissance démographique n'est souvent pas accompagnée par des politiques publiques et d'aménagement du territoire. Ce qui implique, un développement anarchique des concessions, souvent à la périphérie de la ville entraînant une augmentation de la demande des services de base surtout ceux énergétiques en exerçant beaucoup de pressions sur des infrastructures déjà vieillissantes. Ainsi, à Ekurhuleni, la majorité des ménages pauvres se retrouvent principalement dans les cantons, les établissements informels et les zones périurbaines de la ville. On peut noter 119 établissements informels dans la ville comprenant environ 164 000 ménages. (Ville de EKURHULENI, 2022)

La ville d'Ekurhuleni, consciente des problèmes d'approvisionnement en électricité des ménages, qui se limitent le plus souvent aux établissements informels, mobilise ses efforts pour contenir ce déficit. En Afrique du Sud, contrairement à d'autres pays en ASS, les grandes villes gèrent elles-mêmes leur zone d'approvisionnement en électricité qui diffère des zones d'approvisionnement du réseau national géré par Eskom (entreprise nationale de production d'électricité). De ce fait, 41 % des quartiers informels de la ville (25 953 ménages) et 19 % dans la zone d'approvisionnement d'Eskom (8984 ménages) ont été électrifiés depuis 2016 correspondant à 60 établissements informels. (Ville de EKURHULENI, 2022)

Par ailleurs, la ville d'Ekurhuleni explore actuellement des sources d'énergie alternatives. Elle a approuvé une stratégie en matière d'énergie et de changement climatique qui vise à diversifier l'approvisionnement énergétique afin d'inclure des sources d'énergie renouvelable et plus propre dans son mix énergétique. Cette stratégie vise en grande partie l'énergie solaire vu le potentiel de l'Afrique du Sud qui enregistre en moyenne 245 jours d'ensoleillement avec des niveaux moyens de rayonnement solaire variant entre 4,5 et 6, 5 kWh/m<sup>2</sup>/jour. (Raedani, 2022)

- Équipements solaires

Dans son programme d'approvisionnement en énergie, la ville d'Ekurhuleni a misé prioritairement sur les IPPs (Independent power producer) communément appelés les producteurs d'électricité indépendants. La ville a convié 47 producteurs d'énergie solaire indépendants avec comme exigence une fourniture d'au moins 5 Mégawatts (MW). Soulignons que les IPPs proposent des solutions intermédiaires de 5 à 50 MW issues principalement d'ouvrages d'énergie solaire (panneaux solaires photovoltaïques, champs solaires) qui peuvent répondre aux besoins des agglomérations de 30 000 à 300 000 habitants (Huard et Fremaux, 2019). Ainsi, d'ici 2024, la ville prévoit recevoir de ces IPPs une capacité installée de 298 MW. Dans son rapport de suivi, la ville a reçu entre 2022 et 2023, 150 MW soit la moitié du total prévu (Raedani, 2022).

Outre ses capacités solaires reçues des IPPs, la ville d'Ekurhuleni s'est dotée de 233 lampadaires solaires en 2021/2022 dépassant les 148 qui étaient prévus au départ. Ces lampadaires sont destinés à électrifier à la fois les zones formelles proclamées et les zones informelles. (Ville de EKURHULENI, 2022)

- Application de l'énergie solaire photovoltaïque

Avec le recours aux énergies renouvelables surtout le solaire, la ville a augmenté sa capacité électrique et a diminué sa dépendance (contribution de 7 % à la demande de l'Afrique du Sud) du réseau d'Eskom. Ainsi, 119 établissements informels avec environ 164 000 ménages sont actuellement en train d'être électrifiés. Cet ajout de capacité a permis d'étendre les réseaux de distribution électriques. Ainsi, un processus de désenclavement est entrepris par la ville, pour aligner les maisons, qui ont été construites de manière erratique, pour permettre l'installation des services d'électricité. En 2022, la ville a répertorié

25 953 ménages dans des quartiers informels déjà électrifiés. À cela s'ajoute, l'installation de lampadaires solaires liée au programme d'électrification pour l'éclairage public. (Ville de EKURHULENI, 2022)

L'ajout de capacité solaire photovoltaïque (par les IPPs) a permis à la ville de procéder à une économie de coût correspondant à 12,09 % sur son budget global. Cette situation constitue un gain capital dans le secteur énergétique pour la ville d'Ekurhuleni. (Raedani, 2022) Plusieurs autres avantages découlant du déploiement du solaire dans la ville sont identifiés par Raedani (2022) :

- Fourniture d'une énergie abordable pour les clients ;
  - Réduction de la dépendance aux combustibles fossiles ;
  - Réduction des pertes de puissance par le transport grâce au rapprochement des longues lignes de transmission (charge plus proche du point de production) ;
  - Création d'emploi – 10 000 emplois temporaires et 1000 emplois permanents ;
  - Diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
  - Croissance économique – Grâce à l'investissement dans l'économie locale
- 
- Politique en matière d'Énergie solaire photovoltaïque

Dans un souci d'équité et d'inclusivité, la ville d'Ekurhuleni s'est dotée de stratégie ambitieuse en matière d'énergie. En effet, la municipalité détient la responsabilité de s'assurer que les services de réseautage de l'électricité soient fournis à tous les consommateurs dans sa zone de compétence. (Ville de EKURHULENI, 2021b) Ainsi, elle a élaboré une stratégie en matière d'énergie et de changement climatique. Cette dernière a pour objectif de diversifier l'approvisionnement énergétique pour inclure des sources d'énergie renouvelables et plus propres avec un objectif de 10 % d'ici 2020 et de 30 % d'ici 2030. (Raedani, 2022) Elle prévoit de devenir une ville durable d'ici 2050 et définit ses objectifs à court terme (2030) dans son plan d'action 2021 Green City. La ville d'Ekurhuleni réduira la consommation d'énergie à base de combustibles fossiles de 25 % d'ici 2030 par rapport aux projections de 2019. (Ville de EKURHULENI, 2021 c)

Par ailleurs, pour accélérer sa transition énergétique, la ville a mis en place plusieurs initiatives complémentaires. Elle a élaboré un programme pour encourager l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur les toits et l'achat direct d'électricité renouvelable des producteurs indépendants d'électricité (IPP). Pour l'installation des panneaux solaires, il prévoit utiliser l'équivalent d'environ 10 % du toit de tous les bâtiments, ce qui équivaut à 950 000 kWc de capacité installée. En ce qui concerne l'achat direct d'électricité chez les IPPs (Independent power producer), la ville a conclu un contrat avec 30 IPPs pour développer 300 MW de capacité solaire photovoltaïque pour son approvisionnement. (Ville de EKURHULENI, 2021 c)

À cela s'ajoute la mise en place par la ville de système d'économie des coûts liés à l'énergie avec l'installation de chauffe-eau solaire et de toits solaires dans 10 de ses 20 centres de service à la clientèle. (Ville de EKURHULENI, 2022)

#### 4.3.3 Modèle 3 : Ville de Nairobi (Nigéria)

- Contexte de la ville et Niveau d'urbanisation

Nairobi est la capitale et la plus grande ville du Kenya. À l'instar d'autres villes en Afrique subsaharienne, Nairobi a connu une croissance rapide de sa population au cours des dernières années. Selon le recensement de 2009, la population de Nairobi était estimée à 3 138 369 personnes. (Nairobi City County, 2019) Cette population a augmenté à 5 325 000 personnes en 2022. Le taux de croissance démographique à Nairobi varie entre 4,7 % et 4,8 % par an. Ce taux de croissance dépasse la moyenne annuelle de 3,4 % enregistrée pour les villes des pays en développement et 1,8 % pour la croissance urbaine mondiale. (Baraille et Jaglin, 2022)

En outre, Nairobi est un centre économique majeur dans la région subsaharienne. Elle constitue la principale porte d'entrée vers l'Afrique de l'Est et du Centre. Elle contribue en tant que capitale à près de 60 % du PIB du Kenya. Cependant, la ville est confrontée à des défis importants qui menacent la réalisation de son plein potentiel. (Nairobi City County, 2019) Parmi ces défis, l'accès à l'énergie propre et bon marché pour tous est identifié. En effet, la société de fourniture d'électricité nationale la *Kenya Power and Lighting Company (KPLC)*, confrontée à la forte croissance démographique et à la fragmentation sociospatiale trouve des difficultés à satisfaire la demande des populations qui augmente de plus en plus. (Gomez, 2019) Ainsi, le taux d'accès à l'électricité dans la ville s'élève à 84 % en 2018 avec un niveau de service et de fiabilité du réseau en permanente amélioration. (Baraille et Jaglin, 2022) Les 16 % non électrifiés se trouvent principalement dans les établissements dits informels ou bidonvilles. La capitale Nairobi concentre 60 % des habitations informelles du Kenya (Laurent, 2020). Ces dernières sont caractérisées par des logements insalubres et des conditions sociales inadéquates, ce qui les classe parmi les plus grands bidonvilles urbains d'Afrique. Notons-en Nairobi, la fragmentation sociospatiale entraîne que les habitants dans des conditions précaires principalement à l'est de la ville côtoient les élites locales et expatriées qui se concentrent au nord-ouest et au sud-ouest de la ville avec des niveaux de consommation et d'exigence élevés. Entre ces deux extrêmes se trouve une population intermédiaire qui arrive à satisfaire ses besoins de base avec certains efforts et sacrifices. (Gomez, 2019)

Par ailleurs, le Kenya reste un exemple souvent cité en Afrique par son taux d'accès à l'électricité et son mix énergétique dominé en grande partie par des énergies renouvelables. En 2018, la capacité installée du pays représentait 2800 MW, dont 71 % d'énergies renouvelables soit 2000 MW. Ces dernières sont dominées par l'hydroélectricité et la géothermie qui représentent respectivement 830 MW et 660 MW, contre 340 MW pour l'éolien et seulement 100 MW de solaire. (Baraille et Jaglin, 2022) La transition

du pays vers une énergie propre a été grandement motivée d'une part par la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'autre part par le besoin urgent de fournir une énergie fiable et abordable à la population en croissance rapide. (Wachaya, 2022) Mais, la forte dépendance du pays vis-à-vis de la production hydroélectrique augmente sa vulnérabilité aux aléas climatiques. Cette situation amène le pays à renforcer, par diverses initiatives, la part des autres énergies renouvelables notamment le solaire dans le mix énergétique vu son potentiel solaire avec 250 jours d'ensoleillement par année (6 à 9 h d'ensoleillement/jours). (Baraille et Jaglin, 2022)

- Équipements solaires

Les équipements solaires les plus déployés dans les bidonvilles de la capitale restent les kits solaires domestiques avec paiement mobile. La capitale compte plusieurs start-ups spécialisées dans la fourniture de ces kits pour électrifier les ménages hors réseau. En dépit de ces kits solaires, on retrouve les panneaux solaires photovoltaïques sur les toitures de certains ménages urbains, mais aussi chez les établissements industriels ou commerciaux (usines, centres commerciaux, station-service et hôtels). (Baraille et Jaglin, 2022, p. 1) Ces panneaux solaires sont aussi identifiés sur les toitures des maisons dites écologiques qui se multiplient de plus en plus à Nairobi depuis le lancement de la certification Edge (Excellence in Design for Greater Efficiencies) en 2015. De nombreux autres bâtiments de la capitale à l'instar des entrepôts et des hôpitaux saisissent les panneaux solaires sur le toit pour produire une énergie propre et moins coûteuse. (Wansi, 2022)

Par ailleurs, l'installation des chauffe-eau solaires est exigée aux propriétaires des grands immeubles résidentiels et des immeubles commerciaux depuis l'adoption d'un cadre réglementaire et fiscal favorable en 2012 (Baraille et Jaglin, 2022, p. 1).

- Application de l'énergie solaire photovoltaïque

Les kits solaires domestiques commercialisés par les start-ups à Nairobi ont permis à la capitale d'augmenter son taux d'électrification pour les ménages non desservis ou mal desservis par le réseau national. Ainsi, M-Kopa, la start-up qui éclaire les bidonvilles de Nairobi enregistré en 2016, 325 000 utilisateurs au Kenya, dont la majorité se trouvait à la capitale. (ABDELKRIM, 2016) Quant à l'installation des chauffe-eau solaires exigée en 2012, ça a permis une réduction de la demande énergétique au niveau nationale permettant ainsi une amélioration des services de la société nationale d'électricité (Baraille et Jaglin, 2022, p. 1). À cela s'ajoute, l'installation de hub de recharge à l'énergie solaire pour véhicules électriques dans la capitale Kenyane. C'est un parking pour véhicules électriques avec une zone de recharge de batteries reliée à des panneaux solaires photovoltaïques de 160 kWc sur le toit. (BEYER, 2022a)

En outre, la construction des bâtiments écologiques certifiés Edge (Excellence in Design for Greater Efficiencies) qui abritent, des panneaux solaires sur leur toiture, contribuent, selon un rapport de la

Société financière internationale (SFI), à économiser au moins 5 millions de dollars sur leurs factures d'électricité au niveau national. (Wansi, 2022)

- Politique en matière d'Énergie solaire photovoltaïque

Le gouvernement du Kenya avait affirmé sa volonté de parvenir à l'accès universel à l'électricité dès 2022 grâce aux politiques ambitieuses établies à cet effet. Malgré le retard dans l'atteinte de cet objectif, le Kenya a renforcé sa volonté politique de poursuivre le développement du secteur énergétique du pays, notamment par une utilisation stratégique de solutions raccordées au réseau, hors réseau et à petite échelle. (InfracoAfrica, 2019) Ainsi, par l'entremise de son plan d'action nationale pour le changement climatique (PANCC) et la Loi nationale sur l'énergie, le Kenya a prévu de mettre hors service 300 MW de centrales thermiques et de promouvoir l'aménagement des panneaux solaires photovoltaïques. (Nairobi City County, 2020) Pour accélérer cette transition énergétique, le Kenya a mis en place un environnement facilitateur pour les acteurs du marché des énergies solaires avec la création de plusieurs initiatives spécifiques à ce secteur. Ces initiatives ont participé grandement à réduire les inégalités du secteur énergétique vis-à-vis des ménages éloignés du réseau national. Elles sont entre autres :

- La mise en place du « Kenya Bureau of standard » (KEBS) qui crée des normes pour les produits solaires ;
- La création de l'Autorité de régulation de l'énergie et du pétrole (EPRA) qui donne une certification aux entreprises et les techniciens autorisés à effectuer des installations solaires ;
- La mise en place d'une politique fiscale avantageuse pour le secteur ;
- Et la mise en place de cadre réglementaire incitatif aux acteurs du privé. (Baraille et Jaglin, 2022, p. 1)

Dans le même sens, Nairobi reste en phase avec les politiques énergétiques nationales initiées par le gouvernement kenyan. Dans son plan d'action 2020-2050, la ville de Nairobi soutient l'augmentation des énergies solaires photovoltaïques dans son bouquet énergétique pour répondre à la demande en croissance. Ceci va permettre également de réduire la dépendance aux sources actuelles d'énergie renouvelable notamment la géothermie et l'hydroélectricité. Ainsi, l'intégration du solaire pourra aider d'une part à éviter les effets néfastes du changement climatique dans la production hydroélectrique et d'autre part, à soutenir l'accès à l'énergie aux bidonvilles et aux endroits éloignés du réseau national. (Nairobi City County, 2020)

Le tableau 4.1 synthétise les trois modèles présentés ci-dessus. Ces modèles constituent la base de l'analyse FFOM. Cette analyse va permettre de faire ressortir les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces qui s'appliquent au développement de l'énergie solaire dans le mix énergétique en ASS.

Tableau 4.1 Synthèse de l'étude de cas

	Niamey (capitale du Niger)	Modèle 2 : la ville d'Ekurhuleni (en Afrique du Sud)	Nairobi (capitale Kenya)
Contexte de la ville et niveau d'urbanisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 407 635 de population</li> <li>- Faible taux d'accès à l'électricité</li> <li>- 300 jours d'ensoleillement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 858 147 de population</li> <li>- Accès modeste à l'électricité au niveau des quartiers informels</li> <li>- 245 jours d'ensoleillement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 325 000 de population</li> <li>- 84 taux d'accès à l'électricité</li> <li>- 4,7 % taux de croissance urbains</li> <li>- 250 jours d'ensoleillement</li> </ul>
Équipements solaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kits solaires individuels</li> <li>- Mini-réseau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Panneaux solaires photovoltaïques sur toit</li> <li>- Lampadaires solaires</li> <li>- Mini champs solaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kits solaires domestiques</li> <li>- Panneaux solaires sur toit maison écologique et bâtiments commerciaux ou industriels</li> <li>- Chauffe-eau solaire</li> </ul>
Application de l'énergie solaire photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usage domestique</li> <li>- Éclairage</li> <li>- Recharge téléphonique</li> <li>- Accroissement des commerces de kits solaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 25 953 ménages dans des quartiers informels déjà électrifiés</li> <li>- Éclairage public</li> <li>- Économie budgétaire sur l'énergie de 12,09 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Économie d'énergie par l'installation obligatoire des chauffe-eau solaires</li> <li>- Électrification des bidonvilles</li> <li>- Accroissement des start-ups de distribution de kits solaires</li> <li>- Économie d'au moins de 5 millions de dollars sur les factures d'électricité avec l'installation des panneaux solaires dans les maisons écologiques certifiées Edge.</li> <li>- Installation hub de recharge à l'énergie solaire pour véhicules électriques dans la capitale Kenyane</li> </ul>
Politique en matière d'énergie solaire photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Politique nationale d'ajout de 30 % d'énergie durable dans le mix énergétique.</li> <li>- Hybridation réseau national-énergie renouvelable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Politique municipale qui vise à inclure des sources d'énergie renouvelables et plus propres avec un objectif de 10 % d'ici 2020 et de 30 % d'ici 2030</li> <li>- Réduire la consommation d'énergie à base de combustibles fossiles de 25 % d'ici 2030</li> <li>- Utiliser 10 % du toit de tous les bâtiments soient 950 000 kWc de capacité installée pour les panneaux solaires</li> <li>- La municipalité a conclu un contrat avec 30 IPPs pour développer 300 MW de capacité solaire photovoltaïque pour son approvisionnement</li> <li>- L'installation de chauffe-eau solaire et de toits solaires dans 10 des 20 centres de service à la clientèle de la ville.</li> <li>- Achat d'électricité auprès des IPPs et des particuliers pour favoriser l'économie d'échelle et booster le secteur privé local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Politique nationale visant l'accès universel à l'électricité 2030</li> <li>- Plan d'action nationale pour le changement climatique (PANCC) et la Loi nationale sur l'énergie qui visent à substituer 300 MW d'énergie thermique en PV solaire</li> <li>- Kenya a mis en place un environnement facilitateur pour les acteurs du marché des énergies solaires avec la création de plusieurs initiatives spécifiques à ce secteur</li> <li>- Plan d'action 2020-2050 de la capitale Nairobi</li> </ul>

#### **4.4 Analyse FFOM**

Cette section présente l'analyse FFOM appliquée à l'étude de cas. Les quatre éléments à savoir les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces identifiées des modèles vont être présentés dans cette section. Le tableau 4.1 présente la synthèse de ces quatre éléments de l'analyse FFOM.

##### **4.4.1 Les forces du modèle de développement de l'énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi**

D'abord, une des principales forces du déploiement de l'énergie solaire dans les modèles reste le potentiel d'ensoleillement annuel que disposent ces villes. Ce potentiel représente respectivement 300 jours, 245 jours et 250 jours d'ensoleillement pour les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi. Ce potentiel demeure très favorable à la production d'énergie solaire photovoltaïque. En outre, la demande énergétique grandissante avec l'étalement urbain et la croissance démographique constitue une force pour ces modèles. En effet, les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi présentent toutes des taux de croissance urbains très élevés (en moyennent 4,5 %), ce qui laisse présager une croissance de la demande énergétique et un recours massif vers des alternatives pour combler cette demande.

Une des forces identifiées également dans l'étude de cas, c'est l'intérêt grandissant que manifeste les politiques et la population sur la technologie solaire photovoltaïque. Ainsi, des politiques ambitieuses en matière d'énergie solaire photovoltaïque sont entreprises dans les trois villes présentées ci-dessus. Ces politiques sont souvent motivées par la volonté d'atteindre l'accès universel à une électricité propre et durable (ODD7). Dans le cas de Niamey, une politique nationale qui vise à ajouter 30 % d'énergie renouvelable majoritairement le solaire dans le mix énergétique du pays permet d'améliorer la fourniture électrique du réseau national. La ville D'Ekurhuleni, elle, présente une politique municipale qui ambitionne de produire 300 MW d'énergie solaire pour électrifier ses établissements informels. Quant à la capitale Nairobi, la politique nationale du Kenya vise à substituer 300 MW d'énergie thermique en énergie solaire photovoltaïque. La politique du Kenya vise également à instaurer un environnement favorable aux investisseurs privés et aux start-ups évoluant dans le secteur du solaire photovoltaïque. Cette volonté politique (nationale ou municipale) représente une force à ces modèles, car elle reste incontournable au développement de l'énergie solaire en milieu urbain.

À tout cela s'ajoute, l'existence des innombrables programmes de financement destinés à appuyer les projets de développement d'énergie solaire en Afrique. Ces programmes constituent une force au développement de l'énergie solaire et nombreuse d'entre eux sont présentés dans le chapitre III de ce présent travail.

#### **4.4.2 Les faiblesses du modèle de développement de l'énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi**

La première faiblesse identifiée dans l'étude de cas présenté ci-dessus reste l'échelle de la politique. En effet, les politiques nationales semblent peu encourageantes pour les particuliers qui installent des panneaux solaires photovoltaïques en autoconsommation pour pallier la défaillance du réseau national. Ces politiques nationales sont favorables à l'augmentation ou l'hybridation du réseau électrique nationale avec l'énergie solaire. Or, dans les villes en ASS, l'étalement urbain non contrôlé rend difficile le raccordement de toutes les zones urbaines au réseau, ainsi que la fourniture continue en électricité. Cette situation incite les consommateurs à chercher des alternatives en s'octroyant des équipements solaires photovoltaïques. Cette faiblesse liée à l'échelle politique se ressent surtout à Niamey parmi les trois études de cas. Au Niger, la politique énergétique nationale maintient les taxes sur l'importation des produits solaires photovoltaïques contrairement à d'autres pays, ce qui rend relativement chère leur acquisition. Toujours au Niger, la politique énergétique nationale ne prévoit pas un marché de rachat des surplus de production d'énergie solaire photovoltaïque. Ce dernier point constitue un frein au développement de l'énergie solaire à Niamey.

La seconde faiblesse identifiée dans l'étude de cas concerne la monopolisation du secteur énergétique en ASS par le fournisseur national. C'est le cas de Niamey et de Nairobi où les investisseurs privés (IPPs : Independent power producer) doivent vendre leur production au fournisseur national qui à son tour se charge de la distribution auprès des consommateurs. Cette situation peut constituer un frein au développement des énergies solaires en ASS, puisque des études ont démontré les difficultés de concrétiser et de pérenniser les projets de centrales raccordées aux réseaux nationaux (Huard et Fremaux, 2019 b).

La troisième faiblesse réside dans la disponibilité des ressources financières destinées au développement des énergies solaires en milieu urbain en ASS. Bien que les programmes de financement du secteur des énergies renouvelables plus particulièrement le solaire existent, un budget important doit être alloué au secteur de l'énergie pour accompagner les politiques ambitieuses en matière d'énergie renouvelable. Ainsi, en dépit d'Ekurhuleni et de Nairobi, Niamey dispose de peu de ressources financières pour soutenir le développement de l'énergie solaire ce qui explique son faible taux d'accès à l'électricité malgré les efforts consentis dans ce sens.

Par ailleurs, l'insuffisance de la planification du secteur énergétique dans les politiques de développement constitue un frein au déploiement du solaire en périmètre urbain subsaharien. Dans toutes les trois villes présentées dans l'étude de cas, l'augmentation de la capacité du réseau grâce aux énergies renouvelables est envisagée. Cependant, aucune d'entre elles n'a entrepris des démarches pour recenser les besoins énergétiques dans le moyen et le long terme, bien qu'elles soient conscientes de la croissance rapide de la population urbaine. C'est le cas à Niamey par exemple, où les branchements se

multiplient sans que les capacités de production puissent suivre (Niandou, 2020). Cela est la résultante d'une absence de gestion prévisionnelle dans le secteur énergétique rendant ainsi inefficaces les efforts de renforcement du réseau par l'énergie solaire.

À cette liste des faiblesses identifiées dans les modèles présentés dans l'étude de cas, s'ajoute la dépendance à l'importation des produits solaires photovoltaïques. L'absence de marché local de production des équipements solaires et le manque d'expertise pour la fabrication et l'entretien des produits solaires photovoltaïques peuvent constituer un frein au développement de l'énergie solaire. En effet, seules des usines d'assemblage et de recyclage des panneaux solaires existent à ce jour dans les pays des modèles présentés dans l'étude de cas. Ceci est une faiblesse, car la dépendance à l'importation augmente les prix d'acquisition de la technologie surtout auprès des ménages.

#### **4.4.3 Les opportunités du modèle de développement de l'énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi**

La démocratisation du secteur énergétique, la décentralisation des politiques énergétiques nationales au niveau municipal (locale) et la mise en place d'un environnement favorable pour le secteur privé constituent des opportunités au développement de l'énergie solaire en milieu urbain en ASS. En effet, ces facteurs externes favorisent l'investissement privé. Pour bien le constater, la ville d'Ekurhuleni en Afrique du Sud grâce à sa politique municipale énergétique favorable au secteur privé, a réussi à convier 30 IPPs (Independent power producer) pour électrifier ces établissements informels en parallèle avec le réseau national. La ville souhaite aussi par cette démarche assurer une partie de l'approvisionnement des ménages raccordés dans le but de réduire ses dépenses énergétiques.

En outre, l'avance technologique dans le marché des énergies solaires, le développement de l'expertise locale en fabrication et réparation des équipements solaires et la diminution du coût des équipements solaires photovoltaïques constituent des opportunités pour le développement du secteur. En effet, en février 2023, une entreprise chinoise du nom de JinkoSolar a lancé un nouveau modèle de panneau solaire au Kenya (Nairobi). La particularité de ce modèle réside dans le fait qu'il produit plus de 3 % d'énergie de plus que les panneaux solaires conventionnels (xinhuanet, 2023). Ce modèle constitue une avancée technologique qui va permettre d'accroître davantage la capacité de production solaire. Soulignons que de plus en plus de pays africains, notamment le Burkina Faso, se lancent dans la fabrication de panneaux solaires photovoltaïques. Le Kenya a lancé un appel d'offres pour en créer une afin de répondre à la demande de plus en plus croissante. La création de ces usines va permettre à l'expertise locale de se perfectionner pour assurer la production et satisfaire la demande.

Par ailleurs, la création d'un marché permettant le rachat du surplus de production d'énergie solaire des particuliers par les entreprises de distribution nationale, constitue une opportunité pour le développement du secteur en milieu urbain. Ce marché, va encourager les ménages qui souhaitent devenir autonomes en énergie à se lancer dans la production d'énergie solaire vu qu'ils auront la

possibilité de percevoir des revenus liés à leur production. La ville d'Ekurhuleni par exemple, prévoit installer ce système dans sa politique énergétique municipale pour consolider sa transition énergétique.

L'engagement des pays africains dans l'adaptation au changement climatique et la transition énergétique leur permet d'accéder aux nombreux financements disponibles à cet effet. Ainsi, une opportunité se dessine aux villes qui souhaitent embarquer dans la transition énergétique avec le développement de l'énergie solaire dans leur mix énergétique. De plus, la participation des villes dans des mouvements tels que « Smart city », « Fab city » représente une occasion d'aller chercher plus de financement pour appuyer leur politique énergétique. C'est le cas de la ville Ekurhuleni, qui est membre depuis 2015 du mouvement « Fab city » qui vise à explorer des moyens innovants de créer la ville du futur. Également, Nairobi et Ekurhuleni sont membres du mouvement « C40 CITIES » qui demeure un réseau regroupant près de 100 maires des principales villes du monde unis pour faire face à la crise climatique. Un des objectifs de ce mouvement est de faciliter l'accès au financement pour investir dans des projets qui améliorent la résilience des villes comme le développement de l'énergie solaire (C40 Cities, s. d.).

#### **4.4.4 Les menaces du modèle de développement de l'énergie solaire dans les villes de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi**

Au niveau des menaces, l'instabilité politique et le terrorisme en ASS peuvent ralentir les projets de développement de l'énergie solaire. En effet, beaucoup de pays en ASS, à l'instar du Mali, du Burkina Faso et de la Guinée, pour ne citer que ces derniers, subissent des coups d'État militaire qui enfonce le pays dans une instabilité sans précédent. D'autres, comme le Niger, demeurent sur la menace des attaques terroristes. Ainsi, cette situation empêche les politiques et les projets de développement d'énergie solaire de se concrétiser. En outre, une autre menace serait l'éventuelle concurrence perçue par le pouvoir public, entre les fournisseurs nationaux d'électricité et les producteurs indépendants (secteur privé) à l'aube de la démocratisation du secteur. En effet, dans un souci de souveraineté énergétique, les décideurs pourraient s'opposer à cette démocratisation limitant ainsi les activités des producteurs indépendants. Ceci qui peut constituer un frein au développement du secteur.

Par ailleurs, les panneaux solaires photovoltaïques produits à l'échelle locale peuvent constituer une menace au développement de l'énergie solaire en milieu urbain si leur qualité n'est pas garantie. S'ils présentent une faible durabilité et une performance réduite, les consommateurs vont se tourner vers ceux issus de l'importation. Or, avec des imprévus comme la pandémie Covid-19, les importations des panneaux solaires photovoltaïques étaient mises à l'arrêt, donc une menace au développement du secteur.

À la lumière de cette analyse, les forces, faiblesses, opportunités et menaces identifiées dans l'étude de cas de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi sont synthétisées dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2 Tableau synthèse de l'analyse FFOM

<p><b>Forces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demande énergétique grandissante avec l'étalement urbain et la croissance démographique</li> <li>• Intérêt grandissant pour les produits solaires du côté de l'état comme des consommateurs</li> <li>• Potentiel solaire disponible avec un rayonnement adéquat</li> <li>• Politiques énergétiques ambitieuses au niveau national ou locales pour intégrer les énergies renouvelables notamment le solaire dans le mix énergétique</li> <li>• Financement disponible avec les programmes qui appuient le développement des énergies renouvelables</li> <li>• Volonté d'accès universel à l'électricité (ODD 7)</li> <li>• Présence de main-d'œuvre</li> </ul>	<p><b>Faiblesses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Échelle de la politique énergétique : nationale ou municipale</li> <li>• Politiques peu encourageant pour l'acquisition des équipements solaires</li> <li>• Disponibilité des ressources financières</li> <li>• Monopolisation du marché énergétique par le fournisseur national</li> <li>• Manque de plan de développement urbain</li> <li>• Dépendance à l'importation des produits solaires, absence de marché local de production des équipements solaires, manque d'expertise pour la fabrication et l'entretien des produits solaires</li> <li>• Difficulté de réussir les projets de centrales raccordées aux réseaux nationaux</li> </ul>
<p><b>Opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démocratisation du secteur énergétique</li> <li>• Décentralisation des politiques énergétiques nationales au niveau municipal (locale)</li> <li>• Accroissement des financements internationaux dans le secteur de l'énergie</li> <li>• Mise en place d'un environnement favorable pour les investisseurs privés</li> <li>• Avancés technologiques dans le marché des énergies solaires</li> <li>• Développement de l'expertise locale en fabrication et réparation des équipements solaires</li> <li>• Diminution du coût des équipements solaires photovoltaïques</li> <li>• Développer le système de tarifs de rachat du surplus de production d'énergie solaire</li> <li>• Engagement dans les accords internationaux en lien avec la lutte contre les changements climatiques et la transition énergétique</li> <li>• Participation aux mouvements des villes « smart », écologique, future, autonome, etc.</li> </ul>	<p><b>Menaces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concurrence entre le fournisseur national d'énergie et les investisseurs privés (IPPs)</li> <li>• Qualité de la technologie locale (les panneaux fabriqués à l'échelle nationale)</li> <li>• Instabilité politique du pays</li> <li>• Concurrence avec les autres énergies renouvelables</li> <li>• Fermeture des frontières qui va affecter l'importation des produits solaires photovoltaïques (Ex. : Covid-19)</li> <li>• Non-respect des promesses de financement (Accord de Paris) pour la transition énergétique</li> </ul>

#### 4.5 Constats

Les forces et les faiblesses de l'analyse FFOM appliquée à l'étude de cas des modèles de Niamey, Ekurhuleni et Nairobi ont montré que le développement de l'énergie solaire peut répondre au défi énergétique de l'urbanisation en ASS. Il en ressort qu'il importe le niveau de développement du pays en ASS, si le potentiel solaire et la volonté politique existent, les villes peuvent augmenter leur taux d'accès à l'énergie et améliorer la fourniture grâce à l'énergie solaire. Pour ce faire, elles pourraient s'y prendre de différentes façons, mais l'analyse FFOM appliquée aux trois modèles permet de constater que, le développement de l'énergie solaire dans les villes en ASS semble plus efficace dans les modèles où les villes travaillent en partenariat avec les investisseurs privés comme les IPPs (Independent Power Producer). Ces derniers déploient des minicentrales (champs solaires) d'au moins 5 MW capables d'alimenter des agglomérations de 30 000 à 300 000 habitants (voir chapitre 3), contrairement aux kits solaires individuels qui n'assurent que les besoins électriques de base du fait de leur faible capacité de production (KW). Ce constat peut se confirmer au regard de la ville d'Ekurhuleni qui a réussi à électrifier une bonne partie des ménages issus de ses bidonvilles grâce au partenariat avec 30 IPPs. Quant au modèle de la ville de Niamey, les kits solaires qui sont majoritairement déployés n'assurent que l'éclairage nocturne et l'accès à quelques services notamment la télécommunication et la recharge téléphonique.

Par ailleurs, les opportunités et menaces seront utilisées dans le chapitre v pour la formulation des pistes de recommandations afin de contourner les obstacles et de profiter des opportunités qui s'offrent au développement de l'énergie solaire dans d'autres villes en ASS.

## **Chapitre 5 : Recommandations**

Ce dernier chapitre, préconise des avenues d'amélioration et des leviers à exploiter pour le développement de l'énergie solaire en milieu urbain afin de répondre au défi énergétique de l'urbanisation en ASS. Les recommandations proposées se basent sur l'analyse FFOM plus particulièrement les opportunités et les menaces identifiées ainsi que les informations issues de la recherche bibliographique. Ces recommandations sont formulées, en grande majorité, à l'intention des pouvoirs publics (gouvernement, politiques) puisqu'ils semblent être les acteurs les plus importants pour le développement du secteur. Des recommandations sont également formulées à l'intention des bailleurs qui financent les projets de développement de l'énergie solaire en Afrique subsaharienne ainsi que les consommateurs qui représentent la catégorie de parties prenantes directement touchée par ces projets.

### **5.1 Recommandation à l'intention des pouvoirs publics (Structure étatique)**

Renforcer les politiques énergétiques nationales et municipales pour favoriser le développement de l'énergie solaire en milieu urbain. Ce renforcement passe tout d'abord, par la mise en place d'un cadre réglementaire pour démocratiser le secteur afin de permettre au privé de se créer une place. Cette démocratisation consiste à permettre aux investisseurs privés de produire de l'énergie solaire qu'ils vont directement acheminer à la société nationale d'électricité ou auprès des ménages.

Premièrement, la société nationale d'électricité demeure dans la plupart des pays en ASS autonome dans la production, le transport et la commercialisation de l'électricité sur le territoire national. Or, cette autonomie ne constitue pas un synonyme de satisfaction de la demande surtout dans les zones périurbaines qui sont pour la plupart éloignées du réseau. Donc, ce modèle énergétique qui vise à démocratiser le secteur peut s'opérer, en conservant partiellement l'autonomie de la société nationale tout en donnant la possibilité aux privés de produire de l'énergie solaire photovoltaïque. Cette énergie produite par le privé pourrait être transportée et commercialisée par le fournisseur national. La pertinence de ce modèle énergétique découle des premières centrales photovoltaïques apparues sur le continent africain : « Senegy 2, au Sénégal, revendait à la société d'électricité nationale le kilowattheure (kWh) au moment de son raccordement en octobre 2016 » (Niandou, 2020). Un autre exemple, l'Afrique du Sud, où le plan énergétique national (IRP : Integrated Resource Plan) a intégré depuis 2019 une démocratisation partielle du réseau géré par ESKOM (fournisseur national d'électricité). Dans ce plan, il est reconnu pour la première fois le rôle crucial que les producteurs privés décentralisés de puissance modeste peuvent jouer dans la « transition énergétique juste » du pays. Ces producteurs, dont le nombre reste croissant en Afrique du Sud, ont développé un modèle d'affaires tourné vers l'autoconsommation ou mêlant consommation et revente à l'opérateur de réseau ESKOM ou une municipalité (Dubresson, 2022). Ce modèle d'affaires a été accompagné par la mise en place d'un cadre réglementaire adapté, permettant aux investisseurs privés d'obtenir de gros contrats de production d'énergie solaire sur une longue période (30 ans) avec comme conditions d'acheminer l'électricité produite sur le réseau

d'ESKOM (Forbes Afrique, 2022). Ainsi, la démocratisation du secteur énergétique permet non seulement d'accroître les capacités énergétiques du fournisseur national, comme en Afrique du Sud, mais aussi contribue à la promotion de l'énergie solaire sur l'ensemble du territoire national.

Deuxièmement, la démocratisation du secteur énergétique permettra aux producteurs privés d'alimenter les zones isolées telles que les espaces périurbains ou les bidonvilles où le réseau national fait défaut. Cette alimentation va se reposer sur la production décentralisée à travers l'installation des mini-réseaux électriques. À l'inverse des grands réseaux, les mini-réseaux sont faciles pour être gérés de façon locale avec un système de gouvernance alliant autorités (nationales ou locales), les producteurs privés et la communauté. De plus, force est de constater que produire de l'électricité qui sera conduite sur des centaines de kilomètres du lieu de production pour alimenter une centaine voire une dizaine de ménages est « une démarche peu efficiente et loin d'être rentable, car, au-delà du coût de raccordement, les pertes liées au transport sur les réseaux électriques peuvent avoisiner 20 % » (Niandou, 2020). Cette situation rend nécessaire le développement d'une production de proximité et décentralisée particulièrement sous forme de mini-réseaux (mini-grid). Autrement dit, les producteurs privés à travers les mini-réseaux vont créer une gestion de proximité propice à la fourniture énergétique au bénéfice d'une localité donnée. Bien que ces mini-réseaux soient plus déployés en zones rurales, le succès de leur exploitation pourrait inspirer à les transporter dans les zones périurbaines ou les bidonvilles. La banque mondiale estime que : « plus de 380 millions d'Africains pourraient avoir accès à l'électricité grâce aux mini-réseaux solaires d'ici 2030. Selon l'institution, ces installations ont la capacité de fournir une électricité renouvelable ininterrompue de haute qualité aux villages et communautés mal desservis » (Banque mondiale, 2023). À titre d'exemple, le secrétaire du ministère de l'Énergie du Kenya déclare dans le rapport de la Banque mondiale 2023 :

*« Le Kenya a déployé des mini-réseaux pour desservir les communautés qui ne sont pas connectées au réseau principal ; actuellement, nous avons environ 62 mini-réseaux qui sont pleinement opérationnels et 28 qui sont en construction. Nous espérons déployer davantage de mini-réseaux pour combler le déficit d'accès à l'énergie et assurer l'accès universel à l'électricité d'ici 2030. » (Banque mondiale, 2023)*

Cette démocratisation du marché de l'énergie pourrait être accompagnée par l'installation d'un système de tarif de rachat garanti (TRG) pour encourager les producteurs privés à venir investir sur le marché de l'énergie solaire et leur assurer une sécurité dans leur investissement. En effet, à l'instar des pays développés ou des pays asiatiques qui ont déjà mis en place un système fonctionnel de tarifs de rachat garanti, la plupart des pays en Afrique subsaharienne peuvent s'inspirer de ces modèles pour accélérer les politiques de développement de l'énergie solaire photovoltaïque. Le fonctionnement de ce système reste tel qu'il garantit un prix fixe pour l'énergie solaire produite, offrant ainsi une source de revenus fiable pour les producteurs d'énergie solaire et réduisant ainsi les risques financiers associés à ces investissements (Forbes Afrique, 2023). « Un exemple concret est le Maroc, qui a introduit en 2011 un tarif d'achat garanti pour l'énergie solaire de 0,34 \$ US par kilowattheure (kWh) pour les vingt

premières années d'exploitation. Cette politique a contribué à stimuler le développement de projets solaires, tels que la centrale solaire Noor à Ouarzazate, qui est actuellement l'une des plus grandes centrales solaires du monde. » (Forbes Afrique, 2023)

Mettre en place des politiques municipales qui encouragent les partenariats entre les villes (la collectivité) et la société nationale d'électricité dans le but de saisir l'opportunité qu'offre l'énergie solaire dans les périmètres urbains en ASS.

Le pouvoir public local, à savoir les villes ou les municipalités, devrait collaborer avec le fournisseur national pour mettre en place des mini-réseaux électriques alimentés par l'énergie solaire. Ces mini-réseaux pourraient être placés dans des quartiers périphériques où le réseau électrique demeure presque inexistant. Également, les villes pourraient penser en partenariat avec les services compétents de l'État, tel que le ministère des Équipements à doter des panneaux solaires photovoltaïques destinés au mini-réseau électrique, aux services sociaux de base comme les hôpitaux, les bâtiments municipaux, les hôtels et les universités de la ville. Pour assurer une meilleure collaboration, la gestion des mini-réseaux pourra revenir sur la charge de la ville et la société de distribution pourra assurer la commercialisation vu son expérience dans le domaine. Ce dispositif qui repose sur le partenariat entre la ville et la société nationale d'électricité a pour objectifs de réduire la demande électrique sur le réseau et augmenter le taux d'accès à l'électricité. Cela aura des impacts positifs non seulement sur la fourniture électrique, mais aussi, permettra de répondre aux besoins énergétiques futurs des populations de la ville.

Développer le système de tarifs de rachat du surplus de production d'énergie solaire à petite échelle dans les politiques énergétiques, pour accélérer le déploiement de l'énergie solaire photovoltaïque en milieu urbain. Ce système de rachat constitue « un mécanisme par lequel les producteurs sont payés à un prix attractif pour chaque kilowattheure d'énergie produit ». Cette définition du modèle s'applique à tous les secteurs notamment résidentiel, commercial, et industriel, à condition que la politique en vigueur dans le pays concerné autorise la connexion au réseau électrique (Tarfaoui et al., 2018). Il faut noter que ces producteurs possèdent des installations de panneaux solaires photovoltaïques et produisent une quantité d'énergie plus qu'ils en consomment. Ainsi, mettre en place une politique qui leur permettra de revendre ce surplus de production au réseau national sera essentiel pour encourager davantage de consommateurs à se lancer dans la production d'énergie solaire photovoltaïque. Ces politiques doivent passer par la décompression réglementaire pour permettre aux consommateurs qui le désirent d'installer des panneaux solaires sur leur toit sans autorisation, de réduire les formalités administratives et de définir une structure de prix attractif. L'exemple de la Tunisie est parfait. Un programme fondé sur ce modèle a été introduit par le ministère de l'Industrie et de la Technologie (MIT) et l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie (ANME) de la Tunisie qui ont pris l'initiative de mettre en place un programme dénommé PROSOL-Elec. Le fonctionnement de ce programme se présente tel qu'il « autorise des contrats d'achat, par la Société tunisienne d'électricité et de gaz (STEG), de l'excédent d'électricité

produit à partir de panneaux solaires photovoltaïques par les producteurs résidentiels en basse tension, qui souscrivent pour 1, 2, 3 et 4 kWc » (Tarfaoui et al., 2018).

Toutes ces recommandations en lien avec le renforcement des politiques énergétiques nationales ou municipales vont prendre leur efficacité dans la planification stratégique du secteur de l'énergie afin d'anticiper l'augmentation de la demande occasionnée par le développement de nouvelles zones périurbaines et l'accroissement de la population. Une des lacunes des pays en développement, surtout en ASS, reste le manque de données statistiques actualisées permettant de suivre l'évolution de la croissance urbaine. La recommandation dans ce sens, adressée au pouvoir public, concerne la mise en place des outils de suivi comme les cartes interactives, les bases de données statistiques, des « revues énergétiques »<sup>2</sup> permettant de voir les vraies priorités et de réaliser des prévisions conséquentes. Une autre recommandation constitue (toujours adressée au pouvoir public) une fois les outils de suivi mis en place, de prévoir dans la planification stratégique du secteur énergétique, d'électrifier exclusivement les nouvelles zones périurbaines qui vont se développer dans le court, moyen et long terme par des sources d'énergie renouvelables tel que le solaire. Cela va permettre non seulement de réduire la demande électrique au réseau, mais constitue également une bonne occasion pour les pays en ASS de réaffirmer leur volonté dans l'adaptation au changement climatique et la transition énergétique.

L'ensemble de ces recommandations à l'intention des pouvoirs publics doit être mené en prenant en considération les préoccupations des autres parties prenantes du secteur. Cette démarche inclusive reste bénéfique au développement de l'énergie solaire en milieu urbain.

## **5.2 Recommandation à l'intention des Bailleurs/prêteurs**

Respecter les promesses de financement à l'endroit de la justice climatique envers les pays en développement pour accélérer leur transition énergétique. En effet, les bailleurs sont considérés dans cet essai comme les ONG, les agences de développement (l'OCDE, le PNUD...), les banques multilatérales de développement (BMD) soit Banque mondiale, Banque Africaine de Développement, les banques et agences bilatérales ainsi que les banques nationales de développement. Ils sont créés en majorité pour financer des actions en lien avec la lutte contre les changements climatiques. Ces bailleurs financent déjà des multitudes de projets en ASS. Mais, force est de constater que ces financements demeurent insuffisants pour appuyer la transition énergétique appréhendée sachant que la majorité des États en ASS ne dispose pas d'assez de ressources pour soutenir cette transition. À la COP27 tenue en novembre 2022 en Égypte, les dirigeants africains ont dénoncé dans leur grande majorité le non-respect des promesses de financement. C'est le cas du président sud-africain, qui s'est attaqué au sujet du financement à amont de la conférence. Il a rappelé par ces mots que :

---

<sup>2</sup> Revue énergétique : « la revue énergétique n'est rien d'autre que la détermination de la performance énergétique de la société à partir des données et d'autres informations conduisant à l'identification des opportunités d'amélioration. » (Niandou, 2020)

*« Mon pays avait besoin de financements beaucoup plus importants que ce qui a été mis sur la table. [...] Le montant promis en 2009, 100 milliards de dollars d'aide par an pour permettre au pays du Sud de s'adapter n'a toujours pas été atteint. » (Elboudrari, 2022)*

À ce déficit de financement s'ajoute, la lenteur des procédures bureaucratiques qui retarde le déblocage des fonds et ralentie le déroulement des projets. Ainsi, les bailleurs devraient être plus pragmatiques en débloquant les fonds rapidement pour accélérer les projets. Les recommandations formulées dans ce sens à l'intention des bailleurs seraient de dépêcher des fonds supplémentaires pour augmenter le financement du secteur des énergies renouvelables dans le but de soutenir leur déploiement en Afrique plus particulièrement en ASS. Cette augmentation pourrait être accompagnée par certaines exigences à l'encontre des bénéficiaires notamment en termes de transparence, de bonne gouvernance et d'efficacité.

Par ailleurs, les bailleurs multilatéraux comme la Banque africaine de développement (BAD), Banque européenne d'investissement (BEI), etc. devraient se mouvoir dans le financement des projets énergétiques en ASS. En effet, ces bailleurs concentrent la majorité des financements au développement économique et au progrès social dans les pays africains. Or, ce développement économique ne peut pas s'effectuer sans l'amélioration du taux d'accès à l'énergie. D'où la pertinence de revoir les priorités dans l'octroi des financements en ASS. Ces bailleurs devraient encourager le financement des grands projets d'électrification de portées régionales, nationales et locales qui intègrent les énergies renouvelables plus particulièrement le solaire. Ils pourraient, sous forme de conditions au financement, imposer aux États qui les sollicitent une augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique. Selon Niandou (2020), cette démarche permettrait non seulement d'augmenter le taux d'accès à l'énergie à travers la production décentralisée, mais aussi de réduire l'impact environnemental de la production d'énergie sachant que l'objectif premier de la plupart d'entre eux consiste à lutter contre le réchauffement climatique.

D'un autre côté, les bailleurs publics tels que l'État devraient s'actionner dans le déploiement du financement pour créer des champions nationaux sur le plan de la production d'énergies renouvelables plus particulièrement le solaire vu l'énorme potentiel solaire de leur pays. En effet, la part du budget étatique destinée aux énergies renouvelables est faible en Afrique constituant ainsi un frein à son déploiement puisque l'investissement de départ pour l'énergie solaire reste important. Ainsi, ces champions nationaux, les villes, les start-ups, les investisseurs nationaux pourraient être identifiés par l'État. Ces derniers devraient bénéficier du financement et de l'accompagnement pour concrétiser leur projet et voir leur niveau de risques réduit.

### **5.3 Recommandation à l'intention des consommateurs**

Renforcer les capacités techniques des acteurs évoluant dans le secteur des énergies solaires serait essentiel pour soutenir le développement du secteur en milieu urbain. Cette catégorie de partie prenante constituée par les associations, les citoyens, la société civile, les universitaires, les chercheurs, les

autorités (locales, régionales et nationales) peut être caractérisée d'abord, comme des acteurs intermédiaires. Au regard du rôle déterminant des universitaires et de la société civile dans le transfert de connaissance, ils devraient tout d'abord actualiser les données sur les ressources solaires disponibles et sur l'urbanisation en ASS. La disponibilité de ces données actualisées sera d'une grande utilité pour les pouvoirs publics afin de leur permettre une meilleure compréhension et planification des besoins énergétiques futurs. Ces données pourraient également servir de base pour fixer les objectifs de développement énergétique dans le court, moyen et long terme.

Par ailleurs, la société civile, les universitaires et les autorités locales devraient entreprendre des projets pilotes, à petite échelle, pour appliquer les recherches théoriques. En effet, plusieurs études et formations sont menées par ces acteurs dans le secteur de l'énergie solaire, mais ces dernières se limitent la plupart du temps à la formation spéculative. Cette situation se manifeste un manque de compétences techniques locales dans le secteur des énergies solaires. Ainsi, les autorités et les universitaires devraient songer à développer des filières de formation technique dans les institutions nationales de main-d'œuvre en collaboration avec le secteur privé. Dans le cadre de ces formations, le recours à une expertise internationale reste souhaitable pour assurer un meilleur partage de technologie. Également, l'octroi de bourse d'étude à l'étranger pour les étudiants désirant se spécialiser dans la filière des énergies solaires serait souhaitable pour renforcer l'expertise locale capitalisée dans la formation.

En outre, rappelons que les consommateurs en ASS notamment les citoyens, à l'égard de ceux des pays sous-développés, sont des acteurs dominés qui n'exercent aucune pression sur les pouvoirs publics telle que présentée dans le chapitre II. Or, ils sont d'une importance capitale puisqu'ils valident l'innovation de la technologie solaire en tant qu'usagers et participent aux études et enquêtes menées par les universitaires, les chercheurs et les ONG. En milieu urbain subsaharien, l'association des consommateurs devrait s'organiser en comité de gestion. Ce comité aura pour mission principale de gérer la maintenance des panneaux solaires photovoltaïques en partenariat avec les entreprises installatrices et les bailleurs (ONG ou État). Ceci est dans le but d'encourager les pouvoirs publics et les investisseurs à déployer l'énergie solaire pour améliorer le taux d'accès à une électricité fiable et durable. Ce système de gestion a déjà fait ses preuves notamment en milieu rural en Afrique de l'Ouest où les ménages bénéficiaires d'électrification rurale grâce aux énergies renouvelables se constituent en regroupement pour assurer la maintenance du matériel (Gbossou, 2013). De plus, le comité va faciliter la compréhension des besoins des consommateurs auprès des pouvoirs publics par exemple. Ainsi, une prise en charge des préoccupations des consommateurs comme la possibilité de revendre leur surplus d'énergie électrique produite par le solaire aux compagnies d'exploitation serait facilement portée auprès des décideurs.

Pour finir, les citoyens qui présentent un niveau de consommation énergétique dépassant la moyenne nationale, du fait de leur niveau de vie élevé, devraient songer à s'équiper de panneaux solaires

photovoltaïques sur toit pour assurer une bonne partie de leur besoin. Ces panneaux solaires pourraient éventuellement permettre d'alimenter les chauffe-eaux solaires, les systèmes de climatisation, les bornes de recharges pour voiture électrique et pleines d'autres applications qui vont réduire la demande auprès du réseau national. Ainsi, la pression sur le réseau va diminuer impliquant l'amélioration de la fourniture électrique. Notons que cette pratique s'observe de plus en plus en ASS. À Johannesburg (Afrique du Sud) par exemple, un planificateur financier a déclaré dans un article de presse qu'il aime bien se détendre dans son sauna à la maison et ne supporte pas de vivre sans électricité. Ces considérations l'ont motivé à installer des panneaux solaires sur le toit de sa maison pour ne pas être obligé à vivre les délestages qui plongent régulièrement la population dans le noir (MarketScreener, 2022).

Cette démarche est à promouvoir surtout dans les villes relativement riches en ASS, où les écarts entre les populations caractérisées de classes supérieures résidentes au centre de la ville et celles des quartiers périphériques sont contrastés.

## CONCLUSION

L'Afrique subsaharienne connaît une croissance urbaine sans précédent. Ce phénomène est alimenté par trois principaux facteurs : la croissance naturelle de la population, l'exode rural et l'extension territoriale avec l'agglomération des zones rurales. Alors que l'explosion urbaine s'accompagne d'une croissance des besoins, la majorité des services urbains devient précaire face à cette augmentation et cela surtout dans le secteur de l'énergie. Ce qui constitue en d'autres termes l'un des défis majeurs de l'urbanisation en ASS. L'objectif principal de cet essai a été d'évaluer la possibilité que le développement de l'énergie solaire dans les périmètres urbains en ASS puisse répondre à ce défi. Pour atteindre cet objectif, une recherche bibliographique et une analyse FFOM ont été menées.

La recherche bibliographique a permis dans un premier temps d'effectuer l'exposé sur la dynamique urbaine en ASS en étudiant le phénomène de l'urbanisation et son évolution dans le temps. Puis, les pressions énergétiques qui découlent de cette urbanisation en ASS sont identifiées. Et enfin, la présentation sur le mix énergétique en ASS a permis de conclure une faible exploitation du potentiel solaire et une prédominance de la biomasse énergétique et des combustibles fossiles. Dans un second temps, la recherche bibliographique a donné l'occasion de faire ressortir les enjeux du développement de l'énergie solaire en milieu urbain suivant les thématiques du développement durable. Les parties prenantes avec des rôles et préoccupations différents ont été ensuite identifiées dans le secteur des énergies solaires en ASS. Et enfin, des initiatives en cours dans ce secteur sont recensées afin de prendre connaissance des efforts qui sont mobilisés. Et pour finir, l'élaboration de l'état des lieux de l'énergie solaire en Afrique puis en ASS a été possible grâce à la recherche bibliographique. Cela a permis de comprendre que le continent africain participe modestement à la vague de déploiement des énergies renouvelables dans le monde. Cette situation se traduit par un faible taux d'accès à l'électricité et aux énergies propres. Grâce à la recherche bibliographique et à l'étude de cas de trois villes en ASS, il a été possible de bâtir une analyse FFOM sur le secteur de l'énergie solaire en milieu urbain pour répondre à l'objectif de l'essai.

L'analyse FFOM appliquée à l'étude de cas a permis d'identifier les forces et les faiblesses du développement du solaire dans les villes de Niamey (capital du Niger), d'Ekurhuleni (en Afrique du Sud) et de Nairobi (capital du Kenya). Les forces identifiées à l'analyse FFOM restent essentiellement le potentiel d'ensoleillement que disposent ces villes, l'intérêt grandissant des politiques et des populations, et l'existence d'innombrables programmes de financement pour le développement de l'énergie solaire en Afrique. Les politiques nationales énergétiques qui semblent insuffisantes, la monopolisation du secteur de l'énergie en Afrique, l'absence de planification du secteur de l'énergie dans les politiques de développement et la dépendance à l'importation des produits solaires photovoltaïques constituent les limites identifiées à l'analyse FFOM. Ces forces et limites ont donné l'occasion de constater que le déploiement du solaire en périmètre urbain subsaharien semble une solution capitale pour améliorer le service énergétique d'une part et d'autre part, pour augmenter le taux

d'accès à l'énergie. Il en ressort également, que peu importe, le niveau de développement du pays en ASS, si le potentiel solaire et la volonté politique existent, les villes peuvent augmenter leur taux d'accès à l'énergie et améliorer la fourniture grâce à l'énergie solaire.

Par ailleurs, les opportunités et menaces ont été utilisées dans le chapitre v pour la formulation des pistes de recommandations afin de contourner les obstacles et de profiter des opportunités qui s'offrent au développement de l'énergie solaire dans d'autres villes en ASS. Les recommandations sont formulées à l'intention des parties prenantes suivant leur pouvoir d'influence. Ainsi, la grande majorité a été formulée à l'intention du pouvoir public qui semble la partie prenante qui possède plus d'influence dans le développement de l'énergie solaire en milieu urbain en ASS. Puis, les autres recommandations sont formulées à l'intention des bailleurs (prêteurs) qui constituent un maillon important pour le financement des projets de développement d'énergie solaire en ASS. Et pour finir, les dernières recommandations sont formulées à l'intention des consommateurs qui demeurent la catégorie de parties prenantes qui n'exercent aucune influence sur les autres même s'ils jouent un rôle important dans la formation et l'adoption des innovations de la technologie solaire photovoltaïque.

La rédaction de cet essai s'est basée uniquement sur une collecte de données secondaires, ce qui a constitué une contrainte à ce présent travail dans la mesure où les multiples sources qui ont été consultées font souvent état d'une légère incohérence entre elles en matière de données statistiques. En outre, la portée géographique a constitué une contrainte à la collecte des informations nécessaires à l'étude. En effet, vu que le sujet se concentre sur le milieu urbain en Afrique subsaharienne, la recherche de l'information requise nécessitait plus de précisions. Et enfin, il y'a plusieurs études faites en Afrique concernant les énergies solaires, mais peu d'entre elles se concentrent sur le milieu urbain en particulier.

Somme toute, au regard des défis énergétiques qui accompagnent particulièrement l'urbanisation des villes en ASS, l'énergie solaire représente une solution durable qui semble particulièrement adaptée au contexte des pays africains. Son fonctionnement reste simple. Le solaire photovoltaïque permet une rapidité de construction et une facilité de maintenance dans tous les environnements même ceux qui sont isolés (les zones éloignées du réseau et les bidonvilles). Ainsi, il permet d'autonomiser les consommateurs et la pression de la demande sur le réseau centralisé. Si les répercussions de cette autonomisation, tant sur le taux d'accès à l'électricité que sur l'amélioration de la fourniture des réseaux centralisés de la région subsaharienne demeurent difficiles à évaluer, elle offre des pistes de recherches pour éventuellement élaborer des politiques futures afin de continuer à œuvrer au bon développement des systèmes électriques d'Afrique.

## RÉFÉRENCES

- Abdelkrim, s. (2016). *M-kopa, la start-up qui éclaire les bidonvilles de Nairobi*. Les échos exécutifs. <https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/idees-de-business/m-kopa-la-start-up-qui-eclaire-les-bidonvilles-de-nairobi-302784.php#xtor=ad-6000>
- Abubakar Mas'ud, a., Wirba, a. V., Muhammad-Sukki, f., Albarracín, r., Abu-Bakar, s. H., munir, a. B. Et Bani, n. A. (2016). A review on the recent progress made on solar photovoltaic in selected countries of sub-Saharan Africa. *Renewable and sustainable energy reviews*, 62, 441-452. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.055>
- Adjmagbo, a. Et Attané, a. (2019). Les défis de l'explosion urbaine subsaharienne | Ird le Mag'. <https://lemag.ird.fr/fr/les-defis-de-lexplosion-urbaine-subsaharienne>
- Africapolis. (s. d.). Au-delà des grandes villes. <https://africapolis.org/en/about/beyond-large-cities>
- AFSIA. (2023). Annual solar outlook 2023.
- Agergaard, j., Kirkegaard, s. Et Birch-Thomsen, t. (2021). Between village and town: small-town urbanism in sub-Saharan Africa. *Sustainability*, 13(3), 1417. <https://doi.org/10.3390/su13031417>
- Amare, m., Abay, k. A., Arndt, c. Et Shiferaw, B. (2021). Youth migration decisions in sub-Saharan Africa: satellite-based empirical evidence from Nigeria. *Population and development review*, 47(1), 151-179. <https://doi.org/10.1111/padr.12383>
- ANPER, a. N. D. P. D. L. E. M. R. (2016). *Projet d'électrification rurale par systèmes solaires photovoltaïques de 250 localités au Niger*.
- Avila, n., Carvallo, j. P., Shaw, b. et Kammen, d. M. (2017). Le défi énergétique en Afrique subsaharienne : guide pour les défenseurs et les décideurs. Première partie : produire l'énergie pour un développement durable et équitable.
- Banque mondiale. (2018). *Un marché régional de l'énergie en Afrique de l'Ouest : pour une électricité abordable et fiable* [text/html]. World bank. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2018/04/20/regional-power-trade-west-africa-offers-promise-affordable-reliable-electricity>
- Banque mondiale. (2020). *World bank open data : accès à l'électricité, zones urbaines (% de la population urbaine) - sub-saharien africa*. World bank open data. <https://data.worldbank.org>
- Banque mondiale. (2021). *Population urbaine (% du total) - subsaharien Africain | data*. <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/sp.urb.totl.in.zs?locations=zg>
- Banque Mondiale. (2023). *Solar mini grids could sustainably power 380 million people in africa by 2030 – if action is taken now* [text/html]. World bank. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/02/26/solar-mini-grids-could-sustainably-power-380-million-people-in-afe-africa-by-2030-if-action-is-taken-now>
- Banque mondiale. (2022 b). *La banque mondiale approuve un financement de 311 millions de dollars pour accroître la capacité d'énergie renouvelable connectée au réseau en Afrique de l'ouest* [text/html]. World bank. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2022/12/20/world-bank-approves-311-million-to-increase-grid-connected-renewable-energy-capacity-in-west-africa>

- Baraille, t. Et Jaglin, s. (2022). L'artisanat de la réparation solaire à Nairobi (Kenya) : sur les apories d'une politique électrique « soutenable ». *Territoire en mouvement revue de géographie et aménagement. Territory in movement journal of geography and planning*, (55).  
<https://doi.org/10.4000/tem.9139>
- Bdc, Banque de développement du Canada (2020). *Analyse ffom : un outil convivial pour la planification stratégique*. Bdc.ca. <https://www.bdc.ca/fr/articles-outils/strategie-affaires-planification/definir-strategie/analyse-ffom-outil-simple-utiliser-planification-strategique>
- Berahab, r. (2019). Energies renouvelables en Afrique : enjeux, défis et opportunités, africaportal. *Wathi*. <https://www.wathi.org/energies-renouvelables-en-afrique-enjeux-defis-et-opportunités-africaportal/>
- Berahab, r. (2021). Energies renouvelables en Afrique : enjeux, défis et opportunités.
- Beyer, m. (2022a). *À Nairobi, Ekorent développe un hub de recharge à l'énergie solaire pour véhicules électriques*. Solarparts. <https://isolarparts.com/fr/blogs/nwes2/a-nairobi-ekorent-developpe-un-hub-de-recharge-a-l-energie-solaire-pour-vehicules-electriques>
- Beyer, m. (2022b). *L'agence internationale de l'énergie fait le point sur le développement énergétique en Afrique*. PV magazine France. [https://www.pv-magazine.fr/2022/07/15/lagence-internationale-de-lenergie-fait-le-point-sur-le-developpement-energetique-en-afrique/?relatedposts\\_hit=1&relatedposts\\_origin=63071&relatedposts\\_position=0](https://www.pv-magazine.fr/2022/07/15/lagence-internationale-de-lenergie-fait-le-point-sur-le-developpement-energetique-en-afrique/?relatedposts_hit=1&relatedposts_origin=63071&relatedposts_position=0)
- C40 cities. (s. D.). *About c40*. <https://www.c40.org/about-c40/>
- CNUCED, Nations Unies (2023). *L'amélioration de l'accès à l'énergie est essentielle pour atteindre les objectifs de développement en Afrique | CNUCED*.  
<https://unctad.org/fr/news/lamelioration-de-laces-lenergie-est-essentielle-pour-atteindre-les-objectifs-de-developpement>
- Commodafrica. (2023). *Chronique énergies renouvelables en Afrique de l'Ouest au 21 mars 2023*. Commodafrica. <https://www.commodafrica.com/22-03-2023-chronique-energies-renouvelables-en-afrique-de-louest-au-21-mars-2023>
- Dubresson, a. (2022). Note sur le secteur électrique en Afrique du sud en 2022 à propos d'une "transition juste".
- Ecofin, a. (2022). *L'Afrique possède le plus grand potentiel solaire au monde selon la banque mondiale*. Agence ecofin. <https://www.agenceecofin.com/solaire/2609-101488-l-afrique-possede-le-plus-grand-potentiel-solaire-au-monde-selon-la-banque-mondiale>
- Elboudrari, m. (2022). *Cop27 : financements, énergie, adaptations, quels sont les enjeux pour l'Afrique ? | tv5monde - informations*. <https://information.tv5monde.com/afrique/cop27-financements-energie-adaptations-quels-sont-les-enjeux-pour-lafrique-1420970>
- Forbes Afrique. (2022). Eskom s'allie avec des opérateurs privés pour accélérer sa transition énergétique. *Forbes Afrique*. <https://forbesafrique.com/eskom-sallie-avec-des-operateurs-privés-pour-acceler-sa-transition-energetique/>
- Forbes Afrique. (2023). Investir dans l'avenir : les politiques et réglementations qui propulsent les énergies renouvelables en Afrique. *Forbes Afrique*. <https://forbesafrique.com/investir-dans-lavenir-les-politiques-et-reglementations-qui-propulsent-les-energies-renouvelables-en-afrique/>

- Gbossou, C. (2013). Mise en place d'un pôle intégré d'excellence pour les énergies renouvelables. Cas de l'énergie solaire en Afrique de l'Ouest [Ecole nationale Supérieure des Mines de saint Etienne]. <https://theses.hal.science/tel-00904378/>
- Gomez, c. D. (2019). L'accès pérenne à l'électricité à Nairobi : diversité d'expériences et tensions sur le réseau. Dans c. Beslay et m. -c. Zélem (dir.), *sociologie de l'énergie : gouvernance et pratiques sociales* (p. 73-81). Cnrs éditions. <https://doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.25839>
- Huard, a. Et fremaux, B. (2019 b). *Énergie solaire en Afrique : un avenir rayonnant ?*  
<https://www.institutmontaigne.org/ressources/pdfs/publications/energie-solaire-en-afrique-un-avenir-rayonnant-note.pdf>
- Infracoafrika. (2019). *Promouvoir le potentiel solaire du Kenya – infraco africa*.  
<https://infracoafrika.com/fr/promouvoir-le-potentiel-solaire-du-kenya/>
- Institut Choiseul, banque mondiale et Engie. (s. D.). Afrique les acteurs clés de l'énergie.
- International energy agency. (2022). *Africa energy outlook 2022*.
- IRENA. (2023a). Renewable capacity highlights. [https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Highlights\\_2023.pdf?rev=a4a69a28b3a444f1b4ff02f6a6664bb4](https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Mar/IRENA_RE_Capacity_Highlights_2023.pdf?rev=a4a69a28b3a444f1b4ff02f6a6664bb4)
- IRENA. (2023b). IRENA RE Trends by Region. Tableau Public.  
<https://public.tableau.com/app/profile/irena.resource/viz/IRENARETrendsbyRegion/Trends>
- IRENA. (2023 c). Irena re time series. Tableau software.  
<https://public.tableau.com/views/irenaretimeseries/charts?%3aembed=y&%3ashowvizhome=no&publish=yes&%3atoolbar=no>
- IRENA. (2023d). Renewable capacity statistics 2023.  
<https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>
- IRENA. (2023e). Global Landscape of renewable energy finance 2023. [https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA\\_CPI\\_Global\\_RE\\_finance\\_2023\\_Executive\\_Summary.pdf?rev=0da63c66358a4a21a427c9943aa1a966](https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA_CPI_Global_RE_finance_2023_Executive_Summary.pdf?rev=0da63c66358a4a21a427c9943aa1a966)
- IRENA. (2023f). Scénarios pour la transition énergétique : expérience et bonnes pratiques en Afrique.
- Laurent, m. (2020, 12 juin). À Nairobi, les bidonvilles rénovés en concertations avec les habitants. *La croix*. <https://www.la-croix.com/monde/afrique/a-nairobi-bidonvilles-renoves-concertations-habitants-2020-06-12-1201099408>
- Le Picard, h. (2020). L'énergie solaire en Afrique subsaharienne après le covid-19.
- Le Picard, h. Et Toulement, m. (2022). Le solaire décentralisé à l'assaut des villes africaines une analyse originale d'imagerie satellite et de deep learning. *Briefings de l'Ifri*.
- Magne, n. (2022). *Le potentiel de l'énergie solaire en Afrique – dw – 12/10/2022*. Dw.com.  
<https://www.dw.com/fr/%c3%a9nergie-solaire-potentiel-afrique/a-63418733>
- MarketScreener. (2022, 15 août). La « révolution silencieuse » de l'Afrique du Sud alors que ceux qui ont de l'argent passent au solaire - Actualités boursières | MarketScreener.  
<https://www.marketscreener.com/news/latest/South-Africa-s-silent-revolution-as-those-with-cash-go-solar--41314963/>

- Michel, s. Et Vessat, a. (2022). « Tarification de l'électricité dans un contexte de transition énergétique en Afrique subsaharienne » in : Gérardin h., Damette o. & Brot j (dir) transitions énergétiques et développement, Louvain-la-Neuve, eme editions : 133-154, 133. <https://hal.umontpellier.fr/hal-03663659>
- Moya, r. G.-j. (2022). *La croissance économique urbaine en Afrique : analyse de l'urbain africain et ses implications*. Atalayar. <https://atalayar.com/fr/content/la-croissance-%c3%a9conomique-urbaine-en-afrique-analyse-de-lurbain-africain-et-ses-implications>
- Nairobi city county. (2019). *County annual development plan (cadp) 2019/2020*.
- Nairobi city county. (2020). *Climate action plan 2020-2050*. File:///c:/users/tabara%20fall/downloads/nairobi%20climate%20action%20plan%202020%20-%202050.pdf
- Niandou, a. A. (2020). *Urbanisation et précarité de l'énergie électrique à Niamey, Niger* [phdthesis, université Toulouse le Mirail - Toulouse ii ; université Abdou Moumouni]. <https://theses.hal.science/tel-03450190>
- OCDE, UNCEA et BAD. (2022) *Dynamiques de l'urbanisation en Afrique 2022 - le rayonnement économique des villes africaines* [text]. Banque africaine de développement - bâtir aujourd'hui, une meilleure Afrique demain. African development bank group. <https://www.afdb.org/fr/documents/dynamiques-de-lurbanisation-en-afrique-2022-le-rayonnement-economique-des-villes-africaines>
- OCDE/CSAO. (2020). *Dynamiques de l'urbanisation africaine 2020 | read online*. [Oecd-ilibrary.org. https://read.oecd-ilibrary.org/development/dynamiques-de-l-urbanisation-africaine-2020\\_481c7f49-fr](https://read.oecd-ilibrary.org/development/dynamiques-de-l-urbanisation-africaine-2020_481c7f49-fr)
- Okwatch, d. (2022, 3 novembre). *L'énergie : la position de l'Afrique à la cdp27*. Afrique renouveau. <https://www.un.org/africarenewal/fr/magazine/novembre-2022/l%c3%a9nergie-la-position-de-lafrique-%c3%a0-la-cdp27>
- Ongo Nkoa, B. E. Et Younda, d. U. (2022). L'urbanisation accroît-elle l'assiette fiscale locale dans un contexte de décentralisation en Afrique subsaharienne ? *Région et développement*.
- Phillips, I. Et Smith, p. (s. D.). *L'énergie durable urbaine, l'énergie de demain | nations unies*. United Nations. United Nations. <https://www.un.org/fr/chronicle/article/lenergie-durable-urbaine-lenergie-de-demain>
- Picard, h. L. (2022). Le solaire décentralisé à l'assaut des villes africaines. Une analyse originale d'imagerie satellite et de Deep Learning.
- Pourtier, r. (2017). *Dynamiques urbaines africaines. Entre peurs et espoirs | festival de géopolitique de Grenoble*. <https://www.festivalgeopolitique.com/roland-pourtier-dynamiques-urbaines-africaines-entre-peurs-et-espoirs>
- Raedani, h. (2022). *Ekurhuleni Ipp power procurement programme*. <https://www.cityenergy.org.za/ekurhuleni-ipp-power-procurement-programme/>
- Rantrua, s. (2021, 16 mai). *Villes d'Afrique : le défi de l'électricité propre*. Le point. [https://www.lepoint.fr/afrique/villes-d-afrique-le-defi-de-l-electricite-propre-16-05-2021-2426619\\_3826.php](https://www.lepoint.fr/afrique/villes-d-afrique-le-defi-de-l-electricite-propre-16-05-2021-2426619_3826.php)
- Schilimmer, s. (2022). Gouverner les villes africaines panorama des enjeux et perspectives. *Études de l'Ifri*.

- Seck, g. S., hache, e. Et martin, r. (2019). *Afrique subsaharienne : le long chemin vers l'électrification*. [https://www.lepoint.fr/economie/afrique-subsaharienne-le-long-chemin-vers-l-electrification-15-01-2019-2285979\\_28.php#11](https://www.lepoint.fr/economie/afrique-subsaharienne-le-long-chemin-vers-l-electrification-15-01-2019-2285979_28.php#11)
- Spaes, j. (2019). L'énergie en Afrique, un enjeu « crucial », estime l'aie. *Techniques de l'ingénieur*. <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/lenergie-en-afrique-un-enjeu-crucial-estime-laie-72584/>
- Stijns, j.-p. Et David, m. (2020). *Solutions pour le développement : la prospérité dans les grandes villes*. <https://www.eib.org/fr/essays/afrika-urban-planning>
- Stratton-short et, s. Et Morgan, t. (2023). *Investir dans les énergies renouvelables pour les villes africaines*. UNOPS. <https://www.unops.org/fr/news-and-stories/insights/invest-in-renewable-energy-in-african-cities>
- Tabutin, d. et Schoumaker, B. (2020). La démographie de l'Afrique subsaharienne au xxie siècle. Bilan des changements de 2000 à 2020, perspectives et défis d'ici 2050. *Population*, 75(2-3), 169-295. <https://doi.org/10.3917/popu.2002.0169>
- Takoulev, j. M. (2021a). *Niger : Niamey rejoint le programme scaling solar et table sur 50 MWC d'énergie verte*. Afrik 21. <https://www.afrik21.africa/niger-niamey-rejoint-le-programme-scaling-solar-et-table-sur-50-mwc-denergie-verte/>
- Tarfaoui, m., Nachtane, m., Saifaoui, d. Et Hilmi, k. (2018). Des énergies fossiles aux énergies marines renouvelables, une nouvelle frontière de développement durable pour la transition énergétique en Afrique : cas du Maroc (p. 49).
- Urban energy support. (2022a). *Umi ed feasibility study summary.pdf(review) - adobe cloud storage*. <https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds: us:db298701-1ad9-3b52-9387-05c09f4c6782>
- Viennot, d. (2022a). *[Tribune altraise] l'énergie solaire distribuée en Afrique subsaharienne, un marché en croissance rapide*. PV magazine France. <https://www.pv-magazine.fr/2022/02/09/tribune-lenergie-solaire-distribuee-en-afrique-subsaharienne-un-marche-en-croissance-rapide/>
- Ville de Ekurhuleni. (2022). *Annual report 2021/22*.
- Ville de Ekurhuleni. (2021 c). *City of Ekurhuleni green city action plan summary report*.
- Ville de Ekurhuleni. (2021b). *Énergie - ville d'Ekurhuleni*. <https://www.ekurhuleni.gov.za/departments/3-2/energy/>
- Ville d'Ekurhuleni. (2021a). *Notre voyage - ville d'Ekurhuleni*. <https://www.ekurhuleni.gov.za/about-the-city/our-journey/>, <https://www.ekurhuleni.gov.za/about-the-city/our-journey/>
- Wansi, b.-i. (2022, 8 juin). *Kenya : comment les bâtiments écolo retranchent 5 m\$ sur la consommation énergétique*. Afrik 21. <https://www.afrik21.africa/kenya-comment-les-batiments-ecolo-retranchent-5-m-sur-la-consommation-energetique/>
- Xinhuanet. (2023). *Une entreprise chinoise lance un nouveau modèle de panneau solaire au Kenya pour augmenter le taux d'électrification - Xin hua | actualités chine & Afrique*. [http://french.news.cn/afrique/2022-02/24/c\\_1310486348.htm](http://french.news.cn/afrique/2022-02/24/c_1310486348.htm)

## ANNEXE 1 : Tableaux parties prenantes identifiées dans le secteur de l'énergie solaire en ASS

Catégories des parties prenantes	Sous-catégories	Rôle, préoccupation	Pouvoir d'influence
Pouvoir public	L'État, les ministères, l'Assemblée nationale, les municipalités, les structures économiques, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Légifère</li> <li>-Mets en place les règlements et organes de contrôles</li> <li>-Assure le respect des règles par tous les acteurs</li> <li>-Respect des engagements internationaux</li> <li>-Ils ont un fort pouvoir d'influence, car, ils sont responsables de mettre en place un environnement adéquat au développement de l'énergie solaire (Okwatch, 2022) et (Gbossou, 2013)</li> </ul>	
Industriels	Les entreprises/développeurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prestataires de services (Institut Choiseul et al., s. d.) ;</li> <li>- responsables de l'installation, la fabrication et la commercialisation de systèmes solaires ;</li> <li>- entreprises publiques sont préoccupées par leur santé financière et celles privées par leur viabilité ; (Puliti, 2022)</li> <li>-Ils ont un pouvoir d'influence moyen qui se manifeste par leur volonté d'améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie sur tout le continent ;</li> </ul>	
Financiers	Les investisseurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ils participent directement au financement de la construction de nouvelles capacités d'électricité sur le continent (Picard et Toulemont, 2022) ;</li> <li>-Les investisseurs dans le domaine des énergies renouvelables sont préoccupés par les multiples risques dont ils peuvent être confrontés ;</li> <li>-Ils sont préoccupés par la rentabilité du projet (Huard et Fremaux, 2019) ;</li> <li>- Ils ont un pouvoir d'influence moyen, car, ils accompagnent les acteurs du secteur dans leurs ambitions et leur développement (Institut Choiseul et al., s. d.).</li> </ul>	
	Les bailleurs/prêteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ils jouent un rôle d'appui financier aux projets de développement économique ou à vocation environnementale, et ceci sous forme de dette (Huard et Fremaux, 2019) ;</li> <li>-Ils sont les prêteurs des investisseurs (privés ou publics) ;</li> <li>-Ils ont un pouvoir d'influence moyen, car ils assument les risques financiers que les investisseurs confrontent dans les projets de développement énergétiques ;</li> </ul>	
Consommateurs	Les associations, les citoyens, la société civile, les universitaires, les chercheurs, les autorités (locales, régionales et nationales)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ils valident l'innovation sur les produits solaires</li> <li>-adhèrent au mix énergétique (Gbossou, 2013).</li> <li>- Certains consommateurs jouent le rôle d'appui</li> <li>-production et de vulgarisation des connaissances permettant de comprendre les problématiques du réchauffement climatique et de la crise énergétique en Afrique subsaharienne</li> <li>-Dispensent des formations initiales, continues ou professionnelles sur la technologie solaire en Afrique</li> <li>-Les consommateurs ont un faible pouvoir d'influence bien qu'ils participent activement au développement de l'énergie solaire à travers diverses initiatives.</li> </ul>	