

Ministère de l'Environnement de l'Economie
verte et du Changement climatique

Burkina Faso
Unité - Progrès - Justice

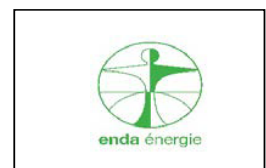
Secrétariat Permanent du Conseil national
de Développement durable

Evaluation des Besoins technologiques pour l'atténuation

- Energie et Transport -

Version finale

Mai 2018



AVERTISSEMENT

Cette publication est un produit du projet "Evaluation des Besoins en Technologies", financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial (en [anglais](#) Global Environment Facility, GEF) et mis en œuvre par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UN Environment) et le centre UNEP DTU Partnership (UDP) en collaboration avec le centre régional ENDA Energie (Environnement et Développement du Tiers Monde - Energie). Les points de vue et opinions exprimés dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du UNEP DTU Partnership, UNEP ou ENDA. Nous regrettons toute erreur ou omission que nous pouvons avoir commise de façon involontaire. Cette publication peut être reproduite, en totalité ou en partie, à des fins éducatives ou non lucratives sans autorisation préalable du détenteur de droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Cette publication ne peut être vendue ou utilisée pour aucun autre but commercial sans la permission écrite préalable du UNEP DTU Partnership.

AVANT-PROPOS

La lutte contre le réchauffement planétaire constitue de nos jours une préoccupation majeure pour l'humanité et appelle une réponse collective. C'est ainsi que le Burkina Faso a ratifié la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), le protocole de Kyoto et l'Accord de Paris respectivement en septembre 1993, mars 2005 et novembre 2016. A ce jour, il a élaboré et adopté plusieurs documents de politiques et de stratégies relatifs aux changements climatiques, en réponse à certaines dispositions de ces protocoles.

L'atteinte de l'objectif de la CCNUCC qui est de «réaliser la stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » passe par l'innovation et le transfert de technologies pour l'atténuation des émissions des GES, la réduction de la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques. Pour ce faire, le Burkina Faso a entamé, depuis février 2015, un processus d'évaluation de ses besoins en transfert de technologies.

Le présent rapport, est le premier du processus d'évaluation des besoins technologiques en matière d'atténuation des effets des changements climatiques au Burkina Faso où deux secteurs clés ont été identifiés comme étant parmi les plus vulnérables : l'énergie et transport. Il présente le processus ainsi que les résultats de l'analyse et de la hiérarchisation des technologies d'atténuation dans les secteurs jugés prioritaires au Burkina Faso. Les résultats de l'analyse multicritères ont permis de retenir trois technologies par ordre de priorité pour chacun des domaines.

La publication de ce rapport m'offre une occasion de renouveler mes remerciements aux personnes physiques et morales suivantes :

- le Fonds Pour l'Environnement Mondial (FEM) à travers le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE);
- l'Organisation ENDA, Programme « Energie, Environnement et Développement » pour son appui technique et l'organisation des ateliers régionaux de renforcements des capacités des coordinateurs et des consultants nationaux ;
- le Consultant en adaptation pour sa contribution;
- l'Equipe Nationale EBT du Burkina Faso et les diverses parties prenantes pour leur implication effective à travers la collecte et la fourniture de données durant tout le processus ;
- les Parties Prenantes qui ont fourni les données et informations pertinentes à ce processus d'évaluation des besoins technologiques.

Le Secrétaire Permanent



Justin GOUNGOUNGA
Chevalier de l'Ordre National

Résumé exécutif

L'évaluation des besoins technologiques (EBT) réalisée par le Burkina Faso, dans le secteur de l'atténuation, a porté sur le domaine de l'énergie y compris du transport. Cette évaluation a pris en compte les initiatives précédemment engagées par le pays dans le domaine de l'atténuation, notamment le cadre NAMA et les principaux documents d'orientation existant au niveau national à savoir le Plan national du développement économique et social et les politiques sectorielles pertinentes (Environnement, Energie et transport).

Le processus d'évaluation a été conduit par une équipe nationale EBT composée d'un comité technique de suivi, d'un groupe de travail sectoriel Energie, d'un consultant EBT sous la supervision d'un coordonnateur EBT.

La consultation de différentes parties prenantes a permis d'établir une liste initiale de sept (07) technologies dans le domaine de l'Energie et de quatre (04) technologies dans le domaine du transport. Une liste de huit (08) critères assortis d'indicateurs et de coefficients de pondération a été déterminée par le groupe sectoriel pour la conduite de l'analyse multicritères.

Les résultats de l'analyse multicritères ont permis de retenir trois technologies par ordre de priorité pour chacun des domaines.

Dans le domaine de l'énergie, les technologies retenues sont :

- Foyers améliorées
- Centrales hydroélectriques
- Toits solaire PV/SHS

Dans le secteur du transport, les technologies retenues sont :

- Tramway
- Biodiesel
- Bus solaire

Ces technologies devront faire l'objet d'analyse des barrières en vue de l'établissement d'un plan d'actions pour leur diffusion.

AVERTISSEMENT	1
AVANT-PROPOS	2
Introduction	6
1.1 Le projet d'Evaluation des besoins technologies	6
1.2 Stratégies nationales en matière d'atténuation des changements climatiques et les priorités de développement	7
1.2.1 La première et la deuxième communication nationale.....	7
1.2.2 Cadre National des Mesures Appropriées d'Atténuation (NAMA).....	7
1.2.3 La contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN).....	8
1.3 Les politiques publiques en matière d'énergie et de transport.	9
Chapitre 1. Organisation institutionnelle pour l'EBT et implication des parties prenantes.....	10
1.1 Equipe Nationale EBT	10
1.2 Processus d'implication des parties prenantes dans le processus global de l'EBT	11
Chapitre 2. Priorisation des technologies du secteur de l'Energie.....	12
2.1 Les émissions de GES et les technologies existantes dans le secteur de l'Energie.....	12
2.2 Contexte de décision	13
2.2.1 Le secteur de l'énergie	13
2.2.2 Le secteur du transport	18
2.3 Aperçu des options de technologies d'atténuations du secteur du Transport et leurs potentialités d'atténuation et de co-bénéfices.	19
2.3.1 Méthode d'évaluation des technologies potentielles	19
2.3.2 Description des technologies retenues.....	19
2.4 Critères et processus de priorisation des technologies du secteur	29
Conclusion.....	38
Bibliographie.....	39
Annexe I: Fiche technique des technologies sélectionnées	41

Tableau 1 : Catégories sources clés de CO ₂ dans le secteur de l'énergie en 2007	12
Tableau 2 : Liste des technologies identifiées pour l'analyse multicritères	19
Tableau 3 : Catégorisation des gammes de puissances des centrales hydroélectriques	23
Tableau 4 : Critères et coefficients de pondération.....	31
Tableau 5 : Notation des indicateurs des technologies du secteur de l'énergie	32
Tableau 6 : Valeurs normalisées des indicateurs des technologies du secteur de l'énergie	33
Tableau 7 : Notes pondérées des technologies du secteur de l'Energie.....	34
Tableau 8 : Résultat de la priorisation des technologies du secteur de l'énergie	34
Tableau 9 : Notation des indicateurs des technologies du secteur du transport	36
Tableau 10 : Notes pondérées des technologies du secteur du transport	37
Tableau 11 : Résultat de la priorisation des technologies du secteur du transport.....	37

Introduction

Le Burkina Faso a signé le 12 juin 1992 la convention cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques et l'a ratifié le 2 septembre 1993. Pour sa mise en œuvre, le pays s'est engagé auprès de la communauté internationale à contribuer aux actions qui visent la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et qui sont en phase avec ses objectifs de développement. Au titre des engagements pris, le pays a élaboré sa 1^{ère} et sa 2^{ème} Communication Nationale sur les changements climatiques qui font ressortir périodiquement la situation des émissions nationales de Gaz à effet de Serre respectivement en 2001 et 2007 ; Il a par ailleurs élaboré un programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA) et un plan national d'adaptation aux changements climatique adopté en juin 2014.

Plus récemment en 2016, le cadre National des Mesures Appropriées d'Atténuation (NAMA) du Burkina Faso a été adopté comme une des réponses à l'atténuation des effets néfastes du changement climatique proposées par le Plan d'Action de Bali de 2007. Ce cadre NAMA a retenu vingt (20) actions de mitigation au niveau national dont onze (11) relèvent du domaine de l'énergie y compris le transport.

En complément aux différents efforts déjà réalisé, la présente initiative « Evaluation des Besoins Technologiques (EBT) » financée par le FEM et dérivée du Programme Stratégique de Poznań sur le Transfert de Technologies, vise à aider les pays en développement à contribuer à l'effort mondial de la lutte contre les changements climatiques à travers l'évaluation de leurs besoins en technologies appropriées en vue de leurs diffusions et utilisations dans le cadre l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques.

Ce premier document fait le point du processus d'identification des technologies prioritaires.

1.1 Le projet d'Evaluation des besoins technologies

Le principal but du projet « Evaluation des besoins technologiques » est d'aider le Burkina Faso à identifier et à analyser ses besoins prioritaires en technologies en vue d'atténuer ses émissions de gaz à effet de serre (GES) et réduire la vulnérabilité des secteurs économiques et des moyens de subsistances face aux effets néfastes des changements climatiques et de constituer un portefeuille de projets et de programmes de technologies écologiquement rationnelles. Le pays a opté pour deux secteurs prioritaires que sont l'Agriculture pour des questions d'adaptation et l'Energie y compris le transport pour des actions d'atténuation.

La mise en œuvre a bénéficié de l'appui technique de ENDA basé à Dakar au Sénégal et de UNEP DTU PARTNERSHIP. Pour la réalisation de l'étude, deux experts ont été retenus dans les secteurs prioritaires et le présent rapport rend compte des travaux sur l'atténuation dans le domaine de l'énergie y compris le transport.

Les objectifs spécifiques du projet sont:

- Identifier et hiérarchiser, à travers un processus participatif, les technologies prioritaires pouvant contribuer aux objectifs d'atténuation et d'adaptation du Burkina Faso et en adéquation avec les objectifs de développement durable du pays ;
- Identifier les obstacles qui entravent l'acquisition, le déploiement, et la diffusion des technologies prioritaires ;
- Développer des plans d'action technologiques (PAT) en précisant les activités et les cadres habilitants pour surmonter les obstacles et faciliter le transfert, l'adoption et la diffusion des technologies au Burkina Faso ;
- Elaborer des projets / notes conceptuelles pour les technologies sélectionnées en prévision de financement.

1.2 Stratégies nationales en matière d'atténuation des changements climatiques et les priorités de développement.

Le Burkina Faso dispose pas d'un référentiel unique pour la mitigation des changements climatiques. Plusieurs documents de base concourent à la mise en place d'activités d'atténuations dans le secteur de l'énergie.

1.2.1 La première et la deuxième communication nationale.

La première communication nationale a retenu des options d'atténuation dans les domaines de :

- **transport :**
 - analyser les émissions des véhicules pour les GES et effectuer des visites simples mais régulières ;
 - codifier les normes pour un air sain et les faire respecter ;
 - veiller à la qualité du carburant importé et distribué ;
 - mettre en place des mesures incitatives pour l'achat de véhicules moins polluants ;
- **ménage :**
 - diffuser à grande échelle des foyers améliorés, des cuisinières solaires et des chauffe-eau solaires ;
 - promouvoir les énergies de substitution ;
- **transformation :**
 - valoriser les EnR et les déchets industriels pour la production d'électricité ;
 - promouvoir les charbonnières performantes.

Les mesures d'atténuation proposées par la deuxième communication nationale dans le domaine de l'énergie sont relatives à l'installation de centrales solaires photovoltaïques, à la diffusion de lampes à basse consommation d'énergie dans les ménages et dans les administrations et à la production d'électricité par des déchets de production agricole.

1.2.2 Cadre National des Mesures Appropriées d'Atténuation (NAMA)

Le cadre NAMA du Burkina Faso a été adopté comme une des réponses proposées par le Plan d'Action de Bali de 2007 relativement à l'atténuation des effets néfastes du changement climatique. Ce cadre NAMA a retenu dix-sept (17) actions de mitigation au niveau national dont dix (10) relèvent du domaine de l'énergie y compris le transport. Les actions retenues portent sur la réduction ou la substitution de l'énergie électrique générée essentiellement par les centrales thermiques, principales sources d'émission de GES du secteur d'une part et d'autre part sur des actions qui tendraient à la réduction de la consommation des hydrocarbures dans le sous-secteur des transports.

Dix (10) NAMA potentielles ont été retenues pour le secteur de l'énergie y compris le sous-secteur des transports. Six (06) relèvent du secteur l'énergie et quatre (04) du sous-secteur des transports routiers. Il s'agit de :

- la mise en place d'un cadre réglementaire sur l'efficacité en énergie électrique avec l'adoption d'une loi y relative ;
- la diversification des sources de production en électricité par la réalisation des projets de production de l'énergie électrique par des centrales solaires photovoltaïques ;
- le renforcement des capacités de production en électricité par la valorisation du potentiel hydroélectrique ;
- l'amélioration de la production et de l'approvisionnement en électricité par la réalisation des projets d'interconnexions électriques transnationales ;
- la promotion du biogaz comme énergie de substitution pour la cuisson ;
- la diffusion à grande échelle des foyers améliorés pour des économies du bois énergie pour la cuisson ;
- la mise en place d'un mécanisme financement incitatif pour l'acquisition de véhicules ;
- le renforcement du contrôle technique des véhicules ;
- l'élaboration d'une réglementation de l'importation des véhicules d'occasion ;
- le renforcement des capacités des laboratoires d'analyse de la qualité des carburants et de l'air.

Les NAMA potentielles identifiées sont de natures très diversifiées et concernent des actions correspondant aux priorités de développement du Burkina Faso contenues dans la stratégie de croissance accélérée pour le développement durable (SCADD) aujourd'hui remplacée par le PNDES.

1.2.3 La contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN)

Le Burkina Faso a identifié les domaines prioritaires d'atténuation de ses émissions de GES et a élaboré son document Contribution Prévues Déterminées au niveau National (CPDN) (en anglais Intended Nationally Determined Contribution (INDC)). Ce document a été élaboré dans le cadre de l'engagement du pays pour la mise en œuvre de l'Accord de Paris adopté à la 21^{ème} Conférence des Parties (COP21) sur les changements climatiques tenue en décembre 2015.

Partant d'un scénario tendanciel « business as usual », la trajectoire des émissions de GES a été évaluée par le pays en considérant que le développement se poursuive comme par le

passé sans considération particulière des questions environnementales. Deux scénarii alternatifs, l'un dit conditionnel et l'autre inconditionnel, caractérisés respectivement par la prise en compte des projets d'atténuation en cours ou potentiels et la prise en compte des politiques publiques engagées après 2007 qui intègrent les évolutions technologiques.

Considérant le secteur énergétique à travers les sous-secteurs de la production électrique du transport, du résidentiel et de l'énergie dans l'industrie, les projections pour les scénarii conditionnel et inconditionnel conduisent respectivement à l'horizon 2030 à des réductions totales de GES de 3130 Gg CO_{2eq.} et 583 Gg CO_{2eq.}

1.3 Les politiques publiques en matière d'énergie et de transport.

Les orientations du secteur de l'énergie sont cadrées par le Plan national de développement économique et social, la politique nationale de développement durable, la politique sectorielle de l'énergie et son plan d'action et les documents de stratégie tels la stratégie nationale de développement durable, le plan d'action national SE4all. Les objectifs visés par ces différents documents portent sur la valorisation des énergies renouvelables, l'amélioration de l'efficacité énergétique et le renforcement du transport de masse. Les projets et programmes proposés pour la mise en œuvre des orientations proposées portent sur la diffusion des foyers améliorés, la promotion des biocarburants, le développement de l'énergie solaire.

Il existe donc une réelle volonté nationale d'orienter la production énergétique nationale vers l'utilisation des énergies renouvelables, l'amélioration de l'efficacité énergétique, toute chose qui contribuerait à la mitigation des émissions des gaz à effet de serre. Pour réaliser ses ambitions, le pays a besoin d'accéder à des technologies dans des conditions qui sont favorables par ailleurs à ses objectifs de développement.

Le choix porté sur le secteur de l'énergie y compris le transport émane de ces orientations nationales et de l'importance de ces domaines sur le niveau des émissions de GES du pays.

Chapitre 1. Organisation institutionnelle pour l'EBT et implication des parties prenantes

Ce chapitre présente l'organisation institutionnelle mise en place pour la conduite de l'Évaluation des besoins technologiques. Cette organisation prend en compte l'existence de dispositions déjà prises par le pays pour le suivi de toutes les questions relatives au changement. La structuration de cette organisation est identique pour les deux processus engagés, à savoir l'étude relative aux besoins technologiques pour l'Adaptation et celle relative aux besoins technologiques pour l'Atténuation.

1.1 Equipe Nationale EBT

L'équipe nationale EBT du Burkina Faso dans sa composante « Atténuation » comprend un comité technique de suivi, un groupe de travail sectoriel Energie et un consultant EBT atténuation.

- **Comité Technique de Suivi (CTS)**

Son rôle est de superviser le processus d'évaluation des besoins technologiques. Il comprend des représentants chargés de la mise en œuvre des politiques des ministères concernés et d'autres acteurs ayant des liens avec des questions telles que le changement climatique, la recherche scientifique, les politiques sectorielles, les objectifs nationaux de développement, etc. Il est composé de :

- Coordonnateur EBT
- Consultant EBT
- Direction Générale de la Préservation de l'Environnement
- Direction Générale des Energies renouvelables
- Direction Générale des Eaux et Forêts
- Direction Générale du Bureau National des Evaluations Environnementales
- Institut de Recherches en Sciences Appliquées et Technologiques
- IGEDD/Université de Ouagadougou
- Direction Générale de l'Economie et de la Planification
- Chambre du commerce
- Direction Générale des Transports Terrestres et Maritimes
- Coalition des Organisations de la Société Civile
- Point Focal Changement climatique

- **Groupe de travail sectoriel Energie**

Ce groupe de travail a été impliqué activement dans le processus de décision concernant les technologies les plus appropriées pour chacun des secteurs prioritaires. Les membres ont une bonne connaissance des objectifs de développement et des actions de lutte contre le changement climatique ainsi que des aspects techniques, environnementaux, sociaux

économiques des secteurs de l'Énergie et du transport et des technologies relatives. Il est composé ainsi qu'il suit :

- la Société nationale d'électricité du Burkina (SONABEL),
- la Société nationale Burkinabè d'hydrocarbures (SONABHY),
- la Chambre de commerce et de l'industrie,
- l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT),
- l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE),
- l'Institut du Génie de l'environnement et du développement durable (IGEDD),
- la Direction des énergies renouvelables et des énergies traditionnelles (DERET),
- la Direction Générale des Transports terrestre et maritime (DGTMM),
- la Direction générale de l'habitat et de l'Urbanisme,
- les Groupements professionnels des banques,
- le Groupement des professionnels de l'Industrie (GPI),
- l'Agence de Coopération néerlandaise SNV,
- le Programme Foyers améliorés au Faso (FAFASO),
- le Programme national bio digesteurs,
- l'entreprise FASOGAZ,
- la Société des transports en commun de Ouagadougou (SOTRACO),
- le Programme des nations unies pour le développement (PNUD),
- les Professionnels des énergies renouvelables,
- l'Association des consommateurs.

1.2 Processus d'implication des parties prenantes dans le processus global de l'EBT

L'implication des parties prenantes est organisée autour de rencontres sous forme d'atelier ou à titre de consultation individuelle. Pour la présente phase de priorisation des technologies, un atelier regroupant l'ensemble des parties prenantes a été organisé en vue de leur permettre de se familiariser avec les technologies, d'établir une liste de technologies potentiellement intéressantes, de définir les critères de sélections et de leur affecter des poids relatifs pour le processus d'analyse multicritère.

Chapitre 2. Priorisation des technologies du secteur de l'Énergie

2.1 Les émissions de GES et les technologies existantes dans le secteur de l'Énergie

La deuxième communication nationale (CONEDD, Septembre 2014) du Burkina Faso a établi, sur la base de l'inventaire réalisé en 2007, le total des émissions de Gaz à effet de serre (GES) du pays exprimé en équivalent CO₂ à 21.700 (Gg). Rapporté à la population du pays, le total des émissions de GES par habitant est de 1.522 kg en 2007, soit une hausse de 2 % par rapport à l'année 1999. Les émissions de GES ont augmenté de 31 % par rapport à l'année 1999.

Avec 1300,5 Gg d'équivalent CO₂, le secteur de l'énergie contribue pour 6 % au total des émissions du pays en 2007. Les émissions de GES dans le secteur de l'énergie proviennent principalement de la production d'électricité d'origine thermique, de l'utilisation des hydrocarbures dans les transports, dans les industries de manufacture et de construction, dans les ménages et commerces.

Ces émissions sont portées à plus de 95% par trois catégories sources clés (Tableau 1). Il s'agit des transports, de l'industrie énergétique et de l'industrie manufacturière et de construction.

Tableau 1 : Catégories sources clés de CO₂ dans le secteur de l'énergie en 2007

Catégorie	CO ₂ émis (Gg)	Pourcentages	Pourcentages cumulés	
Transport	776,4	59,7	59,7	Catégories sources clés
Industries de l'énergie	349,2	26,9	86,6	
Industries manufacturières et de construction	117,9	9,1	95,6	
Résidentiel	57,0	4,4	100,0	
Total Energie	1300,5	100,0		

SOURCE : INSD/IGES 2010

CO₂ est quasiment le seul gaz à contribuer aux émissions de GES dans le secteur de l'énergie. Il constitue plus de 99 % des émissions du secteur. Pour le CH₄ et le N₂O, on note des traces dans les émissions du secteur. Les variations des émissions de CO₂ suivent celles de l'ensemble des GES.

Le sous-secteur du transport est marqué par une évolution importante du parc des véhicules. Sur la période 1999 à 2007, le parc des véhicules à 4 roues a plus que doublé (123 %) et celui

à 2 roues a plus que quadruplé (327%). Cela a induit une augmentation de la consommation des hydrocarbures par la catégorie des transports (INSD, 2010).

Les catégories des transports, des industries de l'énergie et des industries manufacturières et de construction sont celles qui contribuent à plus de 95 % des émissions de CO₂ dans le secteur de l'énergie. Ces catégories sont donc identifiées comme des sources clés.

2.2 Contexte de décision

Le plan national de développement économique et social (PNDES 2016-2020) est le référentiel national des interventions de l'État burkinabè et de ses partenaires sur la période 2016-2020 ; il vise une croissance cumulative du revenu par habitant à même de réduire la pauvreté, de renforcer les capacités humaines et de satisfaire les besoins fondamentaux, dans un cadre social équitable et durable.

L'objectif global du PNDES est de transformer structurellement l'économie burkinabè, pour une croissance forte, durable, résiliente, inclusive, créatrice d'emplois décents pour tous et induisant l'amélioration du bien-être social.

Le PNDES s'articule autour de trois axes stratégiques qui sont : (i) Axe 1 : réformer les institutions et moderniser l'administration, (ii) Axe 2 : développer le capital humain et (iii) Axe 3 : dynamiser les secteurs porteurs pour l'économie et les emplois.

Pour la transformation structurelle de l'économie un des deux leviers envisagés pour soutenir le processus de développement consiste au renforcement des secteurs d'appui au développement industriel notamment, l'énergie, les infrastructures de transport, la technologie.

2.2.1 Le secteur de l'énergie

Le secteur de l'énergie du Burkina Faso comprend trois principaux sous-secteurs : (i) le sous-secteur de l'énergie électrique ; (ii) le sous-secteur des hydrocarbures ; et (iii) le sous-secteur des énergies renouvelables. Le sous-secteur de l'énergie électrique comprend deux segments que sont le segment couvert par la Société nationale d'électricité du Burkina (SONABEL) et tout autre secteur en dehors de la couverture SONABEL. Le segment SONABEL est constitué de l'ensemble des zones urbaines et péri-urbaines. Quant au second segment, il porte sur l'ensemble des périmètres non situés dans le premier segment et dont la gestion est assurée par toute structure ayant obtenu une concession ou une autorisation conformément aux textes en vigueur. La production de l'énergie électrique a été libéralisée dans l'ensemble du sous-secteur tandis que le transport et la distribution de l'électricité dans le premier segment relèvent du monopole accordé à la SONABEL sous le contrôle de l'Autorité de régulation du sous-secteur de l'électricité (ARSE). Quant aux activités de distribution de l'électricité dans le second segment, elles s'exercent librement dans le respect des dispositions de la loi régissant le sous-secteur sous le contrôle du Fonds de développement de l'électrification (FDE) et de l'ARSE. Le sous - secteur des hydrocarbures porte sur les activités d'importation, de stockage, de transport et de distribution des produits pétroliers liquides et du gaz. A cet effet, les activités d'importation et de stockage relèvent du

monopole de la Société nationale burkinabè d'hydrocarbures (SONABHY) et celles de transport et de distribution sont ouvertes à la concurrence. Enfin, le sous-secteur des énergies renouvelables comprend toutes opérations ou activités et tous actes ayant pour objet : (i) la recherche, la valorisation, la diffusion, l'approvisionnement, la production et la distribution des énergies renouvelables et des énergies domestiques ; et (ii) la gestion du service public des énergies renouvelables et des énergies domestiques. Par ailleurs, les économies d'énergie, constitue un thème transversale aux trois sous-secteurs et reste très important pour assurer la durabilité du développement de l'ensemble du secteur.

Dans le domaine de l'énergie électrique, le PNDES met en avant le fait que l'offre d'électricité, insuffisante pour satisfaire la demande sans cesse croissante, est constituée de 6,4% d'énergies renouvelables, 62,9% de productions thermiques et de 30,7% d'énergies importées. L'accès à l'électricité reste globalement faible au Burkina Faso avec des disparités entre le milieu urbain et le milieu rural. En effet, en 2015 le taux d'électrification du pays était de 59,9% en milieu urbain, 3,1% en milieu rural et 18,8% en moyenne nationale¹.

En milieu urbain la production et la distribution de l'électricité est assurée exclusivement par la Société Nationale Burkinabè de l'Electricité (SONABEL). Cet établissement public de l'Etat (EPE) est présent dans bon nombre de localités du pays..

Pour l'amélioration de l'offre d'énergie et de l'accès à l'énergie, le PNDES propose des objectifs clairs :

- (i) accroître la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique,
- (ii) faciliter l'accès aux services énergétiques modernes,
- (iii) promouvoir l'autonomisation énergétique au niveau national,
- (iv) créer des services d'énergie,
- (v) de promouvoir l'efficacité énergétique et
- (vi) assurer la disponibilité permanente des hydrocarbures de qualité, sur toute l'étendue du territoire national.

Ces orientations accordent une attention particulière au développement des énergies renouvelables notamment l'énergie solaire.

Emanant de l'analyse prospective Energie qui traduit les grandes ambitions du pays pour le secteur à l'horizon 2035, la vision de la politique énergétique nationale du Burkina Faso (POSEN 2014-2025) est « *le secteur Energie Burkina, s'appuyant sur les ressources endogènes et la coopération régionale, assure un accès universel aux services énergétiques modernes et conforte son rôle moteur de développement durable* ».

Les orientations stratégiques qui dérivent de cette vision sont organisées autour de 4 piliers :

- promouvoir l'utilisation des ressources endogènes,
- tirer profit des opportunités de la coopération sous régionale,
- assurer un accès universel aux services énergétiques de qualité,

¹Plan National de développement économique et social (PNDES) 2016-2020

- faire de l'énergie, un moteur de développement durable.

Les principales actions programmées dans le plan d'actions (2014-2016) de la POSEN portent, entre autres, sur la promotion des énergies renouvelables, le développement de la filière biocarburant, la promotion des économies d'énergie, la gestion de la demande de bois-énergie (utilisation massive des foyers améliorés, des technologies de substitution du bois énergie).

Elaborée en 2013, la Politique Nationale du Développement Durable au Burkina Faso (PNDD) vise que « *A l'horizon 2050, le Burkina Faso, un pays émergent dans le cadre d'un développement durable où toutes les stratégies sectorielles, tous les plans et programmes de développement contribuent à améliorer le niveau et la qualité de vie des populations notamment des plus pauvres* »

La PNDD est organisée autour de trois (03) orientations majeures que sont : (i) orientations générales pour l'élaboration des textes législatifs et réglementaires, des politiques, stratégies, plans et programmes de développement ; (ii) orientations générales pour la promotion d'une économie verte et ; (iii) orientations générales pour l'organisation des acteurs du développement durable au Burkina Faso.

La stratégie 2016-2020 de mise en œuvre de la PNDD dont la vision est « *A l'horizon 2020, le Burkina Faso, un pays où les progrès enregistrés en matière de gouvernance du développement durable déclenchent la transition de l'économie nationale vers l'économie verte et inclusive et entraînent l'accroissement des capacités de résilience nationale face aux effets néfastes des changements climatiques.* » est axée sur quatre piliers que sont (i) la promotion de la bonne gouvernance du développement durable ; (ii) la budgétisation axée sur le développement durable et le recours à des mécanismes de financements innovants et durables ; (iii) la promotion de l'économie verte et inclusive et ; (iv) l'organisation et la responsabilisation des acteurs.

L'ensemble des orientations du secteur de l'énergie partage en commun la nécessité de développer les énergies renouvelables. Le principal défi de cette ligne directrice est l'accès aux technologies dans des conditions qui assurent la continuité du développement du pays vers les objectifs du PNDES à savoir la transformation structurelle de l'économie burkinabè pour une croissance forte, durable, résiliente, inclusive, créatrice d'emplois décents pour tous et induisant l'amélioration du bien-être social.

Ce processus d'évaluation des besoins technologiques devra donc conduire à l'identification de technologies à faible intensité de carbone, adaptées aux besoins de développement économique et social durable du pays, préservatrices de l'environnement, à faible coût d'opération, valorisant les ressources endogènes et d'un niveau de maturité élevé.

a. Cadre politique, institutionnel et réglementaire

Les principaux acteurs du cadre institutionnel du secteur de l'énergie sont le ministère en charge de l'énergie, celui en charge de l'environnement et du développement durable, celui en charge du commerce et celui en charge de l'économie et des finances. Le Ministère en charge de l'énergie est responsable de la politique énergétique du pays et de sa mise en œuvre.

Le cadre institutionnel du secteur de l'énergie se subdivise en trois grand groupes : l'**énergie électrique et les énergies renouvelables** sous la tutelle technique du ministère en charge de l'énergie, le **bois-énergie** sous la tutelle technique du ministère en charge de l'environnement pour gestion de l'offre surcelle du ministère en charge de l'énergie pour la gestion de la demande et enfin **l'approvisionnement en hydrocarbures** sous la tutelle technique du ministère en charge du commerce et partiellement sous celle du ministère en charge de l'énergie.

Le ministère en charge de l'économie et des finances exerce une tutelle financière sur les trois types d'activités..

b. Sous-secteur de l'électricité et des énergies renouvelables

C'est la Loi 053-2012/AN du 17 décembre 2012 qui fixe la réglementation du sous-secteur de l'électricité au Burkina Faso. Cette loi consacre la séparation du marché de l'électricité en deux segments.

Le premier segment est l'ensemble des périmètres gérés par la Société nationale d'électricité du Burkina Faso (SONABEL) et le second couvre les périmètres non situés dans le premier segment et dont la gestion est assurée par toute structure ayant obtenu une concession ou une autorisation conformément aux textes en vigueur. SONABEL dispose du monopole du transport sur tout le territoire et du monopole de la distribution dans le premier segment où la production est ouverte à la concurrence.

Dans le second segment, les activités de production et de distribution de l'électricité s'exercent librement sous le contrôle du Fonds de développement de l'électrification (FDE) et de l'Autorité de régulation du sous-secteur de l'électricité (ARSE).

La loi confère au gouvernement (ministère en charge de l'énergie) la responsabilité de la politique énergétique, de la planification stratégique de l'électrification et de la réglementation et du contrôle des infrastructures électriques. Il est également en charge de l'octroi des concessions, de licences et autorisations. La loi prescrit clairement à l'état de développer une politique de maîtrise de la demande électrique et de l'efficacité (Art. 8).

La SONABEL œuvre à l'installation de centrales solaires connectées au réseau, dont la première est celle Zagtoui avec une puissance de 33 MWc qui vient d'être inaugurée.

L'autorité de régulation du secteur de l'électricité (ARSE) est l'entité dotée d'une autonomie de gestion qui a la charge de la régulation du sous-secteur. A ce titre elle est chargée de entre autres de :

- de veiller à l'application des textes législatifs et réglementaires régissant le sous-secteur de l'électricité dans des conditions objectives, transparentes et non discriminatoires;
- de protéger les intérêts des consommateurs et des opérateurs en prenant toute mesure propre à garantir l'exercice d'une concurrence saine et loyale dans le sous-secteur, conformément aux dispositions légales et réglementaires en vigueur;

- de donner des avis conformes relatifs aux tarifs de l'électricité aux ministères chargés de l'énergie, des finances et du commerce ;
- de contrôler l'application des tarifs de l'électricité ;
- de mettre en œuvre les mécanismes de consultation des utilisateurs/consommateurs.

Le Fond de Développement de l'Electrification(FDE) a pour missions de développer et faciliter l'accès des populations rurales aux services énergétiques en contribuant à la mise en œuvre du plan national électrification, d'assurer un contrôle et une régulation de proximité auprès des opérateurs ayant bénéficié de subventions accordées à l'électrification rurale, et rechercher des financements auprès des partenaires techniques et financiers (PTF) pour atteindre les objectifs fixés en matière de taux d'électrification rurale.

Les collectivités territoriales ont pour missions de :

- donner un avis sur les plans d'électrification dans la région;
- participer à l'élaboration du schéma directeur régional d'électrification;
- participer à l'élaboration du schéma national d'électrification;
- élaborer et de mettre en œuvre des plans locaux de production, de distribution et de maintenance de l'énergie;
- créer et de gérer des infrastructures énergétiques;
- réaliser et de gérer l'éclairage public

Le Burkina Faso vient de se doter d'une Agence Nationale des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique (ANEREE) en vue de la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Il faut préciser que la ressource solaire est très abondante sur toute l'étendue du territoire avec un ensoleillement moyen de l'ordre de 5,5 kWh/m²/jour et une durée d'ensoleillement supérieure à 3 000 heures par an.

c. Sous-secteur des énergies ligneuses

La biomasse est la ressource énergétique la plus utilisée au Burkina Faso. Cette énergie représente environ 90% de l'énergie consommée dans les ménages. La demande en bois, composante principale de la biomasse au Burkina Faso, est en croissance annuelle d'environ 2,2% par an contre une production de bois de chauffe en régression de 0,15% par an depuis 2000 (WHETE, 2009).

Le sous-secteur des énergies ligneuses est régi par le code forestier promulgué par la loi N°006/97/ADP du 31 janvier 1997.

Le code précise que 'Le domaine forestier des collectivités territoriales est composé de l'ensemble des forêts situées sur le territoire national, à l'exclusion de celles qui appartiennent à des personnes privées et de celles qui font l'objet d'un classement au nom de l'Etat'. De plus, la décentralisation prévoit le transfert aux communes de la gestion des ressources forestières non-domaniales (hors du domaine des forêts classées qui restent de la compétence de l'Etat).

Les acteurs de terrain de l'approvisionnement en énergie ligneuse sont les bûcherons, les charbonniers, les grossistes transporteurs qui constituent le maillon fort de la chaîne et les détaillants.

d. Sous-secteur des hydrocarbures

Le Burkina Faso importe la totalité des hydrocarbures consommés au niveau national. L'importation et le stockage relèvent du monopole de la Société nationale burkinabè d'hydrocarbures (SONABHY) tandis que le transport et la distribution ont été ouverts à la concurrence.

La SONABHY dispose de deux dépôts, à Ouagadougou d'une capacité de 37.000 m³ et à Bobo-Dioulasso d'une capacité de 25.500 m³ pour les produits liquides. Ces dépôts ne permettent plus d'assurer un stock de sécurité de 2 mois, ce qui a nécessité d'engager des travaux d'extension. Elle dispose également de deux dépôts de gaz butane d'une capacité totale de 900 tonnes. La distribution des produits pétroliers est assurée par des marketers.

2.2.2 Le secteur du transport

La couverture du réseau routier classé reste faible en 2015 (5,6 km/100 km² et 100 km/100 000 habitants) comparée à la moyenne CEDEAO (10,5 km/100 km² et 266 km/100 000 habitants). L'étendue du réseau bitumé demeure également faible, alors qu'il assure 56% du trafic total. Le réseau ferroviaire n'a subi aucune extension, depuis les années 1990. Le linéaire total du réseau ferroviaire mesure 623 km dont seulement 518 km en exploitation. Le tronçon non exploité OUAGA-Kaya est de 105 km. Le transport aérien est marqué uniquement par deux aéroports fonctionnels avec un faible trafic.

Les défis retenus dans le PNDES relativement au secteur de transport sont : (i) la sécurisation des titres de transport, (ii) la professionnalisation des acteurs du transport routier, (iii) la modernisation du parc de véhicules de transport routier, (iv) l'amélioration des conditions de la mobilité urbaine et rurale, (v) l'amélioration de la gestion et de l'exploitation des services de sûreté et de facilitation aux aéroports internationaux de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso, (vi) l'amélioration de la compétitivité des acteurs, (vii) l'amélioration de l'offre de transport aérien et ferroviaire et (viii) l'amélioration de la sécurité routière.

Le secteur est marqué par une insuffisance de l'offre du transport en commun de personnes, laissant la place au développement de modes de transport alternatifs (2 roues, voitures vieillissantes ...). Les perspectives évoquées par le document d'actualisation de la stratégie de développement du secteur des Transports au Burkina Faso (Rapport final Juillet 2011) prévoient le développement des modes de transport de type Tramway. Cette orientation est conforme à la vision de la ville de Ouagadougou capitalisée dans les lignes d'action du plan stratégique de la SOTRACO par la programmation d'actions visant à doter la ville de Ouagadougou d'un tramway à l'horizon 2030.

2.3 Aperçu des options de technologies d'atténuations du secteur du Transport et leurs potentialités d'atténuation et de co-bénéfices.

2.3.1 Méthode d'évaluation des technologies potentielles

Les technologies potentielles de mitigation du secteur de l'énergie ont été identifiées lors d'un atelier avec les experts du groupe de travail sectoriel de l'énergie y compris le transport. La démarche a consisté à une présentation d'un certain nombre de technologies documentées par le consultant. Par la suite chaque expert a, à travers un processus de « Brain storming », retenu trois (03) qu'il a jugées pertinentes pour la mitigation des émissions. Sur la base de leur fréquence de citation par les experts une première liste 42 technologies dont la liste est jointe en annexe a été établie et ordonnée. A la suite d'une présentation d'une harmonisation des connaissances par le consultant sur les 42 technologies, le groupe a décidé de restreindre l'analyse multisectorielle aux huit (08) technologies dans le domaine de l'énergie et à quatre (04) technologies dans le domaine du transport. Les technologies potentielles pour la mitigation retenues sont présentées dans le Tableau 2

Tableau 2 : Liste des technologies identifiées pour l'analyse multicritères

Numéro	Energie	Transport
1	toits solaire PV/SHS	BRT
2	Centrales PV solaires	Biodiesel
3	gazéification pour la production d'électricité	Tramway
4	Foyers améliorées	Bus solaires
5	biogaz pour la production d'électricité	
6	centrales hydroélectriques	
7	Chauffes eau solaires	
8	valorisation BTC	

En l'absence de données suffisantes sur les briques terre compressée (BTC) cette technologie n'a pas plus fait l'objet d'analyse multicritère qui a donc porté sur les sept (07) premières technologies du secteur de l'énergie et sur quatre (04) technologies du secteur de transport.

2.3.2 Description des technologies retenues

a. toits solaires

Description du système et réalisation : Le toit solaire consiste en l'installation sur le bâtiment résidentiel d'un générateur solaire photovoltaïque raccordé au réseau intérieur du bâtiment pour la fourniture de l'énergie électrique. L'option retenue dans la présente configuration intègre un champ de modules silicium monocristallin, un convertisseur, un régulateur de charge/décharge et des batteries d'accumulateurs. Le surplus de l'énergie produite sera injecté (hors charge des batteries) via un compteur réversible sur le réseau. Le champ PV sera fixe avec une orientation sud de 15°. Plusieurs projets de puissance unitaire comprise entre 500 Wc à 1,5 kWc sont envisagés pour arriver à une puissance cumulée de 10

MWc. Une ligne de crédit mise en place avec le secteur bancaire de la place permettrait aux consommateurs de se détourner de la solution groupe électrogène (moins chère à l'achat) et de s'orienter vers le solaire (cher à l'investissement initial mais à faible coût d'opération) pour pallier les nombreux délestages que connaît le pays lors des périodes de pointe.

Ligne de base : Bien que la technologie PV soit en pleine croissance au Burkina Faso, son taux d'adoption reste encore faible. Le système étant prévu remplacer une production qui aurait dû être réalisée par le réseau électrique (SONABEL), la situation de référence considérée est celle du réseau interconnecté SONABEL dont l'évaluation du facteur d'émission établi dans le cadre d'une étude conduite au niveau régional² en 2014 est de 0,588 tCO₂/MWh.

Potentiel de réduction des émissions : Sur la base d'une puissance cumulée de 10 MWc installée au Burkina Faso où l'ensoleillement moyen est de 5,5 kWh/m²/jour, la production annuelle attendue évaluée avec le logiciel retscreen³ est de 17 GWh/an. Sur cette base, les émissions évitées sont de 11 Gg CO_{2eq}/an soit 275 Gg sur la durée de vie du projet.

b. Centrale solaire photovoltaïque

Description du système et réalisation : Il s'agit d'une production centralisée d'énergie électrique par des modules solaires photovoltaïque au fil du soleil sans accumulation de l'énergie. Le système constitué d'un générateur PV et d'onduleurs réseau est directement raccordé à la ligne de distribution. L'option proposée consiste en de systèmes solaires photovoltaïques de grande capacité raccordés au réseau interconnecté dans 5 régions du Burkina Faso pour une puissance cumulée de 250 MWc (5 fois 50 MWc). L'installation devrait se faire dans le contexte national de la concurrence de la production. La productible cumulé de ces cinq (05) centrales estimé à l'aide de retcreen pour un ensoleillement moyen de 5,5 kWh/m²/jour est de la production 385 GWh/an.

Ligne de base : Plusieurs initiatives de centrales solaires (Zagtouli, SEMAFO...) cumulant une puissance d'environ 100 MWc sont actuellement dans le pipeline des projets du pays. Les régions concernées sont la Boucle du Mouhoun (Dédougou, 15 MWc), les Cascades (Banfora, 10 MWc), le Centre (Ouagadougou, 20 MWc et 10 MWc), l'Est (Fada N'Gourma, 10 MWc), des Hauts-Bassins (Orodara, 10 MWc), le Nord (Ouahigouya, 10 MWc) et le Sahel (Dori, 15 MWc). Le projet de Zagtouli de 33 MWc vient d'être inauguré. Ces systèmes étant s'intégrer dans dans le réseau électrique (SONABEL). la situation de référence considérée est celle du réseau interconnecté SONABEL dont l'évaluation du facteur

²Étude de faisabilité pour le développement d'un facteur d'émission du réseau électrique régional pour le Système d'Echanges d'Energie Electrique Ouest Africa

³RETScreen® International Centre d'aide à la décision sur les énergies propres - Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Varennes (CTEC) En collaboration avec :NASA, PNUE, GEF. www.etscreen.net.

d'émission établi dans le cadre d'une étude conduite au niveau régional⁴ en 2014 est de 0,588 t_{CO2}/MWh.

Potentiel de réduction des émissions : Sur la base la production annuelle cumulée de 385 GWh/an les émissions épargnées seraient d'environ 250 Gg CO_{2eq}/an.

c. Gazéification de la biomasse

Description du système et réalisation : La gazéification est la conversion d'un combustible solide (biomasse, charbon minéral..) en gaz dans un équipement appelé gazogène. C'est une oxydation partielle de la biomasse à haute température en un gaz. L'opération peut être scindée en 3 phases :

- *le séchage* dans la partie supérieure du gazogène : à partir de la température du milieu, il permet d'évaporer l'humidité résiduelle ;
- *la pyrolyse* : la biomasse solide chauffée à 300-500°C en une quasi absence d'air pyrolyse et produit du charbon, des goudrons et des gaz ;
- *la gazéification* proprement dite : les produits de pyrolyse vont réagir avec l'agent oxydant pour donner un gaz de PCI 5-6 MJ /Nm³ composé de CH₄, CO, H₂, CO₂, N₂ de fines particules de poussières et de goudrons

Le gaz produit peut être utilisé directement sur les moteurs à gaz ou en dual fioul (avec du gasoil) sur des moteurs Diesel pour la production d'électricité. Les rendements de la technologie sont de l'ordre de 1 kWh pour 1 kg de biomasse.

Il est proposé une installation de 5 MW décomposée en 20 Systèmes gazo-électrogènes de 250 kW installés auprès des unités d'égrenage. La biomasse envisagée porte sur les tiges de cotonniers. Ces systèmes seront mis en hybridation réseau pour la consommation propre des unités d'égrenage et l'injection au réseau du surplus.

Ligne de base : Des expériences de production d'électricité par gazéification de la biomasse sont peu nombreuses au Burkina Faso. On peut toutefois mentionner de ATMOSFAIR à Pô (production d'électricité par gazéification des déchets de culture). Une étude de faisabilité conduite en 1999 par L'université Catholique de Louvain la neuve avait démontré la rentabilité de l'expérience. Des travaux pilotes sur la technologie de gazéification sont également menés actuellement au niveau de la recherche à 2iE et à l'IRSAT.). La situation de référence considérée est celle groupe électrogène installée dans l'unité d'égrenage pour assurer les besoins en cas de délestage du réseau. En dual fioul sur groupe Diesel, l'économie de GES est de l'ordre 900 g CO₂/kWh par rapport au système tout gasoil⁵.

Potentiel de réduction des émissions : La quantité totale d'énergie produite par an par l'ensemble des systèmes pour une durée de fonctionnement de 7000h est de 35 GWh. Cette production permettrait d'éviter environ 31 CO_{2eq}/an.

⁴Étude de faisabilité pour le développement d'un facteur d'émission du réseau électrique régional pour le Système d'Echanges d'Énergie Électrique Ouest Africa

⁵ Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF)/ Direction Générale de l'Énergie (DGE) Ministère des Mines des carrières et de l'énergie du Burkina Faso « Etude de faisabilité de production intégrée d'électricité à partir de la biomasse au Burkina Faso » Rapport final décembre 1999

d. Foyers améliorés

Description du système et réalisation : Les foyers améliorés sont des équipements de cuisson dont les performances sont améliorées par rapport au foyer traditionnel. Par rapport au foyer traditionnel à trois pierres qui constitue le foyer à bois le plus utilisé par les ménages au Burkina Faso, les foyers améliorés permettent d'atteindre des économies de bois de l'ordre de 30% à 40%. Dans le pays, les technologies les plus efficaces adaptées aux besoins des ménages nationaux sont celles développées par l'IRSAT et promues sous le Label ROUMDE par FAFASO. Il s'agit des foyers Ouagamétallique, Burkina mixte, Multimarmite, céramique et le Foyer 3PA. Le foyer Ouagamétallique est un foyer mono-marmite et mono-combustible (bois). Le foyer Burkina mixte est un foyer mono-marmite et bicomcombustible (bois ou charbon). Le foyer multimarmite est conçu pour plusieurs tailles de marmite et peut être utilisé avec du bois ou du charbon. Le foyer 3PA est un foyer destiné principalement au milieu rural ; il est fabriqué avec du Banco. D'autres foyers comme les foyers éclairs et des foyers rockets ont été introduits plus récemment dans le pays. Au niveau international, à la faveur de l'Alliance mondiale pour les foyers propres (GACC), de nombreux foyers sont développés pour allier les besoins de performance, de sécurité et de protection de la santé des utilisateurs. Les équipements destinés aux ménages, développent des puissances inférieures à $10 \text{ kW}_{\text{th}}$

Ligne de base : Plusieurs programmes ont initié des actions de promotion de foyers améliorés dont le plus important demeure à ce jour le programme Foyers améliorés au Faso (FAFASO). Dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'action SE4all, il est postulé une perspective de taux d'adoption de 100% en milieu urbain en 2030 avec la diffusion de 6 millions de foyers améliorés métalliques ; Pour le milieu rural la cible est de 3 millions de foyers améliorés Banco pour atteindre un taux d'accès de 65% en 2030. Le foyer de référence considéré est le foyer traditionnel qui a un rendement de l'ordre de 15%

Potentiel de réduction des émissions : Sur la base de la projection de diffusion de foyers améliorés de SE4all, et considérant un rendement moyen de 25% pour les foyers améliorés les émissions évitées de CO_2 ont été évaluées à 29 850 Gg d'ici à 2030 soit un taux moyen de réduction annuelle de 2 132 Gg de CO_2/an .

e. Biogaz pour la production d'électricité

Description du système et réalisation : Le biogaz est le produit de la fermentation de la biomasse par l'action de bactéries méthanogènes anaérobies. La digestion anaérobie est un processus biologique de dégradation qui permet de transformer des substrats organiques complexes en molécules contenant un seul carbone, telles que le méthane (CH_4) et le dioxyde de carbone (CO_2). Le processus se déroule en quatre phases distinctes (Hydrolyse, acidogénèse, acétogénèse et méthanogénèse). Ce processus qui se déroule à l'absence de l'air conduit à la production d'un gaz pouvant contenir plus de 60% de méthane, un gaz combustible. Le pouvoir calorifique inférieur du biogaz varie entre 20 et 30 kJ/m^3 . Le biogaz produit peut alimenter un moteur à gaz ou un moteur gazoil (dual fuel) ou une turbine pour la production d'électricité. Les rendements électriques des systèmes électriques à biogaz

peuvent atteindre 35%. Ces rendements peuvent être améliorés en cogénération dans les sites de production où un besoin de chaleur existe. Il est proposé six (06) installations de systèmes biogaz-électrogènes de 500 kW chacune au voisinage des principaux marchés à bétail. La puissance cumulée est alors de 3 MW. Sur la base de 6000 heures de fonctionnement par an, le productible attendu est de 18 GWh/an.

Ligne de base : Les applications de biogaz ont démarré dans les années 80 avec des installations destinées à la cuisine dans les centres communautaires. A l'époque, une seule installation, située dans le lycée municipal de Boromo était destinée à la production d'électricité. A partir de 200T, une étude de faisabilité initiée par la GTZ⁶ a conduit à la mise en place depuis 2009 d'un programme national Biogaz (PNB) qui met en place sur la base d'un mécanisme à cout partagé des installations de biogaz pour la cuisine et l'éclairage. Pour ce qui concerne la production d'électricité à partir du biogaz, on peut signaler les expériences de FASOBIOGAZ à l'abattoir de Ouagadougou. FASOBIOGAZ a une capacité de 275 kilowatts. L'énergie produite alimentera le réseau de la Société burkinabè d'électricité (SONABEL). Si cette énergie était produite par le réseau interconnecté le facteur d'émission qui serait retenu est de 0,588 t_{CO2}/MWh.

Potentiel de réduction des émissions : La quantité totale d'énergie produite par an par l'ensemble des systèmes pour une durée de fonctionnement de 6000h est de 18 GWh. Cette production permettrait d'éviter environ 11,8Gg CO_{2eq}/an.

f. Centrale hydroélectrique

Description du système et réalisation : L'énergie hydroélectrique ou hydroélectricité est une énergie électrique obtenue par conversion de l'énergie hydraulique des cours d'eau. Dans certains cas, le cours d'eau est barré, de façon à constituer une réserve. L'eau est alors conduite vers l'usine par un canal de dérivation, dont l'extrémité aval est une conduite forcée.

C'est la puissance de l'eau en mouvement qui fait tourner les turbines qui, couplées à un alternateur fournit l'énergie électrique.

Les systèmes disponibles sont capables de convertir l'énergie de l'eau en électricité à un rendement voisin de 90%. L'hydraulique est la première ressource énergétique renouvelable utilisée pour la production d'électricité dans le monde. Dans l'espace CEDEAO, les Centrales hydroélectriques sont regroupées en 5 grandes catégories telles qu'indiquées dans le Tableau 3:

Tableau 3 : Catégorisation des gammes de puissances des centrales hydroélectriques (Source : [baseline survey on small scale hydro-power in the ECOWAS region⁷](#))

Numéro	Energie
Grande hydro	Plus de 100 MW

⁶ Feasibility Study for a National Domestic Biogas Programme in Burkina Faso, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Heinz-Peter Mang, Elisabeth-Maria Huba, Dr. Papa Abdoulaye Fall, Dr. Oumar Sanogo, Gombila Kaboré, Patrick Bracken

⁷ ECOWAS Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency. Baseline survey on small scale hydro-power in ECOWAS region, Mahama Kappiah, Martin Lugmayr, Hedi Feibel, Alois Mhlanga, Aminata Fall, Elayo Hyacinth. (2012)

Moyenne hydro	30MW- 100 MW
Petite hydro	1 MW - 30 MW
Mini hydro	100 kW - 1 MW
Micro hydro	5 kW - 100 kW
Pico hydro	Jusqu'à 5 kW

La quantité d'électricité qui peut être générée dans une centrale hydroélectrique dépend de deux facteurs : La hauteur ou front de chute de l'eau et le débit de l'eau. Les centrales à grande hauteur de chute sont les plus communes. Elles utilisent un barrage surélevé. Ce barrage sert également de réservoir d'eau. Pour ces types de barrage le front de chute peut atteindre et même dépasser 1000 m. Ce type de système est très flexible car il peut être rapidement ajusté à la demande électrique. Les systèmes à faible front de chute sont de l'ordre de quelques mètres. Ils peuvent utiliser des barrages peu élevés ou même fonctionner sans barrage au fil de l'eau. L'inventaire des sites hydrographiques du Burkina Faso réalisé par EDF a permis de retenir environ 70 sites dont le potentiel technique varie entre 6,5 MW et 101,8 MW. La présente proposition est basée sur la réalisation des deux centrales hydroélectriques de Bagré Aval (14 MW) et de la Bougouriba (12MW) dont le potentiel cumulé de productible moyen est de 67,3GWh/an.

Ligne de base : la puissance actuelle installée est de 32 MW. C'est la capacité cumulée de quatre (04) centrales qui sont Kompienga (14 MW), Bagré (16MW), Tourni (0,5 MW) et Niofila (1,5 MW). Cette puissance représentait 9,5% de la puissance totale installée dans le réseau SONABEL en 2015. Si cette énergie était produite par le réseau interconnecté le facteur d'émission serait retenu est de 0,588 t_{CO2}/MWh.

Potentiel de réduction des émissions : La quantité totale d'énergie produite par an étant de 67,3 GWh, la quantité de CO₂ évitée serait de l'ordre 37,6Gg CO_{2eq}/an soit 1 583 Gg CO_{2eq} sur la durée de vie du projet.

g. Chauffe-eau solaire

Description du système et réalisation : Trois éléments de base constituent un chauffe-eau solaire : un capteur solaire thermique, un réservoir de stockage de l'eau chaude et des canalisations avec ou sans pompe de circulation de l'eau entre le collecteur solaire et la réserve d'eau chaude. Le système considéré ici fonctionne par thermosiphon ; il ne dispose donc pas de pompe de circulation. Exposé au solaire le capteur thermique dans lequel se trouve des tubes contenant un fluide caloporteur se chauffe et transmet la chaleur au fluide dont la densité baisse ; il se crée un différentiel de densité entre les parties froides et les parties chaudes du système provoquant un mouvement ascendant du fluide caloporteur. L'eau chaude circule dans les tubes et parvient dans le réservoir où la chaleur est stockée par une isolation adéquate des parois. Cette chaleur est transmise par l'intermédiaire d'un échangeur thermique qui chauffe l'eau d'alimentation du réseau.

Il est supposé que la mise en place d'un mécanisme financier adapté permettra aux ménages à revenus au moins intermédiaires d'accéder aux chauffe-eau solaires. Une subvention et une ligne de crédit bancaire permettraient également de promouvoir cette technologie. Durant la phase de mise en œuvre une cible de 100 000 chauffe-eau solaires de 200 litres est considérée.

Ligne de base : Les chauffe-eau solaire ne sont pas diffusés à grande échelle aujourd'hui à grande échelle en raison des coûts prohibitifs. Seul un nombre limité d'installations est réalisé dans quelques ménages aisés et dans les structures communautaires (Hôtel, Internat...). L'utilisation du GPL est considérée comme ligne de base pour l'évaluation des émissions avec un facteur d'émission de 63,1 tCO₂/TJ.

Potentiel de réduction des émissions : La quantité de CO₂ évitée serait de l'ordre 134,8Gg CO_{2eq}/an.

h. Bus à transit rapide (BRT)

Description du système et réalisation : Le BRT est «un système de transport en commun qui utilise un droit d'usage exclusif de couloirs de voies et qui imite la rapidité et la performance des systèmes de métro, mais qui utilise la technologie de Bus plutôt que la technologie des véhicules ferroviaires» (Wright, 2004)⁸.

Ce système de transport de grande capacité avec des voies réservées aux transports en commun de bus comprend également une combinaison d'infrastructures (gares, terminaux) avec des opérations organisées et des technologies intelligentes pour offrir un service de qualité supérieure au système de transport traditionnel de Bus. Les services mis en place augmentent la vitesse moyenne et assurent le respect des horaires de passage prévus aux arrêts.

Le BRT peut améliorer substantiellement et durablement le système de transport urbain surtout lorsqu'il est combiné à des technologies propres de bus. Il est plus économe en énergie que les voitures particulières et les autobus conventionnels en raison des vitesses plus élevées et de plus grandes capacités des bus

En plus des voies réservées, les avantages offerts par les services du BRT incluent l'embarquement et le débarquement rapides, des transferts gratuits entre les lignes de Bus et le mode paiement rapide des tarifs de Bus, des arrêts de Bus couverts sûrs et confortables, des itinéraires clairs et une signalisation adaptée avec un affichage en temps réel de l'information sur l'itinéraire et la course du Bus.

Par hypothèse, il est proposé que le développement du BRT s'intégrera dans une stratégie globale de promotion de transport en commun avec une réglementation tendant à décourager les modes de transport individuels (limitation du temps et des espaces de parkings pour véhicules particuliers, frais élevés de stationnement en ville, taxation des véhicules âgés à l'import, contrôle du respect des voies réservées...). La mise en œuvre du projet BRT devrait être fondée sur un partenariat public-privé avec un package de fiscalités favorables

⁸Wright, L., L. Fulton, 2005: Climate Change Mitigation and Transport in Developing Nations. Transport Reviews, 25(6), 691-717.

(exonération des droits de douanes pour l'importation des véhicules économes en énergie, tarif préférentiel de carburant, compensation tarifaire pour certaines catégories d'utilisateurs ...).

Ligne de base : Aucune expérience de BRT n'a été mise en œuvre au Burkina Faso. Dans le pays, la forte croissance urbaine est accompagnée par un besoin de mobilité très élevé. En effet à Ouagadougou le besoin se chiffre à 3,7 de déplacements par jour/personne contre 1,2 dans les pays voisins. Cette demande de mobilité n'est pas satisfaite par les transports en commun. En effet la part des Bus dans les moyens de transport urbain est de 0,5%. La population urbaine répond à leur besoin de déplacement par l'utilisation de moyens individuels de déplacement : Vélo (24%), Motocyclette (21%), voitures particulières (3%). Le pays fait face à une explosion des engins à deux roues motorisés. Le parc de deux roues motorisées (cylindrée ≥ 50 cm³) a presque doublé entre 2001 (868 088 engins) et 2015 (1 687 416 engins)⁹. Ne disposant d'aucune données sur l'impact que pourrait avoir ce mode transport dans notre contexte, nous avons considéré les travaux de Wright et Fulton qui indiquent qu'une augmentation de 0 à 5% de la part du BRT dans les modes de transport conduirait à une baisse des émissions de l'ordre de 4% comme base d'évaluation des émissions.

Réduction des émissions : Le plan stratégique de SOTRACO indique que Les émissions de CO₂ de l'ensemble des modes de transport à Ouagadougou, évaluée à 855 tonnes/jour en 2003 atteindra 1958 tonnes/jour en 2015. En prenant une base de 2000 t/jour et en supposant que la part du BRT dans le mode de transport restera dans la tranche de 0 à 5%, nous évaluons la réduction annuelle de 4% des émissions. Cette hypothèse conduit à une réduction de 29,2 Gg CO_{2eq}/an.

i. Biodiesel

Description du système et réalisation : Le Biodiesel est un combustible qui peut être produit à partir des huiles végétales pour substituer une partie du gasoil consommé pour le transport. Il peut être obtenu par la transformation chimique de l'huile avec un alcool en présence d'un catalyseur selon un procédé appelé transestérification. Ce biodiesel est reconnu comme ayant de meilleures caractéristiques de carburant par rapport aux huiles végétales pures. En effet la viscosité du biodiesel est réduite et cela le rend plus adapté à la combustion dans un moteur de type Diesel.¹⁰ Dans le cadre de la présente initiative, il s'agira de transformer une huile végétale, le *Jatropha Curcas L.* (*Physic nut* en Anglais, *Bagani* en Bambara) communément appelé pourghère en Biodiesel. La réaction de transestérification est généralement effectuée dans deux réacteurs en série, de même capacité, avec des temps de séjour optimisés permettant d'obtenir un taux maximum de conversion et une qualité d'esters répondant le mieux possible aux spécifications imposées aux esters carburants. Cette qualité

⁹ Société de Transport en Commun de Ouagadougou (SOTRACO) - Plan stratégique de développement 2016 - 2020. Avril 2015

¹⁰ Stern R., Guibet J.-C., Graille J. (1983). Les huiles végétales et leurs dérivés : carburant de substitution (analyse critique). *Revue de l'Institut Français du Pétrole*. 38(1), p.121-136.

est encore améliorée par lavage à l'eau à contre-courant qui élimine les traces de catalyseur, deglycérine et de méthanol. Enfin, le séchage de l'ester est effectué sous pression réduite entre 40 et 60 mbar à 140 °C. Le Jatropha est originaire d'Amérique du Sud est une plante qui s'adapte aux conditions pédoclimatiques du Burkina Faso. Sous les latitudes du pays la productivité est de l'ordre 400 litres (0,34 TEP) d'huile à l'hectare.

Il est fait l'hypothèse de substituer 1% (4 500 m³) de la consommation nationale en gasoil par le biodiesel produit à partir du Jatropha pour le transport motorisé Diesel. Ce besoin requiert l'ensemencement d'environ 36 000 ha en Jatropha. Il est supposé également que les coûts de production du biodiesel seront tels que le produit demeure compétitif par rapport au gasoil et que la compétition de la plante avec les cultures alimentaires sera limitée. Un marché intérieur devra se développer pour la production de graines de Jatropha dès lors qu'une unité de production de Jatropha sera en voie d'implantation. Il est également supposé que le Biodiesel sera diffusé en blending de 5% (B5) dans les moteurs, configuration qui ne nécessite pas de modification des véhicules.

Ligne de base : Des travaux et initiatives épars ont été engagés au Burkina Faso sur la valorisation des huiles végétales depuis les années 80 avec des essais moteurs utilisant l'huile brute. Des travaux de recherche ont également été conduits pour la maîtrise de l'agronomie du Jatropha. Les expériences d'utilisation énergétiques restent marginales. La production de Biodiesel est quasi-inexistante dans le pays.

Réduction des émissions : Le biodiesel en mélanges de 2 % génère de 1 à 2 % moins d'émissions de GES que le gasoil. Un mélange à 20 % produit 12 à 18 % d'émissions en moins que le gasoil ; nous admettons qu'utilisé en mélange B5, les émissions seront réduites de 3% par rapport au gasoil. Sur la base des 4 500 m³/an, les émissions évitées escomptées sont de 7,2 GgCO₂/an.

j. Tramway

Description du système et réalisation : Les tramways sont des systèmes de transport urbain ou interurbain de masse pouvant transporter près de 7 000 personnes par heure dans un couloir et sont donc adaptés aux itinéraires qui ont moins de voyageurs que les systèmes ferroviaires usuels (trains et métros) mais généralement plus que les systèmes de bus. Ils circulent sur des voies ferrées équipées de rails plats implantés en site propre ou encastrés à l'aide de rails à gorges dans la voirie routière. Le tramway est généralement à traction électrique. Pour sa réalisation au Burkina Faso, nous postulons que le corridor de circulation sera couvert par un système hybride constitué d'une centrale solaire raccordée au réseau électrique et dont la production correspondrait au besoin énergétique du tramway. La mise en œuvre du projet tramway devrait être fondée sur deux mécanismes de partenariat public-privé avec un package de fiscalités favorables (exonération des droits de douanes pour l'importation des trams, des systèmes solaires, subvention tarifaire pour certaines catégories d'usagers ...). Un PPP portera sur la réalisation et la gestion du système de tramway et un autre relatif à la production et la fourniture d'électricité par le système hybride solaire + réseau. La distance planifiée est de 20 km de circulation. La sécurisation du système sera

basée sur une convention de continuité d'approvisionnement énergétique avec la société nationale d'électricité. Le projet a donc deux composantes l'une portant sur les infrastructures de tramway et l'autre sur les infrastructures de production d'électricité solaire raccordée au réseau.

Ligne de base : Il n'existe pas d'expérience de réalisation de Tramway au Burkina Faso. Le transport urbain en forte croissance est satisfait par les deux roues notamment motorisées, les voitures particulières et dans une moindre mesure le transport de masse par Bus. L'hypothèse de mise en œuvre proposée est que le tramway prenne en charge 5% des transports de la ville de Ouagadougou.

Réduction des émissions : Le tramway contribuera à réduire les émissions de CO₂ de 5% sur l'ensemble des modes de transport de la ville. Les projections du plan stratégique de SOTRACO estiment les émissions du transport pour la ville de Ouagadougou seront de l'ordre de 1958 tonnes de CO₂/ jour en 2015. Nous considérons une référence de 2000 tonnes sur lesquelles le tramway 36,7 GgCO₂/an.

k. Bus solaire

Description du système et réalisation : Le bus solaire un bus électrique d'environ 20-30 places ayant une autonomie de l'ordre de 80 à 120 km avec une charge initiale de batterie. Le temps de charge complète de la batterie est généralement inférieur à 8 heures. Le système de charge constitué d'une station qui charge le Bus à l'arrêt ; il est complété par des modules solaires installés sur le toit du Bus. Ces bus n'émettent aucun gaz nocif et n'ont pas de pollution sonore. Leur maintenance est aisée parce qu'il n'y a pas de vidange d'huile. Les coûts d'exploitation et de maintenance sont largement réduits par rapport aux systèmes de bus dotés de moteurs à explosion.

L'hypothèse de réalisation est que le Bus solaire sera utilisé pour le transport des étudiants avec la logique du subventionnement du coût de transport. La mise en œuvre du projet Bus devrait être fondée sur un mécanisme de partenariat public-privé avec un package de fiscalités favorables (exonération des droits de douanes pour l'importation des bus, des systèmes solaires, subvention tarifaire pour les tickets des étudiants ...). Le PPP portera sur la fourniture et la gestion du système de Bus. La distance planifiée par Bus est de 80 km de circulation par jour soit une seule recharge solaire par jour. Il est prévu 225 Bus solaires pour une place totale de 6700 passagers.

Ligne de base : Il n'existe pas d'expérience de réalisation de Bus solaire au Burkina Faso. Le transport urbain en forte croissance est satisfait par les deux roues notamment motorisées, les voitures particulières et dans une moindre mesure le transport de masse par Bus. L'hypothèse de mise en œuvre proposée est que le tramway prenne en charge 5% des transports de la ville de Ouagadougou. Ces bus devraient venir en substitution de 135 Bus en

cours d'acquisition par l'Etat pour le transport des étudiants. Le facteur d'émission considéré est de 118,1 g/passager-km d'émission déterminé pour 46 villes¹¹

Réduction des émissions : Les 225 Bus solaire effectueront chacun 80km/jour et transporteront 27 000 passagers/j. Parce que leurs émissions sont nulles les bus solaires en remplacement des Bus Diesel économiseraient 13,54 GgCO₂/an.

2.4 Critères et processus de priorisation des technologies du secteur

Les critères de priorisation des technologies ont été définis en atelier avec le groupe de travail sectoriel Energie y compris le transport. Les critères retenus l'ont été sur la base de leur potentialité d'influencer positivement le développement économique, social et environnemental du Burkina Faso à travers la considération de trois (03) grands domaines que sont le développement durable, la diffusion de la technologie, l'impact sur le climat. Ces domaines sont présentés ci-dessous avec les critères associés:

- Développement durable

- **Développement économique** : ce critère est considéré sous l'angle que la technologie a de contribuer à l'amélioration de l'économie nationale, à son aptitude à créer des emplois et à permettre la valorisation des ressources locales.
- **Développement social** : les éléments importants retenus pour ce critère est la propension de la technologie à réduire la pauvreté, l'inéquité et à avoir un faible impact sur la santé des populations.
- **Développement environnemental** : C'est la préservation de l'environnement et de la biodiversité qui ont été privilégiés pour ce critère ;

- Diffusion de la technologie

- **Coûts** : Le cout d'investissement initial et le coût d'opération sont les deux éléments qui contribuent à la formation de ce critère.
- **Maturité** : Le niveau de maturité technologique a été évalué sous le double aspect de la fiabilité et de la maitrise de la technologie
- **Potentiel** : C'est la capacité de dupliquer la technologie à d'autres échelles qui a été considérée.

- Impact sur le climat

- **Emissions de GES** : les deux éléments considérés pour ce critère sont le potentiel de réduction des émissions sur la durée de vie de la technologie et le coût de la tonne de CO₂ évité.

¹¹Jeffrey R Kenworthy & Felix B Laube, An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990, University Press of Colorado, Boulder, 1999. In In GEF and UNEP published TNA Guidebook Series Technologies for Climate Change Mitigation - Transport Sector -March 2011

Des poids d'importance ont été définis par les experts pour chaque domaine, et les critères et indicateurs associés.

Ainsi le Tableau 4 ci-après présente les critères retenus, les indicateurs associés et le niveau préférée chaque indicateur. Ce sont les mêmes critères et pondérations qui ont été retenus à la fois pour le secteur de l'énergie et celui du transport

Tableau 4 : Critères et coefficients de pondération

Domaine	Critères	Indicateurs	Niveau préféré de la Valeur
Développement durable (50%)	Développement économique (1/3)	Contribution à l'économie nationale (1/4)	Haute
		Potentiel de création d'emplois (1/2)	Haute
		Valorisation des matières premières locales (1/4)	Haute
	Développement social (1/3)	Réduction de la pauvreté (1/3)	Haute
		Réduction de l'inéquité (1/3)	Haute
		Impact positif sur la santé (1/3)	Haute
	Développement environnemental (1/3)	Protection de l'environnement (2/3)	Haute
Préservation de la biodiversité (1/3)		Haute	
Diffusion de la technologie (20%)	Coûts (1/2)	Investissement initial (2/3)	Basse
		Coût d'exploitation (1/3)	Basse
	Maturité (1/4)	Fiabilité (1/3)	Haute
		Niveau de maîtrise de la technologie (2/3)	Haute
	Potentiel (1/4)	(1)	Haute
Impact sur le climat (30%)	Emissions de GES	Potentiel de réduction des émissions (1/2)	Haute
		Coût de CO ₂ évité (1/2)	Basse

Pour le secteur de l'énergie les technologies ont été notées avec ces critères pour établir le Tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Notation des indicateurs des technologies du secteur de l'énergie

		Toits solaire PV/SHS	Centrales PV solaires réseau	gazéification pour la production d'électricité	Foyers améliorés	biogaz pour la production d'électricité	centrales hydroélectriques	Chauffes eau solaires
Critères	Indicateurs							
Développement économique	Contribution à l'économie nationale	3	3	3	2	2	3	1
	Potentiel de création d'emplois	3	1	2	3	2	1	1
	Valorisation des matières premières locales	1	1	3	2	2	1	1
Développement social	Réduction de la pauvreté	1	1	2	3	2	2	1
	Réduction de l'inégalité	2	2	1	3	1	1	1
	Impact sur la santé	3	3	2	2	3	3	3
Développement environnemental	Protection de l'environnement	2	2	2	3	2	2	3
	Préservation de la biodiversité	3	3	2	3	3	1	3
Coûts	Investissement initial euro/kW	2061	1120	1400	1,3	4573	8062,57	428,6
	Coût d'exploitation (Euro/MWh)	11,76	12,94	64,2	18,3	176	1,78	5,1
Maturité	Fiabilité	3	3	2	3	2	3	3
	Niveau de maîtrise de la technologie	2	1	1	3	1	3	3
Potentiel		2	1	1	3	1	1	1
Emissions de GES	Potentiel de réduction des émissions sur la durée de vie du système (Gg CO2)	275	6 250,0	790,0	29 850	176,4	1 583,0	3840
	Coût de CO2 évité (euro/tCO2)	75	44,8	9,5	0,9	38,9	132,4	39,1

Avant de parvenir à la pondération des notes affectées toutes les notes ont été normalisées à l'unité par les relations suivantes :

$$Y_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \text{ pour les notes dont les valeurs hautes sont préférées.}$$

$$Y_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} \text{ pour les notes dont les valeurs basse sont préférées.}$$

Cette opération sur les indicateurs a été réalisée sur les quinze (15) indicateurs sur une feuille Excel annexe hors de l'outil MCA car ce dernier n'autorise que douze (12) catégories de critère. Les résultats du traitement sont présentés dans Tableau 6.

Tableau 6 : Valeurs normalisées des indicateurs des technologies du secteur de l'énergie

Indicateurs	Toits solaire PV/SHS	Centrales PV solaires réseau	gazéification pour la production d'électricité	Foyers améliorés	biogaz pour la production d'électricité	centrales hydroélectriques	Chauffes eau solaires
Contribution à l'économie nationale	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	0,00
Potentiel de création d'emplois	1,00	0,00	0,50	1,00	0,50	0,00	0,00
Valorisation des matières premières locales	0,00	0,00	1,00	0,50	0,50	0,00	0,00
Réduction de la pauvreté	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,00
Réduction de l'inéquité	0,50	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Impact sur la santé	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
Protection de l'environnement	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
Préservation de la biodiversité	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,00	1,00
Investissement initial	0,74	0,86	0,83	1,00	0,43	0,00	0,95
Coût d'exploitation	0,94	0,94	0,64	0,91	0,00	1,00	0,98
Fiabilité	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
Niveau de maîtrise de la technologie	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
1	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Potentiel de réduction des émissions	0,00	0,20	0,02	1,00	0,00	0,05	0,12
Coût de CO ₂ évité	0,44	0,67	0,93	1,00	0,71	0,00	0,71

Ces données ont permis d'établir les valeurs pondérées pour chaque critère dans le Tableau 7 ci-après :

Tableau 7 : Notes pondérées des technologies du secteur de l'Energie

Critères	Toits solaire PV/SHS	Centrales PV solaires reseau	gazéification pour la production d'électricité	Foyers améliorés	biogaz pour la production d'électricité	centrales hydroélectriques	Chauffe eau solaires
Développement économique	0,75	0,25	0,75	0,75	0,50	0,25	-
Développement social	0,50	0,50	0,17	0,67	0,50	0,50	0,33
Développement environnemental	0,33	0,33	0,17	1,00	0,33	-	1,00
Coûts	0,84	0,90	0,73	0,95	0,22	0,50	0,96
Maturité	0,67	0,33	-	1,00	-	1,00	1,00
Potentiel	0,50	-	-	1,00	-	-	-
Potentiel de réduction des émissions sur la durée de vie du système (Gg CO2)	0,00	0,20	0,02	1,00	-	0,05	0,12
Coût de CO2 évité (euro/tCO2)	0,44	0,67	0,93	1,00	0,71	-	0,71

Ce sont ces valeurs de critères qui ont été intégrées dans l'outil d'évaluation multicritère pour la détermination des trois (03) technologies sélectionnées dans le domaine de l'énergie telles que présentées dans Tableau 8:

Tableau 8 : Résultat de la priorisation des technologies du secteur de l'énergie

Rang	Option	Score pondéré
1	Foyers améliorés	53,6
2	centrales hydroélectriques	52,2
3	toits solaire PV/SHS	48,1
4	biogaz pour la production d'électricité	43,2
5	Centrales PV solaires	27,5
6	gazéification pour la production d'électricité	22,9
7	Chauffe eau solaires	20,5

La même démarche a permis d'établir les résultats suivants pour les technologies du secteur du transport.

Les technologies du secteur de transport ont été notées avec ces critères pour établir le Tableau 9 suivant :

Tableau 9 : Notation des indicateurs des technologies du secteur du transport

		Biodiesel	BRT	Bus solaire	Tramway
Critères	Indicateurs				
Développement économique	Contribution à l'économie nationale	3	2	1	2
	Potentiel de création d'emplois	3	2	1	2
	Valorisation des matières premières locales	3	1	2	2
Développement social	Réduction de la pauvreté	3	1	1	1
	Réduction de l'inégalité	2	1	1	1
	Impact sur la santé	2	3	3	3
Développement environnemental	Protection de l'environnement	2	1	3	3
	Préservation de la biodiversité	1	1	3	2
Coûts	Investissement initial euro/km-passager	2,6	1,8	3,98	12,254
	Coût d'exploitation (Euro/km-passager)	13,8	0,0004	0,000002	0,0149
Maturité	Fiabilité	3	3	1	3
	Niveau de maîtrise de la technologie	2	1	1	1
Potentiel		2	1	1	1
Emissions de GES	Potentiel de réduction des émissions sur la durée de vie du système (Gg CO2)	143,75	438,0	162,4	1 460,0
	Coût de CO2 évité (euro/tCO2)	7	102,3	52,9	221,8

Les valeurs normalisées des indicateurs des technologies du secteur du transport sont données dans le tableau

	Biodiesel	BRT	Bus solaire	Tramway
Contribution à l'économie nationale	1,00	0,50	0,00	0,50
Potentiel de création d'emplois	1,00	0,50	0,00	0,50
Valorisation des matières premières locales	1,00	0,00	0,50	0,50
Réduction de la pauvreté	1,00	0,00	0,00	0,00
Réduction de l'inégalité	1,00	0,00	0,00	0,00
Impact sur la santé	0,00	1,00	1,00	1,00
Protection de l'environnement (2/3)	0,50	0,00	1,00	1,00
Préservation de la biodiversité (1/3)	0,00	0,00	1,00	0,50
Investissement initial (2/3)	0,92	1,00	0,79	0,00
Coût d'exploitation (1/3)	0,00	1,00	1,00	1,00
Fiabilité (1/3)	1,00	1,00	0,00	1,00
Niveau de maîtrise de la technologie (2/3)	1,00	0,00	0,00	0,00
Potentiel	1,00	0,00	0,00	0,00
Potentiel de réduction des émissions (1/2)	0,00	0,22	0,01	1,00
Coût de CO2 évité (1/2)	1,00	0,56	0,79	0,00

Les notes pondérées des critères des technologies du secteur du transport sont présentées dans le Tableau 10

Tableau 10 :Notes pondérées des technologies du secteur du transport

	Biodiesel	BRT	Bus solaire	Tramway
Développement économique	1,00	0,38	0,13	0,50
Développement social	0,67	0,33	0,33	0,33
Développement environnemental	0,33	-	1,00	0,83
Coûts	0,46	1,00	0,90	0,50
Maturité	1,00	0,33	-	0,33
Potentiel	1,00	-	-	-
Emissions de GES	-	0,22	0,01	1,00

Le résultat final de l'analyse multicritère du secteur de transport est donné dans le Tableau 11

Tableau 11 : Résultat de la priorisation des technologies du secteur du transport

Rang	Option	Score pondéré
1	Tramway	53,4
2	Biodiesel	48,9
3	Bus solaire	28,2
4	BRT	26,4

Conclusion.

Au bout de la démarche d'évaluation des besoins technologiques, les trois (03) technologies retenues dans le secteur de l'énergie sont :

- Foyers améliorées
- Centrales hydroélectriques
- Toits solaire PV/SHS

Dans le secteur du transport, les trois (03) technologies retenues sont :

- Tramway
- Biodiesel
- Bus solaire

Ces technologies devront faire l'analyse des barrières en vue de l'établissement d'un plan d'action pour leur déploiement.

Bibliographie

1. Burkina Faso - Plan national de développement économique et Social PNDES 2016-2020
2. Burkina Faso/ SP CONGESE - Communication nationale Décembre 2001
3. ECOWAS Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency. Baseline survey on small scale hydro-power in ECOWAS region, Mahama Kappiah, Martin Lugmayr, Hedi Feibel, Alois Mhlanga, Aminata Fall, Elayo Hyacinth. (2012)
4. Étude de faisabilité pour le développement d'un facteur d'émission du réseau électrique régional pour le Système d'Echanges d'Energie Electrique Ouest Africa
5. Facilité d'Assistance Technique Energie Durable pour Tous(SE4ALL).Plan d'action national SE4ALL. Rapport final Burkina Faso 2014
6. Feasibility Study for a National Domestic Biogas Programme in Burkina Faso, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Heinz-Peter Mang, Elisabeth-Maria Huba , Dr. Papa Abdoulaye Fall, Dr. Oumar Sanogo, Gombila Kaboré, Patrick Bracken
7. <http://www.climatetechwiki.org/>
8. INDC, Burkina Faso Septembre 2015
9. Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF)/ Direction Générale de l'Energie (DGE) Ministère des Mines des carrières et de l'énergie du Burkina Faso « Etude de faisabilité de production intégrée d'électricité à partir de la biomasse au Burkina Faso » Rapport final décembre 1999.
10. Jeffrey R Kenworthy & Felix B Laube, An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990, University Press of Colorado, Boulder, 1999. In In GEF and UNEP published TNA Guidebook Series Technologies for Climate Change Mitigation - Transport Sector -March 2011
11. Lebanon Republic, Ministry of Environment Lebanon – UNEP – GEF – Lebanon Technologies Need Assessment for climate December 2012
12. MEDD, 2014 : Rapport final des projets du PANA, Mars 2014
13. Ministère de l'Environnement et des Ressources Halieutiques/ Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable/ projet «consolidation de la gouvernance environnementale locale / Cadre National des Mesures Appropriées d'Atténuation du Burkina Faso - Rapport Final - janvier 2016
14. MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE du Mali /AGENCE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE - EVALUATION DES BESOINS EN TECHNOLOGIES ET - PLANS D' ACTIONS TECHNOLOGIQUES POUR L'ATTENUATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
15. Ministère des Infrastructures et du Désenclavement/Ministère des Transports : actualisation de la stratégie de développement du secteur des transports au Burkina Faso/Juillet 2011
16. MME, Politique sectorielle énergie 2013-2025, octobre 2013
17. RETScreen® International Centre d'aide à la décision sur les énergies propres - Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Varennes (CTEC) En collaboration avec :NASA, PNUE, GEF. www.etscreen.net.
18. Société de Transport en Commun de Ouagadougou (SOTRACO) - Plan stratégique de développement 2016 -2020. Avril 2015
19. SP/CONEDD :deuxième communication nationale du Burkina Faso sur les changements climatique
20. Stern R., Guibet J.-C., Graille J. (1983). Les huiles végétales et leurs dérivés : carburant de substitution (analyse critique). *Revue de l'Institut Français du Pétrole*. 38(1), p.121-136.

21. UNDP- UNFCCC Handbook for conducting Technology Needs Assessment for climate change, November 2010
22. UNEP DTU Partnership Subash Dhar, Denis Desgain and Rasa Narkeviciute - Identifying and prioritising technologies for mitigation - A hands on guidance to multi-criteria analysis (MCA) - September 2015
23. William Flora Hewlett Foundation – GEF – GTZ - UNEP – VIVA Cities for people – ITDP - Bus rapid Transit Planning Guide June 2007
24. Wright, L., L. Fulton, 2005: Climate Change Mitigation and Transport in Developing Nations. Transport Reviews, 25(6), 691-717.

Annexe I: Fiche technique des technologies sélectionnées

Fiche technologique d'atténuation

Bus solaire

Secteur	Energie / Transport
Nom de la Technologie	Bus solaire
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Ces émissions sont dominées celles par du sous-secteur du transport qui avec 776,4 Gg CO ₂ eq représentent 59,7% des émissions du secteur de 2007.
Introduction	<p>Au Burkina Faso, le taux de croissance démographique est 3,1% par an auquel il faut associer une urbanisation galopante. La population de capitale estimée 2 140 920 habitants augmente de 7,5% par an. Cette forte croissance urbaine est accompagnée par un besoin de mobilité très élevé. En effet à Ouagadougou le besoin se chiffre à 3,7 de déplacements par jour/personne contre 1,2 dans les pays voisins. Cette demande de mobilité n'est pas satisfaite par les transports en commun. En effet la part des Bus dans les moyens de transport urbain est de 0,5%. La population urbaine répond à leur besoin de déplacement par l'utilisation de moyens individuels de déplacement : Vélo (24%), Motocyclette (21%), voitures particulières (3%).</p> <p>Le pays fait face à une explosion des engins à deux roues motorisés. Le parc de deux roues motorisées (cylindrée ≥ 50 cm³) a presque doublé entre 2001 (868 088 engins) et 2015 (1 687 416 engins). Cette situation crée des effets néfastes sur la sécurité et l'environnement. Le document d'actualisation de la stratégie de développement du secteur des transports au Burkina Faso¹² prévoit l'introduction de modes de transport en commun supérieurs.</p> <p>Par ailleurs le discours de politique générale du Premier Ministre du Burkina Faso à l'Assemblée nationale en 2016, mentionne que Le Gouvernement mettra un accent particulier sur l'amélioration du transport urbain dans les deux villes principales que sont Ouagadougou et Bobo-Dioulasso et dans les villes moyennes, pour mieux répondre aux attentes des citadins, notamment de la frange jeune (élèves, étudiants), des personnes âgées et des personnes vivant avec un handicap. Dans le souci d'accroître le parc de bus pour faciliter le déplacement des étudiants l'Etat burkinabè a engagé un projet d'acquisition de 135 Bus totalisant 6734 places.</p>

¹² Actualisation de la stratégie de développement du secteur des transports au Burkina faso- Ministère des infrastructures des transports et du Désenclavement (MITDRapport final des Transports au Burkina Faso Juillet 2011

Brève description de la technologie	Le bus solaire un bus électrique d'environ 20-30 places ayant une autonomie de l'ordre de 80 à 120 km avec une charge initiale de batterie. Le temps de charge complète de la batterie est généralement inférieur à 8 heures. Le système de charge constitué d'une station qui charge le Bus à l'arrêt ; il est complété par des modules solaires installés sur le toit du Bus. Ces bus n'émettent aucun gaz nocif et n'ont pas de pollution sonore. Leur maintenance est aisée parce qu'il n'y a pas de vidange d'huile. Les coûts d'exploitation et de maintenance sont largement réduits par rapport aux systèmes de bus dotés de moteurs à explosion.
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et réglementaires nécessaires	Il est fait l'hypothèse que le Bus solaire sera utilisé pour le transport des étudiants avec la logique du subventionnement du coût de transport. La mise en œuvre du projet Bus devrait être fondée sur un mécanisme de partenariat public-privé avec un package de fiscalités favorables (exonération des droits de douanes pour l'importation des bus, des systèmes solaires, subvention tarifaire pour les tickets des étudiants ...). Le PPP portera sur la fourniture et la gestion du système de Bus. La distance planifiée par Bus est de 80 km de circulation par jour soit une seule recharge solaire par jour. Le projet Bus prévoit 135 Bus cumulant plus de 6700 places. En raison de la taille des Bus solaires qui est de 30 passagers par voyage, il faudrait 225 Bus solaires pour assurer le même service.
Réduction des émissions de GES	Il est fait l'hypothèse que les Bus solaires prendront en charge la totalité des déplacements prévus pour le transit des universitaires par 135 Bus tels que prévus par le projet BUS ¹³ des transports de la ville de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso. Cela contribuera à réduire les émissions de véhicules dotés de moteurs à combustion interne. Les émissions évitées ont été évaluées sur la base de 80 km par véhicules solaires par jour soit un total d'environ 5 400 000 km/an (300 jours/an) pour les 225 Bus. Sur la base d'une durée de vie de 12 ans ¹⁴ la quantité d'émissions de gaz à effet de serre évitée a été calculée à partir du facteur 118,1 g/passager-km d'émission déterminé pour 46 villes ¹⁵ et s'établit à 162,4 Gg.
Cout d'investissement	

¹³ Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique et de l'Innovation. Projet BUS

¹⁴ Centrale d'achat de transport Public « Etude comparative de différentes motorisations de bus » Juin 2016

¹⁵ Jeffrey R Kenworthy & Felix B Laube, An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990,

University Press of Colorado, Boulder, 1999. In In GEF and UNEP published TNA Guidebook Series Technologies for Climate Change Mitigation - Transport Sector - March 2011

Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation	Le cout d'investissement de référence de \$45 000/bus ¹⁶ (38 200 €) a été considéré. C'est le cout annoncé par la compagnie ougandaise Kira motors pour ses prototypes de Kayoola Solar Bus. Ce cout est proche cout de 36 000 € indiqué pour le projet de Bus solaire de Marakech au Maroc. ¹⁷ Pour ce qui concerne les couts d'exploitation la valeur de nous considérons 3% du cout d'investissement /an. P
Indication des impacts	
Priorités de développement social du pays	La réduction des émissions des gaz à effet de serre et de la pollution liée au transport pourrait contribuer à la réduction des maladies respiratoires qui demeurent la 2 ^{ème} cause de consultation médicale après le paludisme. L'amélioration des moyens de transport collectif offre également un potentiel de réduction des accidents de la route, des nuisances sonores. Par ailleurs c'est une opportunité d'apaisement du climat social dans les universités du pays qui est fortement dégradé avec les retards académiques et la vétusté des infrastructures universitaires
Priorités de développement économiques du pays	L'amélioration du trafic estudiantin est une opportunité de d'amélioration des conditions de vie académique et d'améliorer la qualité des services offerts aux étudiants. Le Bus solaire conduirait à réduire les quantités de carburant utilisé par étudiant par déplacement ce qui réduirait la part du budget universités consacrée au transport et réduirait la sortie de devises pour l'achat des produits pétroliers. Le projet contribuera à l'amélioration du transport public pourrait être amélioré. Le développement du Bus solaire contribuerait à la <i>création d'emplois direct (chauffeurs, opérateurs...) ou indirect (maintenancier, prestataire externes de ventes de billets...)</i>
Priorités environnementales du pays	Le Bus solaire est relativement respectueux de l'environnement en ce sens qu'il n'émet pas d'émissions de GES de NOx et de SO ₂ par rapport au système classique de transport (voitures, bus)
Autres considérations	-

¹⁶ <http://edition.cnn.com/2016/02/15/africa/africa-solar-bus-kiira-uganda/index.html>

¹⁷ <http://www.lefigaro.fr/flash-eco/2017/09/27/97002-20170927FILWWW00158-une-flotte-de-bus-electrique-a-marrakech.php>

Fiche technologique d'atténuation

Biodiesel pour le transport

Secteur	Energie / Transport
Nom de la Technologie	Biodiesel pour le transport
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Ces émissions sont dominées celles par du sous-secteur du transport qui avec 776,4 Gg CO ₂ equreprésentent 59,7% des émissions du secteur de 2007.
Introduction	Le Burkina Faso ne dispose pas de réserves fossiles connues. Toute la consommation nationale en hydrocarbure est importée. Selon les données de la société nationale d'hydrocarbure (SONABHY) le gasoil, avec 447329 m ³ importé en 2014, représente 39% des volumes d'hydrocarbures importés. Sa consommation nationale a presque quadruplé de 2004 à 2014. Le Biodiesel est un combustible qui peut être produit à partir des huiles végétales pour substituer une partie du gasoil consommé pour le transport.
Brève description de la technologie	La présente fiche décrit la production de biodiesel pour la motorisation des véhicules de transport Diesel. Le biodiesel peut être obtenu par la transformation chimique de l'huile avec un alcool en présence d'un catalyseur selon un procédé appelé transestérification. Ce biodiesel est reconnu comme ayant de meilleures caractéristiques de carburant par rapport aux huiles végétales pures. En effet la viscosité du biodiesel est réduite et cela le rend plus adapté à la combustion dans un moteur de type Diesel. ¹⁸ Dans le cadre de la présente initiative, il s'agira de transformer une huile végétale, le <i>Jatropha Curcas L.</i> (Physic nut en Anglais, Bagani en Bambara)communément appelé pourghère en Biodiesel. La réaction de transestérification est généralement effectuée dans deux réacteurs en série, de même capacité, avec des temps de séjour optimisés permettant d'obtenir un taux maximum de conversion et une qualité d'esters répondant le mieux possibleaux spécifications imposées aux esters carburants. Cette qualité est encore améliorée par lavage à l'eau à contre-courant qui élimine les traces de catalyseur, deglycérine et de méthanol. Enfin, le séchage de l'ester est effectué sous pression réduite entre 40 et 60 mbar à 140 °C.Le <i>Jatropha</i> est originaire d'Amérique du Sud est une plante qui s'adapte aux conditions pédoclimatiques du Burkina Faso. Sous les latitudes du pays la

¹⁸Stern R., Guibet J.-C., Graille J. (1983). Les huiles végétales et leurs dérivés : carburant de substitution (analyse critique). *Revue de l'Institut Français du Pétrole*. 38(1), p.121-136.

	productivité 400 litres (0,34 TEP) d'huile à l'hectare.
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et réglementaires nécessaires	Il est fait l'hypothèse de substituer 1% (4 500 m ³) de la consommation nationale en gasoil par le biodiesel produit à partir du jatropha pour le transport motorisé Diesel. Ce besoin requiert l'emblavement d'environ 36 000 ha en Jatropha (la surface actuellement emblavée est de l'ordre de 81 000 ha). Il est supposé également que les coûts de production du biodiesel seront tels que le produit demeure compétitif par rapport au gasoil et que la compétition de la plante avec les cultures alimentaires sera limitée. Il est supposé qu'un marché intérieur se développera pour la production de graines de jatropha dès lors qu'une unité de production de jatropha sera en voie d'implantation. Il est également supposé que le Biodiesel sera diffusé en blending de 5% (B5) dans les moteurs, configuration qui ne nécessite pas de modification des véhicules. Il est proposé que SONABHY soit la structure chargée de stocker et faire les mélanges de Biodiesel que les marketers de la place en assurent la distribution
Réduction des émissions de GES	Les biodiesel en mélanges de 2 % génère de 1 à 2 % moins d'émissions de GES que le gasoil (de la culture d'oléagineux, ou de, à la fabrication et à l'utilisation dubiodiesel). Un mélange à 20 % produit 12 à 18 % d'émissions en moins que le gasoil ; nous admettrons qu'utilisé en mélange B5, les émissions seront réduites de 3% par rapport au gasoil. Sur cette base les émissions évitées seront de 7,2 GgCO ₂ /an. Sur la durée de vie d'une usine de production estimée à 20 ans, les émissions réduites sont de
Cout d'investissement	
Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation	Le coût d'investissement d'une usine de biodiesel pour une capacité de raffinage de 4 500 m ³ /an a été évalué à 1 million euro ¹⁹ . Ce cout n'intègre pas les coûts de mise en place des 36 000 ha de jatropha. Un coût de fonctionnement de 13,8 €/km-passager a été établi à partir de l'étude diagnostic des biocarburants ²⁰ au Burkina et des données d'exploitation de SOTRACO ²¹ . Sur la base d'une durée de vie de 20 ans, Le coût d'investissement initial par tonne de CO _{2eq} est estimé à 7 euro/tCO ₂
Indication des impacts	
Priorités de développement social du pays	Le développement de cette filière permettra de créer des revenus nouveaux pour les agriculteurs burkinabè pour peu que les questions de sécurité alimentaires soient réglées. La sécurité de l'approvisionnement énergétique sera renforcée.
Priorités de	La <i>création d'emplois direct ou indirect</i> pourrait être facilitée en

¹⁹Evaluation faite à partir des données de « La production de biocarburant dans les milieux ruraux du Québec ; Centre d'expertise sur les produits agroforestiers ; mai 2008»

²⁰Rapport diagnostic actualisé de la filière agrocarburant à base de Jatropha curcas L. au Burkina Faso, MEMC – mai 2016

²¹SOTRACO - Société de Transport en Commun de Ouagadougou. Elaboration du Plan stratégique de développement 2016 -2020. Avril 2015

développement économiques du pays	raison d'opportunités nouvelles qui pourraient du côté de la production, du transport, de la distribution du biodiesel. <i>La sortie des devises</i> pour l'importation des produits pétroliers sera contenue. <i>Le Coût du transport</i> pourrait être réduit si la filière est compétitive avec la filière gasoil ce
Priorités environnementales du pays	Le Biodiesel est relativement respectueux de l'environnement en ce sens qu'il réduit les émissions de GES et de SO ₂ . Pour ce qui concerne les NO _x il faudrait une étude plus approfondie au niveau de la culture de <i>Jatropha</i> pour établir les données
Autres considérations	-

Fiche technologique d'atténuation

Production d'électricité par biogaz

Secteur/Sous-secteur	Energie / Production d'électricité
Nom de la Technologie	Production d'électricité par biogaz
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Les émissions dues aux industries énergétiques ont été de 349,2 Gg CO ₂ eq pour la même période (26,9%).
Introduction	L'élevage occupe la 3 ^{ème} place des produits d'exportation du Burkina Faso après l'or et le coton. Ce sous-secteur contribue pour plus de 18% à la création de richesse du pays. Le cheptel du Burkina Faso comporte plus de 8 millions de bovins et plus d'une dizaine de marchés de collecte ou d'exportation. En stationnement dans ces parcs de productions, de collecte ou d'exportation, le bétail fournit d'importantes quantités de résidus fécaux ayant un potentiel de valorisation énergétique. En effet, cette ressource peut être convertie en biogaz qui peut être transformé en électricité par l'intermédiaire de moteurs à combustion interne. Cette fiche technique vise la production d'électricité à partir du biogaz produit par les bouses de vaches des marchés à bétail du Burkina Faso
Brève description de la technologie	Le biogaz est le produit de la fermentation de la biomasse par l'action de bactéries méthanogènes. anaérobies. La digestion anaérobie est un processus biologique de dégradation qui permet de transformer des substrats organiques complexes en molécules contenant un seul carbone, telles que le méthane (CH ₄) et le dioxyde de carbone (CO ₂). Le processus se déroule en quatre phases distinctes (Hydrolyse, acidogénèse, acétogénèse et méthanogénèse). Ce processus qui se déroule à l'absence de l'air conduit à la production d'un gaz pouvant contenir plus de 60% de méthane, un gaz combustible. Le pouvoir calorifique inférieur du biogaz varie entre 20 et 30 kJ/m ³ . Le biogaz produit peut alimenter un moteur à gaz ou un moteur gasoil (dual fuel) ou une turbine pour la production d'électricité. Les rendements électriques des systèmes électriques à biogaz peuvent atteindre 35%. Ces rendements peuvent être améliorés en cogénération dans les sites de production où un besoin de chaleur existe.
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels règlementaires nécessaires	Jusqu'à très récemment le biogaz était prioritairement réservé aux applications thermiques notamment la production de chaleur pour la cuisine dans les ménages ou les centres communautaires. Le pays à travers sa politique sectorielle de l'énergie et son plan d'action et à travers le programme SE4all, a pris l'engagement de positionner les énergies renouvelables. Le pays à travers sa politique sectorielle de l'énergie et son plan

	<p>d'action et à travers le programme SE4all, a pris l'engagement de positionner les énergies renouvelables comme sources alternatives d'électrification du pays. Pour ce qui concerne la production d'électricité à partir de la biomasse, on peut signaler les expériences de FASOGAZ à l'abattoir de Ouagadougou (Production d'électricité par biogaz) ou de ATMOSFAIR à Pô (production d'électricité par gazéification des déchets de culture). La ressource visée dans le cadre de la présente est la bouse de vache dans les parcs de stationnement du bétail sur les itinéraires de commercialisation du bétail (marchés à bétail).</p> <p>En dehors de la ville de Ouagadougou qui abrite une installation de production d'électricité par biogaz, il est attendu que le concept s'étende aux marchés de Pouytenga, de Djibo, de Bobo-Dioulasso, de Fada N'Gourma, de Gorom-Gorom et de Kaya qui disposent d'un potentiel important de ressources avec une proximité du réseau électrique. Ces six (6) sites devront abriter une installation de 250 kW. Il est fait l'hypothèse que les ressources en bouse de vaches de ces marchés permettraient un fonctionnement à la puissance nominale pendant de 6000h/an pour chaque système.</p> <p>Il est attendu que le pays mette en place un tarif d'injection au réseau afin de permettre aux acteurs du projet de revendre le surplus de l'électricité générée à la SONABEL. L'Etat devra également mettre en place des normes d'installation de systèmes raccordés au réseau. De plus une structure de contrôle qualité devra être mise en place. Nous postulons que pour garder la sécurité de la fourniture d'électricité, le système dual fuel sera développé pour qu'en cas de rupture en tiges de cotonniers, le gasoil puisse être utilisé pour la production d'électricité. Il est proposé une installation de 3 MW décomposée en 6 Systèmes biogaz-électrogènes de 500 kW installés dans les marchés à bétail. Il est attendu que la réglementation évolue pour mettre en place un tarif d'injection au réseau afin de permettre aux acteurs du projet de vendre l'électricité générée à la SONABEL. L'Etat devra mettre en place des normes d'installation de systèmes raccordés au réseau. De plus une structure de contrôle qualité devra être mise en place.</p>
<p>Reduction des émissions de GES</p>	<p>En fonctionnement, le système biogaz – groupe électrogène émet du CO₂ qui, en raison de son origine biogénique présente une neutralité sur le plan du bilan carbone. L'installation des 3 MWc conduirait à la production 18 GWh/an. Si ce projet n'est pas mis en œuvre il est fort probable que les consommateurs qui veulent assurer une continuité du service électrique en dépit des délestages achèteront des groupes électrogènes qui fonctionneront uniquement en période de délestage. Le réseau SONABEL sera alors soulagé de 18MWh par son mode de</p>

	production actuel. Les évaluations du facteur d'émission régional ²² ont fourni en 2014 un facteur d'émission de 0,588 t _{CO2} /MWh. En supposant un taux de pertes techniques et de distribution de 10%, les émissions épargnées seraient d'environ 11,8Gg CO _{2eq} /an
Cout d'investissement	
Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation	Les coûts de réalisation estimés à partir des éléments des projet FASOGAZ ²³ et de l'étude DAFANI ²⁴ ont permis d'évaluer l'investissement à 4,6 euro/W. Sur la base d'une durée de vie de 25 ans, Le coût d'investissement initial par tonne de CO _{2eq} est estimé 23 300 euro/tCO ₂
Indication des impacts – Comment cette option impacte les priorités de développement du pays	
Priorités de développement social du pays	La mise en œuvre de ce programme accroîtra la capacité installée de 3 MW de la société nationale de distribution d'électricité. Ce qui permettra d'améliorer le niveau d'électrification surtout rurale du pays. La réalisation du projet créera des emplois au niveau des installateurs et des maintenanciers du solaire. L'assurance d'une continuité de service électrique permettra d'améliorer les cadres des ménages et d'anticiper les problèmes d'insécurité liés à l'absence d'éclairage. La limitation des délestages permettra également aux élèves et étudiants de continuer leurs études en famille.

²²Étude de faisabilité pour le développement d'un facteur d'émission du réseau électrique régional pour le Système d'Echanges d'Énergie Electrique Ouest Africa

²³Plan d'affaires pour la création de la société FASOGAZ – APIDON 2009

²⁴Etude DAFANI – BACGF - 2012

Fiche technologique d'atténuation

Centrales hydroélectriques

Secteur/Sous-secteur	Energie / Production d'électricité														
Nom de la Technologie	Centrales hydroélectriques														
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Les émissions dues aux industries énergétiques ont été de 349,2 Gg CO ₂ eq pour la même période (26,9%).														
Introduction	<p>L'hydroélectricité est la 2^{ème} ressource énergétique renouvelable du monde juste après la biomasse. Le parc de production électrique du Burkina Faso comprend 4 centrales hydroélectriques (Bagré, Kompienga, Niofila et Tourni) d'une capacité totale de près de 32 MW.</p> <p>70 sites avec un potentiel d'hydroélectricité variant de 6,5 – 101,8 MW ont été répertoriés par une étude menée en 1999 par EDF pour le compte de la SONABEL. 13 sites présentant les meilleures caractéristiques ont fait l'objet d'une étude de définition des schémas d'équipement et de pré-dimensionnement des principaux ouvrages ainsi que le coût de revient du kWh produit.</p>														
Brève description de la technologie	<p>L'énergie hydroélectrique ou hydroélectricité est une énergie électrique obtenue par conversion de l'énergie hydraulique des cours d'eau. Dans certains cas, le cours d'eau est barré, de façon à constituer une réserve. L'eau est alors conduite vers l'usine par un canal de dérivation, dont l'extrémité aval est une conduite forcée. C'est la puissance de l'eau en mouvement qui fait tourner les turbines qui couplées à un alternateur fournit l'énergie électrique. Les systèmes disponibles sont capables de convertir l'énergie de l'eau en électricité à un rendement voisin de 90% . L'hydraulique est la première ressource énergétique renouvelable utilisée pour la production d'électricité dans le monde. Les Centrales hydroélectriques peuvent être regroupées en 5 grandes catégories :</p> <table border="1" data-bbox="730 1496 1230 2056"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Gamme de Puissance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grande hydro</td> <td>Plus de 100 MW</td> </tr> <tr> <td>Moyenne hydro</td> <td>15 - 100 MW</td> </tr> <tr> <td>Petite hydro</td> <td>1 - 15 MW</td> </tr> <tr> <td>Mini hydro</td> <td>100 kW - 1 MW</td> </tr> <tr> <td>Micro hydro</td> <td>5 kW - 100 kW</td> </tr> <tr> <td>Pico hydro</td> <td>Jusqu'à 5 kW</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Gamme de Puissance	Grande hydro	Plus de 100 MW	Moyenne hydro	15 - 100 MW	Petite hydro	1 - 15 MW	Mini hydro	100 kW - 1 MW	Micro hydro	5 kW - 100 kW	Pico hydro	Jusqu'à 5 kW
Catégorie	Gamme de Puissance														
Grande hydro	Plus de 100 MW														
Moyenne hydro	15 - 100 MW														
Petite hydro	1 - 15 MW														
Mini hydro	100 kW - 1 MW														
Micro hydro	5 kW - 100 kW														
Pico hydro	Jusqu'à 5 kW														

	<p>La quantité d'électricité qui peut être générée dans une centrale hydroélectrique dépend de deux facteurs : La hauteur ou front de chute de l'eau et le débit de l'eau. Les centrales à grande hauteur de chute sont les plus communs. Elles utilisent un barrage surélevé. Ce barrage sert également de réservoir d'eau. Pour ces types de barrage le front de chute peut atteindre et même dépasser 1000 m. Ce type de système est très flexible car il peut être rapidement ajusté à la demande électrique. Les systèmes à faible front de chute sont de l'ordre de quelques mètres. Ils peuvent utiliser des barrages peu élevés ou même fonctionner sans barrage au fil de l'eau.</p>
Hypothèse de réalisation, et arrangements institutionnels et réglementaires nécessaires	<p>La présente fiche est basée sur la réalisation des deux centrales hydroélectriques de Bagré Aval (14 MW) et de la Bougouriba (12MW) dont le potentiel cumulé de productible moyen est de 67,3 GWh/an.</p> <p>Ces deux centrales devront être raccordées au réseau interconnecté de SONABEL. Une étude d'impact environnemental et social devrait être conduite en amont afin d'anticiper sur les effets néfastes de la réalisation. Chacun des deux systèmes devront avoir un barrage pour la retenue de l'eau surtout lors des saisons des pluies. Le développement de ces barrages devrait avoir un double objectif : Production d'électricité et développement agricole et piscicole dans les zones d'installations. Il est fait l'hypothèse que les centrales ont 40 ans de durée de vie. Les coûts d'opération de 2 USD/MWh sont données par l'IRENA pour le Burkina Faso</p>
Reduction des emissions de GES	<p>L'hydroélectricité n'émet pas d'électricité au fonctionnement ; avec un productible de 67,3 GWh, les émissions évitées par rapport au mix énergétique actuel seront de l'ordre 1 583 Gg de CO₂ sur la durée de vie des centrales.</p>
Cout d'investissement	
Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation	<p>Les 26 MW cumulés des deux centrales représentent un coût d'investissement de 209,6 millions d'euro. Sur la base d'une durée de vie de 40 ans, Le coût d'investissement initial par tonne de CO_{2eq} évité est estimé à 132 euro/tCO₂</p>
Indication des impacts	
Priorités de développement social du pays	<p>La mise en œuvre de ce programme contribuera à créer des emplois dans la zone d'implantation. L'amélioration de l'offre d'électricité permettrait d'accroître le taux d'électrification national et permettre à une plus grande partie de la population de bénéficier des services énergétiques de base.</p>
Priorités de développement économiques du pays	<p>La <i>création d'emplois direct ou indirect</i> pourrait être facilitée en raison de l'amélioration de la fourniture d'électricité pour les activités productives. Les barrages à double usage permettront le développement d'activités agricoles et piscicoles dans les zones d'implantation et de commercialisation vers les centres de consommation.</p> <p>La <i>production hydroélectrique</i> devrait permettre de contenir les augmentations des couts du kWh en raison du faible coût de production de l'hydroélectricité. La sécurité et l'indépendance</p>

	<p>énergétiques du pays vont s'améliorer et assurer une continuité des services de production</p> <p>Au niveau de l'Etat, <i>la sortie de devise</i> pour l'achat de produits énergétiques sera contenue</p>
Priorités environnementales du pays	<p>L'hydroélectricité est respectueuse de l'environnement en ce sens qu'il n'émet pas de GES, de NOx et de SO₂. La technologie pourrait cependant un impact sur l'habitat des microorganismes aquatiques et des poissons et freiner leurs migrations. Les phénomènes d'écotoxicité pourraient se développer avec la prolifération des algues et autres plantes aquatiques.</p>
Autres considérations	-

Fiche technologique d'atténuation

CENTRALES SOLAIRES RACCORDES AU RESEAU

Fiche technologique d'atténuation

CENTRALES SOLAIRES RACCORDES AU RESEAU

Secteur/Sous-secteur	Energie / Production d'électricité
Nom de la Technologie	CENTRALES SOLAIRES RACCORDES AU RESEAU
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO _{2eq} . Les émissions dues aux industries énergétiques ont été de 349,2 Gg CO _{2eq} pour la même période (26,9%).
Introduction	Le Burkina Faso dispose d'un bon potentiel d'énergie solaire avec un ensoleillement moyen de 5,5 kWh/m ² /jour et une insolation de 3000 à 3500 heures/ans. Cette ressource peut être convertie en chaleur ou directement en électricité par l'intermédiaire de modules photovoltaïques. Les fréquents délestages et les coûts élevés de l'énergie électrique ont conduit l'administration, le secteur privé et quelques ménages à faire des installations de systèmes solaires photovoltaïques dans le but d'une part de maîtriser la facture d'électricité et d'autres parts d'assurer la continuité du service.
Brève description de la technologie	La présente fiche décrit une installation de systèmes solaires photovoltaïques de grande capacité raccordés au réseau interconnecté dans 5 régions du Burkina Faso pour une puissance cumulée de 250 MWc (5 fois 50 MWc). Le système fonctionnerait au fil du soleil sans stockage. Chaque centrale installée dans les régions serait raccordée au réseau de distribution local et devrait comprendre un générateur constitué d'un champ de modules silicium monocristallin et des systèmes de conditionnement d'énergie et de synchronisation au réseau. Le champ PV sera fixe avec une orientation sud de 15°. La cellule photovoltaïque qui constitue l'élément de base du module convertit le rayonnement solaire en énergie électrique. C'est une photopile qui génère un courant continu qui peut être converti en courant alternatif par un convertisseur
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et réglementaires nécessaires	Jusqu'à très récemment l'énergie solaire était prioritairement réservée au milieu rural hors réseau pour les besoins d'éclairage, de pompage, d'audiovisuel et de télécommunication. Les installations étaient principalement financées sur la base de projets (PRS, projet espagnol...). Le pays à travers sa politique sectorielle de l'énergie et son plan d'action et à travers le programme SE4all, a pris l'engagement de positionner les énergies renouvelables notamment solaires

	<p>comme sources alternatives d'électrification du pays. Plusieurs initiatives de centrales solaires (Zagtouli, SEMAFO...) cumulant une puissance d'environ 100 MWc sont actuellement dans le pipeline des projets du pays. La proposition faite dans le cadre de cette fiche de projet est démultiplier les investissements dans le solaire en impliquant le consommateur. L'hypothèse est faite sur le principe de favoriser l'installation d'une puissance solaire 50 MWc dans 5 régions du pays combler la pointe qui avoisine les 110 MW²⁵ et pour anticiper la croissance de la demande. Ces systèmes régionaux de 50 MWc seront installés progressivement dans les cinq régions de forte consommation électrique du réseau SONABEL.</p> <p>Les systèmes régionaux devraient être pris en charge par les investisseurs privés qui établiraient des contrats de fourniture d'énergie au distributeur local. L'implication du secteur privé pourrait être renforcée dans le cadre d'un partenariat Public-Privé. Il est attendu que la mise en place d'un cadre réglementaire et financier favorable au développement des investissements du secteur privé dans le solaire. L'Etat devra également mettre en place des normes d'installation de centrales raccordées au réseau. De plus une structure de contrôle qualité devra être mise en place</p>
<p>Reduction des émissions de GES</p>	<p>En fonctionnement, l'énergie solaire PV n'émet pas de Gaz à effet de serre. L'installation des 250 MWc conduirait pour un ensoleillement moyen de 5,5 kWh/m²/jour à la production 385 GWh/an. Si ce projet n'est pas mis en œuvre il est fort probable que la demande croissante d'électricité de 13% par an soit satisfaite par l'installation de groupes Diesel à relatif faible coût d'investissement. Cependant lorsque le PV est installé, il constituera la base de la consommation du réseau et assurera secondairement la couverture électrique en cas de d'arrêt du système classique. Ce faisant, le réseau SONABEL est considéré la référence du système PV. Les évaluations du facteur d'émission régional²⁶ ont fourni en 2014 un facteur d'émission de 0,588 t_{CO2}/MWh. En supposant un taux de pertes techniques et de distribution de 10% , les émissions épargnées seraient d'environ 250 Gg CO_{2eq}/an soit 6250 Gg CO_{2eq} sur la durée de vie du projet.</p>
<p>Cout d'investissement</p>	
<p>Cout de mise en œuvre de la technologie</p>	<p>Les coûts de réalisation retenus sont voisins des coûts de la centrale de Zagtouli en cours d'implantation (33 MWc pour 37</p>

²⁵Service d'information du gouvernement – Burkina Faso/ARSE : Gestion de la pointe 2016 - L'ARSE rencontre les acteurs du sous-secteur de l'électricité

²⁶Étude de faisabilité pour le développement d'un facteur d'émission du réseau électrique régional pour le Système d'Echanges d'Énergie Électrique Ouest Africa

d'atténuation	millions d'euro) soit environ 1,1 euro/W. Le coût d'exploitation et de maintenance est évalué à 20 euro/kW/an de l'étude Tractebel ²⁷ Sur la base d'une durée de vie de 25 ans, Le coût d'investissement initial par tonne de CO _{2eq} est estimé à 139 euro/tCO ₂
---------------	--

Indication des impacts – Comment cette option impacte les priorités de développement du pays

Priorités de développement social du pays	La mise en œuvre de ce programme libérera une puissance d'environ 100 MW permettra de répondre à la croissance de la demande d'électricité de 13% par an. Ce qui permettra de réduire la pauvreté énergétique du pays. La réalisation du projet créera des emplois au niveau des installateurs et des maintenanciers du solaire. L'assurance d'une continuité de service électrique permettra le développement d'activités de transformation notamment en milieu rural et de réduire les coûts de facteur de production relatifs à l'énergie. Il s'agira également d'améliorer les cadres des ménages et d'anticiper les problèmes d'insécurité liés à l'absence d'éclairage. L'augmentation de l'accès à l'énergie permettra également aux élèves et étudiants de continuer leurs études en famille.
---	---

Priorités de développement économiques du pays	La <i>Productivité</i> augmentera dans les régions dans lesquelles les centrales solaires seront installées ce qui constituera une facilitation de la transformation des produits conformément aux orientations du PNDES. La <i>création d'emplois direct ou indirect</i> pourrait être facilitée en raison de l'amélioration de la productivité et l'expansion des entreprises d'installation et de maintenance. L'accès à l'énergie sera amélioré par une augmentation de l'offre. Au niveau de l'Etat, <i>la sortie de devise</i> pour l'achat de produits énergétiques sera contenue
Priorités environnementales du pays	Le solaire photovoltaïque est respectueux de l'environnement en ce sens qu'il n'émet pas de GES, de NOx et de SO ₂ . Cependant il faudrait prévoir des dispositions pour la gestion des batteries usagers
Autres considérations	-

²⁷ Actualisation du plan Directeur révisé des moyens de production et de transport de l'énergie électrique dans la zone CEDEAO ; ECOWAS – Tractebel Octobre 2011

Fiche technologique d'atténuation

Chauffe-eau solaires

Secteur/Sous-secteur	Energie / Production d'eau chaude sanitaire
Nom de la Technologie	Chauffe eau solaires
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Les émissions dues au sous-secteur résidentiel ont été de 57 Gg CO ₂ eq pour la même période (4,4%).
Introduction	Le Burkina Faso dispose d'un bon potentiel d'énergie solaire avec un ensoleillement moyen de 5,5 kWh/m ² /jour et une insolation de 3000 à 3500 heures/ans. Cette ressource peut être convertie en chaleur ou directement en électricité par l'intermédiaire de modules photovoltaïques. Le pays ne dispose pas de réserves fossiles connues. Toute la consommation nationale en hydrocarbure est importée. L'approvisionnement en chaude sanitaire est assuré par l'usage du bois pour les ménages à faible revenu et par l'usage de GPL/électricité pour les ménages à revenus intermédiaires et élevés et plus. La consommation nationale du gaz butane du pays est passée de 12 508 tonnes en 2004 à 57 160 tonnes en 2014.
Brève description de la technologie	Trois éléments de base constituent un chauffe-eau solaire : un capteur solaire thermique, un réservoir de stockage de l'eau chaude et des canalisations avec ou sans pompe de circulation de l'eau entre le collecteur solaire et la réserve d'eau chaude. Dans le cadre de la présente fiche, le système décrit fonctionne par thermosiphon ; il ne dispose donc pas de pompe de circulation. Exposé au solaire le capteur thermique dans lequel se trouve des tubes contenant un fluide caloporteur se chauffe et transmet la chaleur au fluide dont la densité baisse ; il se crée un différentiel de densité entre les parties froides et les parties chaudes du système provoquant un mouvement ascendant du fluide caloporteur. L'eau chaude circule dans les tubes et parvient dans le réservoir où la chaleur est stockée par une isolation adéquate des parois. Cette chaleur est transmise par l'intermédiaire d'un échangeur thermique qui chauffe l'eau d'alimentation du réseau.
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et règlementaires nécessaires	Les chauffe-eau solaire ne sont pas diffusés à grande échelle aujourd'hui à grande échelle en raison des coûts prohibitifs. Un système de 200 litre coûte environ 1 500 €. Il est supposé que la mise en place d'un mécanisme financier adapté permettra aux ménages à revenus au moins intermédiaires d'accéder aux chauffe-eau solaires. Une subvention et une ligne de crédit bancaire permettrait également de promouvoir cette technologie. La ligne de base de cette technologie serait

	<p>l'utilisation de gaz butane pour chauffer l'eau car cette forme d'énergie est celle privilégiée par le groupe cible.</p> <p>Il est attendu de mettre en place un centre de contrôle qualité et des standards de type de chauffe-eau solaire à promouvoir. La vulgarisation de cette technologie demanderait de favoriser la création d'unités de production par le renforcement des ateliers de construction mécanique au niveau national et de mettre en place un marché national des composants essentiels comme les isolants, les revêtements sélectifs, les échangeurs thermiques...</p> <p>La formation des acteurs est également un prérequis qui devrait accompagner la mise en œuvre du projet. Durant la phase de mise en œuvre il est supposé que 100 000 chauffe-eau solaires de 200 litres seront installés. Il s'agira de mettre en place une unité de gestion du projet qui sera chargée de la mise en œuvre d'un environnement facilitant la promotion et l'adoption de la technologie. Il est supposé que chaque système a une durée de vie de 20 ans.</p>
Reduction des émissions de GES	L'utilisation du GPL étant considéré comme ligne de base l'évaluation des émissions évitées par an s'élève à 135 Gg par an pour les 100 000 installés.
Cout d'investissement	
Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation	<p>Les 100 000 systèmes représentent un coût d'investissement de 150 millions d'euro. 30% des investissements utilisés pour la gestion du projet de diffusion qui amènerait le coût total à 195 millions d'euros.</p> <p>Sur la base d'une durée de vie de 20 ans, Le coût d'investissement initial par tonne de CO_{2eq} est estimé à 72 euro/tCO₂</p>
Indication des impacts	
Priorités de développement social du pays	La mise en œuvre de ce programme contribuera à créer des emplois par la création d'un marché intérieur. Il s'agira également de créer un débouché pour les étudiants en formation dans les filières solaires. La diffusion de la technologie dans les centres de santé améliorerait les conditions de séjour des patients en milieu hospitalier.
Priorités de développement économiques du pays	<p>La <i>création d'emplois direct ou indirect</i> pourrait être facilitée en raison de l'amélioration de la productivité et l'expansion des entreprises d'installation et de maintenance.</p> <p><i>L'épargne des ménages</i> qui installeront le système serait améliorée en ce sens que le temps de retour de l'investissement qui est de l'ordre de 12 ans est inférieur à la durée de vie des installations (20 ans minimum).</p> <p>Au niveau de l'Etat, <i>la sortie de devise</i> pour l'achat de produits énergétiques sera contenue</p> <p>Sur le plan du <i>marché national</i> de nouvelles opportunités d'affaires seront ouvertes pour la vente des composants de chauffe-eau solaires</p>
Priorités environnementales du pays	Le solaire est respectueux de l'environnement en ce sens qu'il n'émet pas de GES, de NOx et de SO ₂ .

Autresconsidérations	-
----------------------	---

Fiche technologique d'atténuation

Foyers améliorés

Secteur/Sous-secteur	Energie / Energie domestique
Nom de la Technologie	Foyers améliorés
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ eq. Les émissions dues au sous-secteur résidentiel ont été de 57 Gg CO ₂ eq pour la même période (4,4%).
Introduction	<p>Le foyer amélioré est une technologie relativement simple qui contribue à la lutte contre la dégradation de l'environnement, le changement climatique, les maladies respiratoires surtout au niveau des femmes et des enfants, ... Il contribue également à la lutte contre la pauvreté.</p> <p>Au Burkina Faso, la biomasse (principalement le bois et le charbon de bois) compte pour plus de 80% du bilan énergétique national pour la satisfaction des besoins domestiques. La problématique du bois de feu est une préoccupation de développement rural et énergétique du Burkina Faso. Le pays fait face à des régressions des limites des forêts, rendant le travail de la collecte de bois très pénible. Cela crée dans de nombreuses régions du pays, une forte pression sur les ressources forestières ainsi qu'un risque sanitaire dû à l'exposition aux fumées générées par la combustion des foyers. La diffusion des foyers améliorés entamée depuis la fin des années 70 comme élément de lutte contre la déforestation n'a pas permis d'atteindre des résultats d'adoption massive malgré les efforts de plusieurs acteurs (MET, IRSAT, GIZ/FAFASO, SNV, ...). Pour parvenir à une adoption d'échelle, il y a lieu d'entreprendre des actions vigoureuses concertées pour favoriser l'accès des ménages à cet équipement simple qui peut constituer un outil de lutte contre les changements climatiques.</p>
Brève description de la technologie	Les technologies les plus efficaces adaptées aux besoins des ménages nationaux sont celles développées par l'IRSAT et promues sous le Label ROUMDE par FAFASO. Il s'agit des foyers Ouagamétallique, Burkina mixte, Multimarmite, céramique et le Foyer 3PA. Le foyer Ouagamétallique est un foyer mono-marmite et mono-combustible (bois). Le foyer Burkina mixte est un foyer mono-marmite et bicomcombustible (bois ou charbon). Le foyer multimarmite est conçu pour plusieurs tailles de marmite et peut être utilisé avec du bois ou du charbon. Le foyer 3PA est un foyer destiné principalement au milieu rural ; il est fabriqué avec du Banco. Par rapport au foyer traditionnel trois pierres qui constitue le foyer à bois le plus utilisé par les ménages, les foyers

	<p>améliorés permettent d'atteindre des économies de bois de l'ordre de 30% à 40%. D'autres foyers comme les foyers éclairs et des foyers rockets ont été introduits plus récemment dans le pays. Au niveau international, à la faveur de l'Alliance mondiale pour les foyers propres (GACC), de nombreux foyers sont développés pour allier les besoins de performance, de sécurité et de protection de la santé des utilisateurs. Les équipements destinés aux ménages, développent des puissances inférieures à 10 kW_{th}</p>
<p>Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et réglementaires nécessaires</p>	<p>Dans la perspective d'un taux d'adoption de 100% en milieu urbain en 2030, il est attendu la diffusion de 6 millions de foyers améliorés métalliques ; Pour le milieu rural la cible est de 3 millions de foyers améliorés Banco pour atteindre un taux d'accès de 65% en 2030.</p> <p>La mise en œuvre en milieu urbain se fera par un mécanisme de marché et aucune mesure susceptible d'introduire des distorsions sur ce mécanisme ne sera entreprise. Les subventions ne seront pas appliquées directement à l'achat du foyer. Il s'agira à travers une subvention indirecte de développer de coopératives de ferblantiers dans de centres urbains avec un appui pour l'installation, l'équipement et le marketing. Des mécanismes de micro crédits pourraient être envisagés pour l'acquisition des foyers par les ménages. Cela se ferait sous la direction d'une agence de diffusion ou d'ONGs. En milieu rural des projets La diffusion des foyers 3PA se fera sous un mécanisme de projets carbonés.</p> <p>La durée de vie moyenne des foyers est supposée être de deux ans avec un taux d'utilisation de 100% en 1^{ère} année et de 75% en 2^{ème} année</p>
<p>Reduction des émissions de GES</p>	<p>L'utilisation des foyers 3PT comme foyer référence avec un rendement de 15% en comparaison d'un rendement moyen de 25% pour les foyers améliorés conduit à un cumul de réduction de CO₂ de 37 980 Gg d'ici à 2030 soit un taux moyen de réduction annuelle de 2 711 Gg de CO₂/an.</p>
<p>Cout d'investissement</p>	
<p>Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation</p>	<p>Les investissements seront de l'ordre de 20,8 milliards de CFA (31,7 millions €). En milieu rural, le développement de projets carbone servira de support à la diffusion des foyers pour un investissement de 2,6 milliards de FCFA (3,96 millions €). Le coût d'investissement initial par tonne de CO_{2eq} est estimé à 0,94 euro/tCO₂. La consommation de bois est la seule dépense annuelle de fonctionnement pour les foyers et les données de la base de données énergétiques du Ministère de l'énergie appliquée à un foyer amélioré conduit à une consommation de 0,6 kg/de bois/personne/jour soit environ 3,6 kg de bois par ménage par jour. Cette donnée permet d'évaluer le cout du bois (50 FCFA/kg de bois) le coût</p>
<p>Indication des impacts</p>	
<p>Priorités de développement social du pays</p>	<p>La mise en œuvre de ce programme contribuera à réduire la pénibilité de travail des femmes et enfants qui sont chargés de faire la collecte du bois. Ils disposeront de plus de temps pour</p>

	d'autres activités soit génératrices de revenus soit éducatives. L'usage des foyers améliorés par rapport aux foyers à feux ouverts pourraient contribuer à réduire les accidents de brûlure surtout des enfants et à réduire l'inhalation des fumées chargées de particules responsables de maladies pulmonaires.
Priorités de développement économiques du pays	La <i>création d'emplois direct ou indirect</i> pourrait être facilitée en raison de la facilitation du projet pour la création d'entreprises de production et de commercialisation des foyers. L' <i>épargne des ménages</i> serait améliorée en ce sens que le budget consacré à l'acquisition de l'énergie de cuisine sera réduit et en raison du faible temps de retour de l'investissement pour l'achat des foyers (de l'ordre de 6 mois). Sur le plan du <i>marché national</i> de nouvelles opportunités d'affaires seront ouvertes pour la production/vente des foyers améliorés
Priorités environnementales du pays	Les foyers améliorés sont des outils de lutte contre la désertification et la déforestation. Ils sont respectueux de l'environnement en ce sens qu'ils émettent peu de GES, et n'émettent pas de SO ₂ .
Autres considérations	-

Fiche technologique d'atténuation

Production d'électricité par gazéification de la biomasse

Secteur/Sous-secteur	Energie / Production d'électricité
Nom de la Technologie	Production d'électricité par gazéification de la biomasse
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Les émissions dues aux industries énergétiques ont été de 349,2 Gg CO ₂ eq pour la même période (26,9%).
Introduction	<p>Le bilan énergétique du Burkina Faso, se caractérise par : a) une prépondérance de la biomasse, notamment des combustibles ligneux (bois énergie); b) une prépondérance de l'électricité d'origine thermique dans l'offre globale d'électricité ; c) une dépendance totale aux hydrocarbures importées, d) une très faible valorisation des potentialités nationales en Energies Renouvelables modernes (solaire, éolien et biomasse), un faible taux de couverture des besoins ou de la demande en électricité et f) un faible rendement des équipements utilisateurs d'énergie.</p> <p>Le système énergétique national crée une lourde charge sur le budget de l'Etat ; La demande nationale en électricité évolue à un rythme de croissance annuelle de plus de 10% due notamment au développement des activités économiques et à la croissance démographique. Cette forte croissance de la demande nationale se heurte à une faible offre d'énergie électrique. Il en résulte un taux d'électrification faible de l'ordre de 16% au niveau national dont 56% au niveau national et 2% au niveau rural. Les documents de base de la politique nationale envisagent l'utilisation de la bio énergie moderne. La gazéification est une option technologique permettant de valoriser de façon moderne cette ressource.</p>
Brève description de la technologie	<p>La gazéification est la conversion d'un combustible solide (biomasse, charbon minéral..) en gaz dans un équipement appelé gazogène. C'est une oxydation partielle de la biomasse à haute température en un gaz. L'opération peut être scindée en 3 phases :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le séchage dans la partie supérieure du gazogène : à partir de la température du milieu, il permet d'évaporer l'humidité résiduelle ; - la pyrolyse : la biomasse solide chauffée à 300-500°C en une quasi absence d'air pyrolyse et produit du charbon, des goudrons et des gaz ; - la gazéification proprement dite : les produits de pyrolyse vont réagir avec l'agent oxydant pour donner un gaz de PCI 5-6 MJ /Nm³ composé de CH₄, CO, H₂, CO₂, N₂ de fines particules de poussières et de goudrons <p>Le gaz produit peut être utilisé directement sur les moteurs à gaz ou en dual fioul (avec du gasoil) sur des moteurs Diesel pour la production d'électricité. Les rendements de la technologie sont de l'ordre de 1kWh pour 1 kg de biomasse.</p>
Hypothèse de réalisation. et arrangements	Le pays à travers sa politique sectorielle de l'énergie et son plan d'action et à travers le programme SE4all, a pris l'engagement de

institutionnels réglementaires nécessaires	et	<p>positionner les énergies renouvelables comme sources alternatives d'électrification du pays. Pour ce qui concerne la production d'électricité à partir de la biomasse, on peut signaler les expériences de FASOGAZ à l'abattoir de Ouagadougou (Production d'électricité par biogaz) ou de ATMOSFAIR à Pô (production d'électricité par gazéification des déchets de culture). La ressource visée dans le cadre de la présente fiche est constituée de tiges de cotonnier et la production devrait s'organiser autour des unités d'égrenage du Burkina Faso qui pour la plupart utilisent des groupes électrogènes alimentés par le gasoil.</p> <p>Il est attendu que le pays mette en place un tarif d'injection au réseau afin de permettre aux acteurs du projet de revendre le surplus de l'électricité générée à la SONABEL. L'Etat devra également mettre en place des normes d'installation de systèmes raccordés au réseau. De plus une structure de contrôle qualité devra être mise en place. Nous postulons que pour garder la sécurité de la fourniture d'électricité, le système dual fuel sera développé pour qu'en cas de rupture en tiges de cotonniers, le gasoil puisse être utilisé pour la production d'électricité. Il est proposé une installation de 5 MW décomposée en 20 Systèmes gazo-électrogènes de 250 kW installés auprès des unités d'égrenage.</p>
Reduction des émissions de GES		En dual fioul sur groupe Diesel, les émissions épargnées sont de l'ordre 900 g CO ₂ /kWh par rapport au système tout gasoil. Les systèmes permettraient d'éviter environ 31 Gg/an. Pour une durée de vie de 25 ans, l'économie de CO ₂ serait de l'ordre 790 Gg
Cout d'investissement		
Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation		Les coûts d'investissement ont été évalués à partir de l'expérience de l'étude de faisabilité du projet FASOGAZEL et s'établissent à 7,4 millions d'euros (1,4 euro/W). Sur la base d'une durée de vie de 25 ans, Le coût d'investissement initial par tonne de CO ₂ eq est estimé à 9,5 euro/tCO ₂ . Partant des charges fixes d'exploitation et de maintenance de 3%/an du coût d'investissement et des données réévaluées des coûts de personnel et de combustible de l'Etude FASOGAZEL, les charges d'exploitations ont été à 372 euro/kW.
Indication des impacts–Comment cette option impacte les priorités de développement du pays		
Priorités de développement social du pays		La réalisation du projet créera des emplois au niveau des fabricants et des maintenanciers des gazogènes et au niveau de l'approvisionnement des centrales en biomasse. Les producteurs de coton pourront améliorer leurs revenus de la filière.

Priorités de développement économiques du pays	<p>La <i>Productivité</i> augmentera dans les unités d'égrenage qui installeront les gazogènes en ce sens que les ruptures de travail liées au délestage seront réduites.</p> <p>La <i>création d'emplois direct ou indirect</i> pourrait être facilitée en raison de l'amélioration de la productivité et l'expansion des entreprises d'installation et de maintenance.</p> <p><i>Amélioration de la rentabilité</i> de la filière coton en raison d'un plus value apportée par la vente des résidus de culture</p>
--	--

	Au niveau de l'Etat, <i>la sortie de devise</i> pour l'achat de produits énergétiques sera contenue
Priorités environnementales du pays	Le gazoélectrogène est respectueux de l'environnement en ce sens qu'il réduit les émissions de GES, de NOx et de SO ₂ .
Autres considérations	-

Fiche technologique d'atténuation

Toits solaires PV Urbains

Secteur/Sous-secteur	Energie / Production d'électricité
Nom de la Technologie	Toits solaires PV Urbains
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Les émissions dues aux industries énergétiques ont été de 349,2 Gg CO ₂ eq pour la même période (26,9%).
Introduction	Le Burkina Faso dispose d'un bon potentiel d'énergie solaire avec un ensoleillement moyen de 5,5 kWh/m ² /jour et une insolation de 3000 à 3500 heures/ans. Cette ressource peut être convertie en chaleur ou directement en électricité par l'intermédiaire de modules photovoltaïques. Les fréquents délestages et les coûts élevés de l'énergie électrique ont conduit l'administration, le secteur privé et quelques ménages à faire des installations de systèmes solaires photovoltaïques dans le but d'une part de maîtriser la facture d'électricité et d'autres parts d'assurer la continuité du service.
Brève description de la technologie	<p>La présente fiche décrit une installation de systèmes solaires photovoltaïques sur les toits des bâtiments individuels ou institutionnels pour une puissance cumulée de 10 MWc. Le système prévu devrait, pour être attractif, avoir une capacité de stockage de l'électricité en vue de constituer une solution au délestage. Chaque unité installée sur les toits des bâtiments devrait comprendre un générateur constitué d'un champ de modules silicium monocristallin, un convertisseur, un régulateur de charge/décharge et des batteries d'accumulateurs. Le surplus de l'énergie produite sera injecté (hors charge des batteries) via un compteur réversible sur le réseau. Le champ PV sera fixe avec une orientation sud de 15°.</p> <p>La cellule photovoltaïque qui constitue l'élément de base du module convertit le rayonnement solaire en énergie électrique. C'est une photopile qui génère un courant continu qui peut être converti en courant alternatif par un convertisseur. En raison du caractère intermittent du soleil, il peut être adjoint au dispositif un système de stockage de l'énergie pour des utilisations d'énergie en l'absence du soleil. Ce système de stockage est constitué d'une batterie d'accumulateurs et de régulateur de charge/décharge. Il s'agit également d'assurer le fonctionnement du système photovoltaïque raccordé au réseau en cas de défaillance du réseau.</p>
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et réglementaires nécessaires	Jusqu'à très récemment l'énergie solaire était prioritairement réservée au milieu rural hors réseau pour les besoins d'éclairage, de pompage, d'audiovisuel et de télécommunication. Les installations étaient principalement financées sur la base de projets (PRS, projet espagnol...). Le pays à travers sa politique sectorielle de l'énergie et son plan d'action et à travers le programme SE4all, a pris l'engagement de positionner les énergies renouvelables notamment solaires comme sources alternatives d'électrification du pays. Plusieurs initiatives de centrales solaires (Zagtouli, SEMAFO...) cumulant une puissance d'environ 100 MWc sont actuellement

	<p>dans le pipeline des projets du pays. La proposition faite dans le cadre de cette fiche de projet est démultiplier les investissements dans le solaire en impliquant le consommateur. L'hypothèse est faite sur le principe de favoriser l'installation d'une puissance solaire 10 MWc correspondant à environ 10% du déficit actuel en période de pointe qui avoisine les 110 MW²⁸. Ces 10 MWc seront installés sous forme de systèmes modulaires de 500 Wc à 1,5 kWc principalement dans les ménages urbains raccordés au réseau SONABEL.</p> <p>Il est attendu que la réglementation évolue pour mettre en place un tarif d'injection au réseau afin de permettre aux acteurs du projets de revendre le surplus de l'électricité générée à la SONABEL. Il est attendu que la mise en place d'une ligne de crédit permettrait aux consommateurs de se détourner de la solution groupe électrogène (moins chère à l'achat) et de s'orienter vers le solaire (cher à l'investissement initial mais à faible coût d'opération) pour pallier les nombreux délestages que connaît le pays lors des périodes de pointe. L'Etat devra également mettre en place des normes d'installation de systèmes raccordés au réseau. De plus une structure de contrôle qualité devra être mis en place</p>
<p>Reduction des émissions de GES</p>	<p>En fonctionnement, l'énergie solaire PV n'émet pas de Gaz à effet de serre. L'installation des 10MWc conduirait pour un ensoleillement moyen de 5,5 kWh/m2/jour à la production 17 GWh/an. Si ce projet n'est pas mis en œuvre il est fort probable que les consommateurs qui veulent assurer une continuité du service électrique en dépit des délestages achèteront des groupes électrogènes qui fonctionneront uniquement en période de délestage. Cependant lorsque le PV est installé, il constituera la base de la consommation du consommateur raccordé et assurera secondairement la couverture électrique en cas de délestage. Ce faisant, le réseau SONABEL est considéré la référence du système PV. Les évaluations du facteur d'émission régional²⁹ ont fourni en 2014 un facteur d'émission de 0,588 t_{CO2}/MWh. En supposant un taux de pertes techniques et de distribution de 10% , les émissions épargnées seraient d'environ 11 Gg CO_{2eq}/an</p>
<p>Cout d'investissement</p>	
<p>Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation</p>	<p>Les coûts de réalisation simulés à partir des informations préliminaires collectées sur le marché national ont permis d'évaluer l'investissement à 2,06 euro/W installé dont la ventilation est :</p> <ul style="list-style-type: none"> Modules PV : 30% Batteries : 22% Onduleurs et régulateurs : 18% Structures portantes : 10%

²⁸Service d'information du gouvernement – Burkina Faso/ARSE : Gestion de la pointe 2016 - L'ARSE rencontre les acteurs du sous-secteur de l'électricité

²⁹Étude de faisabilité pour le développement d'un facteur d'émission du réseau électrique régional pour le Système d'Echanges d'Énergie Électrique Ouest Africa

	<p>Boitiers, câbles et protections électriques = 6%</p> <p>Installation : 8%</p> <p>Monitoring : 6%</p> <p>Le cout d'exploitation et de maintenance de l'étude Tractebel³⁰ de 20 euro/kW/an a été considéré.</p> <p>Sur la base d'une durée de vie de 25 ans, Le coût d'investissement initial par tonne de CO_{2eq} est estimé à 127 euro/tCO₂</p>
Indication des impacts–Comment cette option impacte les priorités de développement du pays	
Priorités de développement social du pays	<p>La mise en œuvre de ce programme libérera une puissance d'environ 10 MW de la société nationale de distribution d'électricité. Ce qui permettra de mettre de l'énergie à d'autres acteurs de la nation, notamment les moins nantis. La réalisation du projet créera des emplois au niveau des installateurs et des maintenanciers du solaire. L'assurance d'une continuité de service électrique permettra d'améliorer les cadres des ménages et d'anticiper les problèmes d'insécurité liés à l'absence d'éclairage. La limitation des délestages permettra également aux élèves et étudiants de continuer leurs études en famille.</p>

Priorités de développement économiques du pays	<p>La <i>Productivité</i> augmentera dans les institutions qui installeront les toits solaires en ce sens que les ruptures de travail liées au délestage seront réduites.</p> <p>La <i>création d'emplois direct ou indirect</i> pourrait être facilitée en raison de l'amélioration de la productivité et l'expansion des entreprises d'installation et de maintenance.</p> <p><i>L'épargne des ménages</i> qui installeront le système serait améliorée en ce sens que le temps de retour de l'investissement qui est de l'ordre de 9 ans est inférieur à la durée de vie des installations (25 ans minimum).</p> <p>Au niveau de l'Etat, <i>la sortie de devise</i> pour l'achat de produits énergétiques sera contenue</p>
Priorités environnementales du pays	<p>Le solaire photovoltaïque est respectueux de l'environnement en ce sens qu'il n'émet pas de GES, de NOx et de SO₂. Cependant il faudrait prévoir des dispositions pour la gestion des batteries usagers</p>
Autres considérations	-

³⁰ Actualisation du plan Directeur révisé des moyens de production et de transport de l'énergie électrique dans la zone CEDEAO ; ECOWAS –Tractebel Octobre 2011

Fiche technologique d'atténuation

TRAMWAY

Secteur	Energie / Transport
Nom de la Technologie	Tramway
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO _{2equ} . Ces émissions sont dominées celles par du sous-secteur du transport qui avec 776,4 Gg CO _{2eq} représentent 59,7% des émissions du secteur de 2007.
Introduction	<p>Au Burkina Faso, le taux de croissance démographique est 3,1% par an auquel il faut associer une urbanisation galopante. La population de capitale estimée 2 140 920 habitants augmente de 7,5% par an. Cette forte croissance urbaine est accompagnée par un besoin de mobilité très élevé. En effet à Ouagadougou le besoin se chiffre à 3,7 de déplacements par jour/personne contre 1,2 dans les pays voisins. Cette demande de mobilité n'est pas satisfaite par les transports en commun. En effet la part des Bus dans les moyens de transport urbain est de 0,5%. La population urbaine répond à leur besoin de déplacement par l'utilisation de moyens individuels de déplacement : Vélo (24%), Motocyclette (21%), voitures particulières (3%).</p> <p>Le pays fait face à une explosion des engins à deux roues motorisés. Le parc de deux roues motorisées (cylindrée ≥ 50 cm³) a presque doublé entre 2001 (868 088 engins) et 2015 (1 687 416 engins). Cette situation crée des effets néfastes sur la sécurité et l'environnement. Le document d'actualisation de la stratégie de développement du secteur des transports au Burkina Faso³¹ prévoit l'introduction de modes de transport en commun supérieurs, de type Tramway. Par ailleurs le PNDES adopté en 2015 envisage d'entreprendre des études à cette fin.</p>
Brève description de la technologie	Les tramways sont des systèmes de transport urbain ou interurbain de masse pouvant transporter près de 7 000 personnes par heure dans un couloir et sont donc adaptés aux itinéraires qui ont moins de voyageurs que les systèmes ferroviaires usuels (trains et métros) mais généralement plus que les systèmes de bus. Ils circulent sur des voies ferrées équipées de rails plats implantés en site propre ou encastrés à l'aide de rails à gorges dans la voirie routière. Le tramway est généralement à traction électrique.
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et	Il est fait l'hypothèse que le développement du tramway s'intégrera dans une stratégie globale de promotion de transport en commun avec une réglementation tendant à décourager les

³¹ Actualisation de la stratégie de développement du secteur des transports au Burkina faso- Ministère des infrastructures des transports et du Désenclavement (MITDRapport final des Transports au Burkina Faso Juillet 2011

règlementaires nécessaires	modes de transport individuels (limitation du temps et des espaces de parkings pour véhicules particuliers, frais élevés de stationnement en ville, taxation des véhicules âgés à l'import, contrôle du respect des voies réservées...). En raison de la demande d'électricité du tramway, il est supposé que le corridor de circulation sera couvert par un système hybride constitué d'une centrale solaire raccordée au réseau électrique et dont la production correspondrait au besoin énergétique du tramway. La mise en œuvre du projet tramway devrait être fondée sur deux mécanismes de partenariat public-privé avec un package de fiscalités favorables (exonération des droits de douanes pour l'importation des trams, des systèmes solaires, subvention tarifaire pour certaines catégories d'usagers ...). Un PPP portera sur la réalisation et la gestion du système de tramway et un autre relatif à la production et la fourniture d'électricité par le système hybride solaire + réseau. La distance planifiée est de 20 km de circulation. La sécurisation du système sera basée sur une convention de continuité d'approvisionnement énergétique avec la société nationale d'électricité. Le projet a donc deux composantes l'une portant sur les infrastructures de tramway et l'autre sur les infrastructures de production d'électricité solaire raccordée au réseau.
Réduction des émissions de GES	Nous faisons l'hypothèse que le tramway prendra en charge 5% des transports de la ville de Ouagadougou et contribuera donc à réduire les émissions de CO2 de 5% sur l'ensemble des modes de transport de la ville. Les projections du plan stratégique de SOTRACO estiment les émissions du transport pour la ville de Ouagadougou seront de l'ordre de 1958 tonnes de CO2/ jour en 2015. Nous considérons une référence de 2000 tonnes sur lesquelles le tramway contribuerait à réduire de 5% soit 100 tonnes/jour. Sur cette base les émissions évitées sur la durée de vie de 40 ans du tramway seraient de l'ordre 1460 Gg de CO2. Les besoins d'énergie calculés pour le fonctionnement de la ligne (tramway de 720 kW ³²), se sont établis à 82 MWh/jour pour 6 véhicules fonctionnant 19h par jour soit une capacité solaire de l'ordre de 18,8 MWc. Le cout d'une telle centrale s'élèverait à environ 20,7 millions d'euro pour un cout d'exploitation de 20 euro/kWc installé
Cout d'investissement	
Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation	Le coût de réalisation d'une ligne de TRAMWAY en France varie entre 13 et 22 millions d'euro par km et les couts de fonctionnement sont estimés être de l'ordre de 6 à 10 euro/km ³³ . Par ailleurs les couts d'un véhicule sont évalués entre 1,8 et 3 millions d'euro/rame. Nous considérons dans ce qui suit des couts de réalisation de la ligne de 13 millions euro/km et d'acquisition de rame de 2,4 millions/véhicule. Pour ce qui concerne les couts

³²<http://www.strasbourg-tramway.fr/caracteristiques%20techniques.html> . consulté le 25/08/2017

³³ Centre de Prospective et d'études urbaines – Livrets du PADDI 2015N° 56 - 2014/2015- GESTION ET EXPLOITATION D'UN RÉSEAU DE TRANSPORT EN COMMUN ; 18 au 21 mai 2015

	d'exploitation la valeur de 6 euro/km est prise en compte. Pour la mise en œuvre il s'agira d'acquérir 6 rames de 5 modules. La distance retenue est un couloir de 20 km de long et une fréquence d'un tramway toutes les 10 mn est envisagée pour un temps de service compris entre 5h du matin et 24h. le tram effectuera alors 3040 km par jour. Le cout global d'investissement de la ligne et des rames s'établit à 303,2 millions d'euro les couts annuels d'exploitation sont de 6,657 millions d'euro. A ceux-ci il faut intégrer les couts d'investissement et d'exploitation de la centrale solaire.
Indication des impacts	
Priorités de développement social du pays	La réduction des émissions des gaz à effet de serre et de la pollution liée au transport pourrait contribuer à la réduction des maladies respiratoires qui demeurent la 2 ^{ème} cause de consultation médicale après le paludisme. L'amélioration des moyens de transport collectif offre également un potentiel de réduction des accidents de la route, des nuisances sonores.
Priorités de développement économiques du pays	L'amélioration du trafic urbain est une opportunité de réduction des temps de travail perdus dans les déplacements et d'améliorer la qualité des services offerts au client. Le tramway conduirait à réduire les quantités de carburant utilisé par personne par déplacement ce qui réduirait la part du budget des ménages consacrée au transport et réduirait la sortie de devises pour l'achat des produits pétroliers. Le compte d'exploitation de la société de la société de transport public pourrait être amélioré. Le développement du tramway contribuerait à la <i>création d'emplois direct (chauffeurs, opérateurs...) ou indirect (maintenancier prestataire externes de ventes de billets...)</i>
Priorités environnementales du pays	Le tramway est relativement respectueux de l'environnement en ce sens qu'il réduit les émissions de GES de NOx et de SO ₂ par rapport au système classique de transport (voitures, bus) et les émissions sont déportées vers les lieux de production de l'électricité. Elles sont diminuées lorsque l'électricité est produite par les sources propres.
Autres considérations	-

Fiche technologique d'atténuation

Bus à Transit Rapide (BRT)

Secteur	Energie / Transport
Nom de la Technologie	Bus à Transit Rapide
Emissions de GES du secteur	Les émissions du secteur de l'énergie pour l'année 2007 sont de 1300,5 Gg CO ₂ equ. Ces émissions sont dominées celles par du sous-secteur du transport qui avec 776,4 Gg CO ₂ eq représentent 59,7% des émissions du secteur de 2007.
Introduction	<p>Au Burkina Faso, le taux de croissance démographique est 3,1% par an auquel il faut associer une urbanisation galopante. La population de capitale estimée 2 140 920 habitants augmente de 7,5% par an. Cette forte croissance urbaine est accompagnée par un besoin de mobilité très élevé. En effet à Ouagadougou le besoin se chiffre à 3,7 de déplacements par jour/personne contre 1,2 dans les pays voisins. Cette demande de mobilité n'est pas satisfaite par les transports en commun. En effet la part des Bus dans les moyens de transport urbain est de 0,5%. La population urbaine répond à leur besoin de déplacement par l'utilisation de moyens individuels de déplacement : Vélo (24%), Motocyclette (21%), voitures particulières (3%).</p> <p>Le pays fait face à une explosion des engins à deux roues motorisés. Le parc de deux roues motorisées (cylindrée ≥ 50 cm³) a presque doublé entre 2001 (868 088 engins) et 2015 (1 687 416 engins). Cette situation crée des effets néfastes sur la sécurité et l'environnement.</p>
Brève description de la technologie	<p>BRT est «un système de transport en commun qui utilise un droit d'usage exclusif de couloirs de voies et qui imite la rapidité et la performance des systèmes de métro, mais qui utilise la technologie de Bus plutôt que la technologie des véhicules ferroviaires» (Wright, 2004).</p> <p>Ce système de transport de grande capacité avec des voies réservées aux transports en commun bus comprend également une combinaison d'infrastructures (gares, terminaux) avec des opérations organisées et des technologies intelligentes pour offrir un service de qualité supérieure au système de transport traditionnel de Bus. Les services mis en place augmentent la vitesse moyenne et assurent le respect des horaires de passage prévus aux arrêts.</p> <p>Le BRT peut améliorer substantiellement et durablement le système de transport urbain surtout lorsqu'il est combiné à des technologies propres de bus. Il est plus économe en énergie que les voitures particulières et les autobus conventionnels en raison des</p>

	<p>vitesse plus élevée et de plus grandes capacités des bus</p> <p>En plus des voies réservées les avantages offerts par les services du BRT incluent l'embarquement et le débarquement rapides, des transferts gratuits entre les lignes de Bus et le mode paiement rapide des tarifs de Bus, des arrêts de Bus couverts sûrs et confortables, des itinéraires clairs et une signalisation adaptée avec un affichage en temps réel de l'information sur l'itinéraire et la course du Bus.</p>
Hypothèse de réalisation. et arrangements institutionnels et réglementaires nécessaires	<p>Il est fait l'hypothèse que le développement du BRT s'intégrera dans une stratégie globale de promotion de transport en commun avec une réglementation tendant à décourager les modes de transport individuels (limitation du temps et des espaces de parkings pour véhicules particuliers, frais élevés de stationnement en ville, taxation des véhicules âgés à l'import, contrôle du respect des voies réservées...). La mise en œuvre du projet BRT devra être fondée sur un partenariat public-privé avec un package de fiscalités favorables (exonération des droits de douanes pour l'importation des véhicules économes en énergie, tarif préférentiel de carburant, compensation tarifaire pour certaines catégories d'usagers ...).</p>
Reduction des émissions de GES	<p>Wright et Fulton³⁴ ont estimé qu'une augmentation de 5% de la part de transport modal par BRT contre une baisse de 1% de la part modale des véhicules particuliers, de la marche, plus une baisse de 2% de la part modale des mini-bus peuvent réduire les émissions de CO₂ de 4% à un coût estimé de 66 US \$/tCO₂ dans les villes typiques d'Amérique latine. Les émissions évitées ont été estimées sur la base de 4% des projections des émissions de l'ensemble des modes transport de la ville Ouagadougou pour 2015 et se sont établies à 29,2 Gg CO₂/an.</p>
Cout d'investissement	
Cout de mise en œuvre de la technologie d'atténuation	<p>Le coût de réalisation des systèmes BRT varie entre 1 et 15 millions de US\$ par km. Les travaux du centre de prospective et d'études urbaines ont fourni les bases d'évaluation du coût d'investissement et d'opération du BRT³⁵. Selon ce travail, l'investissement (infrastructures + système d'exploitation) est de l'ordre de 2 à 10 M€ /km (en France), les charges d'exploitation sont de l'ordre de 3,5 à 5 €/km. Se basant sur l'expérience du Nigéria dont le coût d'investissement est de 1,7 M\$/km, Les différents coûts retenus pour l'investissement et l'exploitation sont respectivement de 2 M€/km et 3,5 €/km. La longueur retenue pour le réseau urbain est 20 km à l'image des réseaux du Nigéria (22 km) et de la Tanzanie (21 km)³⁶. Pour la mise en œuvre il</p>

³⁴Wright, L., L. Fulton, 2005: Climate Change Mitigation and Transport in Developing Nations. *Transport Reviews*, 25(6), 691-717.

³⁵Centre de Prospective et d'études urbaines – Livrets du PADDI 2015N° 56 - 2014/2015- GESTION ET EXPLOITATION D'UN RÉSEAU DE TRANSPORT EN COMMUN ; 18 au 21 mai 2015

³⁶http://brtdata.org/indicators/systems/total_cost_per_kilometer_us_million_per_km. 19 Aout 2017

	s'agira d'acquérir 8 véhicules pour un montant de 600 k€ /véhicule (coût unitaire compris entre 300 et 900k€). A défaut de données de base dans notre sous-région sur les couts d'investissement par tCO2 évité, nous avons réévalué le coût en partant du cout d'investissement estimé et des réductions de CO2 attendues. Le coût d'investissement par tonne de CO2 est alors de 102,3 euro/tCO2
Indication des impacts	
Priorités de développement social du pays	La réduction des émissions des gaz à effet de serre et de la pollution liée au transport pourrait contribuer à la réduction des maladies respiratoires qui demeurent la 2 ^{ème} cause de consultation médicale après le paludisme. L'amélioration des moyens de transport collectif offre également un potentiel de réduction des accidents de la route, des nuisances sonores.
Priorités de développement économiques du pays	L'amélioration du trafic urbain est une opportunité de réduction des temps de travail perdus dans les déplacements et et d'améliorer la qualité des services offerts au client. Le BRT conduirait à réduire les quantités de carburant utilisé par personne par déplacement ce qui réduirait la part du budget des ménages consacrée au transport et réduirait la sortie de devises pour l'achat des produits pétroliers. Le compte d'exploitation de la société de la société de transport public pourrait être amélioré. Le développement du BRT contribuerait à la <i>création d'emplois direct (chauffeurs, opérateurs...) ou indirect (maintenancier prestataire externes de ventes de billets...)</i>
Priorités environnementales du pays	Le BRT est relativement respectueux de l'environnement en ce sens qu'il réduit les émissions de GES de NOx et de SO ₂ .
Autres considérations	-

¹Le budget de réalisation de Bagré Aval établi par le PNDES (Fiche de projet) est de 101,7 M€ (Puissance 14 MW – Productible de 37,3 GWh/an). Le cout de réalisation établi par l'IRENA (WEST AFRICAN POWER POOL: Planning and Prospects for Renewable Energy - IRENA 2013) pour la centrale de bougouriba est 107,9 M€ (Puissance de 12 MW et Productible de 30 GWh/an)