

Benchmarking des technologies à Usage Productif de
l'Energie Solaire –
Consultation restreinte N° 83324930

RAPPORT DE MISSION

Aout 2020

Contents

1	Résumé exécutif.....	5
2	Introduction	8
3	Etude comparative sur les technologies permettant un usage productif.....	9
3.1	Inventaire des expériences d'utilisation productives solaire au Sénégal.....	9
3.2	Capitalisation des expériences d'usage productif d'énergie solaire.....	11
3.3	Analyse comparative des modèles commerciaux utilisés	14
4	Identification des concepts d'usage productif pour des projets pilotes	20
4.1	Identification.....	20
4.2	Analyse technique et commerciale.....	24
4.3	Modèles d'exploitation	31
5	Cartographie des zones et des partenaires potentiels pour la mise en œuvre des projets pilotes.....	32
5.1	Carte des zones de diffusion des expériences d'utilisation de l'énergie solaire	33
5.2	Carte des zones potentielles de diffusion des expériences d'utilisation de l'énergie solaire qui ont été sélectionnées	34
5.3	Sélection des zones pour les projets pilotes	39
5.3.1	Critères de sélection des zones dans lesquelles les pilotes seront implémentées	
	39	
5.3.2	Carte des zones pilotes proposées pour chaque technologie :.....	40
6	Conclusion	41

Liste des abréviations et acronymes

ADEPA	Association Ouest Africaine pour le Développement de la Pêche Artisanale
ADID	Association pour le Développement Intégré Durable
ANIDA	Agence Nationale d'Insertion et de Développement Agricole
ANPROVBS	Association nationale des Professionnels de la Viande et du Bétail
APMC	Association des Producteurs Maraîchers de Cayar
ASER	Agence Sénégalaise d'Electrification Rurale.
AUMN	Association des Unions Maraîchères des Niayes
BAD	Banque Africaine de Développement
BNDE	Banque Nationale pour le Développement Economique
CCPA	Cadre de concertation des Producteurs d'Arachide
CDV	Chaine de Valeur
CIRIZ	Comité Interprofessionnel de la Filière Riz
CISV	Communauté Engagement Service Volontariat
CLPA	Conseils Locaux de Pêche Artisanale
CMS	Crédit Mutuel du Sénégal
CNDH	Coopérative Nationale pour le Développement de l'Horticulture
CNCAS	Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal
CNPS	Collectif National des Pêcheurs Artisanaux du Sénégal
CONIPAS	Conseil National Interprofessionnel de la Pêche Artisanale du Sénégal
DINFEL	Directoire National des Femmes en Elevage
FENAMS	Fédération Nationale des Mareyeurs du Sénégal
FEPROMAS	Fédération des Producteurs de Maïs du Saloum
FENAGIE-PECHE	Fédération Nationale des GIE de la Pêche
FENATRAMS	Fédération Nationale des Femmes Transformatrices de Produits Halieutiques et de Micro mareyeuses du Sénégal
FENATRAPOMER	Fédération Nationale des Transformateurs des produits de la Mer
FPMN	Fédération des Producteurs Maraîchers des Niayes
FONDEM	Fondation Energies pour le monde
FONGS	Fédération des Organisations Non Gouvernementales du Sénégal
GIE	Groupement d'intérêt Economique
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
ID	Initiative Développement
IMF	Institutions de microfinance
IPAS	Interprofession avicole du Sénégal
ITA	Institut de Technologie Alimentaire
MPA	Marseille Provence Afrique
ONG	Organisation Non-gouvernementale
PA	Practical Action
PADAER	Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entreprenariat Rural
PADEN	Programme d'Aménagement et de Développement Economique des Niayes

PAFA	Projet D'Appui aux Filières Agricoles
PAMECAS	Partenariat pour la Mobilisation de l'Epargne et du Crédit au Sénégal
PAOP	Power Africa Off-Grid Project
PARIIS	Projet d'Appui Régional à l'Initiative pour l'irrigation au Sahel
PAYGO	Pay-as-you-go
PED	Programme Energies Durables
PERACOD	Programme pour la promotion des énergies renouvelables, de l'électrification rurale et l'approvisionnement durable en combustibles domestiques
PNIASAN	Programme National d'Investissement Agricole pour la Sécurité Alimentaire et la Nutrition
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
P2RS	Programme multinational de renforcement de la résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel
PRODAC	Programme des Domaines Agricoles Communautaires
PRODER	Programme de Développement des Energies Renouvelables
PROGRES-Lait	Programme Régional d'Extension de l'Horizon des Opportunités de Valorisation de la Chaîne de valeur Lait
PTF	Partenaires Techniques et Financiers
PUDC	Programme d'Urgence de Développement Communautaire
SAV	Service Après-Vente
SDE	Sénégalaise des Eaux
SMPL	Société Mauritanienne des Produits Laitiers
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
UGPN	Union des Groupements de Producteurs des Niayes
UP	United Purpose
UTL	Unités de transformation laitière

1 Résumé exécutif

La GIZ met en œuvre le « Programme Energies Durables (PED) » en coopération avec le Ministère du Pétrole et des Energies (MPE). Son objectif, sur le volet utilisation productive de l'énergie solaire dans les zones rurales, est de démontrer la faisabilité technique et économique des modes d'exploitation productive de l'énergie solaire et particulièrement de source photovoltaïque. Dans ce cadre, Practical Action a réalisé pour le compte de la GIZ, une mission de recherche et comparaison des technologies à usage productif d'énergie solaire et d'identification des domaines d'applications par rapport aux chaînes de valeurs dans les zones rurales. Cette mission a été réalisée pendant la période du mois d'octobre 2019 au mois de février 2020.

Dans ce rapport général de mission, nous décrivons les tâches réalisées et les connaissances générées sur l'étude sur les expériences d'utilisation des technologies solaires à usage productif au Sénégal, leur modèle commercial au Sénégal et dans la sous-région et leurs champs d'application à travers une analyse détaillée des domaines d'application et une cartographie des zones d'application et des partenaires potentiels au Sénégal.

• Étude comparative sur les technologies permettant un usage productif

Le recensement exhaustif des expériences d'utilisation productive solaire au Sénégal a révélé plus de 50 initiatives d'usage productif sur l'ensemble du territoire national. Une surreprésentation des pompes solaires a été notée avec une vingtaine d'expériences identifiées pour l'horticulture, l'aviculture et la pisciculture. Des expériences visant la diffusion à usage productif de moulins (6), des presses à huile (3) et batteuse (1) ont été identifiées dans le bassin arachidier et le Sud-Est du pays concernant les chaînes de valeurs céréales et celui de l'arachide. D'autres expériences de diffusion de technologies ont également été identifiées : Des frigos solaires (5), congélateurs solaires (5), chambres froides (3), machine à glace (1) et tanks à lait (4), Ateliers d'artisanat (2), Plateformes multifonctionnelles (2). La majorité de ces initiatives sont portées par les ONG et les Partenaires Techniques et Financiers dans le cadre de projets et programmes, il y a très peu d'acteurs du secteur privé engagés dans leur diffusion.

Sur cette liste d'initiatives, douze expériences d'utilisation productive de technologies solaires ont été sélectionnées et ont fait l'objet d'une capitalisation présentée dans un document tiré à part qui a permis d'identifier des facteurs clés de réussite et les leçons apprises de projets/programmes¹.

Un focus a été fait sur PROGRES-Lait, une initiative mis en œuvre par l'ONG Enda Energie sur un financement de l'UE et des Gouvernements du Sénégal et de la Mauritanie et qui visait la valorisation de la chaîne de valeur lait par l'amélioration de l'accès aux services énergétiques durables afin de contribuer à la création de très petites entreprises rurales et d'emplois verts pour stimuler l'économie rurale au Sénégal et Mauritanie. La capitalisation de cette expérience nous apprend que pour une reproductibilité et un changement d'échelle, la GIZ devra s'appuyer sur :

- La valorisation de la contribution des bénéficiaires à travers un mécanisme de micro-financement ;
- La gouvernance décentralisée de la fourniture de services énergétiques productifs ;
- L'articulation des services énergétiques sur les chaînes de valeur ;

¹Ces douze expériences sont : **Plateforme solaire** : Projet PROGRES-Lait réalisé par ENDA Energie ; **Pompage Solaire** : projet de l'ANER dans la zone des Niayes ; **Congélateur Solaire** : projet Women Economic Empowerment de Energy 4 Impact dans la zone de Tambacounda ; **Chambre froide solaire** : projet de conservation des produits halieutiques avec une chambre froide mobile dans la zone de Gouloumbou, par Energy 4 Impact ; **Tank à lait solaire** : projet de conservation de lait dans la zone de Saint-Louis, par l'entreprise CESBRON ; **Machine à glace solaire** : projet de la GIZ pour produire de la glace pour la conservation des produits de la pêche artisanale à Félane (Fatick) ; **Moulin Solaire** : projet de mise en place d'un moulin solaire par l'association SAAMANE dans le village d'Aga Biram (Thiès) ; **Batteuse solaire** : projet de solarisation des batteuses à diesel dans la zone Sud, par l'USAID ; **Couveuse solaire** : réalisation de couveuses solaires au Burkina par l'entreprise M'YAABA ; **Plateforme multifonctionnelle solaire** : projet de mise en place de plateformes solaires multifonctionnelles pour des activités d'artisanat dans la région Sud, par ENDA Energie ; **Presse à huile solaire** : presses à huile installées par le PUDC dans la zone de Tambacounda, qui peuvent être solarisées ; **Artisanat** : projet de solarisation d'un atelier de couture à Ndem (Diourbel), réalisé grâce à l'ONG « Panneaux Solidaires » sur un modèle de crowdfunding

- Les modèles d'exploitation endogène des plateformes énergétiques ;
- Le renforcement de capacités techniques locales ciblées et centrées sur les besoins des acteurs tant au plan technique, managérial que organisationnel.

Le travail de revue et de capitalisation a été complété par l'analyse comparative des modèles commerciaux des technologies de chambre froide, machine à glace, couveuse solaire qui a montré que le modèle standard de diffusion d'utilisations productives de l'énergie solaire demeure encore souvent la vente directe aux clients pouvant être des particuliers ou des associations. L'analyse comparative a également révélé une tendance à un usage des technologies sous forme de prestation de service. Ce modèle commercial qui a été mis à l'épreuve au Sénégal, au Burkina Faso et en Tanzanie élimine les coûts d'investissements élevés, offre plus de flexibilité à la demande et réduit le risque technologique supporté par le client.

Concernant la rentabilité, le constat global est que la majorité des technologies solaires sont viables d'un point de vue économique. Les calculs de rentabilités montrent que les chambres froides, les machines à glace solaire, les couveuses solaires génèrent des recettes mensuelles nettement supérieure aux charges d'exploitation. En outre, pour les chambres froides, le modèle pay-as-you-store est très rentable. Concernant les moulins à mil solaire ces derniers souffrent de la concurrence des moulins diesel. En effet, l'exploitation de ces derniers présente l'avantage d'avoir un coût d'investissement inférieur aux moulins solaires et une capacité de production plus élevée.

- **Identification des concepts d'usage productif pour des projets pilotes**

Dans un premier temps, sur la base d'une analyse de l'importance des chaînes de valeur, du sous-secteur par rapport au nombre potentiel de petits producteurs, de la place dans les priorités du gouvernement, **six (06) domaines à savoir : la production agricole, l'artisanat, la pêche/pisciculture, l'aviculture, la transformation agricole/post récolte et le lait** ont été considérés comme des domaines présentant un intérêt dans l'utilisation de technologies solaires photovoltaïques pour leur développement.

Dans un second temps, une analyse des critères comme l'existence de distributeurs engagés, la demande des groupes comme les coopératives, la facilité d'utilisation, son impact potentiel sur le développement de la chaîne de valeur et la place de la chaîne de valeur dans les activités des exploitations familiales, etc., a permis de retenir dix concepts/applications d'usage productif pour la mise en place de projets pilotes. Le tableau ci-dessous présente pour chacune de ces applications d'usages productifs (Pompe solaire de surface, Pulvérisateur solaire, Kit Plateforme solaire, Tank à lait solaire, Congélateur solaire...) les activités et domaines auxquels elles sont liées.

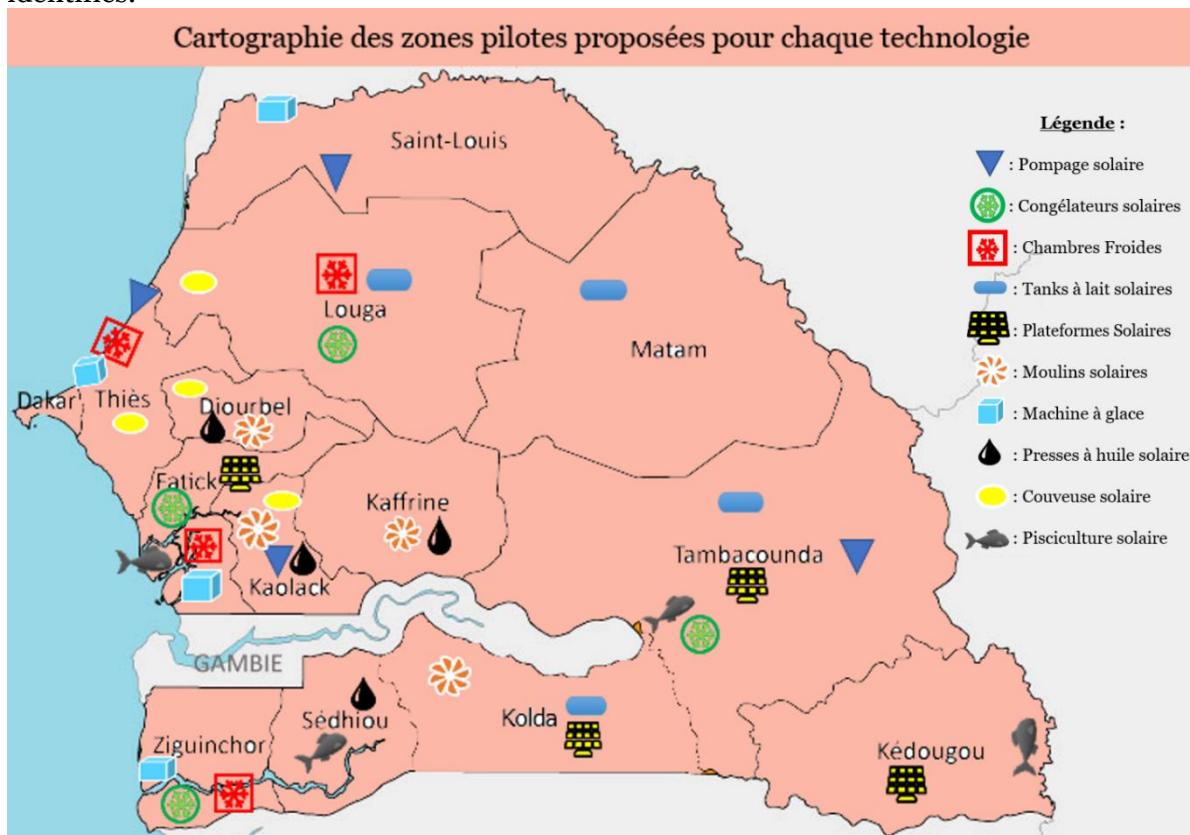
Domaine	Activité	Application
Production agri	Irrigation	Pompe solaire de surface
	Prophylaxie (traitement phytosanitaire)	Pulvérisateur solaire
Artisanat	Menuiserie métallique	Kit Plateforme solaire
	Services divers	
Pêche/pisciculture	Bassin de production	Pompe aérateur solaire
	Séchage	Séchoir solaire
	Broyage	Broyeur solaire
Aviculture	Production chair et pondeuse	Kit solaire pompage/éclairage
	Production d'œufs	Couveuse solaire
Transformation agricole et post récolte	Diagramme transformation	Kit plateforme solaire
Lait	Collecte	Tank à lait solaire
	conservation	Congélateur solaire

L'analyse technique et commerciale a permis de révéler pour chacune de ces dix applications l'existence d'une demande dans des zones spécifiques comme celles de Tambacounda et du Lac de Guiers pour les pompes solaires de surface, la zone des Niayes et la zone du coton pour les pulvérisateurs solaires etc. Elle a également révélé la présence de fournisseurs au niveau national en mesure de satisfaire la demande et le service après-vente. Concernant les questions

environnementales, l'analyse n'a pas montré d'impact potentiel significatif mais seulement des cas nécessitant des mesures comme la formation des utilisateurs sur les consignes de sécurité.

- Cartographie des zones et des partenaires potentiels pour la mise en œuvre des projets pilotes**

Il est apparu que chaque application solaire présente un potentiel avéré dans la majorité des régions du Sénégal. Le ciblage des zones d'accueil des projets pilotes s'est basé sur quatre (04) objets de sélection ; les bénéficiaires, les Partenaires, les conditions de succès et l'urgence. Pour chaque objet, des critères permettant de l'apprécier ont été définis. Ensuite, Pour chaque application, les quatre zones ayant obtenu les plus fortes moyennes pondérées ont été sélectionnées et proposées pour accueillir des projets pilotes. Le fichier Excel utilisé est partie intégrante du présent rapport. La carte ci-dessous présente pour chaque application, les quatre (04) zones prioritaires. Pour chacune de ces applications les principaux partenaires à savoir les projets et programmes, les agences et sociétés de développements et bénéficiaires (fermes communautaires, associations de producteurs, PME, etc.) ont également été identifiés.



2 Introduction

La diffusion des technologies solaires et d'autres énergies renouvelables n'a pas toujours apporté les bénéfices économiques escomptés auprès des populations auxquelles elles étaient destinées. En l'absence d'un accompagnement approprié, l'utilisation des technologies par les populations n'est pas toujours optimale et leur consommation d'énergie pour les besoins économiques restent faibles.

Un meilleur ancrage des technologies d'énergies renouvelables aux activités productrices résulterait à un impact social et économique positif qui se traduirait sous diverses formes telles que: l'augmentation des revenus et de l'emploi en zone rurale ; une limitation de la charge et du temps de travail qui pourrait être exploitée pour d'autres activités entrepreneuriales ; la disponibilité de produits agricoles de meilleure qualité ; et une baisse des prix à la consommation permettant leur vente localement, etc.

La sous-région ouest africaine regorge de nombreux acteurs privés engagés dans la diffusion de différentes technologies visant à promouvoir l'utilisation productive de l'énergie au sein de différentes chaînes de valeurs économiques pertinentes en milieu rural. Cela se traduit par la diffusion de systèmes d'irrigation solaire pour les besoins horticoles, ou des chambres froides associées à des systèmes solaires pour divers besoins de production de glace, de congélation des produits piscicoles, ou pour la conservation de produits laitiers. Dans le même temps, de nouveaux modèles de financement utilisant des mécanismes de Pay-as-you-go et Fees for Services sont en pleine expansion dans la sous-région ouest africaine, notamment au Sénégal, et leur adaptation à différentes technologies d'énergie renouvelable est actuellement en cours d'expérimentation par nombre d'entreprises privées.

Dans ce cadre, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) met en œuvre le « Programme Energies Durables » (PED) dont l'objectif est d'améliorer les conditions pour la mise en œuvre de services énergétiques durables visant à protéger le climat. Parmi les cinq (05) volets de l'intervention, figure la démonstration de la rentabilité de l'utilisation productive de l'énergie solaire dans les zones rurales. Le succès de ce volet réside dans le développement et la propagation de nouveaux modèles commerciaux d'exploitation productive de l'énergie solaire dans les zones rurales. C'est dans ce cadre que s'intègre cette mission d'accompagnement du PED pour la recherche et la comparaison des technologies à usage productif d'énergie solaire et l'identification des domaines d'application.

Cette mission a eu comme objectif de comparer différentes technologies à usage productif d'énergie solaire et d'identifier les domaines d'applications et leurs approches d'exploitation au sein de différentes chaînes de valeurs dans les zones rurales.

Dans ce sens il s'agissait de :

- Capitaliser les expériences innovantes sur les usages productifs de l'énergie solaire photovoltaïque au Sénégal
- Identifier les dix technologies les plus pertinentes et les modèles commerciaux appropriés pour des projets pilotes dans le cadre du PED au Sénégal
- Cartographier les zones et les partenaires locaux possibles pour la mise en œuvre des projets pilotes

Le présent rapport vise à fournir une meilleure compréhension des activités réalisées par PAC et des articulations entre les trois principales séquences de l'étude que sont l'étude comparative, l'identification des concepts et la cartographie des zones d'application des pilotes et des partenaires. Il est ainsi structuré :

- **A la suite de l'introduction, une première partie traite** de l'étude comparative sur les technologies permettant un usage productif. Elle est structurée en trois séquences

- Une première séquence qui fait l'inventaire des expériences d'utilisation productives solaires au Sénégal. Elle rappelle la démarche basée sur la préparation des outils de recensement, l'exploitation des sites web, la revue documentaire, les consultations des documents des projets. Ensuite elle décline dans un court paragraphe les résultats de ce recensement et annonce la longue liste des expériences disponible dans un document tiré à part.
 - Une deuxième séquence qui présente la démarche qui a permis de sélectionner sur la longue liste les expériences à capitaliser, les outils et les principaux résultats de la capitalisation. Elle annonce l'annexe comportant les fiches de capitalisation des expériences sélectionnées.
 - Une dernière séquence qui aborde l'approche utilisée pour sélectionner les modèles à comparer, les critères et modalités de comparaison et enfin les résultats de la comparaison des modèles commerciaux sélectionnés. Elle rappelle également les difficultés de cette séquence comme par exemple le faible nombre de visites et d'échanges avec les acteurs de terrain.
- **Une deuxième partie présente l'identification des concepts d'usage productifs** pour des projets pilotes. Cette deuxième partie est scindée en trois sections
 - La première section présente l'approche et les critères utilisés pour faire la sélection des domaines et des applications. Ensuite elle détaille pour chaque domaine, les activités pour lesquelles les technologies solaires peuvent faire l'objet d'une application
 - La seconde section fait une analyse technique et commerciale de chaque application par une description de l'application, de son marché potentiel, des fournisseurs en présence. Elle présente également les effets environnementaux potentiels, les besoins en investissements, les couts d'opération et de maintenance lorsque les données sont disponibles.
 - La troisième section présente pour chaque concept/application, les activités qu'il permet de mener, les modèles possibles pour sa diffusion auprès des bénéficiaires et les principaux partenaires susceptibles d'être engagés dans sa diffusion.
 - **La troisième partie du rapport traite de la cartographie des zones et des partenaires potentiels pour la mise en œuvre de projets pilotes** pour démontrer la faisabilité technique et la rentabilité économique des applications solaires identifiées. Elle décrit les critères et la méthode de sélection des zones, présente les résultats de sélection des zones prioritaires et les principaux partenaires pour chaque application sous forme de tableau et décline sur fond de carte les zones sélectionnées.
 - **En dernière partie, la conclusion rappelle les résultats** clés et propose des recommandations sous forme de perspectives de collaboration entre Practical Action et GIZ.

Des annexes ou documents tirés à part portant sur la base détaillée des initiatives d'usage productif recensées, les fiches de capitalisation des expériences réussies et l'outil Excel de sélection des zones d'application des projets pilotes accompagnent ce présent rapport.

3 Etude comparative sur les technologies permettant un usage productif

3.1 Inventaire des expériences d'utilisation productives solaire au Sénégal

En vue d'assurer un recensement exhaustif des expériences d'utilisation productive solaire au Sénégal conforme aux besoins de la GIZ, une grille de collecte a été élaborée sous format Excel. Les principales informations ayant guidé la collecte ont été : le type de technologie, la chaîne de valeur ou le domaine d'application, la zone de mise en œuvre, le maître d'œuvre, etc.

Ensuite elle a été renseignée dans un premier temps avec la revue documentaire basée principalement sur l'exploitation des sites web, la consultation des documents des projets et programmes ayant réalisé des actions de déploiement des technologies basées sur l'énergie solaire auprès des populations rurales.

Ainsi, une base Excel des expériences d'utilisation productive de l'énergie solaire a été élaborée. Elle a ensuite été présentée à l'équipe du PED qui a apprécié l'exhaustivité de la liste et qui a recommandé d'inclure dans les critères de collecte, le cout d'investissement et la capacité installée et de faire des consultations avec des acteurs clés comme ENDA et Energy4 Impact.

Cette première base a été « nettoyée » triangulée et complétée par notamment des entretiens téléphoniques avec les personnes de contact. Sur cette base un rapport d'inventaire constituant une base Excel répertoriant plus de 50 expériences d'usage productif, les zones d'interventions, les chaines de valeurs concernées et le nombre de projets appuyant ces initiatives a été produit dans un document tiré à part. Le tableau suivant présente une synthèse des expériences d'utilisation productive de l'énergie solaire au Sénégal.

Tableau de synthèse des expériences d'utilisation productive de l'énergie solaire au Sénégal

Usage productif	Nombre d'expériences	Nombre d'acteurs du secteur privé	Nombre de projets ONG gouvernement, PTF	Nombre de systèmes installés	CDV/activités concernées	Zones d'intervention
Pompage solaire	20	4	16	> 8,500	horticulture, pisciculture	couverture nationale
Pompe Solaire en PAYGO	2	1	1	1 (1 test de pompe abandonné)	horticulture, aviculture	Louga, Thiès
Frigo solaire	5	2	31	> 160	lait, poisson, viande, boissons, jus locaux, lait	Fatick, Kaolack, Tambacounda
congélation solaire	4	0	4	> 11	blocs de glace, boissons, jus locaux, crèmes glacés, lait, lait caillé	Fatick, Thiès, Louga, Kaffrine
Chambre froide	3 (dont une chambre froide mobile)	1	2	3	Pomme de terre, lait, produits halieutique	Saint-Louis, Thiès, Tambacounda
Tank à lait solaire	4	1	3	120 unités de conservation de lait au niveau village	lait	Fatick, Matam, Kédougou, Tambacounda, Kolda, Ziguinchor, Louga, St. Louis
Machine à production de glace	1	0	1	1	produits halieutique	Fatick
Plateforme multifonctionnelle	2	0	2	350		Sédhiou, Kolda
Moulin	6	1	5	11	mil, riz, maïs, sorgho	Fatick, Thiès, Kaolack, Sédhiou, Kolda, Tambacounda
Batteuse	1	0	1	1	mil	Casamance
Presse à huile	3	0	3	3	arachide	Kolda, Tambacounda, Kaolack
Atelier d'artisanat	2	0	2	2	couture	Thiès, Ziguinchor

3.2 Capitalisation des expériences d'usage productif d'énergie solaire

En vue de sélectionner les expériences à capitaliser parmi la liste des initiatives recensées, une rencontre s'est tenue entre l'équipe de PAC et celle du PED. Elle a permis de recentrer la tâche de capitalisation autour du développement et du renseignement de fiche de capitalisation pour dix (10) expériences. Il a été retenu d'élaborer des fiches présentant les facteurs clés qui ont permis le succès de l'initiative comme les objectifs visés, l'arrangement institutionnel, le modèle de financement, les bénéfices, le mécanisme de durabilité, les leçons apprises, etc. Sur cette base, l'équipe de PAC a finalisé le modèle de fiche de collecte et a procédé à la capitalisation de 12 expériences d'usage productif de l'énergie solaire. Les fiches ont été choisies sur la base des expériences les plus innovantes pour chaque technologie, mais également sur le niveau de disponibilité des informations.

A titre d'exemple, la fiche suivante présente la capitalisation de l'expérience « système solaires photovoltaïque de refroidissement et de conservation du lait » réalisée dans le cadre du programme régional d'extension de l'horizon des opportunités de valorisation de la chaîne de valeur lait par l'accès aux Services Energétiques durables PROGRES-Lait dans le Ferlo et le Kolda. Les fiches de capitalisation des autres expériences sont présentées dans un document tiré à part.

Fiche de capitalisation PROGRES-Lait

< PROGRES-Lait (Enda Energie) >		
Type d'expérience	Projet	Zone / Région
Eléments	Questions dirigeantes	
< systèmes solaires photovoltaïques et de cuves de refroidissement et de conservation du lait >	< Programme Régional d'Extension de l'Horizon des Opportunités de Valorisation de la Chaîne de valeur Lait par l'Accès aux Services Energétiques durables PROGRES-Lait >	Sénégal: Zone sylvo-pastorale du Ferlo (Tatki dans la région de Saint-Louis) et Diambanouta dans la région de Kolda (Sud-Est) Mauritanie: Timbédra dans la région de Hodh El-charghi (Sud-Est) et les Zones de trarza (Vallée du Fleuve Sénégal).
Contexte / Problèmes/Contraintes	<p>Faible capacité de valorisation de la filière Lait au Sénégal: L'élevage est la deuxième activité du secteur agricole après l'agriculture : il contribue à 35% du PIB du secteur primaire et 7,5% du PIB national. La production locale de lait est en hausse certes mais ne répond qu'à 50% à la demande nationale : de 114 millions de litres de lait (de vaches, brebis et chèvres confondus) en 2004 à 141 millions de litres en 2014, soit une progression de près de 25% (MEPA 2015).</p> <p>Pauvreté Energétique dans la zone sylvo-pastorale de Ferlo: Taux d'électrification dans les bassins de production de lait dont ceux de Kolda et de Ferlo, inférieur à 20% au Sénégal et 10% en Mauritanie. Plus de 70% de perte en quantités de lait pendant la saison hivernale due au manque d'énergie propre et abordable et équipements de collecte et de conservation. Cette pauvreté énergétique dans les bassins de production constitue un des facteurs majeurs de blocages à l'approvisionnement en qualité et quantité suffisante des laiteries industrielles dans les deux pays.</p>	
Technologies solaires à usage productif	<p>Plateformes solaires pour le refroidissement, la conservation de lait et l'électrification de localités au Sénégal (Saint Louis, Louga et Kolda) et en Mauritanie (Hodh El-charghi, Brakna et Trarza) composées de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plateformes solaires (400 Wc) avec batteries de 20kW chacune - Mini-plateformes solaires photovoltaïques (7,4 kWc) dotés de mini réseaux - Cuves de refroidissement (de 38°C à -5°C en moins de 2 heures de temps) et de conservation de lait d'une capacité de 200 à 400 litres chacune alimentées par les plateformes solaires. 	

L'objectif du projet	<p>Valorisation de la chaîne de valeur lait par l'amélioration de l'accès aux services énergétiques durables afin de contribuer à la création de très petites entreprises rurales et emplois verts pour stimulation de l'économie rurale au Sénégal et Mauritanie.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Création d'emplois et de richesse au niveau local pour inciter le développement de l'économie verte rurale; b) Le développement de l'entrepreneuriat rural notamment pour les jeunes et les femmes; Contribution à la sécurité alimentaire des populations par une amélioration de la disponibilité et de l'accessibilité du lait; c) La réduction du déficit de la balance commerciale par la réduction des importations des produits laitiers; d) L'amélioration de l'accès aux services énergétiques de production dans les villages qui abritent les plateformes.
Description de l'arrangement institutionnel	<ul style="list-style-type: none"> a) Maitre d'œuvre : Enda Energie b) Bailleur de fonds principal : Union Européenne c) Partenaires techniques : <ul style="list-style-type: none"> Sénégal : Gouvernement du Sénégal à travers le Ministère de l'élevage et des Productions animales, Agence Sénégalaise d'électrification rurale (ASER) Mauritanie : Gouvernement à travers le Ministère de l'élevage, ONG EcoDev et l'ONG ASPOM France : ENERGIES 2050 d) Cadre National d'Orientation regroupant les partenaires technique et financier du projet et financé par le Ministère du Pétrole et de l'Energie
Approche de financement et acquisition de la Technologie	<p>Budget Global : 4.556 milliards de FCFA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Co-financement Bailleur et gouvernemental : 3,5 milliards de FCfa de l'Union Européenne et 1 milliard de FCfa des Gouvernements du Sénégal et de la Mauritanie (500 millions par pays) • Acquisition des plates-formes solaires composées de Systèmes solaires photovoltaïques et de Cuves de refroidissement et de conservation <p>Contribution des bénéficiaires à hauteur de 10% à travers un partenariat public-privé (PPP) et en collaboration avec les institutions de microfinances locales (IMF). Les municipalités y ont également contribué à travers l'octroi de terres pour l'installation des plateformes.</p> <p>Fournisseurs des technologies sélectionnés par Appel d'Offre</p>
Bénéfices socio-économiques et Efficacité énergétique et environnementale	<ul style="list-style-type: none"> • 100 mini-plateformes solaires photovoltaïques (soit 5 mini plateformes/plateformes) sont installées au niveau des villages pour plus de 2000 petits producteurs afin d'approvisionner les laiteries dans les villages polarisants ou villages centres; • 20 plateformes solaires sont installées et approvisionnent les laiteries industrielles de transformation pour la conservation et la pasteurisation du lait local cru pour les grandes entreprises de transformation. Les plateformes munies de mini-réseaux électriques permettent également d'offrir en raccordant plus de 1000 ménages pour un usage domestique. 80% de l'énergie produite par les grandes plateformes sera utilisée pour la consommation des ménages, les 20% restants étant utilisés pour le refroidissement et la transformation du lait. • Production de 411 720 kWh/an sur l'ensemble des plateformes solaires installées • L'électrification de 20 infrastructures sociocommunautaires (écoles, postes de santé) à travers des mini-réseaux électriques qui permettent également d'offrir des services énergétiques annexes notamment l'éclairage rurale, la recharge de téléphone, ainsi que des activités économiques connexes dans les villages centres (à forte potentialité de développement artisanal) notamment pour la mouture et la soudure. • Coopératives d'éleveurs (COOPEL) et GIE sont mises en place et mobilisent plus de 1400 membres au Sénégal et Mauritanie

	<ul style="list-style-type: none"> • Eleveurs sont formés sur les normes d'hygiène et de qualité du lait à respecter, sur les risques physiques, biologiques et chimiques liés à la traite et au transport du lait, afin d'en tirer des revenus stables; les dirigeants des COOPEL sont formés en dynamique organisationnelle, entrepreneuriat et gestion de microentreprise
Approche / méthodologie	<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement de l'accès aux services énergétiques modernes pour les activités productives, • Mise en place d'un modèle de Partenariat Public-Privé à vocation Communautaire (PPPC) pour la promotion de l'entrepreneuriat rural, notamment féminin comme instrument de développement du marché du lait • Mise en place de Comités régionales et cadre nationale d'orientation qui assurent augmenter la compétitivité du lait local, • Professionnalisation de l'écosystème, le renforcement de Responsabilité sociétale des Organisations (RSO) pour la sécurisation de la production et la promotion des partenariats innovants susceptibles d'impulser le développement d'un marché autonome de collecte et de commercialisation du lait.
Difficultés rencontrées et Leçons apprises	<ol style="list-style-type: none"> a) Inadéquation des réfrigérateurs solaires initialement prévus par le projet aux besoins des communautés locales pour la conservation et le refroidissement du lait : réorientation du projet aux besoins locaux à travers un une analyse du contexte local notamment le diagnostic participatif des besoins en énergie des acteurs de la chaîne de valeur et une étude de faisabilité et essaie de technologies solaires à usages productifs adaptées aux bassins de production du Lait b) La faiblesse des maillons de la chaîne de valeur Lait et absorption de la production accrue : cette difficulté a été contournée grâce à la prise en compte de l'aliment bétail à travers la valorisation de déchets agricoles (paille de canne, de riz, mil... et des moulins multi-actions), la mise en place des circuits de collecte et des points d'approvisionnement du Lait. Le projet a aussi développé un marché inclusif en créant le lien (garanties d'achat) entre les industries et les producteurs et les consommateurs. c) Echec du système d'exploitation des infrastructures solaires à base communautaire : ce modèle initialement expérimenté par le projet a très vite connu ses limites en termes de viabilité économique et sociale et la pérennité des réalisations faites pendant la phase pilote. ENDA a opté pour une approche intermédiaire entre le communautaire et le privé à travers la délégation de la gestion et de la maintenance des infrastructures aux coopératives d'éleveurs (COOPEL) et GIE d) Cout élevé de l'électricité qui influait sur la compétitivité du lait Local : un plaidoyer a été fait auprès de la SENELEC pour une facturation subventionnée e) Résistances des communautés locales au projet ; pour favoriser l'adhésion des bénéficiaires, ENDA a mis en place une nouvelle dynamique et des dispositifs organisationnelle impliquant l'ensemble des acteurs étatiques et privés depuis la base de même qu'une stratégie de communication sociale
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none"> • Articulation des services énergétiques sur la chaîne de valeur Lait : à travers une analyse diagnostic des besoins énergétiques et une étude comparative des technologies adaptées aux communautés avant l'installation des plateformes solaires • Gouvernance décentralisée de la fourniture de services énergétiques productifs : à travers la délégation des services d'exploitation plateformes et infrastructures solaires • Partenariat public-privé à vocation communautaire et le développement du marché local Lait: à travers la signature de protocoles d'achat du lait, par les Etats avec les laiteries industrielles (Groupe Kirène, Dolimam Le Fermier, Société Mauritanienne des

	<p>Produits Laitiers-SMPL, Wataniya) pour la garantie d'achat, les municipalités pour les services d'appuis solidaires et les coopératives locales de la chaîne de valeur pour l'approvisionnement durable des laiteries et le renforcement du pouvoir économique des femmes productrices de lait</p> <ul style="list-style-type: none"> • Professionnalisation des acteurs de l'écosystème : à travers le renforcement de capacités des petits acteurs du système de collecte, de conservation et de commercialisation du lait tant au plan organisationnel, managérial et financier • Dialogue citoyen et plaidoyers réussis sur l'énergie: Communautés des pratiques regroupant l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur impactée comme cadre d'échange, d'apprentissage d'incubation d'entreprises sociales; Un plaidoyer réussi sur l'exonération des taxes pour encourager les industries laitières locales notamment en Mauritanie. (l'Etat mauritanien a déjà pris quelques dispositions sur la taxation du lait importé) • Une Stratégie de Communication sociale : pour renforcer l'adhésion, l'appropriation des technologies solaires et de changement de comportement en vue de sécuriser la qualité et le développement de l'esprit d'entreprises au sein des populations bénéficiaires
Durabilité	<ul style="list-style-type: none"> • Exploration de mécanismes de financement carbone climat : la mise en place de nouveaux modèles de développement territoriaux bas carbone, sobres en ressources naturelles et porteurs de développement économique partagé. Progrès Lait est un exemple de projet d'adoptions à co-bénéfice en termes d'émission de GES, d'atténuation ainsi qu'un fort potentiel de création de très petites entreprises et d'emplois verts décents pour les populations les plus vulnérables. Les collectivités bénéficiaires du projet ont été encouragées à monter des projets pour mobiliser des financements dans ce sens. • Modèles économiques innovants et endogènes pour la pérennisation du projet
Opportunité pour la GIZ et Reproductibilité pour un changement d'échelle	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation de la contribution des bénéficiaires à travers un mécanisme de micro-financement • Gouvernance décentralisée de la fourniture de services énergétiques productifs • Articulation des services énergétiques sur les chaînes de valeur • Modèles d'exploitation endogène des plateformes énergétiques • Renforcement de capacités techniques locales ciblées et centrées sur les besoins des acteurs tant au plan technique, managérial que organisationnel

3.3 Analyse comparative des modèles commerciaux utilisés

Cette analyse comparative a pour but de comprendre les modèles commerciaux qui ont été appliqués dans l'exploitation des technologies d'usage productif de l'énergie solaire en Afrique afin d'apprendre des expériences faites et de trouver les modèles adaptés au contexte sénégalais. La revue de littérature sur les modèles économiques a montré qu'en général ce domaine requiert encore des recherches et projets pilotes et qu'il est surtout nécessaire d'adapter au contexte local.

En principe, cet exercice aurait dû se baser sur les expériences faites au Sénégal mais pour certaines technologies il y a peu d'expériences réussies et de modèles commerciaux testés au Sénégal. Nous avons donc élargi la recherche et repris quelques exemples de la sous-région et d'Afrique de l'Est pour pouvoir faire la comparaison.

Pour les technologies de chambre froide, machine à glace et la couveuse solaire nous avons effectué des calculs de rentabilité simplifiés en utilisant des modèles commerciaux

trouvés dans la sous-région et en adaptant les données au contexte sénégalais. Ces calculs donnent un premier aperçu du potentiel commercial de la technologie mais nécessiteraient une analyse plus approfondie. Il est à noter que les calculs de rentabilité exemplaires de ce rapport n'incluent pas le coût du financement et les taxes. Les marges pourraient diminuer de manière significative et les délais de remboursement augmenter à cause des taux d'intérêt effectifs des institutions de micro-financement. Les taux d'intérêt pour ce type de financement varient considérablement et ne sont pas inclus dans cette analyse, mais devraient être pris en compte dans la mise en œuvre de projets.

- **Chambre froide**

La startup nigérienne ColdHubs applique un modèle simple de paiement dénommé pay-as-you-store : les agriculteurs et les détaillants payent 100 NGN (≈ 165 FCFA) pour stocker une caisse pendant une journée. Chaque centre est géré par un directeur qui surveille le chargement et le déchargement des caisses, collecte les redevances et établit des relations avec les groupements d'agriculteurs et les marchés.

Modèles économiques:

Cooling as a Service (CaaS) est un modèle commercial selon lequel le client paie pour la réfrigération en fonction de l'utilisation plutôt que d'acheter des réfrigérateurs, congélateurs ou un autre équipement de refroidissement.² Cette approche est particulièrement intéressante, car elle optimise les coûts pour les petits producteurs et revendeurs en les réduisant au service auquel ils font appel et cela sans qu'elle ne requière une capacité technique et de maintenance des producteurs. Ce modèle commercial de vente à l'unité, aussi appelé **pay-as-you-store** est encore peu courant, mais il est pratiqué par quelques fournisseurs de chambres froides comme Coldhubs au Nigeria et SalgaTech au Burkina Faso: Une chambre froide est typiquement installée près d'un marché et les clients (producteurs, vendeurs, acheteurs) paient un espace alloué dans une chambre froide à la journée. L'espace est, généralement délimité par des plateaux, des palettes ou des caisses réutilisables. Cette approche commerciale est particulièrement intéressante pour les petits vendeurs de marché qui n'ont pas accès à l'électricité ou à un stockage réfrigéré et qui souhaitent prolonger la durée de conservation des denrées périssables qu'ils vendent.



Figure 1: Modèle pay-as-you-store³

L'autre modèle qu'on peut trouver dans le secteur de la chaîne froide hors réseau, est le **modèle leasing** qui est plutôt proposé aux grandes exploitations ou aux coopératives agricoles. Les équipements sont souvent surveillés et contrôlés à distance et en temps réel.⁴ Certaines entreprises construisent leurs unités de manière à ce qu'elles soient facilement transportables (voir chambre froide mobile de l'entreprise OMEGA dans le catalogue). Cela permet au propriétaire de l'unité de **profiter de plusieurs saisons de croissance** dans différentes zones géographiques, réduisant ainsi le temps nécessaire pour rembourser l'unité. Les utilisateurs ont l'avantage de payer uniquement pour la réfrigération pendant la période de l'année où ils en ont besoin. Les chambres froides mobiles offrent également la possibilité de **location**.

² KCEP. 2018. Cooling as a Service (Caas). https://www.k-cep.org/wp-content/uploads/2018/07/Cooling-as-a-service-Knowledge-brief-6.7.2018_Final_online_v1.pdf

³ <https://storage.googleapis.com/leap-assets/OGCCC-Business-Models.pdf>

⁴ similaire au système « asset protection » de Bonergie pour les producteurs qui bénéficient du crédit-bail fournisseur

Une visite de terrain a été effectuée au niveau de kayar afin de faire la capitalisation de l'expérience de la chambre froide installée au Sénégal dans la zone des Niayes par l'entreprise française IGLOO pour l'Association des Producteurs Maraîchers de Kayar (APMC). L'entretien avec les responsables de l'association a permis de révéler l'existence de problèmes techniques comme le maintien de la température de conservation, le caractère hybride de l'installation qui a entraîné des factures d'électricité élevées, la faible capacité de stockage de la chambre froide qui ne pouvait satisfaire la demande des membres. Le projet a donc été stoppé en attendant de trouver un modèle d'exploitation non collectif.

Calculs de rentabilité simplifiés

Le tableau suivant indique le calcul simplifié de la rentabilité de trois expériences de chambres froides au Burkina Faso, au Nigeria et de l'expérience à Kayar au Sénégal. Ce calcul prend en compte les prix d'investissements respectifs et estime le prix de stockage par kg abordables pour le cas du Sénégal.

Ce sont des calculs théoriques basés sur une exploitation de 100 % qui peuvent donner un premier aperçu de la rentabilité. Il faudra adapter avec des données plus spécifiques.

Tableau de comparaison des modèles commerciaux des chambres froides

	Salgatech Burkina ⁵	ColdHubs Nigeria	IGLOO, Kayar, Sénégal
Taille de la chambre froide	60m3	20m3	180 m3
Capacité de tonnes/ d'unités de caisses en plastique de 20 kg empilées sur le sol	30.000 kg (1500 caisses ⁶)	3.000 kg de denrées périssables, disposés en au moins 150 unités de caisses ⁷	60.000 kg de pommes de terre (d'un seul agriculteur)
Température	+2°C à +15°C pour fruits légumes, lait	+5°C à +15°C pour fruits légumes, lait	
Durée de vie	Minimum 15 ans si la fiche technique est respectée ⁸		
Prix d'investissement de la machine (+ système solaire)	12.000.000 FCFA (sur devis)	16.959.500 FCFA	30.000.000 Fcfa (Apport de 6.000.000 FCFA d'APMC)
Durée d'opération	24/7	24/7	
Journées d'opération par mois	20 jours/ mois ⁸	20 jours/ mois	
Amortissement mensuel du système solaire/ coût d'énergie par mois	127.053 FCFA/ mois ⁹	179.562 FCFA/ mois	300.000 FCFA/mois (facture d'électricité) + amortissement de la chambre froide
Dépenses mensuelles	187.053 FCFA/ mois	239.562 FCFA/ mois	
Prix d'unité d'une caisse	100 FCFA	165 FCFA	
Revenu journalier potentiel ¹⁰	150.000 FCFA	24.750 FCFA	
Revenu mensuel	3.000.000 FCFA	495.000 FCFA	
Bénéfice mensuel	2.685.894 FCFA	255.438 FCFA	

Les calculs de rentabilité pour les chambres froides prouvent que les bénéfices potentiels (modèle *pay-as-you-store*) sont toujours au-dessus des charges d'exploitation. Ce qui prouve la rentabilité de ces technologies, avec des temps de retour sur investissement (TRI) souvent inférieurs à 2 ans. Pour les charges d'exploitation, le coût de l'énergie par mois, dans le cas d'un système hybride, est un facteur déterminant pour la rentabilité du système. Pour la

⁵ Selon Silvère Salga, SALGATECH

⁶ estimation

⁷ <https://www.freshplaza.com/article/9034925/nigerian-start-up-solar-refrigerating-farms-coldhubs/>

⁸ Selon Silvère Salga, SALGATECH

⁹ estimation

¹⁰ Si la capacité de 100 % est atteinte

chambre froide au Sénégal, la facture d'électricité élevée associée à d'autres facteurs technologiques, ont poussé les bénéficiaires à stopper l'exploitation de la chambre froide.

- **Machine à glace**

La fabrication de glace peut être une activité intéressante, surtout dans les régions de production halieutiques, mais aussi en général dans les zones éloignées et chaudes. La glace est utilisée à des fins diverses, mais surtout pour conserver les aliments (par exemple, le poisson fraîchement pêché) et les boissons fraîches. La glace est généralement vendue dans des sacs ou des seaux de 10 à 12 kg environ qui coûtent entre 50 et 100 FCFA par kg.¹¹ La rentabilité d'une entreprise de fabrication de glace dépend du coût de l'électricité, ou les coûts de dépréciation du système, de la capacité de production et la demande de glace, ainsi que de la disponibilité et des prix de la concurrence.

L'entreprise SalgaTech à Ouagadougou offre des machines à glaces solaires de grande capacité de production de 500kg/ jour (Modèle Ice'Mach 1). L'entreprise suggère aux clients d'investir en deux étapes et de commencer par une machine branchée au réseau et d'investir dans un système solaire plus tard, ce qui limite les installations.

Calculs de rentabilité simplifiés

Le tableau suivant montre le calcul simplifié de la rentabilité de trois expériences de machines à glace solaire au Burkina Faso, au Sénégal et d'une autre raccordée au réseau électrique en Tanzanie, prenant en compte les prix d'investissements respectifs et les prix habituels de glace par kg dans les pays respectifs.

	SALGATech, Ice'Mach 1 Burkina ¹²	Machine à glace Sénégal	Tanzanie ¹³
Capacité de production (kg/jour)	500 kg/ jour	156 kg/ jour	
Vente (kg) par jour		68 kg/ jour	
Prix d'investissement de la machine	10.000.000 FCFA (Système solaire inclus)	20.336.000 FCFA (Système solaire inclus)	220.441 FCFA
Durée d'opération par jour	12-15 h	10 h	2 h
Amortissement mensuel du système solaire/ coût d'énergie par mois	105.877 FCFA	84.333FCFA	4.8318 FCFA
Dépenses mensuelles (coûts énergie inclus)	165.877 FCFA	62.602 FCFA	45.296 FCFA
Prix d'unité de glace (1kg)	50 FCFA	50 – 100 FCFA	120 FCFA
Revenu mensuel	750.000 FCFA	195.000–390.000FCFA	66,434 FCFA
Bénéfice mensuel	584.123 FCFA	48.065–243.065FCFA	21.138 FCFA

Les calculs de rentabilité pour les machines à glace montrent également que les revenus mensuels sont nettement supérieurs aux charges d'exploitation. Le coût d'investissement élevé de la technologie fait néanmoins que les TRI sont souvent supérieurs à 5 ans. Ce qui impose d'avoir un modèle d'investissement adéquat (prêt à long terme avec un taux d'intérêt faible par exemple). On note également des charges d'exploitation élevées comme pour les autres technologies.

- **Moulin solaire**

Au Sénégal, notre recherche n'a pas permis de trouver des expériences réussies et documentées de gestion de moulins solaire. Par contre, nous avons pu répertorier l'expérience de l'entreprise AgSol, basée à Nairobi qui a développé un moulin à maïs, sans entretien et plus abordable avec un moteur spécialisé à courant continu, sans balais et avec une électronique de

¹¹ Georgia Badelt

¹² Selon Silvère Salga, SALGATech

¹³ E4I Data

puissance intelligente.¹⁴ Le moulin AgSol à maïs est à l'état pilote dans au moins 10 endroits différents au Kenya, en Tanzanie, Uganda et Zambie.¹⁵ Différents modes de déploiement y sont testés afin de collecter des données et des informations commerciales sur les segments de clientèle et l'acquisition, la conception et la fonctionnalité des produits et les incidences socio-économiques des moulins hors réseau.¹⁶

Modèles économiques : service mouture et vente de farine

Dans la recherche du modèle économique le plus adapté, un premier choix à faire c'est si on offre la mouture en tant que service ou la vente de farine ou les deux.

De manière générale on observe que les clients préfèrent amener leurs propres céréales, et payer pour les faire moudre sous leurs yeux et les remporter. La vente de farine est moins populaire par souci de la qualité des grains d'origine. Cela signifie que la gestion de la demande aux heures de pointe est plus difficile pour l'exploitant du système. Le temps d'attente peut jouer un rôle critique dans les endroits où il existe une concurrence entre moulins.

La vente de farine aurait l'avantage de pouvoir mieux exploiter le moulin pendant toute la journée et serait donc plus profitable.

Deux exemples de modèles commerciaux susceptibles à maximiser l'utilisation et par conséquent la rentabilité sont:

- L'offre de services énergétiques supplémentaires en tirant parti du système de batteries.
- La gestion de la demande et la maximisation de la mouture aux heures de pointe d'ensoleillement. Ce modèle peut nécessiter un changement de comportement et la confiance des clients, ce qui est difficile compte tenu de la concurrence existante entre moulins dans le voisinage. Cependant, si les propriétaires de moulins peuvent résoudre de manière créative la question de l'altération, il y a des gains d'utilisation importants à obtenir.

Comparaison et concurrence moulin solaire et diesel

En raison de la forte concurrence de l'offre de service pour les moulins au diesel dans les zones hors-réseaux, il est essentiel de faire une analyse au cas par cas.¹⁷ D'une part, l'exploitation des moulins au diesel représente un coût élevé tributaire du prix fluctuant du prix importé. D'autre part, elle présente l'avantage d'avoir un coût d'investissement inférieur aux moulins solaires et une capacité de production plus élevée.

Selon une étude récente d'*Efficiency for Access Coalition* de Janvier 2020 les moulins diesel existants aurait une capacité de production de 120-150 kg/h alors que le modèle solaire aurait une capacité de production réduite de 32,7 kg/h.¹⁸ Pour les exploitants de moulins il serait donc question de savoir si le moulin solaire fonctionnant plus lentement, serait en mesure de satisfaire les besoins des clients pourrait entraîner un temps d'attente plus long et satisfaire le besoins des clients. Les exploitants de moulins solaires doivent offrir un avantage concurrentiel par rapport aux moulins diesel pour gagner la confiance des clients.¹⁹

	Moulin solaire	Moulin diesel
investissement	coûts élevés :	coûts d'investissement relativement faibles

¹⁴ <https://efficiencyforaccess.org/agsol-project-spotlight>

¹⁵ <https://agsol.com/solar-milling-field-deployment-and-research/>

¹⁶ SOLAR MILLING: EXPLORING MARKET REQUIREMENTS TO CLOSE THE COMMERCIAL VIABILITY GAP

¹⁷ Plus de 500 moulins diesel dans les régions Kaolack, Kedougou et Tambakunda par le PUDC

¹⁸ 50 kg/h selon Omega Technologies et Nadji-Bi

Selon NRJ : production horaire: pour le maïs 130 kg / h (tamis de 2,5 mm) à maximum 260 kg / h (tamis de 8 mm)/ les valeurs de production dépendent du type de céréales et de son humidité

¹⁹ SOLAR MILLING: EXPLORING MARKET REQUIREMENTS TO CLOSE THE COMMERCIAL VIABILITY GAP

https://storage.googleapis.com/clasp-siteattachments/SolarMilling_Market-Requirements.pdf

	9.971.000²⁰	
coûts de l'énergie		Prix diesel : entre 500 et 600 CFA par litre
Capacité de production	32 kg/ h	120-150 kg/h

Self service: Eldoret polytechnic, Kenya: <https://www.youtube.com/watch?v=SuGp5xIDJoQ>

- **Couveuse solaire**

De nombreuses familles sénégalaises et africaines élèvent des poules pour leur propre consommation et la vente sur les marchés des œufs et de la viande de poulet. Les couveuses ou incubateurs solaires permettent aux petits producteurs d'augmenter leur production à un coût d'investissement raisonnable et un rendement élevé. Avec une couveuse on peut faire éclore plus d'œufs que ne pourrait le faire une poule (elle permet à une poule de pondre plus d'œufs car pendant l'incubation les poules cessent de pondre). Une poule peut faire éclore environ 20 à 30 poussins par an, mais en utilisant un incubateur, qui garde les œufs à une température et humidité constante, on peut obtenir jusqu'à 300 poussins par an de la même poule.²¹

Calculs de rentabilité simplifiés

Le tableau suivant montre le calcul simplifié de la rentabilité d'une expérience de couveuse solaire au Burkina Faso et d'une autre raccordée au réseau électrique en Tanzanie. Si le marché est capable d'absorber une quantité de poussins plus élevée, il semble intéressant d'investir dans un système plus vaste pour augmenter le bénéfice.

	Expérience M'YAABA Burkina Faso	Expérience E4I, Tanzanie ²²
Capacité de la couveuse	400 œufs	100 œufs
Prix d'investissement de la couveuse	1.500.000 FCFA (≈2.290 €) (système solaire inclus)	73.681 FCFA (sans système solaire, branché sur le réseau)
Energie consommé par jour	4,32 kWh/jour ¹⁸	2,40 kWh/ jour
Durée d'opération par jour	24/24h	24/24h
Journées d'opération par mois (temps jusqu'à l'éclosion)	21 jours/ mois	21 jours/ mois
Amortissement mensuel du système solaire/ cout d'énergie par mois	12.000 FCFA ²³	27.000 FCFA
Dépenses mensuelles (couts énergie/ amortissement inclus)	72.000 FCFA	50.000 FCFA
Prix d'un poussin	500 FCFA	752 FCFA
Revenu mensuel	200.000 FCFA (≈304€)	75.200 FCFA
Bénéfice mensuel	128.000 FCFA (≈195€)	25.272 FCFA
Bénéfice mensuel par 100 œufs	32.000 FCFA	25.272 FCFA

Les calculs économiques montrent que la technologie de couveuse solaire est très rentable. Avec des coûts d'investissement relativement faibles et des bénéfices nets mensuels largement supérieurs aux charges d'exploitation, les TRI de la technologie sont souvent inférieurs à 1 an.

²⁰ Exemples OMEGA & Nadji-Bi

²¹ PRODUCTIVE USE OF ENERGY IN AFRICAN MICRO-GRIDS: TECHNICAL AND BUSINESS CONSIDERATIONS

²² Data from E4I: PRODUCTIVE USE OF ENERGY IN AFRICAN MICRO-GRIDS: TECHNICAL AND BUSINESS CONSIDERATIONS

²³ estimation

En plus de cette rentabilité prouvée, la capacité de couvaison multipliée pour les aviculteurs fait que ces derniers voient leurs revenus multiplier au cours de l'année.

4 Identification des concepts d'usage productif pour des projets pilotes

4.1 Identification

Cette tâche a pour objet de réaliser une sélection de 10 concepts d'usage productif de l'énergie solaire dans des domaines d'application comme l'agro-alimentaire, l'artisanat, l'agriculture et d'autres chaînes de valeur à haute valeur ajouté qui feront l'objet de projets pilotes dans au moins trois (03) domaines.

Dans un premier temps, nous avons défini la notion d'usage productif, ensuite nous avons sélectionné les domaines sur la base de l'importance de chaîne de valeur, du sous-secteur par rapport au nombre potentiel de petits producteurs, de la place dans les priorités du gouvernement. Ensuite pour chaque domaine, nous avons sélectionné, sur la base d'une analyse des critères comme l'existence de distributeurs engagés, la demande des groupes comme les coopératives, la facilité d'utilisation, son impact potentiel sur le développement de la chaîne de valeur et la place de la chaîne de valeur dans les activités des exploitations familiales, etc., les types d'applications et enfin, pour chaque concept/application proposé, nous avons effectué une analyse technique et commerciale et proposé le modèle d'exploitation approprié et les partenaires potentiels.

Dans le cadre de cette mission, nous considérons la définition suivante de l'usage productif. Il s'agit de l'utilisation de la technologie (application solaire) dans le cadre d'un éventail d'activités, par un groupe socio professionnel, associatif, une entreprise privée ou un individuel pour créer un avantage économique par la création de revenus monétaires.

Sélection des domaines

- **Production agricole :**

Ce domaine constitue le premier segment des chaînes de valeurs agricoles. Les filières agricoles, jugées pertinentes pour les usages productifs sont les filières horticole (maraîchage, arboriculture) les céréales (Riz, mil, maïs, sorgho) les légumineuses (Arachide, niébé), les forestiers. Les activités réalisées dans le cadre de la production qui vont du semis à la récolte en passant par les opérations culturales. Les acteurs de la production agricole sont principalement les producteurs et leurs organisations. L'usage des applications solaires est possible principalement pour des activités de pompage, d'application des produits phytosanitaires et d'irrigation. Ils permettent de maîtriser l'eau et de procéder à une irrigation. La technologie d'utilisation du solaire permet, de réduire les charges d'exploitation liées notamment à l'achat d'essence, pétrole, gasoil et lubrifiants pour faire fonctionner les équipements de pompage. Lorsqu'ils sont couplés à un système d'irrigation au « goutte à goutte », ils permettent une économie d'eau, un gain de temps qui sera affecté à d'autres activités et aussi une réduction des coûts de la main d'œuvre. Le tableau suivant présente pour ce domaine, les activités et les applications solaires pouvant faire l'objet d'un usage productif ainsi que les chaînes de valeur concernées.

Activité	Application solaire/Equipement	Produits/chaîne de valeur
Pompage	Pompe solaire <ul style="list-style-type: none">• Immergée• Surface	Horticulture (arboriculture, maraîchage, floriculture), Riz, Racines et Tubercules ; Maïs doux, arachide de bouche

Prophylaxie (traitement phytosanitaire)	Pulvérisateur solaire	Horticulture, Coton, Racines et Tubercules, Maïs doux
Irrigation	Goutte à goutte	Horticulture (arboriculture, maraîchage, floriculture), Riz, Racines et Tubercules ; Maïs doux, arachide de bouche

- **Artisanat**

Le sous-secteur de l'artisanat fait vivre des centaines de milliers de Sénégalais, de ce point de vue, il bénéficie d'une attention soutenue de la part du gouvernement avec notamment la mise en place de structures de financement dédiées. Il compte 122 092 entreprises réparties dans 130 corps de métiers répartis ainsi : 62,2 % pour l'**artisanat de production**, 11.3% pour l'artisanat d'art et 26.5% pour l'**artisanat de service**. 59.2 % d'entre eux sont répartis en milieu urbain et 40.8 % en milieu rural sauf à Diourbel, Louga, Fatick, Kolda, Matam et Tambacounda. L'artisanat de services avec les activités de coiffure, mécanique, plomberie, etc.) est passé de 15 à plus de 26% de l'effectif des entreprises artisanales entre 2010 et 2017 alors que les autres ont connu une baisse. Le rôle de l'énergie notamment l'énergie renouvelable comme le solaire est capital dans le développement de ces types d'activités. L'énergie solaire facilite leur déploiement dans les zones rurales qui ont un besoin criard de services comme les recharges de batteries, de téléphone, la réparation et l'entretien des équipements agricoles comme le matériel de culture, de transformation, le matériel d'exploitation comme les charrettes, motoculteurs, la tuyauterie, etc.

Le tableau suivant présente pour ce domaine, les activités et les applications solaires pouvant faire l'objet d'un usage productif.

Activité	Application solaire
Menuiserie Métallique Soudure	Plateforme solaire
Coiffure/couture	Plateforme solaire
Services divers (recharge, téléphone, batteries, etc.)	Plateforme solaire

- **Pêche/pisciculture**

Pour l'aquaculture, les besoins en énergie concernent les phases de grossissement, d'élevage mais également de conservation et de distribution. Le coût et l'efficacité énergétique dans la distribution et la ventilation de l'eau dans les bassins piscicoles est une réelle contrainte à la compétitivité de ce sous-secteur en expansion et qui présente un fort potentiel notamment pour les femmes et les jeunes ruraux et périurbain ayant des difficultés d'accès à la terre. L'usage de l'énergie solaire pour le fonctionnement des bassins piscicoles est une opportunité pour booster ce sous-secteur. Les principales activités de transformation sont le séchage, la fermentation, le salage ; le fumage le brûlage, la mise en farine, l'huilage et le braisage et elles sont toutes liées à une utilisation de l'énergie et réalisées selon des techniques traditionnelles. L'usage de kits de fumage, de séchage solaires, etc. est également une opportunité pour améliorer la compétitivité. Concernant la conservation, l'usage de technologies comme la machine à glace solaire, les congélateurs et réfrigérateurs solaires permettent aussi de booster la filière et de rendre les acteurs moins vulnérables, notamment les pêcheurs. Le tableau suivant présente pour ce domaine, les activités et les applications solaires pouvant faire l'objet d'un usage productif. Egalement sont présentés les acteurs clés concernés.

Activité	Application/équipement
Bassin de production	Pompe et aérateur solaire
Conservation	Congélateur solaire Réfrigérateur solaire
Séchage	Séchoir solaire (plateforme solaire)
Fumage	Fumoir solaire
Broyage	Broyeur Solaire (plateforme solaire)

- Aviculture**

Le sous-secteur avicole est structuré en deux systèmes de production. Un système industrialisé de grandes et moyennes tailles alimentant des chaînes de commercialisation intégrées et des systèmes de production extensifs générateurs de revenus à l'échelle de l'exploitation familiale et approvisionnant les marchés ruraux périurbains et urbains. Ce dernier joue un rôle fondamental dans le maintien des moyens d'existence des ruraux et de l'amélioration de leurs revenus, notamment de ceux des femmes. L'amélioration de l'étape de couvaison des œufs, dont la production annuelle moyenne est de 40 œufs²⁴, par la couveuse solaire permettra d'améliorer la productivité de l'aviculture rurale et par conséquent les revenus des populations rurales. Le tableau suivant présente pour ce domaine, les activités et les applications solaires pouvant faire l'objet d'un usage productif. Egalement sont présentés les chaînes de valeur concernées.

Activité	Application solaire
Production chair et œuf	Pompage solaire Eclairage solaire
Production d'œuf	Couveuse solaire
conservation	Réfrigérateur solaire Congélateur solaire

- Transformation Agricole et post récolte :**

Le développement de la transformation des produits est une des six priorités de la CEDEAO, les taux de transformation des produits agricoles sont faibles dans la sous-région 5% et les pertes post récoltes sont estimées à 35% de la production. Il est nécessaire d'avoir un segment transformation efficient en vue satisfaire la demande des populations urbaines et rurales.

La transformation des fruits et légumes est, le plus souvent, réalisée de façon artisanale principalement par des groupements de promotion féminine. Au Sénégal, près de 200 micro et petites entreprises majoritairement dirigées par des femmes et qui s'approvisionnent dans les marchés locaux, se sont regroupées au sein de l'Association des transformateurs de Fruits et légumes (Transfruleg) et de la Fédération des Professionnels de l'Agro-Alimentaire (FP2A). En plus des fruits et légumes comme la mangue, la Papaye, le piment, etc., les fruitiers forestiers/produits de cueillette comme le Tamarin, le Bouye, le Ditakh, le gingembre, mais également la Patate Douce font partie des produits les plus souvent transformés. Ces unités sont aussi souvent impliquées dans la transformation des céréales comme le mil, le maïs, le sorgho en farine et produits roulés. Parmi les contraintes, figurent la Vétusté des équipements de transformation pour les PME, le surdimensionnement et le coût de l'électricité que les professionnels de la transformation trouvent élevé, de même que celui du gasoil ce qui impact négativement sur leurs revenus. Pour relever ce défi, l'usage de la technologie solaire dans le diagramme de transformation, de la production agro-sylvo-pastoral et halieutique est indiquée dans les activités de séchage, lavage, chauffage, cuisson, le froid, la pasteurisation, le séchage, l'emballage, etc.

Si l'on intègre le post récolte dans ce segment, les usages suivants pourront être valorisés (Battage, vannage, décorticage). Le tableau suivant présente pour ce domaine, les activités et les applications solaires pouvant faire l'objet d'un usage productif. Egalement sont présentés les chaînes de valeur concernées

Activité	Application solaire	Chaînes de valeurs
Battage	Batteuse solaire	Céréales, oléagineux
Vannage	Tarare solaire	Céréales, oléagineux

²⁴ Le chiffre concerne la capacité de couvaison moyenne actuelle, à savoir 40 œufs par an, qui pourrait augmenter avec les couveuses solaires jusqu'à 400 œufs par période de couvaison (21 jours)

Décorticage, triage, calibrage	Plateforme solaire	Céréales, oléagineux
Nettoyage	Tarare Solaire Epierreur solaire	Céréales, oléagineux
Extraction (Presse)	Presse solaire	Oléagineux
Mouture	Moulin solaire	Céréales
Conservation	Réfrigérateur solaire Congélateur solaire	Fruits et légumes (Horticulture, maraîchage)
Lavage	Chauffe-eau solaire	Céréales
Pasteurisation	Chauffe-eau solaire	Fruits et légumes
Emballage	Ensacheuse Thermo soudeuse	Fruits et légumes
Séchage	Séchoir solaire	Fruits et légumes, céréales

• Lait

Au Sénégal, le sous-secteur de l'élevage occupe 350 000 familles soit près de 3 000 000 de personnes issues pour la plupart du monde rural. Parmi les principales contraintes à son développement figurent le déficit d'eau pendant la saison sèche, l'insuffisance du matériel de transformation, de la chaîne de froid qui sont couplées à la longueur des parcours et la dispersion des sites de collecte, ce qui rend les coûts de collecte exorbitants. Les mini laiteries qui existent, estimées à plus de 70, sont artisanales. Bien que produisant en moyenne entre 20 et 400 litres selon la zone et la saison, elles ont un faible niveau d'équipement. Un meilleur accès à des équipements, notamment, des applications solaires, permettrait d'améliorer la compétitivité des mini laiteries et par conséquent de la sous filière. Le tableau suivant présente pour ce domaine, les activités et les applications solaires pouvant faire l'objet d'un usage productif. Egalement sont présentés les principaux acteurs concernés.

Activité	Application solaire
Collecte	Tank à lait solaire
Conservation refroidissement	Congélateur solaire Réfrigérateur Solaire Chambre froide solaire
Pasteurisation	Chauffage solaire
Conditionnement	Ensacheuse Thermo soudeuse
Mini laiterie	Plateforme solaire

Sélection des applications

Pour procéder au choix des applications, nous avons retenu l'approche suivante :

- **D'emblée, nous avons exclu les applications qui sont déjà en cours de pilotes dans le cadre du PED, il s'agit du moulin solaire, de la presse à huile solaire, du pompage solaire immergé, de la machine à glace solaire ;**
- **Nous avons tenu compte de la compétence et de la capacité des groupes cibles du PED qui sont des coopératives, des groupes de femmes et de jeunes, qui sont le plus souvent sur des segments d'activités dont les besoins en énergie n'atteignent pas 1 kW. Pour cette raison, les technologies comme le pulvérisateur solaire, et la plateforme solaire pour l'artisanat de services ont été sélectionnés car ils permettent de cibler les groupes les plus vulnérables et qui sont les plus nombreux dans les zones rurales dépourvues d'électricité;**
- L'existence de distributeurs engagés avec ces communautés des options de diffusion de ces applications a été également prise en compte dans le processus de sélection.
- Nous avons intégré des déterminants de l'adoption comme la facilité d'utilisation, la convivialité, avantage sur les technologies en cours d'utilisation.

Le tableau suivant présente le résultat de la sélection des dix (10) technologies pour les six (06) domaines considérés.

Domaine	Activité	Application
Production agri	Irrigation	Pompe solaire de surface
	Prophylaxie (traitement phytosanitaire)	Pulvériseur solaire
Artisanat	Menuiserie métallique	Kit Plateforme solaire
	Services divers	
Pêche/pisciculture	Bassin de production	Pompe aérateur solaire
	Séchage	Séchoir solaire
	Broyage	Broyeur solaire
Aviculture	Production chair et pondeuse	Kit solaire pompage/éclairage
	Production d'œufs	Couveuse solaire
Transformation agricole et post récolte	Diagramme transformation	Kit plateforme solaire
Lait	Collecte	Tank à lait solaire
	conservation	Congélateur solaire

4.2 Analyse technique et commerciale

L'analyse technique porte sur une description de l'application, le marché, les fournisseurs et les principales marques commercialisées au Sénégal et les effets environnemental et social potentiels.

L'analyse commerciale porte sur les besoins en investissement, les couts d'opération et de maintenance et une indication de la profitabilité de l'investissement et le taux de retour sur l'investissement pour la technologie lorsque les données existent. Elle présente également les principaux systèmes de production pouvant l'accueillir.

Pompe solaire de surface :

- **Analyse technique**

- Description

Les pompes solaires à eau sont des pompes fonctionnant grâce à un moteur dont l'alimentation en l'énergie continue de 12 à 24 V pour les plus petites à plus de 200 V provient de cellules photovoltaïques disposées sur des panneaux solaires captant l'énergie lumineuse du soleil. Les pompes peuvent être volumétriques, centrifuges ou hélicoïdales pour des utilisations comme le pompage de surface et le pompage immergé. Lorsque le but est de faire fonctionner la pompe jour et nuit, une batterie d'accumulateur est utilisée, sinon le pompage au fil du soleil permet de se passer d'accumulateur et dans ce cas le débit sera optimal lorsque le soleil est au zénith, c'est-à-dire entre 12 heures et 13 heures.

Un système de pompage solaire est dimensionné selon les besoins en eau de la spéculature (plantes cultivées : tomates, oignons, tubercules, etc.). Ce dimensionnement permet de calculer le volume d'eau journalier et la durée de pompage. La plupart des solutions de pompage solaire disponibles au Sénégal sont fixes et leur installation est faite par des techniciens spécialisés. Il existe également des systèmes de pompage solaire qui peuvent ne pas être fixes ou « Plug and Play », tels que la solution proposée par SolarWorx qui ne nécessite pas obligatoirement une expertise technique pour son installation. La technologie du pompage solaire est applicable à toutes les chaînes de valeurs. Elle peut également être appliquée pour les parcelles allant de 0,5 à 50 voire 100 ha. Elle est donc adaptée à tous les systèmes irrigués du Sénégal. Elle est accessible et largement commercialisée au Sénégal dans toutes les zones de production irriguée et toutes les zones agro écologiques

- Marché

L'offre en pompes solaires pour les parcelles inférieures à 5 hectares semble la plus répandue au Sénégal. Cela est principalement dû à la demande plus forte des petits producteurs pour ce type d'équipement. La taille du marché des pompes solaires est très élevée lorsqu'elle est rapportée au potentiel de superficies irrigables. Pour les besoins du PED, nous allons circonscrire le marché au potentiel de surface irrigable avec des eaux de surface de la zone du Lac de Guiers, de la zone de Tambacounda et de la Casamance. Les segments visés sont ceux des petits producteurs et de leurs organisations (faitières agricoles, coopératives, etc.,) qui ont des superficies inférieures à deux (02) hectares.

- Fournisseurs SAV

Il existe plus 20 entreprises engagées dans la distribution d'équipements de pompage solaire au Sénégal et les marques les plus commercialisées au Sénégal sont Lorentz et Grundfos et également des marques chinoises via principalement le e-commerce. Concernant la maintenance et Service après-vente, les fournisseurs de pompe solaire ont mis en place un dispositif permettant de mailler l'ensemble du territoire et de rejoindre les zones d'interventions dans des délais inférieurs à 72 heures. Il existe également un système de maintenance qui permet, grâce à des applications comme l'application Pump Scanner de Lorentz d'accéder aux pompes à distance et de faire les premiers diagnostics.

- Impact environnemental et social

Du point de vue environnemental et social, les risques à considérer sont ceux liés à l'utilisation des batteries dans les modèles fixes. Dans ces cas, les utilisateurs devront être formés sur les consignes de sécurité lors de leur utilisation. Etant donné que le coût du pompage est amoindri le risque d'un usage abusif de l'eau est également à prendre en compte. Pour mitiger ce risque, les utilisateurs devront être formés pour respecter strictement les doses d'eau requises.

- Analyse Commerciale

Le coût des systèmes de pompage varie selon le type et la capacité du système qui est dimensionné en fonction de la taille des parcelles et des cultures prévues. L'investissement initial minimal d'une solution de pompage solaire comprenant le captage et la distribution de l'eau se situe dans une fourchette comprise entre 5,2 et 5,6 millions de FCFA par hectare. La quasi-totalité des pompes solaires sont importées car indisponibles localement. Les taxes et les droits de douanes s'élèvent à 31% de la valeur d'achat. En cas d'exonération de TVA, le prix pourrait être minoré de 18%.

Pour des pompes de 10 à 19 m³/heure avec un HMT de 15m les prix varient entre 800 000 et 1 400 000 FCFA. Ensuite viennent les couts des modules solaires et de l'installation avec un prix du panneau solaire compris entre 410 et 530 FCFA/W.

Selon l'étude PRACTICA, le calcul du résultat d'exploitation permet de dégager une marge nette d'environ 1,5 millions de FCFA sur une superficie de 3000 m² dans laquelle est pratiquée une activité maraîchère. Il apparaît également que la problématique n'est pas la rentabilité du pompage solaire, mais plutôt la capacité des producteurs à mobiliser l'investissement initial, qui est de plus en plus facilitée grâce à la disponibilité sur le marché de pompes solaires d'origine chinoise à faible coût.

En plus des avantages liés à la préservation de l'environnement, le pompage solaire permettrait de faire baisser le coût du mètre cube d'eau de 100 à 19 FCFA comparativement aux autres formes d'irrigation²⁵. Cette baisse est principalement liée à celle des couts de fonctionnement qui est entraînée par une économie dans les dépenses de fonctionnement comme le carburant et les lubrifiants qui représentent environ 26% du montant total des charges. Elle nécessite un entretien de base simple qui consiste à nettoyer les panneaux solaires dont la durée de vie est supérieure à 25 ans. Par conséquent les coûts récurrents de maintenance sont faibles.

Pulvérisateur Solaire :

²⁵Programme Solidarité-Eau (PS-Eau), *Le pompage solaire* (Paris : PS-Eau, 2015), https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ps_eau_arene_le_pompage_solaire_2015.pdf

- **Analyse technique**

- Description

Le pulvérisateur solaire fonctionne sur batterie intégrée dont la recharge est assurée par des panneaux solaires. Il n'est plus nécessaire d'avoir des batteries de recharge . Lorsqu'il est appliqué en ultra bas volume (ULV) elle permet aussi de limiter les volumes des préparations phytopharmaceutiques répandues par unité de surface. L'offre porte principalement sur des modèles de 20 litres avec un Kit solaire permettant de faire des recharges de téléphone, lampes torches, etc., en dehors des parcelles.

- Fournisseurs

Au Sénégal le principal fournisseur est la SPIA. Elle est en collaboration avec la société « Solar Village » qui est très active en afrique australe. Ce consortium SPIA Solar Village a commencé la distribution de cet équipement auprès des acteurs de la filière coton dans les zones de Tambacounda, Kolda et Koungheul. La SPIA présente un maillage qui lui permet de fournir un service après-vente et une maintenance dans l'ensemble des bassins de production du Sénégal.

- Marché

Son marché est composé principalement des producteurs maraîchers et des cotonculteurs. Les producteurs maraîchers engagés dans la production de tomates, d'oignons, de pomme de terre, etc., ont un besoin important d'application de traitements phytosanitaires. Pour les cotonculteurs, cette application leur permet de prendre la prophylaxie qui est une composante déterminante dans l'itinéraire de production. Les zones de production maraîchère à savoir la zone des Niayes, la zone du Lac de Guiers et la vallée du fleuve constituent une demande potentielle avec plus de 25 000 petits producteurs. Pour la zone tiers-sud, le marché potentiel est de 41 084 cotonculteurs appartenant à 23 855 exploitations agricoles familiales.

- Impact Environmental et social

Du point de vue environnemental, il présente plusieurs avantages allant notamment dans le sens de la préservation de la santé des utilisateurs, de la réduction de la pénibilité et du temps de travail. Il permet également une économie dans les charges comparativement aux pulvérisateurs fonctionnement avec un moteur à essence.

- **Analyse commerciale**

Les coûts du pulvérisateur solaire affichés sur le e-commerce tournent autour de 45 \$ soit environ 22 500 FCFA. Ce prix qui constitue une mise de départ relativement faible pour une activité maraîchère ne présente pas de différence significative avec le prix des pulvérisateurs manuels disponibles sur le marché local. Il ne présente pas de coûts d'opération et de maintenance. Les expériences d'utilisation du pulvérisateur solaire permettent une économie en pesticides, une augmentation des rendements grâce à une meilleure efficacité de la pulvérisation et une augmentation des superficies cultivées grâce à un gain de temps affecté à d'autres activités. Par conséquent, le gain que peut obtenir un producteur grâce à cette acquisition est très élevé. Elle peut être utilisée de manière individuelle ou dans le cadre d'une coopérative ou d'une organisation de base pour la fourniture de services à ses membres.

Plateforme solaire :

- **Analyse technique**

- Description

Il s'agit d'un système solaire photovoltaïque (cellules disposées sur des panneaux solaires captant l'énergie lumineuse du soleil) d'une puissance moyenne capable d'alimenter un ou plusieurs équipements agricoles ou de transformation et autres activités économiques. La plateforme solaire peut être la seule source d'énergie ou faire partie d'un système hybride. Elle est composée de modules solaires photovoltaïques, de batteries à décharge profonde, d'un régulateur de charge, d'un onduleur et d'accessoires d'installations (Structure de support des modules, câbles électriques, disjoncteurs, etc.).

- Fournisseurs

Il existe au niveau national plus de 25 fournisseurs de plateformes solaires y compris les concessionnaires. Ils sont soit représentants, distributeurs, revendeurs franchise, etc. Ils sont le plus souvent basés à Dakar avec des représentations ou des associations avec des entreprises locales dans les régions comme en Casamance et à Tambacounda. Ce type de réseautage leur permet de mettre en place un SAV et service de maintenance à proximité des zones d'intervention.

Tous les fournisseurs proposent des solutions de plateformes solaires dans le domaine agricole, avicole et dans l'artisanat. Les connaissances existent donc localement et les pièces de rechange sont disponibles.

- Marché

Le marché de cette application est très large avec toutes les petites entreprises formant les corps de métiers de l'artisanat (de production, d'art et de service), les plates formes multifonctionnelles rurales fonctionnant au diesel, les plateformes de commercialisation, les unités artisanales, les unités de transformation (fruits et légumes, céréales, etc.), les centre de collecte de lait, les complexes de transformation des produits halieutiques, etc. avec des équipements fixes qui fonctionnent au Diesel et qui peuvent faire l'objet d'une solarisation. Ainsi, le marché porte sur l'ensemble du territoire national.

- Impact environnemental et social

Du point de vue environnemental et social, les risques à considérer sont ceux liés à l'utilisation des batteries et autres accessoires. Dans ces cas, les utilisateurs devront être formés sur les consignes de sécurité lors de leur utilisation

- **Analyse Commerciale**

Ces plateformes solaires sont en général des systèmes solaires de moyenne à grande capacité (plus de 5 kWc), en fonction des équipements à alimenter.

La pertinence de l'application plateforme solaire est avérée dans la mesure où elle permet de faire fonctionner des équipements qui sont en général utilisés pour une ou plusieurs activités génératrices de revenus comme les activités de service post récolte, de stockage, de conservation, de transformation, les activités de services fournis dans le cadre des plates formes multiservices, de l'artisanat, etc. Elle apporte une valeur ajoutée réelle en réduisant la dépendance à l'électricité et à son coût élevé. Par conséquent les investissements sont plus importants (plus de 5 millions de francs CFA) que les autres technologies mentionnées ci-dessous. Il faut donc que les volumes des produits soient importants, diversifiés et disponibles pendant toute l'année pour justifier un tel investissement. Par exemple, le système doit être dans le cadre d'une utilisation productive de l'énergie et alimenter un forage, des ménages, des périmètres irrigués comme de l'écovillage de Mbackombel²⁶

Des études de cas réalisés sur le secteur halieutique montrent qu'elle est profitable avec notamment une réduction des charges réalisée grâce à des économies sur les couts d'électricité sur la durée de vie de l'équipement. Pour le cas des plates formes de services comme celles qui sont dans le domaine de l'artisanat, elles sont dans des zones hors réseau, elles se tournent vers des groupes électrogènes difficile d'accès ce qui impact sur leur compétitivité. Le domaine de l'artisanat et des centres de fourniture de services constitue une base solide de développement de pilotes.

Congélateur Solaire

- **Analyse Technique**

- Description

Les congélateurs solaires sont des appareils équipés d'un accumulateur de froid qui permet de maintenir la température interne la nuit et les jours sans soleil, 3 à 5 jours suivant les conditions extérieures avec une capacité de 20L à 400L. Ils peuvent ainsi fonctionner sans

²⁶ Programme des Nations unies pour le développement au Sénégal (PNUD Sénégal), *L'Ecovillage de Mbackombel sort de l'ombre* (Dakar : PNUD Sénégal, 2019), http://www.sn.undp.org/content/senegal/fr/home/ourwork/environmentandenergy/successstories/-l_ecovillage-de-mbackombel-sort-de-lombre/

batterie, ni régulateur de charge et sont utilisés pour conserver différents produits à des températures de 4°C à 5°C ou moins jusqu'à -24°C. Il est simple d'utilisation, accessible.

- Fournisseurs

Ils sont commercialisés par plusieurs entreprises actives dans les produits solaires. Il existe environ sept (07) entreprises locales assurant la distribution des solutions de réfrigération solaire. Elles sont basées à Dakar avec des représentants dans les régions comme à Fatick et Tambacounda. En plus de ces fournisseurs, il existe une distribution par des commerçants qui se trouvent dans les grands marchés de Dakar, Mbour, etc., mais aussi un système de vente e-commerce. L'ensemble de ces modes de commercialisation distribution permet de satisfaire la demande. Dans ce cadre, Energy4Impact et Bonergie ont investis en termes de représentation et de services après-vente dans les régions de Dakar, mais également dans les régions périphériques de Tambacounda et Kédougou.

- Marché

La réfrigération solaire présente un impact potentiel élevé car elle peut être utilisée dans pratiquement toutes les chaînes de valeurs agricoles, de pêche et de production laitière. Dans le domaine de la transformation et de la commercialisation des jus, près de 200 micros et petites entreprises regroupées au sein de l'association TRANSFRULEG (Transformateurs de fruits et légumes) et de la FP2A (Fédération des Professionnels de l'Agroalimentaire) constituent une demande potentielle pour un usage de cette application.

Si l'on considère les coûts élevés de l'électricité, et le fait que les zones de production agricole au sens large et de pêche sont le plus souvent dans des zones hors réseau électrique, la réfrigération solaire présente un potentiel important dans le secteur agricole et halieutique

- Impact environnemental et social

Du point de vue environnemental et social, il n'y a pas d'impact et de risques potentiels significatifs.

- **Analyse Commerciale**

L'investissement pour les technologies de réfrigération solaire de volume de 200 litres tourne autour de 500 000 FCFA, les coûts d'opération et de maintenance sont quasi inexistant. Le cas du groupement des femmes de Mbawane est illustratif de la profitabilité d'un investissement pour un usage de la congélation solaire dans les opérations de production et de commercialisation de jus. En effet cet exemple montre que le groupement de femmes paie une facture mensuelle d'électricité de 70 000 FCFA ce qui limite la compétitivité de l'unité. Ainsi, pour arriver à un système de production plus compétitif, le congélateur électrique peut être remplacé par un modèle solaire équivalent que les femmes pourraient payer sur une durée d'un an (12 mois) avec des versements équivalents aux factures mensuelles d'électricité. Cela leur permettrait également de s'affranchir de la dépense énergétique pour cinq (05) ans avant le renouvellement du congélateur et vingt (20) ans pour les panneaux solaires. Cette évidence peut être appliquée à l'ensemble des unités et groupement de femmes actives dans le domaine de la transformation et de commercialisation de jus et autres produits issus des fruits et légumes.

Pompe aérateur Solaire

- **Analyse technique**

- Description

La pompe aérateur solaire est une application comprenant une pompe solaire et un aérateur solaire, qui permettent d'alimenter des bassins piscicoles en eau et en oxygène. Cette application solaire permet donc d'élever du poisson dans des bassins pendant les périodes creuses, et de pouvoir assurer un approvisionnement en poisson toute l'année.

- Marché

La demande potentielle pour cette application solaire est constituée par l'ensemble des fermes et étangs piscicoles privées ou communautaires, les initiatives de l'état du Sénégal pilotées par l'Agence Nationale de l'Aquaculture en collaboration avec l'ANIDA et le PRODAC situées dans

la zone nord avec les régions de Saint Louis et Matam, la zone Est avec les départements de Bakel et Kédougou. Les initiatives d'utilisation de la pompe aérateur solaire dans la pisciculture ont été repérées dans les domaines agricoles communautaires notamment celui de Sédiou.

- Fournisseurs

Tous les fournisseurs d'équipement solaire, notamment ceux actifs dans les pompes solaires sont en mesure de procéder à des importations de cette application en vue de satisfaire la demande.

- Impact Environnemental et Social

Cette application ne présente pas d'impact environnemental et social

- **Analyse commerciale**

Les prix en ligne montrent un coût de cet équipement de l'ordre de 200 \$ soit 100 000 FCFA. Le développement de la pisciculture et des fermes piscicoles est une activité trop récente au Sénégal en mesure de fournir des données fiables. Cependant, compte tenu du risque de perte de production en cas de baisse du niveau d'oxygène dans les étangs, il est important de doter les fermes de cette application pour garantir la survie des poissons.

Kit Pompage/éclairage Solaire

- **Analyse technique**

- Description

Le Kit pompage/éclairage solaire est une application dont l'unité de base se compose d'un panneau solaire poly cristallin de 50W, un contrôleur de charge avec batterie et ampoules LED. Afin de faire fonctionner des appareils de grande puissance comme les pompes d'irrigation chaque appareil peut accueillir jusqu'à 2x50W panneaux solaires pour une productivité accrue pendant la journée. Les appareils sont progressivement extensibles en batterie au fur et à mesure que la demande de l'utilisateur augmente. Ils peuvent être utilisés pour les applications Solar Home mais en même temps permettre aux clients finaux ruraux de devenir des entrepreneurs générant des revenus.

- Marché

Compte tenu de la faible capacité de la pompe et de l'intégration du système d'éclairage, la chaîne de valeur avicole constitue le marché potentiel de cette application. Elle est caractérisée par le fait que 60 % n'ont pas accès à l'électricité, et les poulets n'ont que la lumière du jour (12h par jour) et la collecte d'eau se fait souvent manuellement ou avec des moteurs à combustibles fossiles très polluants.

- Fournisseurs

A ce stade de recherche, la société VITALITE et son partenaire Solar Works sont les distributeurs de cette solution. La zone de diffusion est concentrée dans la région de Thiès.

- Impact environnemental et social

Cette application ne présente pas d'impact environnemental et social.

- **Analyse commerciale**

L'élevage de poulets est effectué dans presque tous les villages ruraux. Ils ont généralement besoin d'éclairage pendant au moins 16 heures et 0,4 l d'eau par poulet. Concernant les fermes avicoles, les effectifs peuvent varier entre 100 et 5000 poulets. Ils peuvent augmenter leurs revenus et évoluer sur l'escalier énergétique en fonction de leurs flux financiers et de leurs besoins. Le distributeur VITALITE a déjà débuté un modèle de commercialisation PAYGO basé sur une mise de départ et des paiements mensuels auprès de quelques aviculteurs de la région de Thiès. Ce mode d'acquisition de l'application permet aux aviculteurs de l'intégrer dans leur compte d'exploitation au même titre les intrants.

Couveuse Solaire

- **Analyse technique**

- Description

La couveuse solaire est un équipement fonctionnant suivant le principe d'un four, permettant d'abriter des œufs (de poule ou de caille). La température (constante) à l'intérieur de la couveuse permet d'assurer l'éclosion à terme des œufs. La couveuse permet une plus grande possibilité de couvaison qu'avec la volaille habituelle. La couveuse est alimentée par un système solaire avec batteries sous une tension générale de 12V DC

- Marché

La filière avicole notamment l'aviculture rurale et moderne, constitue le marché potentiel. Pour l'aviculture rurale il existe un cheptel de près de 20 millions de sujets principalement présent dans les zones rurales les plus démunies comme la région de Kolda et celles de Louga, Kaolack, Thiès et Diourbel. Pour l'aviculture moderne, la production de poussins chair, qui est passée de 5,3 millions de poussins en 2005 à 11,6 millions de poussins en 2009, 18,8 millions en 2011 et 19,2 millions en 2012. Les couvoirs sont tous situés principalement dans les régions de Thiès et de Dakar alors que la demande en poussin concerne toutes les régions du Sénégal. L'introduction de l'application couveuse solaire peut ainsi accompagner la demande des régions intérieures par la promotion de couvoirs solaires dans les zones rurales afin de satisfaire les besoins de l'aviculture moderne (poulets de chair et poules pondeuses) mais également les besoins de l'aviculture rurale.

- Fournisseurs

Il n'a pas été recensé de fournisseur de couvoir solaire assurant la distribution au Sénégal. Par contre le e-commerce permet d'assurer la commercialisation à travers une large offre de divers types de couveuses solaires.

- Impact environnemental et social

L'usage de cette application ne présente pas de risque environnemental et social.

- **Analyse commerciale**

Il n'existe pas encore de distribution de couveuse solaire au Sénégal mais les distributeurs d'application solaire comme Bonergie actifs dans l'innovation à travers la recherche développement, sont en mesure de travailler, en collaboration ou non avec des fournisseurs basés au Burkina, sur la diffusion de cette application selon les modèles commerciaux utilisés pour la pompe solaire immergée ou le congélateur solaire, etc. En effet, au Burkina, un promoteur privé a mis au point une gamme de couveuses solaires « M' YAABA» performantes qui peut satisfaire une large gamme de volaille

Tank à lait solaire

- **Analyse technique**

- Description

Les tanks à lait solaire sont des cuves de refroidissement de lait (de 38°C à -5°C en moins de 2 heures de temps). Ils permettent la réfrigération et la conservation du lait. Ils sont également équipés d'un agitateur qui évite au lait de se cailler. Les capacités des tanks à lait varient de 200 à 400 litres. Le tank est alimenté directement par des modules photovoltaïques qui permettent également de recharger les batteries afin de garantir une autonomie complète

- Marché

Le marché potentiel de l'application Tank à lait solaire couvre les régions de Louga, Matam, Tambacounda, Saint Louis Kolda, Sédiou, c'est-à-dire toutes les zones d'élevage. Cela est d'autant plus avéré que le mode d'élevage, à savoir le pastoralisme, fait que les zones de production de lait sont le plus souvent éloignées des zones urbaines et dépourvues d'électricité et d'infrastructures de collecte et de conservation pourtant importantes pour la filière laitière.

Les clients sont principalement les organisations professionnelles d'élevage, les privés engagés dans la production laitière et les industries. Le potentiel existe aussi en termes de solarisation de l'ensemble des mini laiteries installées au Sénégal par les projets comme le P2RS, le PROGRES-Lait et qui fonctionnent soit à l'électricité soit via un groupe électrogène.

- Fournisseurs

Il existe plusieurs fournisseurs parmi lesquels Dalkia, ILK Desdren, Matforce, é2nergieR, Coldinnov, CESBRON SENEGAL SARL

- Impact environnemental et social

Cette application ne présente d'impact environnemental et social.

- **Analyse commerciale**

A ce stade de recherche documentaire, les coûts d'exploitation des tanks à lait solaire ne sont pas disponibles.

4.3 Modèles d'exploitation

Le tableau suivant présente les différents modèles d'exploitation suggérés pour chacune des dix applications sélectionnées

Application	Activité	Modèle	Partenaires
Pompe solaire de surface	Pompage de surface pour des parcelles inférieures à 2 ha	Financement à coûts partagés. Producteurs individuels sont les propriétaires avec appui financier du PED dans l'acquisition pour la première mise (mise de départ) et paiement du reliquat par le producteur	Fournisseur pompe de surface comme Flex nrj, une banque, une OP pour assurer l'accès au marché
Pulvérisateur solaire	Service de traitement phytosanitaire pour les producteurs	Coopérative ou association de producteurs qui serait propriétaire des équipements sous donation et de leur maintenance et fourniraient un service aux producteurs membres engagés dans la contractualisation.	Fournisseur « Solar Village » et SPIA, association maraîchère des Niayes
Plateforme solaire	Centre de services divers (artisanat)	Don d'Equipment à un centre de services (Recharge, coiffure) pour le compte d'un GIE de femmes/jeunes. Avec des règles érites, comprises et admises par toutes les personnes et entités en charge de la gestion du service	Fournisseur de plateforme solaire
Pompe aérateur solaire	Approvisionnement de bassins piscicoles en eau et oxygénation	Pompe aérateur fournis à une organisation de jeunes bénéficiaire d'une ferme piscicole appuyée par le PRODAC	Agence Nationale Aquaculture (ANA), PRODAC de Sédiou ou ITATO, ferme piscicole de jeunes de sédiou
Séchoir solaire	Transformation de produits halieutiques par un groupement de femmes	Equipement en séchoir solaire d'une unité de transformation. Avec des règles érites, comprises et admises par toutes les personnes et entités en charge de la gestion du service	Fédération Nationale des GIE de pêcheurs
Broyeur Solaire	Transformation de produits halieutiques par	Equipement en séchoir solaire d'une unité de transformation. Avec des règles érites, comprises et admises par toutes les personnes et	Fédération Nationale des GIE de pêcheurs

	un groupement de femmes	entités en charge de la gestion du service	
Kit Pompage/éclairage solaire	Alimentation en eau et éclairage exploitation avicole	Frais partagés. Aviculteurs individuels sont les propriétaires avec appui financier du PED dans l'acquisition pour la première mise (mise de départ) et paiement du reliquat par l'aviculteur	VITTALITE, Solar Works/UG Fédération des aviculteurs (appui à la mise en marché et au recouvrement)
Couveuse solaire	Fourniture de poussins aux aviculteurs urbains et ruraux et autres éleveurs de volaille	Don aux organisations d'aviculteurs propriétaires de l'équipement qui sont accompagnés à nouer des contrats avec les aviculteurs et éleveur de volaille d'exploitation et de maintenance avec le secteur privé. Avec des règles établies, comprises et admises par toutes les personnes et entités en charge de la gestion du service	Fournisseur Burkina en collaboration avec un acteur local comme Bonergie Fédération des aviculteurs
Tank à lait solaire	Collecte, production et vente de lait	Financement à coût partagé avec un industriel propriétaire de l'infrastructure et serait responsable de sa gestion mais établirait des relations contractuelles avec des organisations d'éleveurs pour son approvisionnement	Progress lait FENAFILS
Congélateur solaire	Transformation et commercialisation de jus	Equipement d'un groupement de femmes déjà engagée dans l'activité et suivi de business plan	Groupement de femmes de Mbawane, Energy for impact

5 Cartographie des zones et des partenaires potentiels pour la mise en œuvre des projets pilotes

La cartographie s'est faite sur la base des dix (10) technologies ou concepts d'usages productifs jugés assez intéressantes pour le Sénégal qui ont été sélectionnées par PAC. L'objectif est de faire des projets pilotes pour démontrer la faisabilité technique et la rentabilité économique de ces dix (10) applications ou concept d'usage productif.

Ce chapitre présente dans un premier temps, la carte qui montre les zones dans lesquelles les applications sont en cours de diffusion.

Ensuite, il présente une seconde carte qui montre les zones potentielles au niveau desquelles les technologies peuvent faire l'objet de projets pilotes d'application en vue de démontrer la faisabilité technique et financière. Cette seconde carte est ponctuée par une analyse qui décrit pour chaque technologie, les bénéficiaires potentiels et les principaux partenaires pouvant être impliqués dans la mise en œuvre de projets pilotes.

Enfin dans la dernière partie, il propose une méthode de sélection, au niveau de l'ensemble des zones potentielles, celles qui sont les plus indiquées pour accueillir les pilotes.

La cartographie a été réalisée en trois étapes :

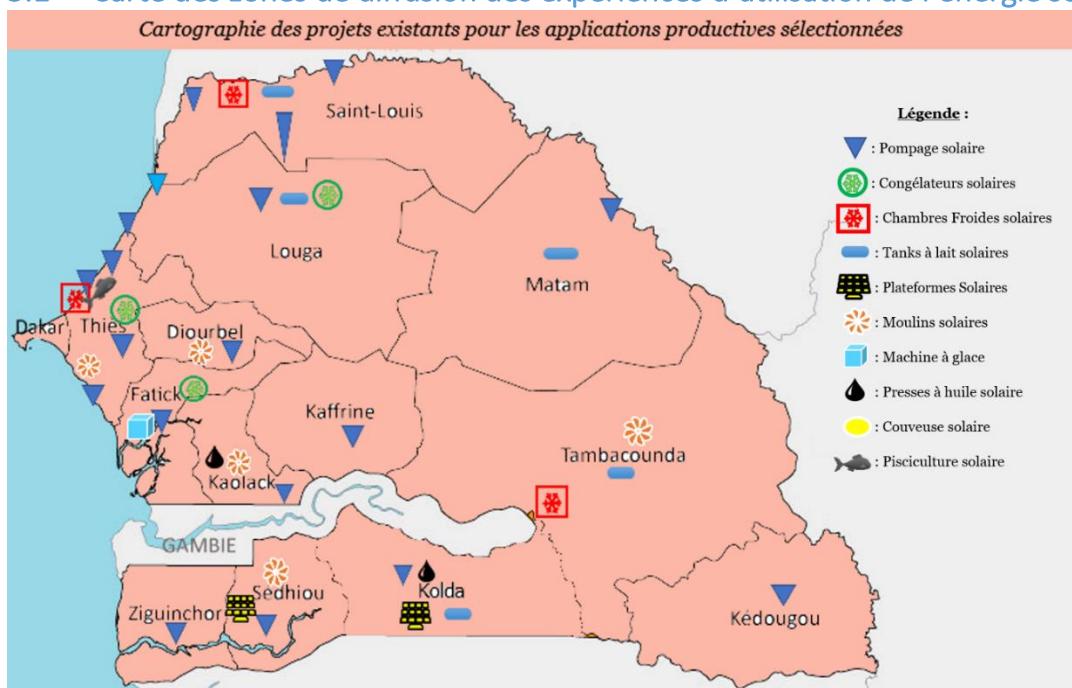
- La première pour montrer les zones dans lesquelles les applications sont en cours de diffusion et les partenaires impliqués. Il a été réalisé sur la base du travail d'inventaire qui a exploité des documents et sites web, des rapports de projets, articles et publications qui a permis de dresser une liste des expériences d'applications de

solutions solaires avec des informations sur les acteurs de la mise en œuvre, la zone de déploiement

- La seconde pour montrer le potentiel de diffusion de chaque application sur l'ensemble du territoire et la dernière étape. Pour ce faire, nous avons étudié pour chaque application, les zones dans lesquelles un marché ou une demande existe. Ce travail a été réalisé via une revue des ressources internes de Practical Action mais également des sites web, rapports et quelques documents techniques de projets et programmes comme le PAFA, le P2RS, le PARIIS, intervenant dans l'appui au secteur rural. Une analyse décrivant pour chaque technologie, les bénéficiaires potentiels et les principaux partenaires pouvant être impliqués dans la mise en œuvre de projets pilotes a également été réalisée.

La troisième étape pour sélectionner sur la base de critères clés tenant compte de ce qui est déjà en cours et du potentiel, les zones dans lesquelles le PED pourrait réaliser les projets pilotes.

5.1 Carte des zones de diffusion des expériences d'utilisation de l'énergie solaire



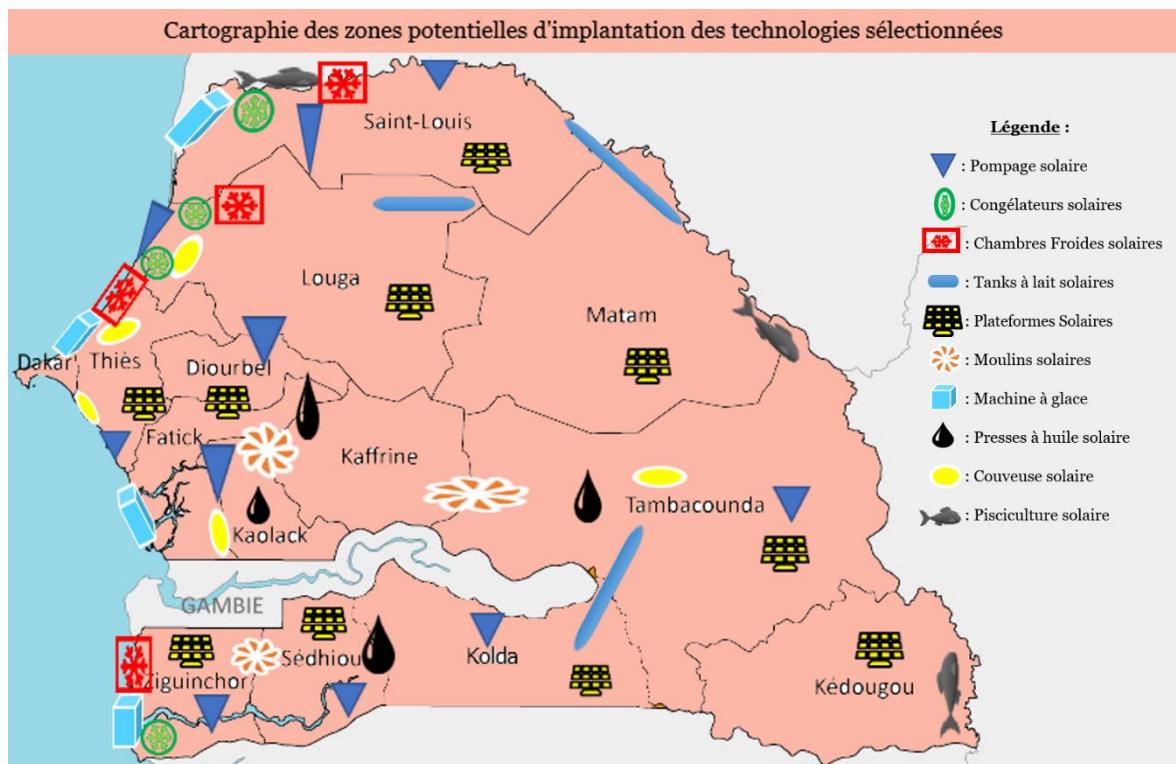
Cette première carte montre que les expériences d'utilisation de l'énergie solaire sélectionnées font l'objet de diffusions dans toutes les régions du Sénégal. Il apparaît que le pompage solaire est l'application la plus diffusée dans le territoire national. En effet, il couvre toutes les régions du Sénégal avec un accent particulier dans les régions de Dakar, Thiès et Saint Louis. Ensuite, le moulin solaire est la deuxième application qui couvre cinq (05) régions que sont Thiès, Diourbel, Kaolack, Sédhiou et Tambacounda. Les régions de Kaffrine, Kédougou et Matam sont celles qui présentent le plus faible nombre d'applications solaires. En effet, sur les dix applications sélectionnées, seules deux, à savoir le pompage solaire et le tank à lait solaire, sont testées dans ces régions. La région de Thiès est celle qui accueille le plus d'applications solaires. En effet, la cartographie permet de montrer que la pisciculture, le pompage, la chambre froide, le congélateur et le moulin sont les technologies solaires en cours de diffusion dans cette région.

Il apparaît également que la couveuse solaire, bien sélectionnée parmi les applications, ne fait pas encore l'objet de diffusion dans les régions du Sénégal. Les zones dépourvues d'électricité comme les zones rurales sont celles dans lesquelles les applications solaires sont diffusées. La

carte montre également que les initiatives sont concentrées le long d'un gradient nord sud au niveau de la partie ouest du pays.

5.2 Carte des zones potentielles de diffusion des expériences d'utilisation de l'énergie solaire qui ont été sélectionnées

Cette carte présente les zones dans lesquelles les applications font l'objet d'une demande ou d'un marché potentiel. Elle montre que, même lorsqu'elles sont diffusées de façon localisée comme la pisciculture solaire ou pas du tout comme la couveuse solaire, les applications présentent néanmoins un potentiel réel car leur utilisation permet de booster les chaînes de valeur clés des secteurs de l'agriculture, de l'artisanat, de la pêche, de l'aviculture et du lait.



La plateforme Solaire :

La plateforme solaire est un système solaire photovoltaïque d'une puissance moyenne capable d'alimenter un ou plusieurs équipements agricoles ou de transformation et autres activités économiques. Elle est en mesure d'alimenter en énergie les équipements utilisés par les producteurs, les transformateurs situés dans des zones dépourvues de réseau électrique. Elle peut également satisfaire la demande en électricité des unités artisanales.

Bien que présentant un faible taux de couverture en termes d'initiatives ou de tests en cours, la technologie « plateforme solaire » fait l'objet d'une demande potentielle dans l'ensemble des régions du pays.

- Concernant les bénéficiaires :** en termes d'usage productif, il existe une diversité de bénéficiaires. Dans le cas d'un usage pour de petites activités (moins de 1kW), les zones rurales de toutes les régions sont concernées avec les plateformes utilisées pour une ou plusieurs activités post récolte comme le triage, l'emballage, le stockage, la transformation etc. Parmi les bénéficiaires potentiels de la technologie plateforme solaire, nous pouvons retenir les plateformes multifonctionnelles alimentées en diesel qui sont plus de trois cent cinquante (350) et qui ont été mis en place dans les zones

rurales par les projets du PNUD et le P2RS (financement de la BAD). Toutes ces plateformes peuvent faire l'objet d'une solarisation, c'est là tout le sens de leur statut de bénéficiaires potentiels. Les centres de conditionnement et de stockage des produits horticoles situés dans la zone des Niayes et dans la vallée du fleuve Sénégal sont également des bénéficiaires potentiels. Il apparaît que presque toutes les chaînes de valeurs, horticulture, pêche, agroalimentaire, céréales et oléagineux mais également l'artisanat, sont potentiellement impactés par cette technologie et leurs acteurs sont des bénéficiaires potentiels.

- **Concernant les partenaires :** Il s'agit principalement des fournisseurs de cette technologie, des projets et programmes intervenant sur la thématique, des collectivités locales et des organisations professionnelles et leurs structures d'appui comme les ONG.
 - Pour les fournisseurs, il existe au Sénégal une vingtaine d'entreprises dotées de capacités techniques notamment en ce qui concerne le dimensionnement et l'installation des systèmes, l'assistance technique et le service après-vente. Elles démontrent également une fiabilité de la qualité des composantes du système. Elles sont des partenaires potentiels pour la mise en œuvre d'opérations pilotes pour des usages productifs de la plateforme solaire (voir tableau ... en annexe).
 - Pour les projets et programmes, le projet P2RS qui est en cours et qui met en place des plateformes pouvant bénéficier de la technologie solaire reste un partenaire potentiel intéressant. Ces plateformes permettent notamment aux femmes rurales de mener des activités productives de transformation, de conditionnement etc. dans des zones rurales dont certaines sont hors réseau. Les régions de Fatick, Kédougou, Kolda, Matam, Tambacounda et Ziguinchor sont les régions dans lesquelles sont implantées ces plateformes. La réalisation de pilote d'application solaire au niveau de ces plateformes pourrait se faire dans le cadre d'une synergie entre le projet PED et les projets PNUD plateforme multifonctionnelles et/ou le projet P2RS.
 - Pour les organisations socioprofessionnelles, les faîtières des organisations impliquées dans les chaînes de valeurs ciblées pourront être des partenaires clés dans la mise en œuvre des pilotes (voir tableau ... en annexe).

Le pompage solaire :

Au vu du niveau élevé de diffusion actuel avec une couverture de l'ensemble des régions, le potentiel du pompage solaire est plutôt exprimé en termes de bénéficiaires à atteindre.

- **Concernant les bénéficiaires** ; il s'agit des grands exploitants ou fermes agribusiness, et des petits producteurs membres des organisations faîtières professionnelles agricoles. En effet, rien que pour les petits producteurs, le nombre potentiel de bénéficiaires de cette application est estimé à plus de 18 000 dans la zone des Niayes et à plus de 650 dans le Lac de Guiers. A ces chiffres peuvent s'ajouter ceux des petits producteurs situés dans le Bassin Arachidier
- **Concernant les partenaires** ; il s'agit principalement des fournisseurs de solutions de pompage solaire, des institutions financières et des projets et programmes comme le P2RS, le PARIIS, le PAFA, le PADAER, etc. qui sont en train de diffuser des technologies de pompage solaires pour des bénéficiaires situés dans les zones ci-dessus listées.

La congélation Solaire :

La cartographie montre que potentiellement, la congélation solaire peut être déployée dans la zone des Niayes, la façade maritime, les zones traversées par les eaux continentales, la zone et les îles du Saloum. Il s'agit principalement des zones présentant une forte activité de pêche.

- **Concernant les bénéficiaires**, les potentiels sont les petits éleveurs et femmes actives dans la filière poisson. En effet les populations de tous les villages du Sénégal dépourvus d'électricité et qui n'ont pas la possibilité d'avoir des produits frais sont des bénéficiaires potentiels car elles auront la possibilité de s'approvisionner en produits frais, de les stocker et de les consommer au fur et à mesure de leurs besoins.
- **Concernant les partenaires**, les ONG comme Energy for impact qui font de la diffusion de congélateur solaire, le PRODER, l'Association pour le Développement Intégré Durable (ADID) en relation avec l'ONG CISV et les autres faitières engagées dans les chaînes de valeur lait et poisson mais aussi avicole, sont des partenaires potentiels. A ceux-là il faut ajouter les institutions financières notamment les mutuelles d'épargnes et de crédit comme CMS ; Caurie Finance, PAMECAS, BAOBAB, etc., les banques agricoles comme la BNDE et la Banque Agricole (Ex CNCAS) qui accompagnent les groupements de femmes et les organisations professionnelles dans la réalisation de leurs activités économiques à travers des prêts d'investissement et de fonds de roulement.

Chambre froide Solaire

La chambre froide solaire cible principalement les produits de la chaîne de valeur horticole comme la pomme de terre, des produits de la pêche, de l'aviculture et des produits laitiers. Sous ce registre, les zones potentielles de diffusion de cette application sont la Zone des Niayes et le nord pour les produits maraîchers, la façade maritime pour les produits de la pêche et la zone sylvopastorale et les zones périurbaines pratiquant une production intensive de lait et de produits avicoles comme la zone de saint Louis.

- **Concernant les bénéficiaires**, il s'agit potentiellement des producteurs membres des organisations professionnelles agricoles comme la FPMN, la FONGS, l'AUMN, etc., actives dans la consolidation et la mise en marché des produits agricoles, des acteurs privés et organisations professionnelles impliqués dans la production de lait comme le Directoire National des Femmes en Elevage, les Fédérations de Groupements de Promotion Féminines, etc., des organisations professionnelles de la pêche impliquées dans les activités de mareyage notamment dans les zones de la pêche continentale.
- **Concernant les partenaires**, il s'agit des organisations professionnelles agricoles et de pêche, des projets et programmes comme le PUDC qui accompagnent des initiatives d'usage de la congélation solaire. Les institutions financières sont également des partenaires clés notamment dans le cas où des privés ou individuels ou sous forme communautaire décident d'investir dans cette technologie.

Machine à Glace solaire

Elle est actuellement diffusée dans la région de Fatick dans le cadre des activités de la GIZ. Elle concerne la chaîne de valeur piscicole et pour cette raison, son potentiel se trouve dans le littoral au niveau de la façade maritime, dans les zones de pêche continentale, dans les îles du Saloum.

- **Concernant les bénéficiaires** : il s'agit principalement des acteurs de la filière pêche avec les femmes mareyeuses, les transporteurs de poisson et les revendeurs mais également les pêcheurs qui ont un besoin de glace et qui ne sont pas situés dans des zones électrifiées dotées d'infrastructures de production de glace et dont cette dernière constitue leur poste de dépense le plus élevé. Ils sont regroupés dans les différentes catégories professionnelles à savoir les pêcheurs, les mareyeurs, les transformatrices, organisées en GIE, associations, fédérations aux différents niveaux local, départemental, régional et national.
- **Concernant les partenaires**, l'Association Ouest Africaine pour le Développement de la Pêche Artisanale (ADEPA) semble être un partenaire indiqué de même que les

faitières des pêcheurs. Il s'agit également des organisations professionnelles dont certaines sont en annexe.

Tank à lait solaire

La cartographie montre que le tank à lait solaire est diffusé dans la zone du Ferlo et au niveau des régions de Saint Louis, Matam et Tambacounda. Au vue de l'importance la sous filière laitière, son potentiel d'application couvre les régions de Louga, Matam, Tambacounda, Saint Louis Kolda, Sédiou, c'est-à-dire toutes les zones d'élevage. Cela est d'autant plus avéré que le mode d'élevage, à savoir le pastoralisme, fait que les zones de production de lait sont le plus souvent éloignées des zones urbaines et dépourvues d'électricité et d'infrastructures de collecte et de conservation pourtant importantes pour la filière laitière.

- **Concernant les bénéficiaires**, tous les éleveurs, membres ou pas des organisations professionnelles d'élevage, les privés engagés dans la production laitière et les industries laitières sont des bénéficiaires potentiels de la technologie tank à lait solaire.
- **Concernant les partenaires**, les projets et programmes qui sont actuellement en train de dérouler des initiatives portant sur la production et la collecte de lait comme le P2RS, le PROGRES-Lait, sont des partenaires potentiels de même que les organisations professionnelles d'élevage et les structures d'appui comme la Direction de l'élevage et les fonds d'appui à l'élevage.

Moulin Solaire

Le moulin solaire est diffusé dans le bassin arachidier et dans les régions de Tambacounda, de Kolda, Sédiou et Ziguinchor²⁷. Cette couverture peut être élargie potentiellement aux régions de Saint Louis, Louga, Kaffrine, Kaolack qui assurent également une production de céréales.

- **Concernant les bénéficiaires potentiels**, il s'agit principalement des groupements de femmes impliquées dans les processus de transformation des céréales locales pour le marché mais également pour la consommation des ménages. Le nombre potentiel de bénéficiaires est très élevé car toutes les femmes qui réalisent actuellement ou qui font faire une prestation de services de transformation électrique, manuelle ou au Diesel et à l'essence, peuvent passer par une solarisation des équipements.
- **Concernant les partenaires**, les projets et programmes mais également les clients des produits issus de la transformation des céréales (Farine, semoule, couscous, etc.,) sont potentiellement en mesure de participer à des opérations pilotes d'usage productif du moulin solaire. Par exemple les meuniers et les boulangers sont des clients importants pour une utilisation productive du moulin solaire, soit en solarisant leur système actuel soit en installant de nouveaux systèmes pour être autonomes dans la production de leur intrant

Presse à huile Solaire

Elle est appliquée dans quelques zones du bassin arachidier, comme la région de Kaffrine, mais son potentiel couvre la totalité du bassin arachidier (régions de Diourbel, Louga, Kaolack, Fatick, Kaffrine, Thiès), mais également les zones de Tambacounda, Kolda, et de Sédiou qui sont les nouvelles zones de production d'arachide. Ce potentiel s'étend également aux zones rurales proches des grands centres de consommation comme Touba.

- **Concernant les bénéficiaires**, il s'agit des petites unités de transformation produisant de l'huile pour le marché local. Le plus souvent ces unités sont la propriété

²⁷ Energy4Impact: Tambacounda GIZ/ PERACOD: Kaolack OMEGA Technologies: Diourbel Association SAAMANE : Thiès GIZ/ PED : Sédiou/Casamance

de femmes organisées en groupement de promotion avec un statut de Groupement d'intérêt économique le plus souvent elles sont affiliées à la Fédération Nationale des Groupements de Promotion Féminine.

- **Concernant les partenaires**, il s'agit dans ce cas des projets et programmes intervenant dans l'appui au segment transformation comme le PUDC mais aussi des organisations faitières professionnelles agricoles et agroalimentaire. Compte tenu des questions de santé soulevées notamment par la présence d'aflatoxine dans les graines, l'ITA est un partenaire important pour le développement de pilote.

Couveuse solaire

Le recensement a permis de révéler que la couveuse solaire ne fait pas encore l'objet de diffusion dans les différentes régions du Sénégal. Le travail de recherche documentaire a révélé que l'ONG Energy4Impact est en train de développer une étude pour son déploiement. Cependant, au vu de l'importance que présente la filière avicole notamment dans le cadre de l'aviculture rurale, l'application couveuse solaire présente un potentiel dans ce sous-secteur avec un cheptel de près de 20 millions de sujets principalement présent dans les zones rurales les plus démunies comme la région de Kolda et celles de Louga, Kaolack, Thiès et Diourbel.

- **Concernant les bénéficiaires**, il s'agit principalement des exploitations familiales qui constituent les unités de production avec principalement des femmes et des enfants. L'amélioration de l'étape de couvaison des œufs, dont la production annuelle moyenne est de 40 œufs²⁸, par la couveuse solaire permettra d'améliorer la productivité de l'aviculture rurale et par conséquent les revenus des populations rurales. Les acteurs, (organisations socioprofessionnelles) de la filière aviculture rurale sont vaguement connus certainement à cause d'un manque d'organisation.
- **Concernant les partenaires**, étant donné que l'aviculture rurale est une activité pratiquée quasi exclusivement par les exploitations familiales, les organisations faitières de producteurs comme la Fédération des ONG du Sénégal, le Directoire National des Femmes en Elevage, les coopératives des ententes et groupements associés et la Fédération des Groupements de Promotion Féminine et la Fédération des Acteurs de la Filière Avicole sont des partenaires indiqués pour la réalisation de pilotes d'application. Elles ont déjà mené des initiatives sur l'amélioration de l'aviculture rurale en collaboration avec l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) qui est de ce fait un partenaire clé. Les fournisseurs de solutions (voir tableau ... en annexe) font également parti des partenaires susceptibles de contribuer à la réalisation d'un pilote.

Pisciculture solaire

L'application pisciculture solaire est mise en œuvre dans la zone des Niayes au niveau de Kayar dans la façade maritime. Au vu de l'importance de la pêche et de l'aquaculture dans le développement rural, le potentiel de diffusion de l'application pisciculture solaire porte sur les zones de déploiement de l'Agence Nationale de l'Aquaculture à savoir la zone nord avec les régions de Saint Louis et Matam, la zone Est avec les départements de Bakel et Kédougou.

- **Concernant les bénéficiaires**, il s'agit principalement des fermes communautaires et privées appartenant à des PME mais également des pensionnaires des fermes de l'ANIDA
- **Concernant les partenaires**, la réalisation de pilote sur la pisciculture solaire pourra se faire avec les partenaires suivants :
 - L'Agence Nationale de l'Aquaculture qui assure le développement du secteur et qui appuie les initiatives piscicoles et ostréicoles

²⁸ Le chiffre concerne en fait la capacité de couvaison moyenne actuelle, à savoir 40 œufs par an, qui pourrait augmenter avec les couveuses solaires jusqu'à 400 œufs par période de couvaison (21 jours)

- L'ANIDA/PRODAC qui implémente pour le compte de jeunes des fermes intégrées avec de la pisciculture, notamment au niveau des domaines agricoles communautaires de Séfa et de ITATO ;
- Les fermes privées comme celle de SEAAN située dans la région de Fatick (commune de Fimela) ;
- Les pôles aquacoles comme ceux de Sédhiou et Matam ;
- Les fournisseurs de solution ;
- Les unités de fabrication et les importateurs d'aliments.

5.3 Sélection des zones pour les projets pilotes

La cartographie a montré en termes de potentiel, les zones dans lesquelles il existe une demande importante des applications sélectionnées. Il apparaît ainsi que chaque application solaire présente un potentiel avéré dans la majorité des régions du Sénégal. Dans la section qui suit, nous proposons une approche qui permet de cibler dans ces différentes zones, celles qui sont les plus indiquées pour accueillir les projets pilotes.

Cette approche comprend quatre (04) objets de sélection ; les bénéficiaires, les Partenaires, les conditions de succès et l'urgence. Pour chaque objet, des critères permettant de l'apprécier sont définis. En fonction notamment des objectifs des projets pilotes à venir, tous les critères sont pondérés selon leur niveau d'importance.

5.3.1 Critères de sélection des zones dans lesquelles les pilotes seront implémentées

La figure suivante présente les objets de sélection, les critères et la pondération.

Objet Sélection	Critères
bénéficiaires	La zone permet au pilote de cibler des petits producteurs, des groupes vulnérables les femmes et les jeunes
	Existence d'une demande des acteurs au niveau de la zone
	Présence de bénéficiaires motivés prêts à investir
Partenaires	Présence d'acteurs organisés comme les coopératives, OP, motivés, dynamiques, inclusifs
	Présence de partenaires qui promeuvent ou non l'application et qui peuvent permettre une synergie et accompagner le pilote et son passage à l'échelle au niveau de la zone (scaling up)
Conditions favorables	Existence de marché rémunérateur pour les produits issus de l'application
	Existence de fournisseurs de l'application dotés de service après-vente de logistique pour la maintenance et qui couvrent la zone
	Présence de services financiers en mesure d'accompagner le pilote
	Initiatives en cours avec d'autres sources d'énergie (diesel, électricité, manuel, etc.)
Urgence	Degré d'urgence : villages et hameaux qui ne profitent actuellement pas de programme d'électrification et qui resteront probablement à électrifier à l'horizon 2025.

Critères	Pondération
La zone permet au pilote permet de cibler des petits producteurs, des groupes vulnérables les femmes et les jeunes	5

Existence d'une demande des acteurs au niveau de la zone	0
Présence de bénéficiaires motivés prêts à investir	0
Présence d'acteurs organisés comme les coopératives, OP, motivés, dynamiques, inclusifs	2
Présence de partenaires qui promeuvent ou non l'application et qui peuvent permettre une synergie et accompagner le pilote et son passage à l'échelle au niveau de la zone (scaling up)	3
Existence de marché rémunérateur pour les produits issus de l'application	3
Existence de fournisseurs de l'application dotés de service après-vente de logistique pour la maintenance couvrant la zone	3
Présence de services financiers en mesure d'accompagner le pilote	1
Initiatives en cours avec d'autres sources d'énergie (diesel, électricité, manuel, etc.)	4
Degré d'urgence	4

Pour l'évaluation, la notation de chaque critère a été faite sur 10, c'est-à-dire des notes s'échelonnant de 0 à 10. Pour chaque application, les quatre zones ayant obtenu les plus fortes moyennes pondérées ont été sélectionnées et proposées pour accueillir des projets pilotes. Le fichier Excel utilisé est partie intégrante du présent rapport.

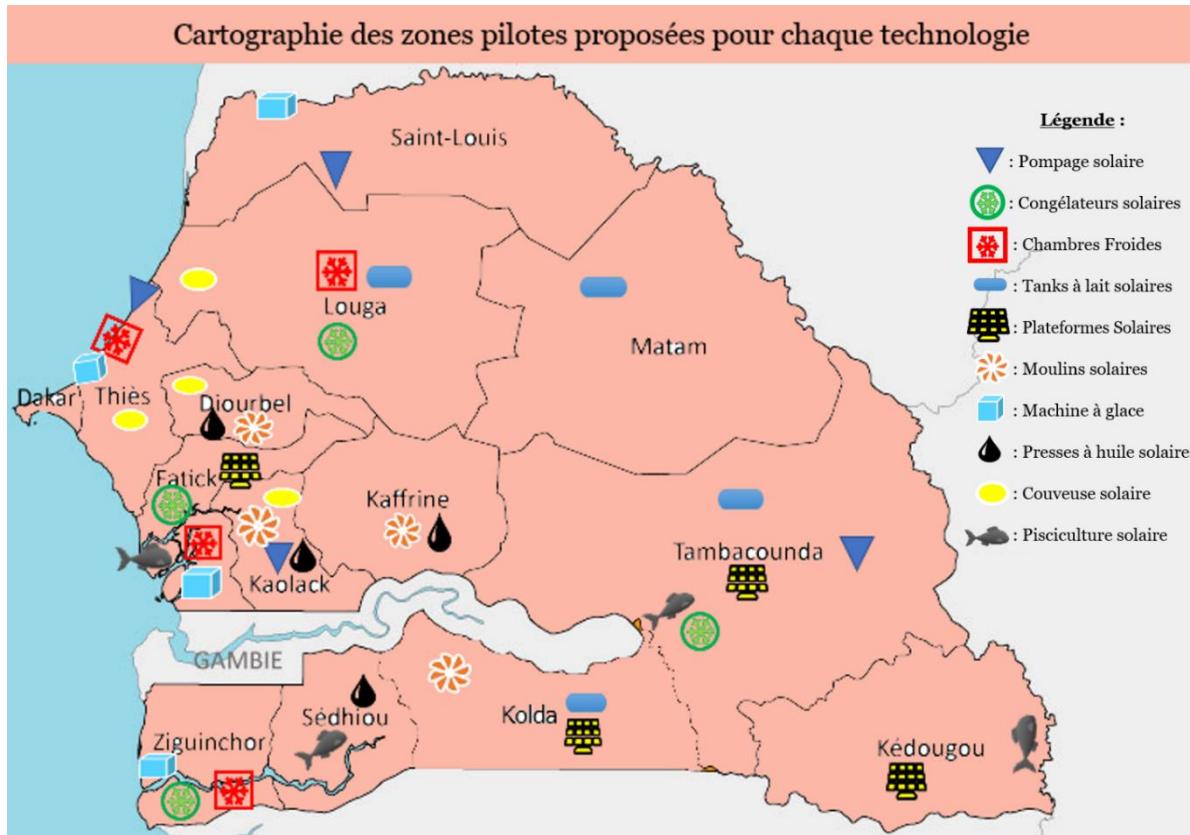
Le tableau suivant présente le résultat des zones sélectionnées par ordre de priorité.

Tableau : Cartographie des zones pilotes proposées pour chaque technologie

TECHNOLOGIES	Région 1	Région 2	Région 3	Région 4
Pompage	NIAYES	LAC DE GUIERS	TAMBACOUNDA	KAOLACK
Plateforme solaire	KOLDA	FATICK	KEDOUGOU	TAMBACOUNDA
Congélateur solaire	TAMBACOUNDA	FATICK	ZIGUINCHOR	LOUGA
Chambre Froide	NIAYES	FATICK	LOUGA	ZIGUINCHOR
Machine à glace	FATICK	ZIGUINCHOR	NIAYES	SAINT-Louis
Tank à lait	LOUGA	KOLDA	MATAM	TAMBACOUNDA
Moulin Solaire	KAFFRINE	DIOURBEL	KAOLACK	KOLDA
Presse à huile	KAOLACK	DIOURBEL	KAFFRINE	SEDHIOU
Couveuse solaire	THIES	LOUGA	KAOLACK	DIOUBEL
Pisciculture solaire	KEDOUGOU	SEDHIOU	TAMBACOUNDA	FATICK

5.3.2 Carte des zones pilotes proposées pour chaque technologie :

Les résultats issus de la sélection des zones destinées à accueillir les pilotes sont présentés dans la carte suivante.



Concernant les fournisseurs, une revue et une sélection sur la base de critères clés comme la garantie, le service après-vente, le rapport qualité prix permettra de déterminer parmi les fournisseurs ceux qui présentent les meilleures dispositions pour participer aux pilotes.

6 Conclusion

L'étude comparative des technologies photovoltaïques a permis de révéler plus de 50 initiatives d'usage productif sur l'ensemble du territoire impliquant plusieurs projets et programmes et ONG et organisations à la base avec une surreprésentation des initiatives de pompage solaire. Elle a montré que le modèle le plus courant de diffusion de ces initiatives reste la vente directe aux utilisateurs qui engagent la quasi-totalité des risques liées à l'investissement.

Les calculs de rentabilité ont montré que les technologies solaires photovoltaïques à usage productifs comme les chambres froides, les machines à glace les couveuses solaires génèrent des recettes mensuelles nettement supérieure aux charges d'exploitation. En outre, pour les chambres froides, le modèle pay-as-you-store est très rentable.

Dix concepts d'usage productif ont été identifiés pour la mise en place de projets pilotes. Ces dernières portent sur la production, transformation agricole et post récolte (Irrigation, Prophylaxie, Diagramme transformation), l'artisanat (menuiserie métallique et service divers), la pêche et la pisciculture (Bassin de production, Séchage, Broyage), l'aviculture (Production chair et pondeuse, Production d'œufs) et le lait (Collecte, conservation).

Les conditions sont favorables à la réalisation de pilotes pour démontrer la faisabilité technique et la rentabilité économique de ces concepts avec notamment la présence dans les zones potentielles de bénéficiaires et de partenaires clés. Pour les bénéficiaires, il s'agit de façon générale, des associations professionnelles et les faitières (agriculteurs, éleveurs, maraîchers, mareyeurs pécheurs...) qui constituent des canaux de diffusion appropriées de

ces technologies. Leurs membres sont des bénéficiaires potentiels. Par ailleurs, les grands exploitants agricoles et les fermes agrobusiness sont eux aussi des bénéficiaires potentiels. Les petites unités de transformation produisant de l'huile sont les bénéficiaires des moulins solaires et des presses à huile solaire.

Pour les partenaires l'étude a permis de révéler qu'il était possible de s'appuyer sur des partenariats stratégiques avec les réseaux de fournisseurs de ces équipements (Une vingtaine de fournisseurs a été identifié au Sénégal : Bonergie ; FLEX NRJ, E3C, Ilemel, ABS Energy, Oolu Solar...) ; les institutions financières qui jouent un rôle important dans l'accessibilité financière de ces technologies; des projets et programmes (P2RS, le PARIIS, le PAFA, le PADAEER, PUDC, PROGRES-Lait...). Les faîtières et les organisations professionnelles impliquées dans les chaînes de valeurs ciblées pourront également être des partenaires clés.

L'expérience de Practical Action pourrait être mis à contribution pour mobiliser ces partenaires et bénéficiaires et développer l'outil de sélection des zones afin d'affiner le choix des zones d'intervention des pilotes.