

**Etude de faisabilité technique et économique de Moulins solaires
au niveau des PME et PMI gérées par des femmes au Sénégal**

RAPPORT DEFINITIF

Septembre 2021

LOUIS SECK et MOUSTAPHA KANE

Août 2021

Sigles et abreviations

AC	Courant Alternatif
ANSD	Agence National de Statistique et de la Démographie
BNDE	Banque Nationale de Développement Economique
CDN	Contribution Déterminée au niveau National
CERER	Centre d'Etudes et de Recherches sur les Energies Renouvelables
CNQP	Centre National de Qualification Professionnelle
CO2	Dioxyde de carbone
CAMES	Conseil Africain et Malgache de d'Enseignement Supérieur
CEDEAO	Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CRE	La mise en place des Centres de Recherche et d'Essais
EPT	Ecole Polytechnique de Thiès
ESP	Ecole Supérieur Polytechnique de dakar
FMI	Fonds Monétaire International
Fongip	Fonds de garantie des investissements prioritaires
Fonsis	le Fonds souverain d'investissements stratégiques
FPT	Formation professionnelle et technique
GEESY SARL	Generale d'Equipement et d'Energies Systemes
GES	Gaz à Effet de Serre
INPG	l'Institut National du Pétrole et du Gaz
ISRA	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
LPDSE	Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Energie
MPE	Micro et Petites Entreprises
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
ONFP	Office Nationale de Formation Professionnelle
ONG	Organisation Non Gouvernemental

ONUDI	Organisation des Nations unies pour le développement industriel
PAPES	Promotion des Enseignantes-chercheuses du Sénégal
PIB	Produit Intérieur Brut
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PSE	Plan Sénégal Emergent
SAREM	Societe d'Assistance et de Realisation Electromecanique
SISMAR-SA	Societe Industrielle Sahelienne de Mecanique de Matériels Agricoles et de Representions - sa
SNEEG	Stratégie Nationale d'Equité, d'Egalité et de Genre
SIGI	l'indice des institutions sociales et le genre
STIM	Sciences, technologie, ingénierie et mathématiques
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée
VBG	Violences Basées sur le Genre
VIP	Vision Internationale des Produits

Table des matières

Liste des tableaux	vii
I. Introduction.....	1
II. Contexte	1
III. Objectif.....	3
Chapitre 1 : Analyse de besoins	4
1. La production céréalière au Sénégal	4
2. La consommation de céréalière au Sénégal	5
3. Analyse du secteur de la transformation des céréales	6
3.1 Les secteurs de la transformation	6
3.2 Situation actuelle des moulins à mil au Sénégal.....	8
3.3 Caractérisation du moulin	8
3.4 Comparaison entre moulin électrique, à gasoil et solaire	8
3.5 Contraintes de gestions des moulins solaires	10
4. Besoins pour renforcer le secteur de la transformation des céréales	11
4.1 La formation	11
4.2 L'information.....	12
4.3 Matériels de production et stockage	12
4.4 Le financement.....	12
4.5 La recherche.....	13
Chapitre 2 : Etude marché de la technologie.....	14
1. Les techniques de transformation : la monture	14
1.1 Les instruments traditionnels	14
1.1.1 Le mortier et le pilon	14
1.1.2 La meule en pierre et Moulins à vent	15
1.2 Les moulins à farines ou broyeurs	15
1.2.1 Moulins à meules.....	15
1.2.2 Broyeurs à marteaux	16
1.2.3 Moulins thermiques	16
1.2.4 Moulin électriques.....	16
1.2.5 Moulin solaire.....	16
1.2.6 Comparaison des différentes options technologies de moulins.....	17
2. La technologie du moulin solaire.....	18
2.1 Description de la technologie de moulins solaires.....	18
2.2 Quelques modèles de moulins solaires	18

3.2.1 Modèle MOULIN Zebra (Espagne) proposé par Modèle Bonergie (Sénégal) .	18
2.2.2 Modèle MAC SOL (Equip Plus ,Sénégal).....	19
2.2.3 Modèle SUNGUF S-75 v (Nadj Bi, Sénégal)	20
2.2.4 Moulin électrique solaire de N.R.J	21
2.2.5 Modèle moulin solaire de OMEGA Technologies (Sénégal)	22
2.2.6 Modèle Plateforme multiservice (Bonergie, Sénégal)	23
2.2.7 Comparaison des moulins solaires par rapprt au Côt/service.....	23
Chapitre 3 Rapport étude de faisabilité technique	24
1. Introduction.....	24
2. Rappel de la technologie de moulin solaire.....	24
2.1 Le broyeur	25
2.2 Le générateur solaire.....	25
3. Faisabilité technique de création d’entreprises de fabrication/assemblage de moulins solaires	25
4. Faisabilité technique de l’adoption des moulins solaires par des PME dirigées par des femmes.	27
5. Cadre de mise en œuvre.....	28
5.1 Institutions politiques.....	28
5.2. Etablissements de formation et de recherche.....	28
5.3 Entreprises de fabrication, d’assemblage et de commercialisation (distribution) .	27
5.4 Capital humain	28
5.5 Sites potentielle de production ou d’assemblage	29
Conclusion.....	29
Chapitre 4 : Rapport faisabilité économique et business plan.....	30
1. Introduction.....	30
1.1 Contexte économique du Sénégal	30
1.1.1 Situation macroéconomique.....	30
1.1.2 Environnement des affaires	31
1.1.3 Fiscalité	31
1.1.4 Code général des impôts.....	31
1.1.5 Code des douanes	31
1.1.6 Codes des investissements	31
1.2 Politique énergies renouvelables	32
1.3 Contribution du projet à l’économie nationale.....	32
1.3.1 Généralités sur les PME/PMI au Sénégal	32
1.3.2 Impact économique du projet	33

1.3.3 Impact social du projet	35
2. Business plan	35
2.1 Présentation de la technologie	35
2.2 Business plan pour le cas de la production du moulin solaire	36
2.2.1 Données_Hypothèses.....	36
2.2.2 Evolution du Compte d'Exploitation prévisionnel	36
2.3 Business plan pour le cas de l'adoption du moulin solaire géré par des entreprises dirigées par des femmes	37
2.3.1 Données_Hypothèses.....	37
2.3.2 Plan financier du Moulin solaire avec maintenance supervision à distance	38
2.3.3 Evolution du Compte d'Exploitation prévisionnel	38
3. Impacts du moulin solaire	39
3.1 Moulin solaire et genre.....	39
3.2 Impact du moulin sur la vie sociale des femmes	41
3.3 Impact du moulin sur la vie économique des femmes	43
3.4 Moulin solaire et environnement.....	44
3.4.1 Moulin solaire et environnement	44
3.4.2 Moulins classiques et environnement.....	44
Conclusion et Recommandations	45
Bibliographie.....	47

Liste des tableaux

Tableau 1: Production de céréales 2018-2019 (en tonnes).....	4
Tableau 2:comparaisons des types de moulin.....	9
Tableau 3:Comparaison selon la technologie.....	17
Tableau 4: Les équipements du plateforme	23
Tableau 5: Comparaison des moulins solaires par rapprt au Côt/service	23
Tableau 6: Eléments du broyeur.....	26
Tableau 7: Eléments du générateur solaire.....	26
Tableau 8: liste des sociétés sénégalaises qui fabriquent des moulins modernes électriques et thermiques.....	27
Tableau 9: Données d'hypothèses pour la production de moulins solaires.....	36
Tableau 10: Données d'hypothèse pour l'adoption de moulins solaires	37
Tableau 11: Plan de financier du moulin solaire.....	38

I. Introduction

Dans les pays en développement et particulièrement en Afrique la femme est au cœur du système énergétique familial : la corvée d'approvisionnement en eau, la mouture de céréales, la recherche du bois de chauffe sont autant de tâches dévolues aux femmes. Elles s'exécutent encore dans bien des cas à l'aide de la force musculaire de la femme sur la base d'instruments rudimentaires comme le mortier et le pilon ou encore d'autres broyeuses traditionnels. Ces exercices socialement féminins constituent autant de contraintes physiques et perte de temps maintenant d'un côté, les jeunes filles hors des circuits d'éducation et de l'autre, la femme rurale dans une trajectoire de pauvreté absolue.

Sans l'énergie nécessaire à la tenue du ménage ou d'activités productives, les femmes ne peuvent guère prendre soin de leur famille et d'elles-mêmes, ni produire un revenu, ni participer aux décisions engageant la collectivité.

Delors, il nous faut changer de paradigme et aller vers une politique de développement économique et social sensible au genre et préservant notre environnement en prenant en compte la dimension changement climatique.

II. Contexte

Le Sénégal est un pays essentiellement agricole et l'agriculture sénégalaise a pour objectif, notamment nourrir les populations urbaines et rurales.

En termes de céréales, les spéculations cultivées se répartissent selon plusieurs zones éco géographiques épousant une sorte division en fonction des aptitudes locales présidant aussi aux habitudes de consommation. Le mil (souna) est cultivé principalement au centre du pays plus connu sous l'appellation du Bassin arachidier couvrant les régions de Kaolack, de Louga, de Diourbel, de Thiès où l'on a longtemps vécu sur une rotation mil/arachide. Il est aussi cultivé dans la région de Tambacounda. Le sorgho est exploité à l'est du Bassin arachidier, au Sud dans la région de Kolda, notamment dans le département de Vélingara et dans la Vallée du Fleuve Sénégal en culture de décrue.

Le maïs se développe principalement dans les régions de Tambacounda, de région de Kolda et de Kaolack.

Le riz pluvial se retrouve dans les régions de Ziguinchor, de Kolda et marginalement de Tambacounda.

Le fonio reste quant à lui replié dans les régions de Tambacounda et de Kolda avec des productions encore faibles. Cependant cette culture présente de sérieuses potentialités compte tenu de ses nombreuses caractéristiques et des nouvelles initiatives au niveau régional pour en faire une culture de rente.

Les tubercules comme le manioc son également produites au Sénégal et peuvent faire l'objet de valorisation à travers la farine ou semoule de manioc.

Le Sénégal dispose d'une politique du genre matérialisée par la Stratégie Nationale d'Equité, d'Egalité et de Genre (SNEEG). Elle constitue un cadre de référence et un instrument opérationnel favorisant l'intégration de la dimension genre dans tous les domaines de la vie économique et sociale. Toutefois, du fait que les dimensions sectorielles ne sont pas clairement énoncées la SNEEG ne prête qu'une faible attention aux enjeux énergétiques, y compris pour les femmes.

L'Etat du Sénégal notamment le ministère de l'énergie a montré une volonté manifeste de considérer la promotion de l'équité de genre comme un objectif de développement socio-économique dans le cadre de la LPDSE 2019-2023. Ainsi, contrairement aux précédentes LPDSE, celle de 2019-2023 est sensible à la dimension genre.

Dans le même sens le Sénégal dispose d'une politique environnementale qui impose la prise en compte de la dimension changements climatiques dans tout programme et projet de développement.

Par ailleurs, le Sénégal a élaboré et adopté son document de « Contribution Prévue Déterminée au niveau National (CPDN) » dont les objectifs visés sont entre, autres :

- Promotion des énergies renouvelables, dans la CDN, l'objectif est d'atteindre une capacité installée cumulée en solaire de 235 MW ;
- Dans le domaine de l'industrie : en cohérence avec le PSE, la mise en œuvre de la CDN porte sur le développement de plateformes et de parcs industriels qui devraient permettre la mise à niveau des chaînes de valeur agricoles ;
- Transition des équipements de transformation alimentaire.

Les mesures et orientations prises par l'État sénégalais en matière de développement économique et social, notamment dans le secteur rural, se focalisent en particulier sur la formation des jeunes et des femmes dans le secteur agricole. On retrouve ce focus dans les différents cadres d'orientation du pays, qui sont aujourd'hui concentrées et synthétisées dans le Plan Sénégal Emergent (PSE) de 2014, lequel considère l'agriculture, la jeunesse et les femmes comme moteurs du Développement économique du pays. La Contribution Déterminée au niveau National I prévoit également de s'attaquer à la transition énergétique dans les zones rurales et la transition des équipements de réfrigération et de transformation alimentaire vers les énergies renouvelables. Malgré toutes ces politiques, on note des difficultés à atteindre les objectifs de performance assignés à ce secteur en termes de sécurité alimentaire et de création d'emplois. Une des contraintes observées relève du manque d'accès à des équipements énergétiques appropriés, abordables et climatorésilients. Le projet que nous comptons réaliser vise à améliorer les techniques de transformation, notamment de mouture, activité de transformation dominante au sein des TPE et PME agroalimentaires. Aujourd'hui, de nombreuses micros et petites entreprises émergent au Sénégal, en milieu urbain comme en milieu rural. Elles sont pour la plupart actives dans la transformation des produits alimentaires. La transformation (mouture) des céréales (mil, maïs) est une activité dominante, elle mobilise de nombreuses femmes qui proposent une grande variété de produits : couscous, brisures, granulés, farines, etc. Cependant ces entreprises sont confrontées au problème d'accès à des technologies leur permettant de réduire leur empreinte carbone et d'améliorer la qualité des

produits pour intégrer des circuits de distribution plus rémunérateurs (supermarchés, exportation). La mouture, qui constitue un des procédés très importants dans la transformation, est généralement réalisée par des machines fonctionnant avec le gasoil ou l'électricité produite à partir de centrales thermiques alimentées de produits pétroliers, sources énergétiques émettrices et couteuses.

En ce qui concerne la valorisation des cultures comme le maïs, le sorgho, le mille, le fonio et le manioc, elle offre la possibilité d'ajouter de la valeur par entre autres leur broyage pour faire de la farine.

C'est la raison pour laquelle aujourd'hui, de nombreuses micros et petites entreprises émergent au Sénégal, en milieu urbain comme en milieu rural. Elles sont pour la plupart actives dans la transformation des produits alimentaires. La transformation (mouture) des céréales, fonio et manioc. Cependant ces entreprises sont confrontées au problème d'accès à des technologies leur permettant de réduire leur empreinte carbone et d'améliorer la qualité des produits pour intégrer des circuits de distribution plus rémunérateurs (supermarchés, exportation). Le broyage qui constitue un des procédés très importants dans la transformation, est généralement réalisée par des équipements traditionnels ou machines fonctionnant avec le gasoil ou l'électricité produite à partir de centrales thermiques alimentées de produits pétroliers, sources énergétiques émettrices et couteuses.

Le Sénégal, comme plusieurs pays africains, compte une majorité de population active dans le secteur primaire (Agriculture, Pêche et Elevage). Ces secteurs constituent le pivot de l'économie sénégalaise et se caractérisent par la domination des exploitations familiales, ainsi que l'utilisation massive de bois combustible, fortement émissif et avec des impacts sanitaires touchant particulièrement les femmes.

Le secteur agricole est largement impacté par les effets du changement climatique caractérisés par des sécheresses répétitives, une salinisation des terres et des inondations qui freinent l'atteinte à la sécurité alimentaire des populations vulnérables. Le secteur agricole est aussi caractérisé par une vétusté des équipements utilisés et un faible niveau de transformation des produits. Par ailleurs, le recours à la consommation d'une source d'énergie propre disponible localement contribuera à réduire l'émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude. Il s'agit de répondre aux besoins des micros et petites entreprises d'accéder à des technologies modernes sobres en carbone et abordables comme les moulins solaires. Elle vise à identifier les techniques et technologies de transformation par énergie solaire, produites localement, notamment de mouture, activité de transformation dominante au sein des TPE et PME agroalimentaires.

III. Objectif

Etudier l'opportunité et la faisabilité d'une production locale d'équipements solaires destinés au broyage de céréales, afin de faciliter l'accès à grande échelle des TPE et PME féminines de transformation agro-alimentaire à ces solutions d'énergie solaires.

L'objectif final est de réduire les émissions de GES, ainsi que de renforcer la résilience des communautés face au changement climatique, en améliorant la rentabilité des TPE et PME bénéficiaires et en dynamisant l'économie locale par la création d'emplois pour les jeunes et les femmes.

Résultats attendus en fin d'ATR : des réponses sur la faisabilité technique et économique d'une production locale de moulins et broyeurs solaires (technologie existante et fonctionnelle dans d'autres pays) et des recommandations claires sur les moyens nécessaires pour assurer la fabrication, la distribution, l'entretien et la maintenance au Sénégal de ces équipements solaires. L'assistance technique devra donc se focaliser non seulement sur la technologie de la mouture solaire, mais aussi sur les modèles économiques permettant d'assurer l'accès de TPE féminines à cette technologie et leur maintenance sur le long terme.

Chapitre 1 : Analyse de besoins

1. La production céréalière au Sénégal

La production céréalière principalement constituée des cinq filières (mil, riz, maïs, sorgho, fonio) est évaluée à 2 516 466 tonnes en 2017 sur un objectif 2 795 000 tonnes, soit un taux de réalisation de 90% et une hausse de 18% par rapport à 2016 et de 73% par rapport à la moyenne des 5 dernières années. Ce résultat s'explique entre autres par l'augmentation de 2,44% des superficies emblavées qui sont passées de 1 664 147 ha en 2016 à 1 704 718 ha en 2017. Ceci grâce en partie aux efforts consentis par l'Etat dans la mise en place d'intrants de qualité et d'équipements agricoles.

S'agissant du niébé, la production de "niébé" bute encore sur des "contraintes importantes" au Sénégal, avec des rendements encore faibles, malgré les progrès réalisés sur le plan technologique ces dernières années, affirme l'enseignant-chercheur sénégalais Ndiaga Cissé de l'Université Michigan, aux Etats-Unis.

La production de niébé, référencée dans la base de données de la FAO uniquement pour le Burkina Faso, le Cameroun, la Guinée Bissau, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Nigeria et le Sénégal, a connu une réelle percée au cours des dernières années, la production ayant plus que triplé dans ces pays en vingt ans

Tableau 1: Production de céréales 2018-2019 (en tonnes)

Cultures	Production prévisionnelle 2018/2019 (T)	Production 2017/2018 (T)	Moyenne des 5 dernières années 2013-2017(T)	Variation par rapport à 2017/2018 (%)	Variation par rapport à la moyenne des 5 dernières années (%)
Mil	827601	875484	640170	-5	29
Sorgho	291171	217491	155274	35	80
Maïs	476621	410364	293065	16	63
Riz	1132795	1011269	771682	12	47
Fonio	3921	3857	2902	2	35
Total céréales	2732109	2516466	1863113	9	47

Source : DAPSA

2. La consommation de céréalière au Sénégal

Au niveau national, la consommation moyenne annuelle par tête en céréales de base (riz, mil, maïs, sorgho) est estimée à 119,3 kg. Cette consommation est dominée par le riz avec une moyenne de 78,1 kg/tête/an, suivi respectivement par ordre d'importance du mil (30,2 kg/tête/an), du maïs (9,2 kg/tête/a) et du sorgho (0,7 kg/tête/an). De manière générale, le niveau de consommation en zones rurales (158,2 kg/tête/an) est plus élevé qu'en milieux urbains (107,4 kg/tête/an) et cela pour chacune des quatre céréales considérées.

Le riz local est la céréale la plus consommée en milieu urbain et rural. Avec une consommation moyenne annuelle par tête de 76,6 kg et 80,9 kg respectivement en zones urbaines et rurales, la majorité des ménages urbains (55%) comme ruraux (62%) déclarent consommer du riz local c'est-à-dire produit dans le pays. Les seules exceptions sont les villes de Mbour (59%) et de Louga (53%). Il s'y ajoute que le riz brisé est utilisé par la majorité des ménages qui consomment du riz local comme du riz importé. La seule exception est notée dans la Vallée du Fleuve Sénégal, précisément dans la zone rizicole du Delta (39%) et dans la ville de Matam (43%) où des pourcentages importants de ménages consomment du riz entier. En termes de variations saisonnières, les résultats montrent que durant l'hivernage environ la moitié des ménages en zones rurales enregistrent une augmentation moyenne de 49% des quantités consommées en riz. Cette augmentation est beaucoup plus marquée dans les zones rurales de Touba/Thiès (63%).

Le mil est une céréale plus rurale qu'urbaine. Avec une consommation moyenne de 53,3 kg/tête/an, les résidents des zones rurales consomment pratiquement deux fois plus que ceux des zones urbaines dont la moyenne est de 23,1 kg/tête/an. Pour une meilleure illustration de cet écart, les classes de consommation établies montrent que 40% des ménages en zones rurales consomment 50 kg/tête/an ou plus contre 14% des ménages en milieu urbain. En termes de variations de la consommation de mil durant l'hivernage, 53% des ménages enregistrent une augmentation moyenne de 58%. Les principales zones rurales où cette augmentation est notée sont celles de la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal (70%), de Touba/Thiès (60%) et de Kaolack/Kaffrine (54%).

Le maïs, une céréale plus consommée dans les zones rurales du Sud Bassin arachidier et du Sénégal Oriental. Avec une moyenne de 19,5 kg/tête/an, la consommation des ruraux est plus que le triple de celle des urbains dont la moyenne est 6,0 kg/tête/an. Cependant, une répartition en classes montre que la majorité des ménages en zones rurales (54%) et en

milieu urbain (76%) consomme *moins de 5 kg/tête/an* de maïs. Ces moyennes relativement faibles illustrent le caractère circonscrit de la consommation du maïs à certaines zones notamment du Sud Bassin arachidier (31,8 kg/tête/an) et du Sénégal Oriental (37,2 kg/tête/an). Concernant les variations saisonnières, une proportion importante des ménages en zones rurales (48%) a déclaré une augmentation moyenne de 68% des quantités consommées en maïs durant l'hivernage. Les zones rurales les plus concernées par cette augmentation sont situées dans le Sud Bassin arachidier (57%) et le Sénégal Oriental (70%).

Le sorgho, une céréale très faiblement consommée au Sénégal. Avec une moyenne de 0,7 kg/tête/an au niveau national contre 2,8 kg/tête/an en zones rurales et 0,05 kg/tête/an en zones urbaines, le sorgho enregistre les plus faibles niveaux de consommation parmi les céréales étudiées. D'ailleurs, seuls 2,4% des ménages dont 9,6% en milieux ruraux et 0,2% en zones urbaines sont concernés. Sa consommation concerne principalement les ménages ruraux de Tambacounda (13 kg/tête/an), de Matam (5 kg/tête/an), de Kédougou (3,9 kg/tête/an) et de Kaolack/Kaffrine (3,2 kg/tête/an).

Par ailleurs, le niébé bien que négligé par les décideurs, joue un rôle non négligeable dans la sécurité alimentaire au Sénégal

Depuis 1985, avec l'introduction des variétés de niébé CB5 (Bingen et al, 1988) puis Mélékh (Cissé et Al, 1997) qui sont plus précoces que les variétés locales, des quantités considérables de niébé sont consommées en vert durant les mois d'août et septembre (jusqu'à 30 % de la récolte). Dans certains cas, cela constitue la seule nourriture disponible pour les familles rurales du Nord du Sénégal pendant la période de soudure. La disponibilité de ressources financières est aussi importante pendant cette période, parce qu'elle peut être utilisée pour acheter d'autres produits de base tel que du mil ou du riz importé.

3. Analyse du secteur de la transformation des céréales

3.1 Les secteurs de la transformation

Au Sénégal, le secteur de la transformation est très largement dominé par le secteur artisanal de prestation de service ou de production (micro entreprises individuelles et groupement) et puis le PME semi-industrielles. La très grande majorité des activités du secteur est menée par les femmes, détentrices des savoir-faire techniques de transformation et des compétences en matière de qualification des produits alimentaires. La gamme des produits est assez diversifiée: semoule, couscous, arraw, farines infantiles dans des conditionnements (sachets) souvent référencés au nom de chaque entreprise de transformation. Les produits sont proposés sur le marché local sous forme de produits secs ou frais, et à l'exportation sous forme de produit sec.

Cette mouture se fait le plus souvent aujourd'hui par des moulins thermiques (diesel), électriques et dans une moindre mesure solaires (voir photos).



Photo 1: Moulin solaire



Photo 2: Moulin électrique



Photo 3: Moulin diésel

Le secteur artisanat de prestation de service est resté très longtemps limité à la mouture (production de farine) avant de s'étendre au décortilage surtout dans les moyennes et grandes villes du pays. Ce secteur s'est largement développé grâce à la diffusion massive des moulins au Sénégal. Il est caractérisé par de petites unités artisanales installées en milieu rural et en milieu urbain. Une part de ces petites unités en milieu rural est communautaire, c'est à dire gérée par un groupement féminin ou une association villageoise.

Les moulins communautaires (gérés le plus souvent par les groupements féminins) ont été initiés d'abord dans le cadre de programme d'allègement des travaux domestiques de femmes rurales au début des années 80. Leur large diffusion dans les campagnes s'est faite grâce à l'intervention de bailleurs de fonds, de projets, d'ONG et d'hommes politiques lors des campagnes électorales.

Les ateliers de mouture privés offrent les mêmes services (décortilage et mouture). Ils sont très présents dans les grandes villes (Dakar, Thiès, Kaolack, Saint-Louis, Touba, etc.) et un peu moins dans les villes moyennes et les villages. Ces ateliers sont équipés d'une ou plusieurs machines manipulées par le meunier (propriétaire ou gérant) aidé d'un ou plusieurs apprentis.

Le secteur artisanat de production est constitué de petites unités individuelles, gérées par des femmes, le plus souvent en milieu urbain. Elles proposent des produits semi finis (farine de mil, de maïs, semoule) ou finis (couscous), et des plats cuisinés (restauration de rue). Elles ont recours aux ateliers de prestation de service pour la mouture et le décortilage et utilisent le matériel domestique pour les autres opérations (vannage, roulage, tamisage, cuisson). Elles valorisent ainsi un savoir-faire traditionnel pour obtenir un petit revenu journalier. La maîtrise des procédés (avec une phase de fermentation et opération de cuisson) et la vente rapide limitent les risques sanitaires.

Le secteur semi-industriel est représenté par des petites entreprises dominées largement par des femmes. Il se développe depuis quelques décennies et génère plus d'emplois dont l'écrasante majorité (90%) représente de l'emploi non qualifié mais cependant à un savoir-faire traditionnel bien maîtrisé. Ces entreprises offrent des produits finis et semi finis séchés : couscous précuit, semoule, farine de mil, thiacy, «arraw» de brisures de maïs, etc. Ces unités

transforment de 30 tonnes à 300 tonnes par an de céréales. Les produits sont emballés dans des sachets en plastique avec une marque identifiée ou papier kraft (nouvelle évolution).

3.2 Situation actuelle des moulins à mil au Sénégal

La transformation moderne des céréales se base sur l'utilisation de moulins motorisés. Ce secteur s'est largement développé grâce à la diffusion massive des moulins mais il est difficile de connaître le nombre exact de moulins diffusés au Sénégal. En zone rural les moulins communautaires diffusés dans le cadre de programme d'allègement des travaux domestiques de femmes sont majoritaire alors qu'en milieu urbain et péri urbain ce sont les moulins privés qui dominent. De nombreuses Organisations non gouvernementales (ONG) ont contribué à diffuser le moulin au bénéfice des femmes, surtout rurales. L'état du Sénégal à travers différents programmes, notamment le programme d'Urgence de Développement Communautaire (PUDC) a distribué depuis Juillet 2015, 5079 équipements pour la transformation dont 2000 moulins à mil. Et l'enquête réalisée par l'ANSD en 2016 a montré que 8 ménages sur dix (81,1%) ont accès à un moulin à farine (mil, maïs) à moins d'un km de leur domicile. Cette proportion est de 92,5% dans Dakar urbain, 90,3% dans d'autres zones urbaines et de 69,8% en milieu rural. La plupart des moulins sont fabriquées localement grâce à plusieurs projets d'appui aux artisans-métal mais également et surtout par la SISMAR, une société publique. Ceci permet de limiter les couts d'achat et de disposer de réparateurs à proximité des ateliers.

3.3 Caractérisation du moulin

Généralement le dispositif de transformation utilisé est composé d'un moulin et d'un moteur. La plupart des moulins en zone rurale fonctionnaient à l'aide de groupe électrogène à base de diesel utilisant des moteurs à courant continu. Afin de pallier aux problèmes de maintenance et de coût, liés à l'importation de ces derniers et à l'absence de pièces de rechanges, les moulins artisanaux à marteaux sont de plus en plus utilisés. Ils sont simples utilisés et s'adaptent avec la nature de la céréale. La plus part de ces moulins sont constitués d'une trémie d'alimentation de forme pyramidale servant le dépôt de grains, d'une valse à grains, situé en bas de la trémie, permettant de régler le débit, d'une chambre de broyage et des marteaux fixés sur l'arbre du moteur. Ces moulins locaux, à marteaux, occupent aujourd'hui une place importante dans le marché de transformation des céréales au Sénégal. Cependant, la plupart de ces moulins ne sont accouplés aux actionneurs les plus adéquats. Cette inadéquation entraine immédiatement leur surexploitation, dont l'une des conséquences est la perte prématurée du moteur, ou leur sous-exploitation provoquant une consommation importante d'énergie pour une petite quantité.

3.4 Comparaison entre moulin électrique, à gasoil et solaire

Le choix du moulin se réduit souvent aux modèles en vente dans le pays. Il est fait en fonction de plusieurs critères, économiques et techniques, à savoir :

- Le nombre de personnes que le moulin est censé servir ;
- La simplicité de maniement de la machine ;
- La facilité de réglage de l'appareil ;
- La facilité d'accès aux pièces d'usure courantes (meules, marteaux, grilles,...) et leur coût ;
- La réversibilité de certaines pièces

Le tableau 2 présente les éléments de comparaison entre moulins électrique, à gasoil et solaire

Tableau 2:comparaisons des types de moulin

Désignation	Moulin diesel	Moulin électrique	Moulin solaire
Coût de la technologie	Intermédiaire	Le moins cher	Le plus cher
Capacité de production	400 kg/jour	400 kg/jour	420kg/jour
Fonctionnement	Le plus complexe. Formation poussée des meuniers à prévoir.	Simple	Simple
Entretien	Coûts d'entretien et de maintenance parfois élevés et imprévus Indisponibilité des pièces de rechanges	moins d'entretien que les moulins diesel	moins d'entretien que les moulins t diesel
Robustesse	Robuste	Eviter les surchauffes (durée d'utilisation trop longue, moteurs sous dimensionnés).	Le plus rebuste
Rentabilité	– Moins efficace avec un cout de maintenance très élevé par rapport aux autres moulins – La consommation de diesel réduit fortement la marge de bénéfice	Nécessite moins de maintenance mais la consommation énergétique est très élevée	– plus efficaces, plus propres, plus sûres, plus durables, plus hygiéniques que le moulin à diesel – ;
Disponibilité	Présent dans les zones non électrifiées	Présent dans le marché et les zones électrifiées	Pas trop développé à cause du manque d'information et de sensibilisation des acteurs Disponible en zones rurales ou pér urbaines
Viabilité de la technologie	Maturité de la technologie, Facilité d'utilisation, beaucoup d'entretien, existence d'une expertise locale	Maturité de la technologie, Facilité d'utilisation, d'entretien, existence d'une expertise locale	Maturité de la technologie, Facilité d'utilisation, d'entretien, existence d'une expertise locale
Contribution de la technologie	réelles possibilités de création d'emplois	possibilités de création	possibilités de création d'emplois

développement socio-économique	dans toute la chaîne de valeur de la technologie Problème d'hygiène	d'emplois dans toute la chaîne de valeur de la technologie	dans toute la chaîne de valeur de la technologie Très propre, moins polluant
Potentiel de réduction de CO2	Forte pollution sonore et atmosphérique (émission de CO2)	Forte pollution atmosphérique (émission de CO2 de l'énergie primaire)	Pas ou peu d'émissions de CO2

Les moulins électriques utilisent la source d'énergie la moins coûteuse et la plus pratique et ils sont moins chers à l'achat et à l'entretien que les moulins Diesel. Leur prix de revient est donc beaucoup moins élevé et leur amortissement plus aisé par conséquent.

Pour les moulins solaires, ils constituent une bonne alternative aux moulins diesel généralement installés dans les zones rurales et qui ne sont plus viables économiquement, du fait de la flambée des prix du baril de pétrole ces dernières années.

Le problème de rentabilité des moulins se pose avec beaucoup d'acuité. Les moulins électriques et diesel ont des charges énergétiques, de maintenance et d'entretiens très élevés contrairement au moulin solaire qui ne demande pas de facture d'énergie et a moins de maintenance.

Malgré l'intérêt et les avantages certains que le moulin solaire présente comparé aux moulins électrique ou diesel, son utilisation est très marginale aujourd'hui au Sénégal. Seuls quelques exemples souvent à titre démonstratif ou expérimental sont notés par ci et là avec des sociétés comme Nadj Bi, Equip Plus ou encore OMEGA Technologies.

La technologie moulin solaire si éprouvée soit elle, reste à être mieux connue et à être développée à grande échelle; donc une promotion de ce produit s'impose si nous voulons son adoption par la majorité des sénégalais principalement les femmes.

Le prix du moulin solaire chère à l'achat à cause de la partie solaire est aussi une des raisons de son faible taux d'utilisation ; à ce nouveau stade de la recherche pour une réduction des coûts, l'Etat doit pouvoir intervenir avec un dispositif financier très attractif en amont et en aval de (production et commercialisation).

3.5 Contraintes de gestion des moulins solaires

Sur le plan technique bien que la technologie du moulin solaire soit appropriée au milieu et à la mouture des céréales, l'appropriation de la technologie reste à être développée davantage.

Dans certains cas, surtout en milieu urbain ou semi urbain, il se pose un problème d'espace pour l'installation du champ solaire.

Selon des femmes entrepreneures rencontrées, une série de temps nuageux ou peu nuageux peut réduire de beaucoup la capacité de production journalière à cause de l'insuffisance de l'énergie car tout se fait au fil du soleil.

Avec ces mêmes femmes, sur un autre plan, le poids ou la taille des moulins constitue des fois des difficultés d'exploitation pour la femme à cause des efforts physiques importants qu'elle doit fournir. De possible changement d'abri ou de sites peuvent survenir et exige encore beaucoup d'effort physique pour son déplacement.

Le prix des moulins solaires exclut dans souvent des cas les femmes du groupe de ceux qui peuvent prétendre acheter un moulin. Mais le coût d'exploitation est beaucoup moins élevé et leur amortissement plus aisé par rapport à celui du moulin diesel dont les bénéfices sont toujours diminués à cause des factures d'électricité ou de carburant gasoil.

La problématique environnementale est au cœur de la conception de l'action (choix pour des plateformes solaires), mais certains risques environnementaux ont été identifiés (notamment en ce qui concerne la gestion des déchets en batteries de stockage de l'énergie des systèmes solaires photovoltaïques).

Le manque de services après-vente au niveau des groupements féminins constitue également une véritable contrainte pour le bon fonctionnement du matériel mis en place et est une des principales causes d'immobilisation.

Pour conclure, nous avons constaté que le marché des moulins solaires n'est pas trop développé à cause du manque d'information et de sensibilisation des acteurs de la chaîne sur les avantages et le potentiel de développement de la technologie au Sénégal.

4. Besoins pour renforcer le secteur de la transformation des céréales

Un des éléments clés de la définition de politiques d'appui au secteur des petites et micro activités de transformation est le développement d'une offre de services adaptés aux spécificités et besoins aussi bien du secteur de la petite transformation qu'aux entreprises de plus grande taille, tous deux nécessaires pour répondre à une demande toujours existante et diversifiée selon les acteurs.

4.1 La formation

Un premier service essentiel est celui de la formation. Les « micro et petites entreprises » (MPE) de transformation disposent d'une main d'œuvre peu qualifiée. Cela se ressent sur la qualité des produits. Des activités de formation continue sont dès lors indispensables. On peut citer à ce titre les nombreuses formations utiles aussi bien pour améliorer la qualité des produits que pour la gestion financière ou l'utilisation de matériels plus modernes et sur l'entretien et la maintenance préventive selon toujours les femmes rencontrées. La formation de base est également un bon moyen pour professionnaliser le secteur. Les thématiques suivantes sont nécessaires pour le renforcement de la gestion des MPE :

- Renforcement de la vie associative et gestion démocratique des unités de transformation;
- Renforcement de la gestion et de l'organisation d'une unité de transformation : comptabilité, gestion des opérations, gestion des unités de transformation, développement de l'entrepreneuriat collectif, planification de la production, spécialisation de la production et maîtrise de la qualité;

- Crédit : connaissance des opérateurs de crédit, rédaction d'un dossier de demande de crédit, gestion du crédit ;
- Amélioration des techniques de production et de la qualité des produits : technologies de transformation, bonnes pratiques d'hygiène de production, qualité des produits, contrôle de qualité des produits céréaliers transformés, conservation des matières premières et des produits finis,
- Organisation des approvisionnements : ateliers de mise en relation avec les producteurs et contractualisation ;
- Marketing : emballages agroalimentaires, étiquetage, présentation des produits, techniques de prospection des marchés et techniques commerciales, outils de fidélisation de la clientèle...

4.2 L'information

Des services d'information peuvent également être proposés. Ces informations sont de divers types, commercial, économique, fiscal et juridique : comment calculer le prix de la prestation, comment avoir accès à un crédit, quels avantages fiscaux obtenir des communes ? Les ONG d'appui ou des centres d'appui de type « business services » peuvent apporter ces informations.

4.3 Matériels de production et stockage

L'accès limité aux femmes des moyens de production. Toute unité de transformation doit disposer de tous les matériels nécessaires pour couvrir toute la chaîne de transformation des céréales. Il s'agit : marmite, couscoussier, calebasse, bassine moyenne, spatule en bois, moulin, louche avec trou, clés de séchage, tissu blanc, van, tamis, fourneau, emballage (sachet, carton) balance, saut, gobelet, saut avec couvercle, contenant pour conditionnement, étiquette.

Le stockage de la matière première (les graines de céréales). Beaucoup d'entreprises ne disposent pas de lieu de stockage pour s'approvisionner en quantité suffisante pour une production pendant toute l'année. Les femmes s'inquiètent des ruptures de stock liées à la rareté de cette matière première notée dans certaines périodes de l'année (à l'approche et durant l'hivernage). Elles déplorent également le manque de qualité des grains de mil avec beaucoup d'impuretés liées en partie à l'application des techniques de transformation primaire.

4.4 Le financement

Les femmes ont besoin de soutien pour tenter l'aventure. Elles demandent un accompagnement des services financiers. Des produits de crédit adaptés peuvent être proposés pour l'acquisition des matériels. Plusieurs pistes peuvent être explorées : création de sociétés de caution mutuelle, mise en place de lignes de crédits et fonds de garantie logés, fonds de bonification des intérêts, mise en place de systèmes de refinancement par des banques commerciales, assistance technique, et appui à de nouveaux partenariats entre groupement et structures d'appui non financier.

A ce niveau l'implication des collectivités territoriales, est extrêmement importante. La politique hardie genre que le Gouvernement du Sénégal a mise en place et est actuellement mise en œuvre doit être développée et imposée aux collectivités territoriales. C'est à cette exigence, entre autres, que la prise en compte du genre dans tous les secteurs de la vie économique, sociale et culturelle de notre Sénégal sera une réalité.

Les collectivités territoriales doivent prévoir dans leur budget des lignes pour le financement des actions genre dont le financement de moulins solaire. Cela constitue une triple action : genre, énergie et environnement.

4.5 La recherche

La recherche peut aussi être d'un grand apport, en proposant des procédés et machines adaptés aux MPE de transformation. Cela doit se faire en associant divers types d'acteurs : les usagers bien sûr, les chercheurs, le secteur privé, mais aussi les entreprises de soudure et mécanique qui seront à même de répliquer les matériels. Un partenariat dynamique et fort doit exister entre les chercheurs et le privé pour une bonne valorisation des résultats de la recherche.

- L'amélioration du rendement des panneaux solaires,
- La recherche sur d'autres sources d'énergie renouvelable, des batteries de stockage plus performantes,
- L'amélioration du rendement du moteur des moulins,
- L'augmentation des capacités de production journalière (exprimé par les femmes,
- L'adaptation de l'ergonomie des moulins pour une meilleure intervention de la femme par rapport au poids, à la taille ou au volume du moulin (exprimé par les femmes).

Ces axes de recherche doivent être développés par la recherche, le privé et la société civile en relation avec les utilisatrices et utilisateurs finaux.

Chapitre 2 : Etude marché de la technologie

1. Les techniques de transformation : la mouture

Le broyage de certains produits agricoles (céréales et tubercules) s'est toujours fait à travers le temps. D'abord avec des instruments traditionnels et la force physique, puis plus tard avec des instruments modernes utilisant une énergie moderne à la place de la force musculaire.

1.1 Les instruments traditionnels

1.1.1 Le mortier et le pilon

Le mortier et le pilon sont des instruments en bois taillé fabriqués et vendus généralement par des artisans locaux. Mais leur usage exige la force physique de la femme, de jeune fille et des fois selon les localités du jeune garçon.. Les femmes font le broyage des céréales au mortier des galettes de mil, du couscous ou autre farine.

Mais, le pilon et le mortier exigent de la femme, pour leur maniement, de l'énergie et ont une incidence sur son physique. Ces outils de travail laissent leur marque sur les paumes des femmes qui se durcissent et forment des cals.



Photo 4: Le mortier et le pilon (Jn. P. Ki. Toma, le 21/8/1999)

1.1.2 La meule en pierre et Moulins à vent

La meule de granite se compose de deux éléments : une partie principale, la "meule-mère", de forme rectangulaire (environ 45 cm sur 30 à 35 cm) fixée à peu près à hauteur de 80 à 90 cm du sol sur une élévation en terre battue, et une partie secondaire, la "meule-fille", (une barre de même matériel de longueur à peu près égale à la largeur de la meule-mère) que la femme promène à la surface de la « meule-mère » dans un mouvement de va-et-vient en exerçant une pression sur les grains pour les écraser. Disons qu'il s'agit d'une meule et d'un broyeur.

La meule souvent en pierre telle qu'elle existe de nos jours encore à travers quelques pays africains comme le Burkina Faso a pour inconvénient majeur de s'effriter au fur et à mesure et de rougir la farine de la céréale en question ou du tubercule même si elle a comme avantage la résistance de certain matériel utilisé.

Le broyage des céréales à la meule est une opération longue et pénible durant laquelle la femme fait des pauses pour reprendre son souffle.



Photos 5: la meule en pierre (Jn. P. Ki. Toma, le 13/1/2000)

S'agissant du moulin à vent, c'est au IX^e siècle, le moulin s'est adapté à l'énergie du vent soufflant sur leurs ailes voilées. Ces moulins, basés sur un écoulement d'air libre comme sur un flux d'eau sont néanmoins caractérisés par une faible efficacité énergétique du fait de l'échauffement dû aux frictions mécaniques. Ils feront l'objet de progrès techniques qui conduiront ultérieurement à l'apparition des turbines.

1.2 Les moulins à farines ou broyeurs

De manière générale on entend par moulin un broyeur à meules ou à marteaux (technologie) activé soit par un moteur thermique diesel ou essence soit par un moteur électrique (source d'énergie). Ils sont utilisés pour moudre les céréales.

1.2.1 Moulins à meules

Dans ces moulins, les grains de céréales sont déversés dans une trémie ; une vanne d'alimentation située à la base de la trémie règle le débit des grains. Ceux-ci passent dans le carter de broyage par le centre d'une des deux (02) meules dont la partie axiale est creuse. Le broyage des grains est assuré par leurs passages entre les deux meules du centre vers la périphérie. Les deux meules sont faites avec la même matière et ont les mêmes dimensions, une des meules est fixe et solidaire au carter du moulin, l'autre montée sur un arbre est entraînée par manivelle ou poulie et est reliée à un moteur thermique ou électrique

Broyeurs à meules Ces broyeurs ont un débit de mouture qui varie de 100 à 270 kg/h, une vitesse de rotation de 500 à 1000 tr/min et sont activés soit par des moteurs électriques de 0,4 à 5,2 kW ou par des moteurs thermiques de 25 CV fonctionnant soit avec diesel ou à l'aide d'huile végétale

1.2.2 Broyeurs à marteaux

Le broyeur à marteaux n'écrase pas les grains mais les éclate par choc avec les marteaux articulés tournant à grandes vitesse (jusqu'à 3000 tr/min). La finesse de la farine est fonction de la finesse des perforations de la grille entourant la chambre de broyage. Plus le diamètre de perforation est petit et plus la farine sera fine mais plus le débit du broyeur sera faible.

Il a un débit de mouture d'environ 100 kg/h pour une grille de 1,2 mm, les grilles les plus utilisées ont une perforation de 0,7 à 1,5 mm avec une vitesse de rotation allant jusqu'à 3000 tr/min et est activé soit par des moteurs électriques de 3 kW ou par des moteurs thermiques de 10 CV fonctionnant au diesel, à l'essence [5] ou à l'huile végétale.

Le choix d'un type de moulin se fait en fonction de plusieurs critères, à la fois techniques et économiques, à savoir :

- la gamme de produits disponible sur place susceptible d'être broyés,
- la simplicité de maniement de la machine afin que l'utilisateur puisse contrôler facilement l'opération ;
- La facilité d'accès aux pièces d'usure courante (meules, marteaux, grilles) ;
- La facilité de démontage et la simplicité de fabrication du broyeur afin d'éviter que toute panne ne prenne des dimensions disproportionnées,
- La simplicité d'entretien de l'appareil ;
- La robustesse de l'appareil
- Et le rapport qualité/prix, compte tenu aussi du coût des pièces d'usure courante

1.2.3 Moulins thermiques

Les communautés hors réseau utilisent de l'équipement de broyage qui est souvent alimenté par des générateurs diesel. Comme les villages manquent d'électricité, ce sont des moulins à gasoil ou à essence qui sont fournis. Le constat général est que les moulins ne restent pas longtemps en service car plus de 80% des recettes sont généralement utilisés pour la maintenance

1.2.4 Moulin électriques

Ils sont alimentés par électricité d'origine de produits pétroliers ou solaires.

La plate-forme multifonctionnelle est variante de moulin électrique ou thermique. Elle est aussi une infrastructure d'énergie décentralisée qui utilise un moteur diesel ou électrique qui fait fonctionner différents outils pour la fourniture des services énergétiques tels que la mouture des céréales, le broyage de karité, le décorticage de riz ou du maïs, la charge de batterie.

1.2.5 Moulin solaire

Le moulin solaire c'est comme le moulin électrique ; la différence c'est au niveau de la source d'énergie. Alors que le moulin électrique est alimenté par une électricité d'origine produits pétroliers, le moulin solaire est lui alimenté par une électricité d'origine énergie solaire photovoltaïque.



Photo 6: Moulin solaire classique

1.2.6 Comparaison des différentes options technologies de moulins

Le tableau 1 nous montre que le moulin solaire se présente comme la meilleure alternative au mortier et pilon comparé aux moulins diesel et électrique

Tableau 3: Comparaison selon la technologie

Désignation	Moulin diesel	Moulin électrique	Moulin solaire	Observations
Investissement FCFA TTC	1 200 000	750 000	4 977 391	FCFA TTC
Amortissement an	400 000	250 000	1 659 130	En 3 ans
Maintenance moulin	15 000	15 000	--	Inclus dans prix pour le solaire
Maint moteur	186 285		--	
Meunier	450 000	450 000	450 000	45 000 F par mois
Consommation (diesel ou électrique)	2 076 752	1 993 887	--	
Produit mouture	4 536 000	4 536 000	4 536 000	
MARGE de 1 à 3 ans	1 407 963	1 827 113	2 426 870	
MARGE après 3 ans	1 807 963	2 977 113	4 086 000	
Gain mensuel de 1 à 3 ans	117 330	152 259	202 239	
Gain mensuel après 3 ans	150 664	248 092	340 500	
Supervision	non	non	oui	
Maintenance(MO)	non	non	oui	

Base de calcul : Nous avons considéré que le moulin fonctionne pendant 6h par jour, 27 jours par mois, 9 mois par an.

Le tableau 1 nous révèle que le moulin solaire est plus avantageux que les moulins diesel ou électrique.

Dans le contexte sénégalais actuel nous proposons l'adoption et l'adaptation du moulin solaire

2. La technologie du moulin solaire

2.1 Description de la technologie de moulins solaires

Le moulin solaire est constitué de deux parties : le générateur solaire et le moulin lui-même. La partie solaire est constituée de modules PV branchés en parallèle constitués eux-mêmes de modules en série. Les panneaux sont reliés à un régulateur. Des batteries de démarrage sont montées en série car à l'allumage, le moulin effectue un fort appel de courant pouvant atteindre des dizaines d'ampères en quelques secondes. Elles sont branchées au régulateur pour être protégées contre la surcharge.

Afin de limiter la détérioration des batteries de démarrage, le moulin est livré avec un rhéostat qui permet, par une action manuelle de l'utilisateur, de démarrer en douceur le moulin en augmentant progressivement l'ampérage de mouture. Afin de protéger davantage le système, un ampèremètre à induction peut être installé ; il indique en temps réel l'intensité du courant de fonctionnement du moulin. Cette donnée permet à l'utilisateur d'adapter le débit de mouture pour utiliser le moulin dans un intervalle d'ampérage donné.

Le moulin est directement branché aux batteries. Un dispositif de maintien en marche (marche/arrêt) du moulin, équipé d'une bobine, est branché au régulateur. Lorsque l'utilisateur utilise le moulin jusqu'à atteindre le seuil de décharge des batteries, le régulateur active le système d'arrêt qui éteint le moteur du moulin. Les batteries de démarrage sont ainsi protégées. Le moulin est équipé d'un fusible qui en cas de dysfonctionnement ou de bourrage impliquant une surintensité. Fait sauter le disjoncteur et coupe l'alimentation.

Des économies importantes à courts, moyens et longs termes peuvent être obtenues grâce aux moulins alimentés à l'énergie solaire même si le coût initial de l'achat d'équipement est des fois assez élevées.

Le calcul de la taille du marché pour la mouture à l'énergie solaire a utilisé une série de données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture pour estimer le potentiel de mouture des petits exploitants qui pourraient bénéficier d'un système de 6,5 kW à énergie solaire (Durée de vie du système de 20 ans). Les céréales (riz, maïs, mil et sorgho) ainsi que les racines et tubercules (manioc, ignames et pommes de terre) ont été analysées, car elles offrent une possibilité de valeur ajoutée par le décorticage ou la mouture.

S'agissant de la partie moulin, il est soit à meule, soit à marteau comme décrit précédemment et au Sénégal c'est surtout le moulin à marteau qui est commercialisé.

2.2 Quelques modèles de moulins solaires

Différents modèles de moulins solaires existent de par le monde et au Sénégal.

3.2.1 Modèle MOULIN Zebra (Espagne) proposé par Modèle Bonergie (Sénégal)

Ce système de broyage est un équipement complet conçu par Solar Milling®. Il offre un système abordable alimenté par l'énergie solaire pour faciliter une technologie appropriée de transformation des céréales / aliments au profit des petites exploitations agricoles, des communautés rurales, des coopératives ou des projets dans des endroits où il n'y a pas de réseau électrique.

Cet équipement Solar Milling garantit la possibilité d'obtenir de la farine comestible à partir de différents types de grains secs (maïs, blé, orge, teff, millet, riz ...) et de feuilles sèches, soja, poivre etc. directement à partir de l'énergie solaire, donc pas électrique ou les factures de carburant sont plus impliquées.

Le moulin Zebra n'a pas de tamis, la farine produite est à 100% à partir de grains entiers, gardant tous les nutriments des céréales afin que les graisses, les minéraux et les vitamines soient présents dans la farine.

En raison de sa conception innovante, la finesse est obtenue très facilement grâce à une porte à ouverture latérale.

Conçu, fabriqué et assemblé à Barcelone, Espagne.

Caractéristiques principales :

- Fonctionne à l'énergie solaire ou réseau AC
- Broyeur à marteaux
- Convient à tous les grains secs
- Très faible entretien
- Construit pour durer
- Fonctionnement facile
- Puissance du moteur 2,2 Kw
- Performance : de 40 à 200+ kg / h
- Taille : 110x75x125cm (LWH) - Poids: 81 kg



Photos 7: Modèle moulin Zebra proposé par Bonénergie

2.2.2 Modèle MAC SOL (Equip Plus ,Sénégal)

C'est un broyeur à marteaux constitué d'une carcasse en acier mécano soudé. Il est équipé d'un moteur électrique monophasé de 2,2 KW alimenté par un générateur solaire comprenant :

- Un champ solaire PV de 3KW
- Un onduleur de 5 KVA
- Un banc de 4 batteries de 12 V 100 Ah

- Un coffret de commande.
- La transmission entre le moteur électrique et l'arbre porte marteaux (broyeur) se fait par courroie

Un dispositif de supervision permet de collecter et de transmettre les données de fonctionnement et de maintenance du moulin à distance, notamment la marche et les arrêts.

Sa capacité de production est de 70kg/h, soit 420kg/jour.

Le Mac Solaire présente plusieurs avantages :

- Sécurité d'emploi
- Maintenance facile et assurée par Equip Plus pendant 3 ans
- Dépenses de fonctionnement réduites
- Existence d'un système de consommation énergétique
- Système de limitation de puissance maximale pour éviter les bourrages
- Gains et bénéfices importants 4 fois plus qu'avec le moulin diesel pour les bénéficiaires
- Pas d'achat de carburant ni factures d'électricité
- Pas de pollution de la faine ni de l'air et moins de pollution sonore
- Durée de vie longue



Photos 8: Modèle moulin MAC SOL proposé par Equipe Plus

2.2.3 Modèle SUNGUF S-75 v (Nadj Bi, Sénégal)

Capacité de production : 50 - 75 Kilos per Hour

Moteur : Triphase 380V / 3,000 rpm - 1,5kW

Banc de batterie : 2*200 Ah - 12 Volts

Onduleur AC 200V / DC: Onduleur 3kVA

Onduleur AC 220V / AC 380V 2kVA Vfd

Certificats moteur IP54 / CE

Durée de fonctionnement quotidienne : 5 heures maximum

Panneaux solaires : 2000 Watt-Peak

Poids : 70 kilos

Option d'autonomie : Panneaux solaires 4000 Watt-Peak

Onduleur : 5kW / 4 * 200 Ah - Batteries 12 Volts

Durabilité : Batteries LiFePO4

Rentabilité : appareils supplémentaires (congélateur, ventilateur, TV, etc ...)

Fonctionnalités de base ON / OFF

Collecte de données électriques

Fonctionnalités : Mobile Money et Suivi individuel des clients

Compte de prépaiement : Paiement par téléphone mobile Plateforme sans numéraire avec gestion automatisée des tâches

Statistiques en direct

Option de communication : Satellite en orbite basse - selon disponibilité

Certification IP54 / CE

Produit de garantie 1 an



Photos 9: Modèle moulin SUNGUF S-75 v proposé par Nadj Bi, Sénégal

2.2.4 Moulin électrique solaire de N.R.J

Ce moulin dispose d'un seau anti-poussière innovant pour le produit fini (le seau blanc à poignée bleue).

Il est fourni avec un dispositif thermique en cas de panne de courant et un dispositif de sécurité pour protéger tout contact avec les utilisateurs.

L'assemblage de ce moulin est extrêmement simple.

- Trémie 44x40 cm ;

- Dimensions hors tout : 65x62x100h
- Puissance du moteur - 1 HP (750 Watt)
- Poids : 10 300 kg
- production horaire : par exemple >> MAIS
- De 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.

Accessoires : tamis n ° 4

(Diamètre des trous (mm) : 2,5 - 4 - 6 - 8)



Photos 10: Modèle moulin électrique solaire proposé par NRJ Solaire

2.2.5 Modèle moulin solaire de OMEGA Technologies (Sénégal)

Il est caractérisé par :

- Champs solaire de 750 Wc
- Pas d'onduleur, fonctionne au fil du soleil avec option avec batteries
- Coût : 4 millions de FCFA
- Capacité de production : 200kg/jour
- Très adapté pour les faibles besoins de mouture en milieu rural

Fabrication du kit à Thiès au Sénégal depuis 2015



Photos 11: Modèle moulins solaires proposés par OMEGA Technologie

2.2.6 Modèle Plateforme multiservice (Bonergie, Sénégal)

La mini-centrale est constituée d'un système solaire photovoltaïque de 10kWc avec un parc de stockage de 1520Ah/C100 pour alimenter une plateforme multiservice.

Tableau 4: Les équipements du plateforme

Equipement	Quantité	Puissance unitaire (W)	Puissance installée (W)	Temps de fonctionnement (h/j)
Moulin a mil	1	3000	3000	8
Decortiqueuse	1	2000	2000	-
Eclairage LED	15	9	135	8
Presse à huile	1	2200	2200	-
Frigo	1	200	200	24
Ordinateur	1	150	150	8
Photocopieuse	1	150	150	8
Banc de recharge téléphone	1	20	20	8
Prise électrique	1	100	100	8
Puissance Totale	x	x	7955	

Les équipements de grande puissance comme le moulin à mil, la décortiqueuse et la presse-huile ne fonctionnent pas tous en même temps, le système est dimensionné suivant la plus grande puissance pour 8h de fonctionnement diurne et 8h de fonctionnement nocturne.

Les besoins énergétiques journalières sont estimés à **47 072 Wh**.

Système hybride avec une Puissance nominale triphasée de 15Kw

2.2.7 Comparaison des moulins solaires par rapport au Coût/service

Tableau 5: Comparaison des moulins solaires par rapport au Coût/service

Désignation	Modèle MOULIN Zebra (Espagne)	Modèle MAC SOL (Equip Plus)	Modèle SUNGUF S-75 v (Nadj Bi)	Modèle Plateforme multiservice (Bonergie)	Moulin électrique solaire de N.R.J	Modèle moulin solaire de OMEGA Technologies
Coût (en millions de francs CFA)	Non indiqué	4,7	4, 5	16 à 17 (le champ solaire seulement)		4
Capacité (kg/j)	Plus de 1200	420	260		260	200
Chiffre d'affaire annuel en millions de francs CFA)	Non indiqué	2,4	1, 5 à 2, 00	Non indiqué		Non indiqué
Poids en kg	81		70		10300	

Autres	Sans tamis Hybride (solaire ou AC) Fabriqué à Barcelone, Espagne, donc à importer	Télégestion Monophasé Fabriqué localement Offre un service après vente de 3 ans (accompagnement ou assistance technique) 4 batteries pour compenser manque d'insolation solaire	Télégestion Multiservice Hybride (solaire ou AC) Fabriqué localement	Multiservice Hybride (solaire ou AC) Assemblé localement	Mobile Money et Suivi individuel des clients Multiservice Hybride (solaire ou AC) Assemblé localement	Fonctionne au fil du soleil Pas de batteries
--------	--	--	---	---	--	--

Des différents modèles de moulins solaire que nous avons présentés ci-dessus, nous proposons les moulins MAC SOLAIRE, , **Moulin électrique solaire de N.R.J**, **SUNGUF S-75 v**, **Modèle moulin solaire de OMEGA Technologies** compte tenu de nombreux avantages qu'ils présentent, notamment en terme, d'accessibilité, de bénéfices importants qu'il procurent et de leur adaptabilité au contexte sénégalais..

Nos études de faisabilité surtout économique et plan d'affaire se baseront sur MAC SOLAIRE.

Chapitre 3 Rapport étude de faisabilité technique

1. Introduction

Des entreprises de par le monde ont conçu et développé la technologie de moulins solaires pour mettre à la disposition des femmes des systèmes éprouvés et adaptés techniquement à des pays comme le Sénégal.

C'est dans ce cadre que des entreprises sénégalaises ont mis au point des moulins solaires fabriqués et ou assemblés localement.

Par ailleurs, des entreprises principalement dirigées par des femmes se donnent comme activité la gestion des services fournis par des moulins solaires.

Ainsi, la faisabilité technique de moulins solaires au Sénégal s'analysera sous deux angles : celui de la faisabilité technique de création d'entreprises de fabrication/assemblage de moulins solaire et celui de la faisabilité technique de l'adoption des moulins solaires par des PME dirigées par des femmes.

2. Rappel de la technologie de moulin solaire

Dans le cadre de la transformation de céréales et autres tubercules à moindre coût, les moulins électriques et diesel commencent à progressivement à être remplacés par des moulins, moins coûteux, moins de maintenance et plus robustes.

La technologie de moulin solaire est aujourd'hui une technologie bien maîtrisée et bien éprouvée dans bon nombre de pays. Au Sénégal, cette technologie est bien domptée et il y a une production locale très appréciable qui a fait ses preuves depuis très longtemps avec la société SISMAR. Présentement, des artisans locaux et des sociétés privées dans le domaine de l'énergie solaire s'activent dans la fabrication, la commercialisation et l'installation de moulins solaires.

L'équipement comprend deux grandes parties : le moulin proprement dit (partie broyage) et le générateur solaire (partie électrique).

2.1 Le broyeur

Le moulin utilisé est constitué de :

- Moteur
- Une trémie d'alimentation de forme pyramidale servant le dépôt de grains
- D'une valse à grains, situé en bas de la trémie, permettant de régler le débit
- Une chambre de broyage
- Des marteaux fixés sur l'arbre du moteur
- Tamis

2.2 Le générateur solaire

Le générateur solaire est constitué de :

- Un champ PV (modules solaires photovoltaïques)
- Support
- Un régulateur
- Un onduleur
- Des câbles
- Des batteries
- Un rhéostat
- Un système de télégestion
- Autres

3. Faisabilité technique de création d'entreprises de fabrication/assemblage de moulins solaires

Depuis assez longtemps le broyage des céréales et autres produits alimentaires se fait au Sénégal grâce à des moulins modernes, d'abord importés, ensuite fabriqués ou assemblés localement par des sociétés sénégalaises comme la SISMAR ou des artisans locaux.

Plus récemment avec l'avènement de l'énergie solaire au Sénégal, des centres de recherche et de formation comme l'ESP à Dakar, l'EPT à Thiès, l'ISRA, des entreprises du secteur privé dédiées à l'énergie solaire s'activent dans la fabrication ou l'assemblage de moulins solaires. Ainsi, cette technologie commence aujourd'hui à devenir mature et est domptée de façon progressive au Sénégal.

Les différentes parties de ces moulins solaires sont localement disponibles et le montage de certains composants importés est fait par une expertise sénégalaise, ce qui dénote de l'existence de moulins solaires « **MADE IN SENEGAL** ».

Les tableaux ci-dessous montrent les principaux éléments du moulin disponibles localement ou importés et qui entrent dans la fabrication et/ou l'assemblage des moulins solaires au Sénégal.

Tableau 6: Eléments du broyeur

Broyeur	Moteur	Trémie	Valse	Chambre de broyage	Marteaux	Tamis
Disponible localement		X		X	X	X
Assemblage locale	X		X			

Tableau 7: Eléments du générateur solaire

Générateur solaire	Modules PV	Support	régulateur	onduleur	câbles	batteries	rhéostat	système de télégestion
Disponible localement		X			X			
Assemblage locale ou importation	X		X	X	X	X	X	X

La fabrication ou 'assemblage d'un moulin solaire fait appel à une certaine expertise dont principalement dans les domaines suivants :

Approvisionnement : la mise à disposition de matériel entrant dans la fabrication ou l'assemblage de moulins solaire requiert des connaissances dans le domaine de la commande, surtout si le **matériel** en question doit être importé. A ce niveau nous avons constaté que les entreprises qui s'activent dans le secteur disposent de personnel bien formé et très expérimenté sans compter sur l'existence de formation pointue sur tout ce qui est passation de marché et approvisionnement.

Recherche, Conception et développement : nous avons été amenés à connaître qu'aussi bien à l'ESP de Dakar qu'à l'EPT de Thiès, il y a un certain nombre de travaux de recherche et de conception sur des moulins qui ont abouti à la conception et au développement de broyeurs adaptés au contexte sénégalais (Arona Gueye, CONCEPTION D'UNE MACHINE MANUELLE A DÉCORTIQUER ET À MOUDRE LE MIL, juillet 1996 ; Caractérisation expérimentale et simulation d'un moulin artisanal triphasé, Moustapha DIOP et al, ESP/UCAD).

Ce qui reste à faire à ce niveau qui est extrêmement capital, c'est d'intéresser le secteur privé pour la valorisation de ces résultats de recherche en vue de déclencher le développement d'une industrie locale de moulins surtout solaires.

Mécanique, électrique, électronique, électrotechnique, informatique, fabrication ou assemblage, commercialisation et distribution : des échanges que nous avons eus avec des fabricants de moulins, exceptés certains matériels importés tout a été fabriqué ou assemblé localement avec une expertise entièrement sénégalaise dont une bonne partie a été formé au Sénégal dans des établissements sénégalais. Cela dénote d'une main d'œuvre locale qualifiée et adossée à un environnement éducatif et de formation de qualité avérée.

Donc en conclusion sur la faisabilité technique de la fabrication ou de l'assemblage de moulins solaires au Sénégal, nous affirmons sans **ambiguïté** que cela peut bien se faire aussi car

l'expertise et l'expérience existe depuis la recherche jusqu'à la commercialisation aussi bien au niveau des hommes qu'au niveau des femmes chefs de PMI/PME.

Les entreprises de fabrication, d'assemblage et de commercialisation (distribution) commencent à être significatives :

La SISMAR, société publique a été créée en 1981 et s'est spécialisée dans le machinisme agricole et a toujours fabriqué ou assemblé des moulins thermiques ou électriques.

Ensuite avec le développement de la mouture divers produits agricoles, des artisans locaux et de sociétés privées ont emboité le pas à la SISMAR et fabriquent de moulins modernes électriques ou thermiques. (Voir tableau ci-dessous)

Tableau 8: liste des sociétés sénégalaises qui fabriquent des moulins modernes électriques et thermiques

Raison Sociale	Adresse	Téléphone	Région	Ville	Taille
SISMAR - SA	Km 18 ROUTE DE RUFISQUE	33 85468 41	Dakar	Dakar	Moyenne
SAREM	SODIDA		Dakar	Dakar	Moyenne
GEESY SARL	38 IMMEUBLE D,BD G.DE GAULLE	33 821 23 39	Dakar	Dakar	Moyenne
VIP	LIBERTE 6 IMMEUBLE SODA MARIEME	33 827 51 21	Dakar	Dakar	Moyenne
PROSOLEIL SUARL	207 RUE REPENTIGNY, SUD - SAINT LOUIS	33 961 86 56	Saint-louis	Saint-louis	Petite
MATERIELS INDUSTRIELS ET AGRICOLES	74 RESIDENCES HACIENDA N° 74	33 8427384	Dakar	Dakar	Petite

Plus récemment, des sociétés privées comme Equip Plus, Nadj BI, Bonergie, NRJ Solaire, etc. ont suivi le pas de la SISMAR et aujourd'hui avec le développement de l'énergie solaire au Sénégal beaucoup de ces entreprises sont notées dans la production et la commercialisation de moulins alimentés par une électricité d'origine solaire.

4. Faisabilité technique de l'adoption des moulins solaires par des PME dirigées par des femmes.

Au niveau de la gestion des moulins solaires pour la fourniture des services attendus d'eux les compétences requises ont trait à l'entretien, à la maintenance préventive, au meunier et à la gestion administrative et financière.

L'entretien des moulins solaires est très facile et ne nécessite pas de connaissances assez poussées dans le domaine.

La maintenance préventive facile également peut être assurée par un personnel ayant suivi une petite formation technique dans le domaine également.

Il en est de même de techniques administratives et financières de gestion qu'un personnel seulement alphabétisé peut satisfaire.

L'expertise **requis** est disponible localement. En effet, le Sénégal, pays de longue tradition dans le domaine de la formation de techniciens et cadres moyens dispose d'experts expérimentés hommes comme femmes pour assurer une bonne gestion de moulins solaires.

Des structures assurant une formation continue sont là pour permettre de perfectionner à tous les niveaux un personnel le souhaitant.

5. Cadre de mise en œuvre

5.1 Institutions politiques

Dans sa politique de développement, le Sénégal s'est doté d'institutions fortes pour impulser et booster son secteur industriel à travers des actes d'ordre politique, légal, réglementaire et institutionnel. Parmi les structures mises en place dans ce cadre organisationnel, nous pouvons citer principalement :

- Le Ministère en charge de l'industrie
- Le ministère en charge de l'artisanat
- **Ministère en charge du genre**
- **Ministère en charge de l'environnement**
- Le ministère en charge de l'enseignement supérieur et de la recherche
- Le Ministère en charge de l'éducation
- Le Ministère en charge de la formation professionnelle
- Le Ministère en charge du commerce
- Le Ministère en charge des Finances
- Office National de formation Professionnelle (ONFP)

5.2. Etablissements de formation et de recherche

A côté de ce cadre institutionnel et pour une meilleure mise en œuvre de cette politique de développement, des établissements de formation et de recherche ont été créés. Ces établissements forment des experts dans beaucoup de domaines, notamment dans celui de la fabrication, du montage et de la commercialisation des moulins à mil. A titre d'exemple et sans être exclusif, nous citerons :

- Ecole Supérieur Polytechnique de Dakar (ESP)
- Ecole Polytechnique de Thiès (EPT)
- ISRA
- CNQP
- CFPT
- CERER
- Et beaucoup d'établissements privés

5.4 Capital humain

De la conception d'un moulin solaire à sa commercialisation en passant par sa réalisation, une expertise diversifiée est requise. Le Sénégal, grâce à une bonne politique de formation diversifiée et à tous les niveaux (techniciens, techniciens supérieurs, ingénieurs, chercheurs, etc.), dispose d'une main d'œuvre qualifiée dans la fourniture de moulins solaires. **Ce capital**

humain est composé d'hommes et de femmes mais les statistiques en termes de pourcentage de femmes et hommes dirigeant des entreprises de fabrication et de montage de moulins ne sont pas encore disponibles au niveau de l'ANSD.

5.5 Sites potentielle de production ou d'assemblage

Le Sénégal s'est très tôt intéressé au développement de PMI PME.

C'est ainsi qu'il a créé à travers des sites appropriés des entreprises pour la fabrication ou la diffusion de certains : ce sont les domaines industriels comme la SODIDA à Dakar, et la SODIZI à Ziguinchor.

Cette politique s'est poursuivie avec aujourd'hui, l'arrivée des Zones Economiques spéciales, des parcs industriels, notamment à Diamniadio.

Tous ces espaces sont des sites de prédilection pour la recherche, la conception, la fabrication, le montage de moulins fonctionnant à l'énergie solaire.

Conclusion

L'étude de faisabilité technique montre que le moulin solaire constitue une solution technique moins contraignante, comparées aux solutions classiques utilisées (les broyeurs entraînés par des moteurs thermiques). Sa fabrication ou son assemblage se fait déjà et son renforcement ne fera que contribuer à la préservation d'un environnement sain tout en permettant à la femme de s'autonomiser économiquement davantage et à la jeune fille de poursuivre tranquillement ses études.

Chapitre 4 : Rapport faisabilité économique et business plan

1.Introduction

La faisabilité économique du projet de production ou de montage de moulins solaires au Sénégal s'analysera sous trois angles : situation économique du Sénégal, contribution économique du projet et l'impact social du projet.

1.1 Contexte économique du Sénégal

Selon les projections de l'ANSD, (ANSD, Projections démographiques, 2020) la population du Sénégal est, répartie comme suit : 16 705 608 dont 8 314 250 hommes et 8 391 358 femmes dont 45,2% vivent en milieu urbain et (54,8% en zone rural.

1.1.1 Situation macroéconomique

Au regard de la structure par âge, la population sénégalaise en 2020, comme les années précédentes, est caractérisée par sa jeunesse. Cette population sénégalaise se caractérise par sa jeunesse, induisant, ainsi des répercussions sociales sur le marché de l'emploi et une forte demande dans le secteur de l'éducation La moyenne d'âge est de l'ordre de 19 ans.

Le taux de chômage est de 10,2% sur le plan national⁴. Ce taux est de 7,7% chez les hommes et de 13,3% chez les femmes, 12,2% pour les jeunes actifs de 15 à 35 ans, contre 7,8% pour la tranche 35-65 ans

L'indice des inégalités liées au genre, qui est de 0,57% en 2011, traduit la persistance de grandes disparités sociales entre hommes et femmes au Sénégal. En 2012, l'indice des institutions sociales et le genre (SIGI) de l'OCDE a classé le Sénégal au 41ème rang sur 86 pays, avec une valeur de 0,23 (0 représentant l'égalité). les inégalités des droits dans la famille et les normes sociales discriminatoires contre les femmes constituent des défis majeurs pour l'égalité de genre.

Sur le plan économique, le Sénégal est parmi l'un des pays de l'espace UEMOA, qui au cours des douze dernières années a réalisé une croissance économique rapide et durable.

Près de 70% de la population tirent leur ressource ou revenu de du secteur primaire (16% du PIB et 50% des emplois), en particulier l'agriculture, l'élevage et la pêche dépendant des fluctuations des cours mondiaux et aux aléas climatiques.

Le taux de croissance de l'économie sénégalaise qui se positionnait au-dessus des 5% depuis 6 ans a été fortement réduit par la crise sanitaire. **En 2020, elle est estimée par le FMI à -0,7%, mais un rebond serait prévu dès 2021, pour atteindre 5,2% de croissance.**

Ainsi, la phase 2 du PSE a été revue et a donné naissance au Plan d'action prioritaire ajusté et accéléré sur la période 2021-2023. Il a pour principal objectif de stimuler l'investissement privé,

de diversifier les moteurs de croissance et de renforcer la résilience économique afin d'atteindre un taux croissance moyen de 8,7% sur la période 2021-2023.

Le sous-secteur agricole qui repose à 90% sur des exploitations familiales fait face à un certain nombre de difficultés :

l'accès aux marchés et la faible valorisation des produits exportés ; et l'absence de plus fortes synergies entre l'agriculture familiale et l'agro-business.

Les PME/PMI jouent un rôle important dans l'économie et participent à la promotion sociale. Elles représentent près de 90% du tissu des entreprises, 30% du PIB, 60% de la population active, 42% du total des emplois du secteur moderne et 30% de la valeur ajoutée des entreprises, au plan national.

L'énergie,

1.1.2 Environnement des affaires

L'environnement des affaires pour l'investissement au Sénégal est très attrayant :

1.1.3 Fiscalité

Sur le plan purement fiscal, le contexte est marqué par l'instauration d'un droit commun incitatif à travers le Code général des Impôts voté en 2012.

Il est, ainsi, entre autres, prévu d'exonérer directement le matériel spécifiquement agricole faisant l'objet d'une liste arrêtée par voie réglementaire. Les entreprises du secteur vont également disposer du droit au remboursement de la TVA grevant leurs consommations d'énergie.

1.1.4 Code général des impôts

S'agissant du code général des impôts notre dispositif se rapproche des normes internationales en créant les conditions d'une baisse substantielle du taux marginal de taxation du capital. En effet la baisse de la fiscalité est amorcée grâce à la réforme de la patente, à la réduction du taux de l'impôt sur les sociétés (qui passe de 35% à 33%) et à l'extension du régime de l'amortissement accéléré.

1.1.5 Code des douanes

Quant au code des douanes, il prévoit toute une panoplie de régimes économiques destinés à faciliter, sous certaines conditions, des opérations de production (admission temporaire, entrepôt industriel, draw back, exportation préalable et usines exercées), stockage (entrepôts) et transports (transit).

1.1.6 Codes des investissements

Pour ce qui est du code des investissements, dans le cadre du processus d'amélioration constante de l'environnement des affaires en vue de stimuler l'investissement privé, l'Etat du Sénégal a promulgué un nouveau code des investissements qui prend en compte l'amélioration de la compétitivité du Sénégal en terme d'incitations offertes aux investisseurs, la création d'emplois, la décentralisation des activités de production, l'élargissement du champ d'application du code à des secteurs stratégiques (télé services, parcs industriels, cyber-villages, complexes commerciaux ...) et le respect des dispositions du Code de l'Environnement

1.2 Politique énergies renouvelables

Sur le plan purement énergétique, l'Etat du Sénégal a pris un certain nombre de mesures d'ordre législatif et réglementaires attrayantes pour investir dans le domaine des énergies renouvelables, notamment au niveau de l'énergie solaire photovoltaïque.

- Circulaire primatoriale n° 10226/ PM/SGG/EC5 du 21 décembre 1978 relative à la prise en compte de la variante solaire dans les marchés publics de fourniture d'énergie
- Loi n° 81-22 du 25 juin 1981 instituant des avantages fiscaux dans le domaine de l'utilisation de l'énergie solaire et éolienne;
- Création en 1999 d'un laboratoire de contrôle de qualité des composants photovoltaïques basé au Centre d'Etudes et de Recherche sur les Energies Renouvelables (CERER)
- Loi 2004-12 du 6 Février 2004 portant réforme du Code général des impôts, permettant des exonérations d'impôts sur les investissements faits dans les EnR : réduction égale à 30% sur le montant de l'impôt sur leurs bénéfices
- l'élaboration d'une Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Energie (LPDSE) prenant en compte la promotion et le développement des énergies renouvelables ;
- la promulgation de la loi d'orientation relative à la promotion des énergies renouvelables (Loi 2010-21 du 20 décembre 2010).

Ainsi, par ce qui précède nous voyons que sur le plan contexte économique du Sénégal, le projet de production ou de montage de moulins solaires intervient dans un environnement économique très favorable.

1.3 Contribution du projet à l'économie nationale

1.3.1 Généralités sur les PME/PMI au Sénégal

L'industrie sénégalaise est encore dominée par les petites et moyennes entreprises en termes d'unités de production (92,5 % en moyenne pour la période 2010-2015)

Dans le Plan Sénégal Emergent (PSE), l'Industrie est identifiée comme source majeure de croissance inclusive et durable. L'exécution du PSE a eu un effet considérable sur l'Industrie et sur la croissance. La volonté affichée de relancer la dynamique de production industrielle a participé à la sélection du Sénégal comme pays pilote pour l'opérationnalisation de la nouvelle approche de l'ONUDI tournée vers un développement industriel inclusif et durable.

Les PME forment près de 80 % du tissu des entreprises locales et emploient jusqu'à 60 % des actifs, elles ne représentent par exemple que 16 % du portefeuille des ressources octroyées par les banques locales. Par conséquent, ces sociétés ne contribuent au PIB qu'à hauteur de 30 %.

Ainsi, la politique actuelle est de faire du financement des PME-PMI une de ses priorités grâce à la mise en place de mécanismes de financements innovants avec des institutions financières comme la Banque nationale de développement économique (BNDE), le Fonds de garantie des

investissements prioritaires (Fongip) et, dans une certaine mesure, le Fonds souverain d'investissements stratégiques (Fonsis).

1.3.2 Impact économique du projet

De façon générale la réalisation du projet aussi bien dans le cadre de la fabrication ou de l'assemblage de moulins solaires et de leur exploitation va renforcer les PMI/PME existantes et faire émerger d'autres PMI/PME, notamment celles dirigées par les femmes. Mais cela doit passer par un certain nombre de choses à mettre en œuvre que nous allons exposer au niveau des recommandations.

Cas de la création d'entreprises de fabrication/assemblage de moulins solaires

Selon les fabricants ou assembleurs la fabrication d'un moulin solaire fait appel à un certain nombre de personnel selon la partie concernée et donc crée des emplois directs ou indirects, notamment au niveau des services suivants :

Conception, recherche : +/-4 personnes ;

Approvisionnement : +/- 1 personnes ;

Électrique : +/- 1 personnes ;

Mécanique, Électronique : +/- 4 personnes ;

Programmation digitale : +/- 1 personnes ;

Fabrication : +/- 5 personnes

Commercialisation et distribution : +/- 1 personnes

Ainsi, pas moins de Dix Sept (17) personnes sont nécessaires pour la création et l'opérationnalisation d'une entreprise de fabrication ou d'assemblage de moulins solaires

Emplois indirects:

Sous-traitances ;

Manœuvres ;

Soudure ;

Menuiserie métalliques ;

Cas de l'adoption des moulins solaires par des PME dirigées par des femmes

Sur ce volet économique, une autre fonction du moulin est de créer de l'emploi. Des mécaniciens de moulins aux gardiens des locaux, en passant par les meuniers et les gestionnaires des revenus issues de l'activité des moulins, le projet créera de nouveaux rôles sociaux et réalisera l'intégration sociale de plusieurs personnes. Bien qu'il s'agisse d'emplois à petite échelle, leur importance en milieu rural n'est pas négligeable.

Le projet est politiquement bien ancré et soutient le développement national et la politique sectorielle du pays en matière de mouture de céréales et d'allègement des travaux des femmes. Il s'inscrit parfaitement dans le cadre de la politique globale de développement économique,

l'insécurité alimentaire et de la valorisation des produits locaux. Ses cibles sont les femmes, principalement rurales et péri urbaines pour leur permettre de disposer des outils et maîtriser les techniques de production de farine issue des céréales ou autres tubercules en vue de générer des revenus durables et conséquentes.

Non seulement le projet permettra de renforcer la sécurité alimentaire mais réduira les disparités sociales et renforcera les capacités des femmes dans les zones d'implantation.

Le moulin, a une fonction économique importante, celui de l'accès des femmes et des hommes à l'argent. Le moulin, leur donne de l'argent en leur fait entreprendre des initiatives commerciales. A titre d'exemple, les meuniers tirent des bénéfices de l'exploitation du service lorsque le marché est suffisant : un meunier peut payer ses charges, amortir son moulin et s'attribuer un salaire honorable.

L'exploitation du moulin génère de l'argent, qui sert à la rémunération des acteurs, à l'amortissement pour le renouvellement ou à l'extension de l'équipement, l'alimentation de fonds destinés à entreprendre d'autres activités domestiques ou génératrices de revenus.

Des solutions financières innovantes qui ont fait leur preuve ailleurs, peuvent être encouragées pour un changement d'échelles dans l'acquisition et la gestion des moulins solaires par les femmes. Il s'agit, entre autres du :

- **Fee for Service** : c'est un mécanisme financier où les services sont offerts sur une base de recouvrement des coûts et de paiement à l'acte par le bénéficiaire, l'équipement restant propriétaire du fournisseur qui en assure l'entretien et la maintenance ;
- **Pay As You Go** : c'est un mécanisme financier où l'utilisateur paye selon une périodicité un montant donné jusqu'à la couverture complète du coût normal d'acquisition du moulin augmenté des intérêts où le moulin devient après sa propriété : l'entretien et la maintenance de l'équipement reste à la charge du fournisseur pendant toute la durée du paiement

Donc nous pouvons conclure que la production et/ou le montage ou l'adoption de moulins solaires au Sénégal principalement par des entreprises dirigées par des femmes, contribuera grandement à booster l'économie sénégalaise, notamment les secteurs de :

PME/PMI : accroissement du développement des PME/PMI ;

L'industrie : l'industrie locale se trouvera renforcée par l'arrivée de nouvelles PMI/PME ;

L'artisanat : l'artisanat local se trouvera renforcée par une demande plus importante de broyeurs ;

L'énergie : l'usage productive de l'énergie solaire aura une plus grande opportunité de se développer davantage ;

La valorisation de certains produits agricoles locaux : les produits agricoles locaux, notamment les céréales seront mieux valorisés à travers la production de divers sous-produits pour l'alimentation humaine ;

La sécurité alimentaire : avec la production de différents sous-produits alimentaires, les céréales vont beaucoup contribuer à la sécurité alimentaire du pays et au renforcement d'une nutrition variée de qualité.

1.3.3 Impact social du projet

L'introduction du moulin solaire en masse au Sénégal, permettra des changements considérables dans les conditions de vie des populations bénéficiaires, en particulier dans celles des femmes.

Les principaux changements sur les bénéficiaires seront l'accroissement des revenus et des capacités financières, le renforcement de la vie associative et des capacités techniques, l'accroissement de la taille des organisations des femmes ; ces changements sont accompagnés par l'extension de l'entrepreneuriat féminin et la contribution au développement local.

Pour les populations bénéficiaires leurs capacités seront renforcées sur les aspects techniques élémentaires pour la gestion des moulins, mais aussi les aspects organisationnels et les connaissances spécifiques.

Sur le plan environnemental chaque moulin solaire installé permet d'éviter l'émission de certaines quantités de CO₂, ce qui équivaut à certaine quantité de litres de gas-oil par rapport à un moulin qui fonctionne au diesel.

Sur un autre plan, le moulin permet de réduire la pénibilité des tâches des femmes (économie de temps) et créer les conditions d'autonomisation de celles-ci (financière, économique et leur pouvoir décisionnel).

2.Business plan

Sur les propositions techniques présentées au consultant, nous choisissons le moulin solaire de Equip Plus pour bâtir notre business plan..

2.1 Présentation de la technologie

Le Moulin à Mil «**Mac Solaire**» est un broyeur à marteaux équipé d'un moteur électrique monophasé 230v/50Hz de 3 Kwc et un onduleur de 5 Kva.

Un banc de batteries de 4x100 Ah permet de compenser les effets des passages nuageux.

Débit : 40 Kg/h

240 Kg/jour

- ✓ Conception robuste
- ✓ Sécurité d'utilisation
- ✓ Facilité de maintenance
- ✓ Energie propre

2.2 Business plan pour le cas de la production du moulin solaire

La fabrication d'un moulin solaire nécessite l'intervention d'un personnel qualifié dans les domaines suivants :

- 1 expert électrique
- 4 experts électromécaniques
- 1 expert digital
- 1 expert commercial
- 1 personne chargée d'approvisionnement

Au total il faut 8 personnes clés pour faire tourner une entreprise de production ou d'assemblage de moulin solaire au Sénégal.

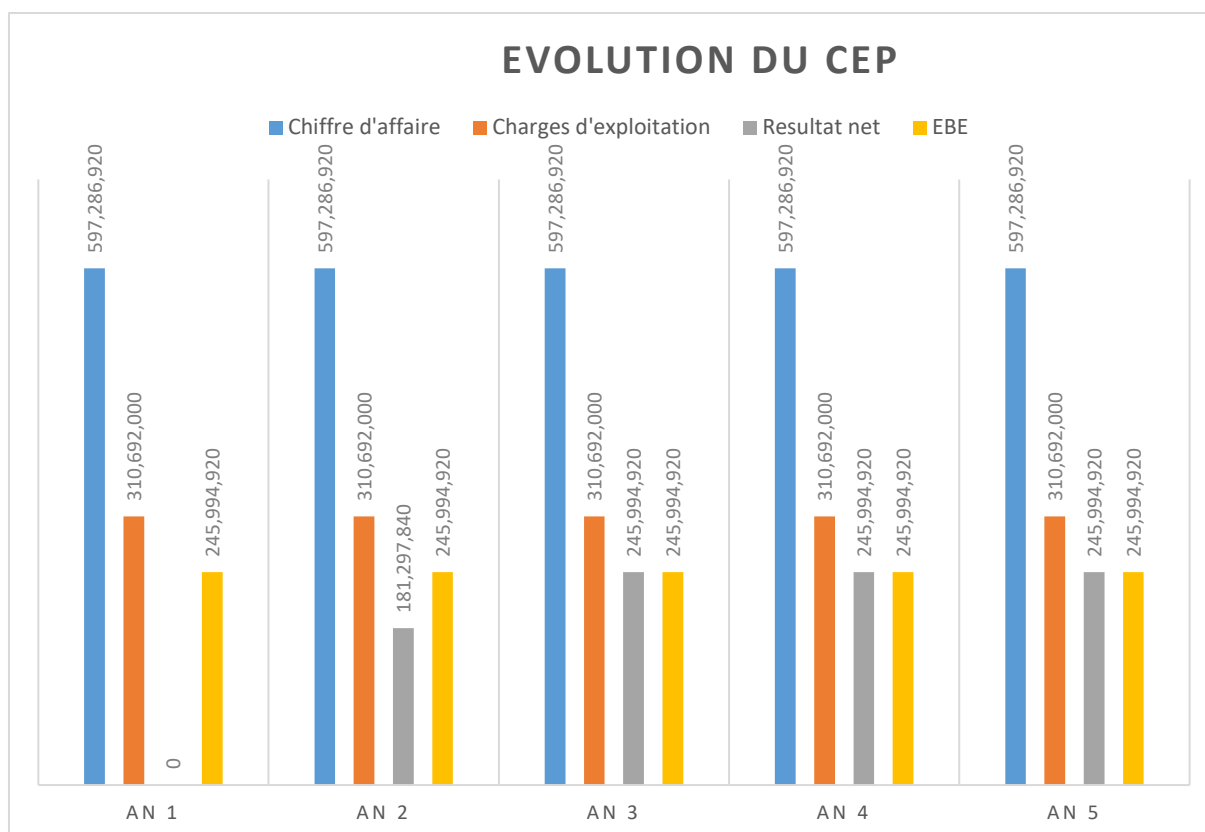
2.2.1 Données_Hypothèses

Tableau 9: Données d'hypothèses pour la production de moulins solaires

	Quantité	Prix (F CFA)
Panneaux Solaires 300 Wc	10	920 000
Onduleur steca MPPT 5kVA/48V	1	714 000
Batterie ritar 100Ah/12V	4	440 000
Coffret de démarrage DRT	1	91 000
Production mensuelle année 1	10 moulins par mois	
Nombre d'employés	8	

2.2.2 Evolution du Compte d'Exploitation prévisionnel

Evolution du Compte d'Exploitation prévisionnel



Nous avons construit cette Evolution du Compte d'Exploitation prévisionnel à partir des données fournies par les fabricants nationaux de moulins solaires. Sur cette base nous avons considéré le cout de la production annuelle comme le montant de l'investissement c'est-à-dire la construction, les équipements d'exploitation et le fond de roulement.

Selon les résultats de notre enquête la capacité de production mensuelle des entreprises de fabrication de moulins solaire tourne au tour de 10 moulins par mois. Le cout de fabrication d'un moulin solaire est évolué à 2 589 100 F CFA et le prix de vente est de 4 977 391 F CFA.

L'investissement sur 120 moulins solaires soit 597 286 920 F CFA peut être amortis en 15 mois si l'entreprise réussi à écouler 10 moulins par mois.

2.3 Business plan pour le cas de l'adoption du moulin solaire géré par des entreprises dirigées par des femmes

2.3.1 Données_Hypothèses

Tableau 10: Données d'hypothèse pour l'adoption de moulins solaires

Puissance champ photovoltaïque en kWc	3	
Heures de fonctionnement par jour	6	
jours de fonctionnement par mois	27	

Mois de fonctionnement par an	9	
Débit moyen (Kg/h) de la machine	50	
Tarif MOUTURE d'un kg de mil FCFA/kg	40	25 F le petit pot 1 kg tomate
Rémunération mensuelle meunier FCFA	45 000	

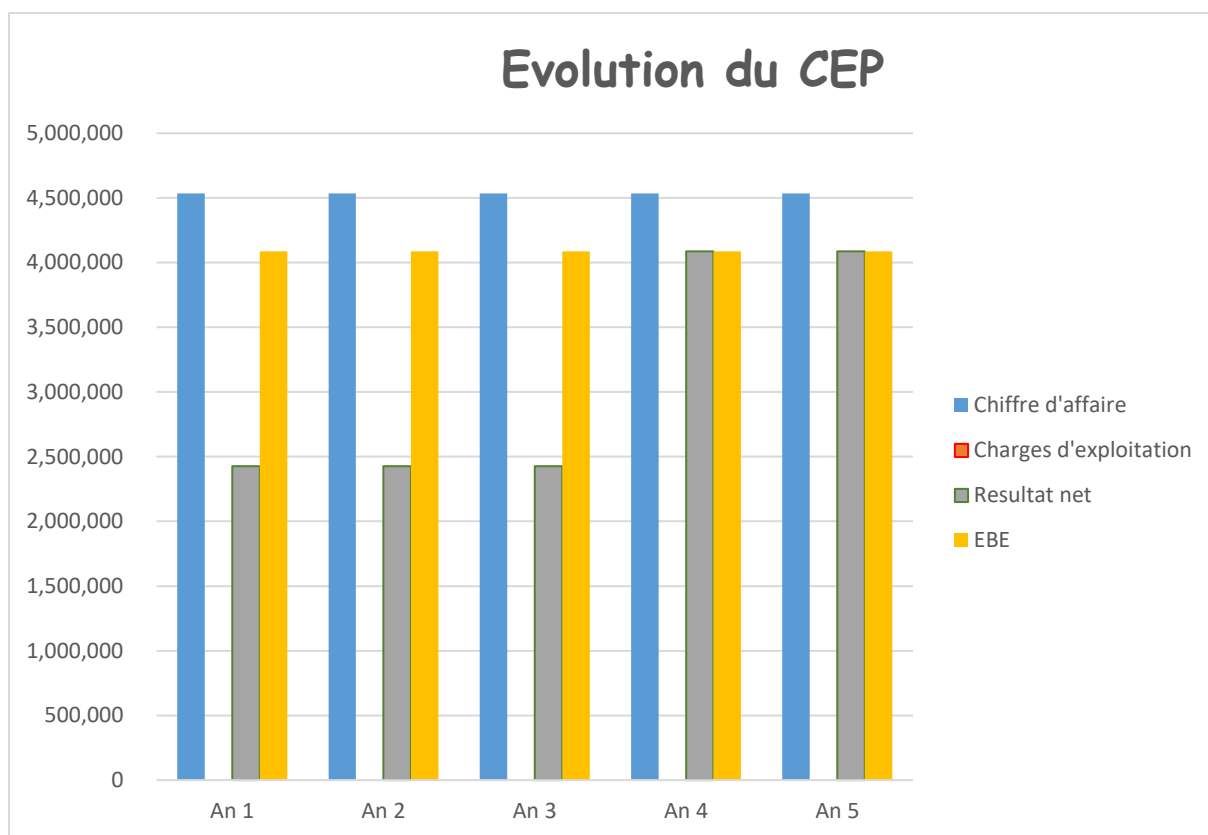
2.3.2 Plan financier du Moulin solaire avec maintenance supervision à distance

Tableau 11: Plan de financier du moulin solaire

Désignation	Coût	Observations
Investissement FCFA TTC	4 977 391	FCFA TTC
Amortissement an	1 659 130	En 3 ans
Maintenance moulin	--	Inclus dans prix pour le solaire
Maint moteur	--	
Meunier	450 000	45 000 F par mois
Gasoil	--	
Produit mouture	4 536 000	
MARGE de 1 à 3 ans	2 426 870	
MARGE après 3 ans	4 086 000	
Gain mensuel de 1 à 3 ans	202 239	
Gain mensuel après 3 ans	340 500	
Supervision	oui	
Maintenance(MO)	oui	

2.3.3 Evolution du Compte d'Exploitation prévisionnel

Evolution du Compte d'Exploitation prévisionnel



3.Impacts du moulin solaire

3.1 Moulin solaire et genre

- Appropriation de la technologie

S'agissant de la disposition d'une expertise en genre pour la technologie de moulin solaire, des initiatives intéressantes existent et permettent de croire que d'ici quelques années le moulin solaire dans toutes ses phases de fabrication ne sera pas une chasse gardée pour les hommes.

Au niveau de la gestion des moulins solaires, les rares entreprises que nous avons visitées (Aga Birame dans la Commune de Sandiara, région de Thiès) sont dirigées par des femmes, les fonctions de meunier des fois étant assurée par une femme.

Par contre, s'agissant de la fabrication et de l'assemblage de moulins solaires, l'expertise féminine reste à être développée davantage.

Cependant, il est heureux de constater que dans le domaine de l'éducation, de l'enseignement professionnel, de la formation et de la recherche des actions ont été prises et/ou sont en cours de réalisation pour permettre à la jeune fille de se préparer aux études scientifiques et techniques dont certaines la prédestinent déjà à des carrières qui peuvent mener à la fabrications ou à l'assemblage de moulins solaires.

Parmi ces initiatives nous pouvons citer :

Le Programme d'Amélioration de la Qualité, de l'Équité et de la Transparence constitue le cadre d'opérationnalisation de la lettre de politique du secteur de l'éducation et de la formation (2013-2025). Les progrès enregistrés dans la scolarisation des filles figurent parmi les avancées les plus significatives en matière de réduction des inégalités de genre au Sénégal : 78,1% au cycle primaire et un indice de parité de 1,01 en faveur des filles au secondaire en 2017 (1).

Autre initiative, le Projet d'Amélioration des Apprentissages en Mathématiques à l'Elémentaire a été mis en œuvre pendant 4 ans (2015-2018) et a mis l'accent sur l'amélioration de l'apprentissage en mathématique à travers une approche communautaire.

Les autres acquis au niveau de l'éducation nationale concernent :

- La mise en œuvre d'actions ciblées en faveur des filles à l'école (dotation en uniformes, en kits scolaires, ...).
- La prise en compte de la dimension genre dans le curriculum au niveau du Préscolaire ;
- La revue sensible au genre des supports pédagogiques ;
- La formation des mères d'élèves en alphabétisation fonctionnelle, en droits humains et les Violences Basées sur le Genre (VBG) ;
- La mise en œuvre depuis plus de cinq ans du concours « Miss mathématiques/Miss sciences » pour primer les meilleures filles dans les filières scientifiques. Des ONG comme Plan International sont partenaires de ce programme.

Au niveau universitaire, à l'échelle du pays, les enseignements en STIM sont encore très peu fréquentés autant par les filles que par les garçons. Dans ce faible effectif relevé, les filles sont moins représentées avec des taux en deçà de 17% sauf pour le génie électrique, logiciel et informatique avec 29,9% ; pour la géologie avec 24,5% et pour les télécommunications avec 29,9%. La première promotion de l'Institut National du Pétrole et du Gaz (INPG) qui était constituée de 22 hommes et 6 femmes.

Des actions majeures sont également consenties pour corriger ces disparités, à savoir :

- Une politique de discrimination positive à l'endroit des femmes pour améliorer le taux d'accès aux études supérieures ;
- Une discrimination positive en faveur des femmes dans la distribution des bourses ;
- La mise en œuvre du Projet d'Appui à la Promotion des Enseignantes-chercheuses du Sénégal (PAPES) à travers la poursuite de la thèse, le concours d'agrégation et l'inscription sur les listes d'aptitudes du Conseil Africain et Malgache de l'Enseignement Supérieur (CAMES) et en particulier stimuler l'insertion, le maintien et la promotion des femmes dans l'univers de la recherche. Le PAPES a permis de financer 107 activités de recherche, à hauteur de 287 642 773 FCFA, au profit de 72 enseignantes chercheuses et 35 doctorantes.
- La promotion de l'accès des filles aux études scientifiques et techniques par l'octroi de bourses aux étudiantes choisissant les filières scientifiques. Les actions ont permis

¹ Document Programme d'Amélioration de la Qualité, de l'Équité et de la Transparence qui constitue le cadre d'opérationnalisation de la lettre de politique du secteur de l'éducation et de la formation (2013-2025)

d'enregistrer 32% filles (près de 35000) inscrites dans les filières Sciences, technologie, ingénierie et mathématiques (STIM) en 2017.

- La mise en place des Centres de Recherche et d'Essais [CRE], structures décentralisées, qui jouent un rôle d'interface entre les populations et le secteur de la recherche. Ils constituent des espaces multifonctionnels, des plateformes technologiques mis à la disposition des populations avec une offre d'accès gratuit de formation dans tous les domaines d'activités. En 2014, 386 femmes ont renforcé leurs capacités dans les CRE.

Dans le domaine de **l'enseignement technique et de la formation professionnelle**, on note :

- L'organisation d'activités de sensibilisation locales telles que les « journées genre », « journées carrières sensibles au genre » ou d'activités nationales de sensibilisation comme la « journée nationale genre et Formation professionnelle et technique (FPT) » ;
- L'octroi de bourses d'excellence aux meilleures filles inscrites dans les filières techniques et industrielles et aux meilleurs garçons de l'économie familiale et sociale ;
- L'organisation de grandes campagnes de sensibilisation pour l'accès des filles dans les métiers non traditionnels, comme par exemple le : « Forum national sur la formation technique et industrielle » ;
- L'introduction de nouvelles filières comme la géomatique, la machinerie agricole qui ont permis à beaucoup de jeunes filles de trouver un emploi après leur formation ;
- La prise de mesures de discrimination positive pour encourager l'accès des jeunes filles dans les métiers non traditionnels.

Compte tenu de la faible présence des filles en formation ou en stage dans les filières du secteur de l'énergie, il serait pertinent de créer des programmes d'incitations diverses allant dans le sens de :

- Renforcer les programmes de stages au niveau du ministère de l'énergie en prenant en compte la dimension genre
- Mettre en place des bourses d'études destinées aux filles en formation dans les filières STIM
- Elaborer des programmes de rayonnement et de partenariat auprès des universités et instituts de formation
- Vulgariser les opportunités d'emploi dans le secteur de l'énergie

Malgré les efforts consentis par les pouvoirs publics, les obstacles rencontrés par les femmes ont souvent trait à la conservation ou la poursuite de carrière dans les domaines techniques. En effet, les conditions de travail étant dès fois plus pénibles pour les femmes que pour les hommes peuvent contraindre ces premières à se reconduire dans d'autres métiers.

Au niveau du ministère en charge, nous notons la mise en œuvre du Programme de bourse d'Excellence de la CEDEAO aux brillantes dans les filières scientifiques et issues de familles défavorisées. Ce programme a permis de toucher 81 bénéficiaires pour un montant de 23 800 000 F CFA distribué en 2016.

3.2 Impact du moulin sur la vie sociale des femmes

Le moulin développe au niveau des groupements villageois féminins un esprit associatif. Les femmes d'un même village s'entendent pour travailler ensemble, réfléchir sur leurs problèmes

et se venir mutuellement en aide. De ce fait le moulin communautaire est facteur de cohésion sociale

Le moulin allège le travail domestique des femmes : Par rapport au travail domestique des femmes, il ressort que le moulin y introduit des mutations. D'abord le moulin transporte sur la place publique une activité jusque-là exercée dans un contexte privé. Ensuite, il transforme l'économie domestique en une économie marchande.

Le moulin réorganise les rapports humains au village : L'introduction et la présence du moulin apportent des changements dans les rôles et les places des femmes au sein des sociétés rurales et font apparaître de nouveaux rôles.

Du point de vue des rapports sociaux, le moulin est une source de conflits et d'inégalités, mais il est aussi un facteur d'intégration sociale. Il renforce la solidarité et l'esprit communautaire au sein des groupements féminins. Réorganisant les rapports interpersonnels, le moulin apparaît comme un enjeu des rapports sociaux de sexe à l'avantage de la domination masculine.

Le moulin permet aux femmes de réaliser un gain de temps tout en introduisant d'autres modalités de le gérer : Quant au temps de travail, le moulin fait gagner du temps aux femmes à cause de sa rapidité, diminue la pénibilité du broyage des céréales et le temps libéré est consacré aux multiples tâches ménagères et à entreprendre des activités génératrices de revenus plus ou moins rémunérateurs. Le moulin est donc une technologie d'économie de temps et d'énergie pour contribuer à l'autonomisation des femmes rurales, le temps économisé permet à la femme de se consacrer à l'éducation des enfants et la jeune fille peut de lors être libérée de cette tâche généralement réservée aux femmes et poursuivre normalement ses études.

D'un point de vue sanitaire, le repos et l'absence de fatigue physique constituent des avantages pour l'organisme de la femme qui ne risque pas d'inhaler de l'air pollué par des gaz nocifs tout en disposant d'une farine hygiéniquement propre.

La présence du moulin solaire diminue les risques de courbatures, de contraction de la poitrine et de cancérisation des mains.

La mouture des grains détériore plus vite la santé des femmes de constitution fragile. Ce qui peut avoir des répercussions sur leur vivre en société. Déjà, la fatigue de la journée peut, à elle seule, être cause d'incompréhension entre la femme et son mari face à certaines exigences de ce dernier.

Le moulin va favoriser une répartition des rôles de mouture des céréales à plusieurs intervenants ou acteurs des deux sexes. Il s'opère avec le moulin une division à la fois sociale et sexuelle d'un rôle qui pour des raisons non toujours avouées était jusque-là attribué uniquement aux femmes. Enfin, le moulin n'est pas non plus sans effet sur les places des femmes dans les communautés.

Les technologies appropriées pour femmes, comme outil de travail, opèrent de véritables changements sociaux dont les avantages ne sont pas pour les femmes seulement. Le contexte actuel de la domination masculine peut conduire à une appropriation des moulins au détriment des femmes. En effet, le moulin a engendré une nouvelle division sexuelle du travail non plus

en fonction du biologique ou de valeurs culturelles, mais sur la base d'intérêts économiques et financiers.

Par ailleurs, la question de l'accès des femmes à l'argent vient conditionner également leur accès au moulin qui n'est possible qu'en s'associant. Cette gestion communautaire ne va pas non plus sans impact sur l'appropriation par les femmes. Finalement, le moulin aura été un vrai facteur de changement social, comme il arrive pour toute innovation technologique.

3.3 Impact du moulin sur la vie économique des femmes

- Le moulin, tout en exigeant de l'argent des femmes, leur donne également accès à l'argent en leur faisant entreprendre des initiatives commerciales
- Le bon déroulement des AGR est une solution à la question de l'accès des femmes rurales à l'argent. Ces AGR, bien que de faible rémunération, apportent un changement à la condition des femmes
- Toujours dans ce volet économique, une autre fonction du moulin est de créer de l'emploi : Des mécaniciens de moulins aux gardiens des locaux, en passant par les meuniers, le moulin. Bien qu'il s'agisse d'emplois à petite échelle et principalement pour les hommes, leur importance en milieu rural n'est pas moindre.
- S'ajoutant de la fabrication/assemblage, voir création d'emplois dans faisabilité économique

Le moulin transporte sur la place publique une activité jusque-là exercée dans un contexte privé, ensuite, il transforme l'économie domestique en une économie marchande. Avec le moulin, une opération est désormais faite à l'extérieur de carré familial. Il y a d'une part transfert d'argent en échange du service et d'autre part, transfert de responsabilité dans le contrôle de la mouture.

Le moulin faisant intervenir l'argent, restructure l'économie villageoise et partant, induit des changements dans les perceptions, faits et pratiques gestionnaires : Sur le plan économique et financier, le moulin par l'intermédiaire des activités génératrices de revenus, apporte une certaine autonomie financière aux femmes et accroît leur rôle productif. Le moulin augmente les charges financières des femmes. De surcroît, il exige un investissement lourd et une gestion rigoureuse difficile à maîtriser par les groupements villageois féminins.

La situation financière des femmes par rapport au prix de revient des moulins rend difficile leur accès au moulin et favorise le monopole de cette technologie par les hommes.

Il reste cependant vrai ici que les femmes rurales ont, à cause de certaines conditions sociales (domination masculine), un accès difficile à l'argent, donc au moulin.

Conformément à l'idéologie sous-tendant les technologies appropriées, le moulin est un outil conçu pour les femmes en vue d'alléger leur travail et de sauvegarder leurs forces physiques et donc leur santé. Seulement, sur le terrain la réalité est telle que ce sont les hommes le plus souvent qui sont propriétaires des moulins et qui vendent le service aux femmes.

Par ailleurs, du moment que la mouture mécanique fait entrer un travail domestique dans une sphère marchande, il est récupéré par les hommes qui vendent le service aux femmes. Le moulin renforce donc la dépendance des femmes vis-à-vis des hommes. Les femmes sont obligées de recourir aux hommes qui exercent dans la société les métiers de mécaniciens ou d'aiguiseurs de

meules. Cette réalité interroge profondément sur l'apport des technologies appropriées conçues pour les femmes.

Les causes de l'appropriation des moulins par les hommes peuvent être de plusieurs ordres: technique, financière et économique :

- D'abord à cause de l'instrument de mouture qui est un assemblage d'objets mécaniques et que les femmes, surtout en zone rurale, ont généralement été écartées de la manipulation de tout ce qui est engin mécanique; la technique de mouture qui bien que pouvant être apprise par les femmes reste encore l'apanage des hommes d'un manque de confiance des femmes en leurs capacités ;

Ensuite l'inégale situation économique et financière des deux sexes en relation avec leurs sources de revenus, fait que le sexe féminin semble être la catégorie la plus défavorisée et la plus vulnérable.

3.4 Moulin solaire et environnement

3.4.1 Moulin solaire et environnement

Sur le plan environnemental, le moulin solaire utilise pour son alimentation une ressource énergétique propre (l'énergie solaire) non émettrice de gaz à effet de serre, nocifs sur notre environnement

En principe, le recours aux énergies renouvelables comme l'énergie solaire fait éviter l'émission de gaz à effet de serre, notamment le CO₂.

3.4.2 Moulins classiques et environnement

Comme nous l'avons noté par ailleurs, l'alimentation des moulins peut se faire sous trois voies : diesel, électrique, solaire.

Les moulins diesel et électrique utilisent des produits pétroliers pour la production de l'énergie devant les alimenter. La transformation de ces produits pétroliers pour faire fonctionner les moulins sont sources d'émission de CO₂.

La détermination des émissions de CO₂ évitées suite au recours à l'énergie solaire pour le fonctionnement des moulins se fait sur la base de l'hypothèse consistant à utiliser le diesel/gasoil à la place de l'énergie solaire.

Nous utiliserons les paramètres suivants pour calculer la quantité de CO₂ émis : le facteur d'émission de GES (facteur exprimant la quantité de CO₂ dégagé par kilowattheure d'électricité produite).

Le calcul des émissions de CO₂ annuelles évitées s'obtient à partir de la formule : $Emissions_{CO2} = \text{facteur d'émission} \times \text{quantité annuelle de diesel (si c'est un moulin à gasoil) ou quantité d'électricité (si moulin électrique) consommée.}$

Facteur d'émission du gasoil : 3,160 kgCO₂e/litre. Source : Note méthodologique de calcul des émissions de gaz à effet de serre du Groupe Vivendi - Edition 01 – Février 2018

Facteur d'émission de l'électricité au Sénégal : 0,637 / kgCO₂e/kWh. Source : Note méthodologique de calcul des émissions de gaz à effet de serre du Groupe Vivendi - Edition 01 – Février 2018

Données de base : moulin diesel, moulin électrique produisant la même quantité de farine par jour, soit pour le modèle choisi 300kg.

Autres données :

- Moulin diesel : consommation annuelle en gasoil fournie par l'entreprise équipe Plus : 2076752/665,

Moulin électrique : Consommation annuel électricité (à partir des factures d'électricité fournies par le moulin électrique de Mamadou SECK demeurant à Palmarin Sessène) : 50,26190476 X 6 = 308, 926 KWh.

En terme d'émission annuelle de CO₂, nous obtenons pour :

- Le moulin diesel : 30122 litres : 3,160 X 30122 = 9865 kgCO₂
- Le moulin électrique : 308, 926 X 0,637 = 196,785 kgCO₂e
- En disant qu'en principe, il n'a pas d'émission de gaz à effet de serre par un moulin solaire, nous voyons que le recours à ce type de moulin contribue à la lutte contre les changements climatiques en faisant éviter annuellement l'émission dans l'atmosphère de 9865 kgCO₂, comparée à un moulin diesel, ou 196,785 kgCO₂e s'il s'agit de moulin électrique.

Conclusion et Recommandations

Le recours au moulin solaire allège les travaux des femmes, crée des emplois, renforce-le fournit une farine de qualité et contribue à la préservation de l'environnement.

Recommandation

1. Elaboration d'une Stratégie national de communication et de plaidoyer sur la prise en compte du moulin solaire dans le broyage des céréales et autres produits agricoles adaptés.

Cette stratégie doit s'adresser aux :

- Gouvernants ;
- Secteur privé industriel ;
- Secteur privé financier ;
- Secteur de la recherche et de la formation ;
- Partenaires de développement (techniques et financiers) ;
- Société civile et autres ONGs ;
- Presse audiovisuelle et écrite ;
- Réseaux et autres groupements des femmes.

2. Mise en place par le Gouvernement de cadre et mécanismes financiers attractifs pour la fabrication/assemblage et acquisition de moulins solaires au Sénégal.

Le Gouvernement à travers certaines de ces institutions doit adopter des textes légaux et réglementaires mais également des financements innovants qui permettront aux PMI/PME dirigées principalement par des femmes et des jeunes de s'investir dans la fabrication/assemblage et acquisition de moulins solaires au Sénégal.

4. Mise en place par le secteur de la recherche en partenariat avec le Gouvernement et le secteur privé de programmes de recherche et de formation sur la fabrication/assemblage et la gestion de moulins solaires au profit de PMI/PME dirigées principalement par des femmes et des jeunes.

Avec les différentes parties prenantes pour la fabrication/assemblage et la gestion de moulins solaires, des programmes de formation et de recherche doivent être développées pour une meilleure conception de moulins qui qui puissent s'adapter au mieux au contexte sénégalais et aux goût des femmes.

Il serait intéressant d'œuvrer pour amener les chercheurs et les agents de développement à une lutte contre les inégalités sociales, et à une recherche plus approfondie en vue de l'intégration des activités des femmes au processus global de développement.

Jusqu'ici, les petits modèles de moulins sont pratiquement inexistants. Ainsi, il on pourrait amorcer une réflexion sur la possibilité de les fabriquer ou les assembler, car ils sont intéressants pour l'exploitation familiale.

5. Implication des institutions financières locales et les partenaires au Développement de lignes de crédits avec des conditions d'octroi très douces pour le financement de fabrication/assemblage et acquisition de moulins solaires au Sénégal.

L'ADPME doit en relation avec les des institutions financières locales et les partenaires au Développement concevoir et mobiliser des financements appropriés pour la fabrication/assemblage et l'acquisition de moulins solaires au Sénégal au profit principalement de PMI/PME dirigées principalement par des femmes et des jeunes.

Par ailleurs, dans le cadre des programmes de soutien aux PME/PMI, il serait bien de les regrouper et de leur donner les moyens nécessaires (formation, finance et matériel) à la fabrication des modèles adaptés aux besoins locaux, organiser des journées technologiques, afin de promouvoir l'innovation technologique. De telles solutions permettent de stimuler l'initiative locale et de répondre aussi bien aux besoins des populations

6. Encourager la télésurveillance, le fee for service ou encore le Pay As You Go (PAYG)

L'entretien et la maintenance du moulin solaire peut être source de difficultés pour les bénéficiaires. C'est pourquoi la gestion à distance constitue un élément essentiel pour la pérennité et la durabilité de l'équipement.

Par ailleurs, afin de faciliter l'acquisition de moulins solaires, vue leur coût prix initial élevé, nous conseillons aux bénéficiaires et aux fournisseurs de privilégier **le fee for Service ou encore le Pay As You Go** qui sont des solutions adaptées à l'achat de ce type de moulins.

Bibliographie

Enda Graf Sahel : Bilan d'activités 2018, décembre 2018.

CILSS : Programme régional de promotion des céréales locales au Sahel.

ISRA-ITA-CIRAD : Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal, Novembre 2005.

Enda Graf Sahel-GRET : Etat des lieux de la filière céréales locales au Sénégal, Avril 2006.

ADEME : Etude de faisabilité d'un projet d'autoconsommation photovoltaïque, Février 2018.

CORAF/WECARD : Etude de référence sur les céréales : mil, sorgho, maïs et fonio au Sénégal, Novembre 2009.

La revue d'Inter-réseau Développement rural-GRET : Valorisation des produits locaux : face aux défis, une diversité de solutions, Juin 2012

DOUDOU BOUKARY Ibrahim : Etude de faisabilité d'installations olaires photovoltaïques pour les stations services de TOTAL au Niger, janvier 2016.

Cherifi, Oussama, Madache, Hamza : Etude technico-économique d'une installation photovoltaïque pour une carrière, 2013.

Ministère de l'Agriculture et de l'équipement rural : Lettre de Politique Sectorielle de Développement de l'Agriculture (LPSDA) 2019-2023, Décembre 2018.

Mamadou Bassirou SARR : Etude de base du système de transformation agroalimentaire en Afrique de l'Ouest.

Paul Blockmans, François Dewaele : Dossier de synthèse sur les différents types de moulins dans les pays en développement, Juin 2006

Emmanuel Patrick FEUDJIO VOUFO : Production de l'énergie photovoltaïque à la société Nova Diffusion, 2008.

D. Zebbar, S. Kherris, N. Mohamed Chérif et B. Ghabi : Etude technico-économique d'un champ solaire de type stirling dish à tissemsilt, Juin 2015.

ECREEE : Évaluation du marché de l'énergie solaire hors réseau et conception de dispositifs de soutien au secteur privé RAPPORT SÉNÉGAL, Juillet 2019

Jean Paulin KI : Les technologies appropriées en zone rurale : cas du moulin à grains dans le département de Toma au Burkina Faso, 2000.

I.S.R.A. Département Systèmes et Transfert : Les matériels et les techniques de mise en valeur des ressources énergétiques disponibles en milieu rural au Sénégal, Février 2015.

GRET en collaboration avec l'APAUS (Agence de promotion de l'accès universel aux services): Capitalisation de l'expérience du Projet d'électrification rurale dans le Brakna (PERUB) – Mauritanie, 2011.

Alioune Tamchir Thiam et Amadou Mamadou Ba : Evaluation finale du projet « Plateformes solaires Multifonctionnelles (PTFM) pour la lutte contre la pauvreté en Mauritanie» RAPPORT FINA, Juillet 2015.

Alioune Tamchir Thiam et Amadou Mamadou Ba : Evaluation des besoins en technologies et Plans d'Action Technologiques aux fins d'atténuation aux effets du changement climatique, Novembre 2012.

Jean-François Cruz, D. Joseph Hounhouigan : La transformation des grains, CTA Presses agronomiques de Gembloux.

Liste des moulins solaires-ANSD-RGPHAE- 2013.

Yvonne FAYE Sinthiou Mounel PAME Etude de faisabilité technique et socioéconomique - Electrification rurale par voie solaire, Mai 2013.

Abdramane NETANE : Etude technico-économique des alimentations des broyeurs de céréales en Zone Sahélienne, octobre 2015

Arona Gueye, CONCEPTION D'UNE MACHINE MANUELLE A DÉCORTIQUER ET À MOUDRE LE MIL, juillet 1996

Caractérisation expérimentale et simulation d'un moulin artisanal triphasé, Moustapha DIOP1 et al, ESP/UCAD,

Annexe

Liste des PME /GIE de transformation des céréales rencontrée

Prénom	Nom	Lieu	Téléphone
Fatou Meissa	Dia	Rufisque	772416570
Khoudia	SOW	Malika	776477907
Aissatou Diagne	Dem	Kounoune	762568999
Khady	Sarr	Guédiawaye	774298561
Aida	Coly	Kounounone	775780440
Awa	Pouye	Yeumbeul	776368528
Rose		Aga Biram/Sandiara	