

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
=====
INSTITUT D'ECONOMIE RURALE
=====



REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple – Un But – Une Foi



Implemented by
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

TITRE DU PROJET

Renforcer la transformation vers des systèmes agricoles durables - Promouvoir la mise à l'échelle du système d'intensification de la riziculture (SRI) au Mali

Rapport Version Finale

Par :

Dr Kalifa TRAORE, IER
Dr Karim TRAORE, IER
M. Mpiè BENGALI, IER
Dr Bouréma KONE, IER

Octobre 2024

Table des matières

INTRODUCTION	5
1.OBJECTIFS	9
2. METHODOLOGIE.....	9
2.1 Réunion de cadrage.....	9
2.2 Revue documentaire	10
2.3 Choix des sites et taille de l'échantillon	10
2.4 Traitement et analyse des données, interprétation des résultats	12
3. REVUE DE LETTERATURE	13
3.1. Historique de SRI dans le monde et au Mali	13
3.2. Définition du SRI	13
3.3. Les principes du SRI	14
3.4. Les pratiques du SRI	15
3.5. Emplois des engrais chimiques et de la fumure organique dans le SRI	16
3.6 . Adoption géographique de SRI dans le monde et au Mali en fonction des systèmes de culture	18
3.7. Le SRI et la sécurité alimentaire et nutritionnelle	19
3.8. Avantages de SRI dans le monde et au Mali	21
3.9. Limites de SRI dans le monde et au Mali.....	30
3.10. Effet du Système de Riziculture Intensive (SRI) sur les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)	32
<i>Emissions de GES par le système de riziculture</i>	<i>32</i>
4. RESULTATS DES ENQUETES	34
4.1. Information sur le SRI	34
4.2. Pratique de production	35
4.3 Rendement	35
4.4. Quantité de semence à l'hectare	37
4.5. Coût de production	37
4.6. Revenu,.....	40
4.7. Adoption de la pratique SRI.....	42
4.8. Fonds climatiques disponibles et les options de financement	43
4.8.1. Fonds climat Mali	43
4.8.2. Fonds pour l'Environnement Mondial.....	45
4.9. Défis opérationnels qui entravent l'expansion du SRI au Mali	45
4.9.1. Défis institutionnels.....	45

4.9.2. Défis technico-socio-économiques	46
4.10. Cas de succès	47
5. LES PERSPECTIVES	48
Conclusion	49

Liste des tableaux

Tableau 1 : Zone d'enquête par système de production	10
Tableau 2 : Effectif de producteurs enquêtés par village et par région.....	11
Tableau 3 : Répartition des producteurs enquêtes par système de production	12
Tableau 4 : Répartition des producteurs enquêtes par système de production	12
Tableau 5 : Nombre de focus groupe par zone de production	12
Tableau 6 : Accès à l'information sur le SRI	34
Tableau 7 : les pratiques de production du riz dans les zones d'étude	35
Tableau 8 : Rendement du riz par type de pratique en 2023 (kg/ha).....	35
Tableau 9 : Rendement du riz par type de pratique et par région en 2023 (kg/ha)	36
Tableau 10 : Rendement du riz par type de pratique et par système de production en 2023 (kg/ha)	36
Tableau 11 : Test de comparaison de moyenne de rendements des deux pratiques	36
Tableau 12 : Quantité de semence par hectare en Kg/Ha par système de production et par le type de pratique en 2023	37
Tableau 13 : Test de comparaison des moyennes de quantités de semence dans les deux types de pratique	37
Tableau 14 : Coût de production en Fcfa des exploitations enquêtées avec l'utilisation du SRI par cercle	38
Tableau 15 : Coût de production en Fcfa des exploitations enquêtées avec non SRI par cercle.....	39
Tableau 16 : Coût moyen de production (en FCFA) des deux pratiques (SRI et non SRI) par région ...	39
Tableau 17: Coût de production d'un hectare des deux pratiques (SRI et non SRI) par région	40
Tableau 18 : Test de comparaison de des couts /ha des deux pratiques	40
Tableau 19 : Revenu par hectare par système de production et par pratique en 2023 (Fcfa/ha)	41
Tableau 20 : Revenu par ha par pratique et par région en 2023 (FCFA/ha)	41
Tableau 21 : test de comparaison de moyenne de revenu par ha.....	41
Tableau 22 : situation de l'adoption de la pratique du SRI dans les villages d'enquêtes.	42

INTRODUCTION

De 1960 à nos jours les différents gouvernements du Mali ont appliqué plusieurs politiques en vue de promouvoir l'essor du monde rural et le développement socioéconomique du pays. Les plus connues de ces politiques et stratégies sont la Loi d'Orientation Agricole (LOA, 2006), la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (SNDI, 2007/2008), l'Initiative Riz (CPM, 2008/2009), la Stratégie Nationale de développement de la Riziculture (SNDR, 2009), le Programme National d'Irrigation de Proximité (PNIP, 2010), le Programme National de Sécurité Alimentaire (PNISA, 2011), les différentes générations du cadre stratégique de croissance et de réduction de la pauvreté CSCR (2012-2017), la Politique de Développement Agricole (PDA, 2013), le Programme National d'Investissement dans le Secteur Agricole (PNISA, 2014), , , la Stratégie Nationale de Sécurité Alimentaire-Partie2 (SNSA-2, 2019), la Politique Nationale sur les Changements Climatiques, la Politique Nationale de l'Eau, etc. Le cadre stratégique de croissance et de réduction de la pauvreté (CSCR, 2012-2017) est le seul cadre de référence pour la formulation et la mise en œuvre des politiques de développement économique et social au Mali, il prend en compte l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) à l'horizon 2015. Par la suite il y'a eu la création du Cadre Stratégique pour la Relance Economique et le Développement Durable (CREDD, 2019-2023). Il fédère dans un cadre cohérent l'ensemble des politiques et stratégies sectorielles et identifie les besoins financiers ainsi que les moyens pour satisfaire leur mise en œuvre. Il est l'unique cadre de négociation avec les Partenaires Techniques et Financiers (PTF).

Dans les années 2010, le Mali fût classé deuxième plus grand producteur de riz de la région après le Nigéria. Il a produit 2,3 millions de tonnes de riz paddy, soit 18% de la production totale pour l'Afrique de l'Ouest, offrant au pays un taux d'autosuffisance de 96%. L'objectif était de produire 4 millions de tonnes de paddy d'ici 2018 (Nygaard et al., 2012), dont 1,5 million de tonnes devaient être exportées. En 2016/17, le Mali a produit 2,71 millions de tonnes de paddy, couvrant le taux d'autosuffisance à 91% en raison de l'augmentation de la consommation. Le défi est de maintenir ces performances face au changement climatique.

La consommation annuelle de riz au Mali a augmenté de plus de 60% dans les dernières 50 années, faisant du riz presque l'aliment de base du pays. Le Mali importe 10% de ses besoins en riz pour faire face à la demande nationale. La consommation moyenne annuelle par habitant au Mali est de 73,85 kg de riz/an (SNDR, 2016).

Le riz est produit dans toutes les régions du Mali à l'exception de Kidal. Le Mali dispose d'un important potentiel de production de riz ; seuls 19 % des 2,2 millions d'hectares dotés d'un potentiel d'irrigation sont actuellement utilisés. Avec une population urbaine croissante, la consommation de riz augmente également et devrait atteindre une consommation par habitant de 115 kg/an d'ici 2025, ce qui signifie que le Mali devra produire 4,25 millions de tonnes de riz paddy pour atteindre l'autosuffisance d'ici cette année-là. L'atteinte de cet objectif exige une augmentation de la productivité et de la réduction de coût de production. Le Système de Riziculture Intensive (SRI) est parmi les systèmes de production qui incluent ces exigences.

Le SRI est une combinaison des éléments de la relation sol-eau-plante-lumière de manière harmonieuse permettant à la plante d'exprimer son potentiel de production caché par les pratiques inappropriées. En terme pratique, il s'agit de produire le riz avec très peu de semences, d'eau, d'engrais, sur un sol riche en matière organique et bien aéré (USAID, 2011).

Africare a introduit le SRI au Mali en 2007, testant la méthode avec un agriculteur dans la région de Tombouctou. Un résultat positif initial de 9 T / ha a conduit à des essais élargis avec 60 agriculteurs en 2008, puis à 270 agriculteurs en 2009. Sur la base de ces résultats, le projet financé par l'USAID, Initiatives Intégrées pour la Croissance Economique au Mali.

Le projet Initiatives Intégrées pour la Croissance Economique au Mali (IICEM) a mis en œuvre un programme d'introduction du SRI en 2009, dans les régions de Gao, Tombouctou, Mopti, Sikasso et Ségou, et la Fondation Syngenta a travaillé avec l'Office du Niger et à Mopti, tous avec des résultats positifs similaires. Toutes les activités du projet ont été directement soutenues dès le début par le ministère en charge de l'Agriculture.

En 2010, un premier atelier national sur le SRI a été organisé à Bamako par le ministère de l'Agriculture, l'IICEM et Africare, et a permis de présenter le SRI à de nombreuses autres parties prenantes. Après cela, l'utilisation du SRI a continué son essor. Au cours de la période 2010-2012, les organisations de riziculteurs de la région de l'Office du Niger et de San, l'Association des Riziculteurs de la Plaine Aménagée de San Ouest (CORPASO) ont mené des initiatives visant à généraliser l'adoption du SRI par les agriculteurs dans leurs périmètres irrigués.

Cela a été suivi par des ateliers de formation séparés au Bénin, au Burkina Faso, au Ghana, au Nigéria, au Sénégal et au Togo en 2011 et 2012, qui ont tous amélioré la capacité technique des producteurs et ont servi à stimuler davantage l'intérêt dans la région. Il y avait environ 4350 agriculteurs cultivant 635 hectares de riz SRI avant le début du projet SRI-WAAPP en 2014. Comme le SRI avait déjà été introduit et était connu dans toutes les zones productrices de riz, le projet s'est concentré sur le renforcement de la capacité des techniciens et des agriculteurs. Les champions et les partenaires du SRI avec l'appui du WAAPP et d'autres initiatives ont été mobilisés par les sept bureaux régionaux du ministère de l'Agriculture pour former plus d'agriculteurs, à installer des parcelles de démonstration et à fournir des outils, tels que les houes rotatives pour le désherbage des mauvaises herbes et les semoirs. Le projet était présent dans toutes les régions de culture du riz du pays, travaillant dans des systèmes irrigués le long du fleuve Niger et dans des systèmes de plaines pluviales dans les parties sud et ouest du pays. Au cours de la saison 2014/2015, les projets, Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (WAAPP/PPAO) et d'autres ont travaillé avec 12.894 agriculteurs (37% de femmes) sur 1.104 hectares de parcelles de démonstration dans 274 villages dans les sept régions : Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou, Mopti, Tombouctou et Gao. Pendant cette période, le nombre d'agriculteurs formés à la technologie du SRI a considérablement augmenté de même que le nombre d'agriculteurs ayant adopté le SRI.

En ce qui concerne les actions de la coopération, il est à signaler que depuis 2015 le Centre d'Innovation Verte (CIV) de la « La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Mali, a démarré, en collaboration avec ses partenaires notamment la DNA, la diffusion du SRI dans les 5 régions de son intervention à savoir Mopti, Ségou, Sikasso, Kayes, Koulikoro.

A partir de 2016, la diffusion du SRI par le CIV a connu une dynamique avec d'autres projets de la GIZ tels que le PASSIP (PASSIP-IRRIGAR et PASSIP-REAGIR cofinancés respectivement par l'UE et le Canada) et PARIZON intégré dans le CIV (à partir de 2018 et financé par l'UE) en termes de concept, d'acteurs impliqués et de zones agroécologiques concernées. On est passé du SRI simple à la notion de paquet SRI (SRI+ biofertilisant, + placement profond de l'urée (PPU) + gestion des nuisibles +mécanisation). Au-delà des Directions Régionales de l'Agriculture (DRA), les offices et agences riz ont été impliqués dans

la mise à l'échelle de cette technologie. De même, les centres de formation agro-pastoraux partenaires du CIV ainsi que certaines universités réalisent des formations aux techniciens agricoles et aux étudiants sur le SRI. Dans le souci d'assurer la durabilité de son adoption et de sa pratique, il a été élaboré en 2020, le Programme National sur le SRI (PN-SRI) en vue de la mise à l'échelle de cette technique agricole et de l'ensemble des technologies promues dans les chaînes de valeur du riz par le CIV.

Au total, entre 2015 et 2023 les producteurs formés en SRI sont à plus de 48000 pour le CIV avec un taux d'adoption de 86% (près de 42000 producteurs appliquent cette technologie) dans les régions couvertes par le CIV. Entre 2018 et 2021, ils sont au nombre de 4800 à être formés dans la zone couverte par le projet PARIZON en Office du Niger. Plusieurs autres producteurs ont également été formés dans le cadre des projets IPRO de la Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

Toutes ces différentes initiatives des partenaires techniques et financiers mentionnés plus haut ont produit des résultats probants qui méritent d'être soulignés.

Les rendements moyens du riz irrigué par exemple ont atteint 7,5 t/ha pour le SRI contre 4,5 t/ha pour la pratique paysanne. La pratique recommandée par la vulgarisation a produit un maximum de 8 t/ha tandis que le SRI a donné un rendement de 10 t/ha (Bagayoko et al., 2017). Du riz de bas-fond a été implanté dans les régions de Sikasso, Kayes et Koulikoro, où les rendements SRI étaient de 3,3 t/ha contre 2 t/ha avec la pratique paysanne. Selon Styger et Jaoui (2022), le SRI, est une méthodologie agroécologique, intelligente face au climat et à faibles intrants à même d'augmenter la productivité du riz, et jouer par conséquent, un rôle crucial pour combler l'écart de production rizicole dans les zones où il est pratiqué. L'organisation paysanne CORPASO de San (région de Ségou) a organisé ses 2000 producteurs pour planter du riz avec le SRI sur 1200 ha qui fût la première réussite à grande échelle en Afrique de l'Ouest. Cette amplification a continué et d'ailleurs, le WAAPP (2016) dans son rapport traitant l'évolution de la pratique du SRI dans les 13 pays du projet a mentionné que le SRI est pratiqué dans toutes les zones rizicoles du Mali. À mesure que le SRI se développe au Mali, il devient difficile pour les parties prenantes à coordonner leurs efforts.

Le SRI s'est vu appliqué au blé (Adhikari et al., 2018). Cette innovation est survenue il y a quelques années avec l'ONG Africare, travaillait sur SRI avec des agriculteurs locaux. Le nouveau système s'appelait (en français) le Système de la culture du Blé Intensif (SBI), en anglais, le System of Wheat Intensification (SWI). Les essais ont été un succès. En utilisant les méthodes traditionnelles, les agriculteurs de la région de Tombouctou pouvaient espérer des rendements de 1 à 2 tonnes de blé par hectare. Mais grâce aux pratiques SWI nouvellement développées, les rendements étaient doubles ou plus : 3 à 5 t/ha. Malgré de résultats encourageants obtenus dans différents systèmes de riziculture et sur d'autres cultures que le riz, des défis restent à gérer.

Aujourd'hui, le gouvernement estime que 190 000 exploitations agricoles familiales produisent sur une superficie de 874 031 ha du riz en utilisant encore les méthodes conventionnelles de la production. Le Programme National SRI (PN SRI) a comme but de changer sur 1 Million ha le système de production en SRI. Suite aux estimations il convient de manipuler avec prudence, parce que sous-estimées, dans le cadre de ce programme, seulement 29180 producteurs et productrices utilisaient pendant la campagne 2022/23 sur 18336 ha cette méthode de production. Ce chiffre ne prend pas en compte, les réalisations dans le cadre des programmes

des autres Partenaires Techniques et Financiers (PTF). Dans le cadre du PN-SRI, il est à avancer que les superficies réalisées en SRI représentent à peine 2% des superficies rizicoles emblavées au niveau national malgré les avantages économiques, sociaux, environnementaux de cette méthode (Styger et Jaoui 2022).

Ce taux d'adoption du SRI même s'il est seulement attribué à la mise en œuvre du SRI paraît bien faible au regard de l'augmentation significative des rendements et la faible quantité d'intrants nécessaires comparativement à la technique traditionnelle de la riziculture. Selon certains producteurs appuyés par le CIV, une des raisons explicatives de cette situation est la considération du facteur travail exigé par le SRI surtout en termes de repiquage en carré des plantules de riz. Cette opération culturale nécessite la disponibilité d'une main d'œuvre qu'il faut rémunérer. Or non seulement cette main d'œuvre qui a un caractère saisonnier est rare dans certaines régions en raison du fait qu'elle est plus attirée par les sites d'orpaillage mais aussi est onéreuse et leur rémunération peu supportable par certains producteurs. Le repiquage des plantules intervient en effet en période de contrainte de liquidité ces producteurs.

Le conseil agricole est assuré par la Direction Nationale de l'Agriculture, les Offices, les Agences, les Projets/Programme et les ONG. Malgré le nombre élevé de parties prenantes, ce dispositif connaît des contraintes liées à l'insuffisance de personnel et de moyens opérationnels. Le défi aujourd'hui est d'assurer un plan de formation adéquat pour les agents d'encadrement. Une forte implication de l'Etat, des collectivités, et des Interprofessions est nécessaire. Un autre défi reste l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication pour la mise à échelle des technologies.

Le défi au niveau de la recherche demeure le développement de variétés performantes et de techniques d'irrigation adaptées au SRI. Un autre défi important est le développement d'une mécanisation adaptée et accessible aux petits producteurs. Pour ces réalisations, l'Etat, les Offices, agences et interprofessions doivent participer au financement de la recherche rizicole.

En ce qui concerne la mise à l'échelle dans toutes les zones de production de riz au Mali, le gouvernement doit disposer d'un plan de financement pour faciliter l'accès à un plus grand nombre de petits producteurs aux innovations.

Une synthèse des résultats s'avère nécessaire. Toutes les variétés ont-elles les mêmes performances dans le SRI ? Cela ne saurait être confirmé. Le repiquage consomme du temps et demande assez de main d'œuvre, alors il est bon de mécaniser cette technique pour rendre le SRI plus attractif. La diversification des cultures chez le paysan est une réalité, alors le défi est de respecter le calendrier agricole et cultural en adoptant le SRI. La préservation de la nature est indispensable pour notre survie. L'effet de SRI sur la réduction de gaz à effet de serres n'a pas été étudié au Mali. L'évaluation de l'économie d'eau due à l'application du SRI est peu documentée, il en est de même pour la fumure organique (quantité et qualité). Les paramètres d'amélioration de la qualité du grain de riz et les caractéristiques sensorielles méritent d'être étudiés. Le système d'étuvage par le GEM est une méthode idéale à introduire et mettre à l'échelle dans les systèmes de rizicultures. Cela va améliorer la qualité nutritionnelle des producteurs. La mise au point d'une repiqueuse de riz à un brin va réduire la pénibilité des travaux dans les systèmes irrigués de riziculture.

En résumé, il ressort à ce stade trois défis majeurs qui restent à lever pour l'expansion du SRI et renforcer la résilience climatique au niveau national voir international :

- Les obstacles financiers pour la mise en œuvre à grande échelle du SRI (absence de financement durable pour le SRI) ;
- Les défis opérationnels qui entravent l'expansion du SRI au Mali.
- L'insuffisance de sensibilisation/communication et des connaissances sur les avantages du SRI auprès des agriculteurs maliens, des décideurs politiques et les autres parties prenantes malgré des efforts de quelques partenaires techniques et financiers, à l'instar de la coopération allemande.

Fort de tous ces constats, il devient nécessaire d'entreprendre une étude pour cerner toutes les difficultés afin que le SRI, une technologie potentielle pour relever les défis de la sécurité alimentaire et celui du changement climatique puisse connaître une adoption de plus grande envergure.

C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée pour mettre en exergue les avantages du SRI par rapport à la pratique conventionnelle pour une meilleure communication auprès des acteurs (producteurs, décideurs politique et autres parties prenantes).

1.OBJECTIFS

1.1. Objectif général

Renforcer la base d'informations et des pistes d'action pour une mise à l'échelle du système d'intensification de la riziculture (SRI) au Mali vers des système agricoles durables

1.2. Objectifs spécifiques

- Améliorer la sensibilisation, la communication et la compréhension des avantages du SRI parmi les agriculteurs maliens, les décideurs politiques et les parties prenantes.
- Rechercher les options de financement disponibles pour soutenir le SRI tout en abordant les défis liés au climat en se concentrant sur la compréhension des obstacles financiers et la facilitation de l'accès aux fonds climatiques.
- Relever les défis opérationnels qui entravent l'expansion de SRI.

2. METHODOLOGIE

L'étude a été réalisée en plusieurs phases avec une approche participative et a combiné l'exploitation de la littérature disponible ainsi que la conduite d'enquête (enquêtes individuelles, entretiens en focus groupe avec des producteurs et avec les services techniques (OPIB, ADRS, ORS, ORM, ORS, ON)) et la restitution des premiers résultats dans certaines localités (Bougouni, Sélingué, et Baguineda) en présence des producteurs et des services d'encadrement.

2.1 Réunion de cadrage

Une séance de travail a réuni l'équipe de l'IER, les responsables du projet et les acteurs directs pour appréhender les attentes, revoir les indicateurs à renseigner, discuter les critères de choix des sites d'enquête et peaufiner la démarche méthodologique. Cela a été une phase de compréhension très importante pour assurer le succès de l'étude. Au terme de cette étape :

- les attentes spécifiques de la mission ont été précisées ;

- le contenu et la forme des informations attendues au terme de la mission et les indicateurs ont été précisés ;
- les sources et types d'informations ont été aussi identifiées ;
- le planning de réalisation de la mission a été validé.

2.2 Revue documentaire

La revue documentaire a permis de collecter des informations sur l'historique du SRI dans le monde et au Mali, les principes du SRI, l'adoption géographique du SRI dans le monde et au Mali en fonction des systèmes de culture, le SRI et la sécurité alimentaire et nutritionnelle, les avantages du SRI dans le monde et au Mali etc. Pour ce faire, les rapports, les notes techniques, les livres, les thèses de doctorat et les articles scientifiques traitant la thématique dans le monde, en Afrique et au Mali ont été consultés.

2.3 Choix des sites et taille de l'échantillon

L'étude a concerné neuf (9) zones de production que sont Sikasso, Bougouni, Ségou, Mopti, San, Kita, Selingué, Baguinéda et Tombouctou. Ces zones ont été choisies en tenant compte l'importance de la riziculture dans la localité selon les systèmes de production (Bas fond, submersion contrôlée et maîtrise totale). Les zones de Selingué, Kita, Baguinéda ont été concernées seulement par les focus groupes

Tableau 1 : Zone d'enquête par système de production

ZONES	Bas fond	Submersion contrôlée	Maitrise totale
Sikasso	Lountana, Mpegnesso		
Bougouni	Diamana, Cho Bougou		
Segou		Dioro, Soké	Km23 (Nigué), km26 (Koloni)
Mopti		Syn, Tongoroko	
San			San ouest, Da Coura
Kita	Kita		
Baguineda			Koin,
Selingué			Maninkoura
Tombouctou			Tassakane, Dofana

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Au total, 281 producteurs individuels ont été enquêtes repartis entre 14 villages dans 6 régions de production rizicole (tableau 2)

Tableau 2 : Effectif de producteurs enquêtés par village et par région

Région	Village	Effectif
Bougouni	Cho Bougou	22
	Diambana	20
	Total	42
Mopti	Syn	20
	Tongoroko	20
	Total	40
San	Da Coura	20
	San Ouest	24
	Total	44
Ségou	Dioro	19
	Km 23 Nigué	16
	Km 26 Koloni	16
	Soké	22
	Total	73
Sikasso	Loutana	21
	Mpegnesso	21
	Total	42
Tombouctou	Dofana	20
	Tessakane	20
	Total	40
Total		281

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Cet échantillon est reparti entre le SRI (143 producteurs) et la pratique conventionnelle (138 producteurs).

Il était prévu initialement de prendre en compte les systèmes de productions existant mais nous n'avons pas pu accéder aux villages sous la submersion libre à Mopti pour des raisons de sécurité.

Tableau 3 : Répartition des producteurs enquêtés par système de production

Système de production	Effectif	%
Bas fond	100	35,60
Maitrise totale	77	27,40
Submersion contrôlée	104	37
Total	281	100

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Sur les 281 producteurs enquêtés, 22% sont des femmes productrices (tableau 4).

Tableau 4 : Répartition des producteurs enquêtés par système de production

Sexe	Effectif	N % colonne
Féminin	63	22,0%
Masculin	218	78,0%
Total	281	100%

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

En plus de ces enquêtes individuelles, des entretiens ont lieu en focus groupe avec les services techniques et les coopératives des producteurs dans les villages (tableau 5) avec une moyenne d'au moins 15 participants par focus groupe.

Tableau 5 : Nombre de focus groupe par zone de production

Zone	Services Techniques	Coopératives
Sikasso	1	2
Bougouni	1	2
Ségou	1	6
Mopti		2
San		2
Kita	2	1
Baguineda	1	2
Selingué	1	2
Total	7	19

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

2.4 Traitement et analyse des données, interprétation des résultats

Le masque de saisie conçu *Kobbo collect* a été déployé sur les tablettes. Les données collectées ont été transférées sur Excel et SPSS pour les analyses quantitatives prenant en compte la statistique descriptive (moyenne, écart type, médiane, test de comparaison des moyennes).

Pour le traitement des informations qualitatives, une synthèse des informations a été faite.

2.5. Restitution des résultats

La restitution a été effectuée à Bougouni, Sélingué et Baguineda afin de compléter les données manquantes recueillies au cours des enquêtes et des discussions en focus groupe

3. REVUE DE LITTÉRATURE

3.1. Historique de SRI dans le monde et au Mali

L'origine du SRI remonte à un petit pays insulaire, Madagascar, qui était aux prises avec de graves problèmes de faim et de malnutrition dans les années 1980. A la recherche d'une solution à la crise alimentaire, le Père jésuite Henry de Laulanie a redécouvert cette nouvelle pratique du SRI orientée vers les petites exploitations (Laulanie, 1993). Le SRI est en fait un amalgame de pratiques de gestion raffinées et intensives pour la production de riz dans les champs des agriculteurs.

En 2007, le système de riziculture intensive a été introduit dans la région de Tombouctou au Mali par une ONG appelée Africare (Styger et al., 2011). En 2009, à la suite de résultats probants, le projet IICEM / USAID a mis en place un programme d'introduction du SRI dans les périmètres irrigués villageois avec maîtrise totale de l'eau plus précisément les régions de Gao, Tombouctou, Mopti et dans les bas-fonds de la région de Sikasso. Le projet IICEM a conduit le programme SRI en partenariat avec l'Institut D'Economie Rurale et la Direction Nationale de l'Agriculture. Cependant, au Mali, l'expansion des superficies de SRI par les producteurs et la recherche de l'adaptation des principes du SRI dans les conditions écologiques ont été réalisées par les ONG Africare et la Fondation Syngenta pour une Agriculture Durable.

Après des résultats satisfaisants en termes de rendement du riz, le gouvernement malien et ses partenaires ont continué à promouvoir (dans les régions de Ségou, Sikasso, Mopti, Tombouctou et Gao) la technologie SRI. En 2007, le gouvernement malien a présenté le riz comme l'un des produits phares du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO). À partir de 2013, le SRI a été sélectionné dans le cadre du WAAPP pour être promu au Mali (Styger & Traoré, 2018). Avant cela, en 2008, le gouvernement malien avait lancé le Programme d'Initiative Rizicole (RIPRO) pour augmenter la production nationale de riz (FAO, 2017).

La vulgarisation à grande échelle au niveau des producteurs exploitant des grandes parcelles a été poursuivi par le projet Chaîne de valeurs Céréales (CVC), financé en 2013 par l'USAID (Rapport CIV, 2016). Ce projet a testé le SRI avec le Placement Profond de l'Urée (PPU). En 2015, le CIV / GIZ en partenariat avec l'IFDC a mis en place un programme de diffusion du SRI avec le PPU et les biofertilisants comme organivo, fertino, et biostimulant (Rapport CIV, 2016). Les ONGs DVV Internationale et WHH, les structures techniques de l'Etat ont été impliquées à ce programme, ce qui a permis de couvrir les fonds les régions de Kayes et Ségou (Rapport CIV, 2016).

3.2. Définition du SRI

En général, l'intensification fait référence à l'augmentation de l'utilisation d'intrants externes achetés, tandis que l'utilisation du mot « intensification » dans le contexte du SRI va à l'encontre de la manière habituelle d'utiliser le terme (Uphoff, 2014). Le Système de Riziculture

Intensifiée (SRI) a montré que les agriculteurs produisent plus de riz en utilisant moins d'intrants achetés et d'eau (CORAF/WECARD, 2014). Le SRI est un ensemble de pratiques agronomiques basées sur des connaissances scientifiques qui permettent à la plante d'exprimer son potentiel en termes de croissance ainsi que de performance quelles que soient les variétés de riz (Uphoff & Kassam, 2009). Les méthodes SRI sont utilisées dans la production de riz irrigué et pluvial. Dans les zones irriguées, le rendement moyen des pratiques SRI est d'environ 8 tonnes/ha tandis que, dans les zones pluviales, le rendement le plus élevé est d'environ 7 tonnes/ha (Uphoff, 2015).

3.3. Les principes du SRI

Les principes sont définis comme des lois fondamentales qui régissent un phénomène, la base de départ. Le dictionnaire Robert trouve comme synonyme au principe la prémisse. Les pratiques servent à mettre en œuvre les règles définies dans les principes.

Le SRI est une technologie qui comprend un ensemble de principes et d'idées se traduisant en pratiques agronomiques (Uphoff, 2015 ; CORAF/WECARD, 2014 ; Palanisami et al. 2013 ; Noltze et al. 2012). Les principes de SRI ont évolué dans le temps et selon les dernières publications de Styger en 2024.

Selon Styger en 2024, les principes du SRI restent invariables quelles que soient les conditions et l'emplacement de la culture du riz.

Cependant, dans la mise en œuvre des principes les approches changent et doivent être adaptées à l'environnement local et aux caractéristiques des agriculteurs afin de maximiser "l'effet SRI" dans un endroit spécifique. L'"effet SRI" est un effet synergique créé par l'application des quatre principes, qui permet d'obtenir une plante de riz plus saine, plus productive et plus résiliente.

Les quatre principes de SRI sont les suivants :

Les 4 principes définis par Styger (2024) sont les suivants : dans un premier temps il faut **1)** encourager l'établissement précoce des plantes saines en bon état pour maximiser le potentiel de développement des jeunes plants et du système racinaire en réduisant le stress; il faut **2)** minimiser la concurrence entre les plantes, donner la chance aux plantes de s'épanouir pour maximiser le tallage, réduire la concurrence pour les nutriments, la lumière ;**3)** préparer des sols fertiles, riches en matière organique et en biote bénéfique , cela va permettre d'avoir un substrat bon et profond pour les racines et pour que la vie microbienne se développe et soutienne la croissance des plantes, améliorer la capacité de rétention des nutriments et de l'eau du sol, améliorer l'efficacité de l'utilisation des engrais, créer des conditions aérobies favorables dans le sol, et protéger et amortir les conditions créées par le changement climatique, qu'il s'agisse de régimes pluviométriques variables, de l'augmentation de la température, de la pression des ravageurs et des maladies et enfin **4)** il faut gérer l'eau avec précaution, afin d'éviter les inondations et le stress hydrique, si les plants de riz peuvent survivre dans des conditions d'inondation, ils ne s'y développent pas bien, par un manque d'oxygène pour le système racinaire, le racines ne se développeront pas bien. Les activités microbiennes favorisent un meilleur développement des panicules et une période de remplissage des grains.

Cependant, sa pratique passe par des points fondamentaux variants selon les systèmes de culture.

3.4. Les pratiques du SRI

Selon Styger 2024, les pratiques du SRI sont variables et sont liés au système de culture.

Système irrigué

- 1) Bon établissement de la pépinière
- 2) Repiquer les jeunes plants au stade 2 feuilles à l'âge de 12 jours
- 3) Repiquer à un plant par poquet
- 4) Augment l'espace entre les plants (2 cm x 25cm) entre les lignes et entre les plants
- 5) Ajouter de la matière organique, des résidus de récolte, du compost et de l'engrais chimique au besoin
- 6) Appliquer l'irrigation intermittente (AWD) pendant la phase végétative du riz

Pratiques additionnelles

- 1) Séparer les grains vides des grains remplis par trempage
- 2) Prégermer les grains
- 3) Bien choisir les semences à la récolte et au triage
- 4) Sarclage mécanique (idéalement 3 à fois pendant la saison de culture)
- 5) Utiliser les plantes de couverture et le paillage
- 6) Intégrer avec l'agriculture de conservation
- 7) Nivelier les champs
- 8) Faire des diguettes
- 9) Appliquer de la fumure organique

Système de bas-fond/pluvial

- 1) Semis direct en pluvial
- 2) Séparer les semences saines des autres semences par trempage
- 3) Repiquer tôt dans le bas-fond
- 4) Semer à 1 ou 2 plants par poquet
- 5) Augmenter les espaces entre les plants
- 6) Utiliser les desherbeuses mécaniques pour le pluvial
- 7) Appliquer la fumure organique

- 8) Faire le paillage
- 9) Utiliser les plantes de couverture
- 10) Le labour minimum avec l'agriculture de conservation
- 11) Nivelier le champ
- 12) Faire des buttes
- 13) Appliquer la fumure organique
- 14) Irriguer par intermittence et drainer

SRI et d'autres cultures

Selon Styger (2024), les pratiques du SRI ont évolué et ont été appliquées à d'autres écologies rizicoles et d'autres cultures en plus du riz. Il s'agit des écologies de bas-fond, de plateau, de plaine et du riz d'altitude. Ces pratiques sont appliquées de nos jours à d'autres cultures qui sont notamment le blé, l'orge, la canne à sucre, le millet, le teff éthiopien, le fonio ouest-africain, la moutarde, les légumineuses et les légumes. La méthode a été synthétisée sous le nom de "**système d'intensification des cultures**" ou SCI. Ces pratiques se résument en :

- 1) Séparer les grains viables des autres par trempage
- 2) Repiquer les jeunes plants et sains
- 3) Semis direct
- 4) Repiquer à 1 ou 2 plants par poquet
- 5) Appliquer le paillage
- 6) Utiliser les plants de couverture
- 7) Labour minimum associé à l'agriculture de conservation
- 8) Conserver et gérer l'humidité du sol
- 9) Nivelier les champs
- 10) Faire des buttes
- 11) Appliquer la fumure organique
- 12) Irrigation ponctuelle et ou drainage

3.5. Emplois des engrais chimiques et de la fumure organique dans le SRI

Fumure organique

Après une préparation minutieuse du champ, il est recommandé d'épandre de la matière organique (10-15 t/ha), de préférence du compost. Le compost peut être remplacé par du fumier de parc bien décomposé car l'application du fumier mal décomposé présente l'inconvénient de

disséminer les graines des mauvaises herbes et d'endommager les jeunes plants à cause de l'augmentation de la température lors du processus de décomposition de la matière organique. Le tableau en bas résume les doses de fumure à appliquer selon les moyens et les objectifs de production du riziculteur.

Taux d'application de la fumure organique slon Styger et Jenkins (2014)

Taille du champ	Taux pour obtenir 2 t/ha de paddy	Taux de fumure pour obtenir 5 t/ha de paddy	Taux e fumure organique pour obtenir 10t/ha de paddy
100 m ²	20 kg	50 kg	100 kg
200 m ²	40 kg	100 kg	200 kg
250 m ²	50 kg	125 kg	250 kg
500 m ²	100 kg	250 kg	500 kg
0,1 ha	200 kg	500 kg	1t
0,125 ha	250 kg	625 kg	1,25t
0,165ha	350 kg	825 kg	1,65t
0,25 ha	500 kg	1,25t	2,5t
0,33 ha	660 kg	1,66t	3,33t
0,5 ha	1t	2,5t	5t
1 ha	2t	5t	10t

Engrais chimique

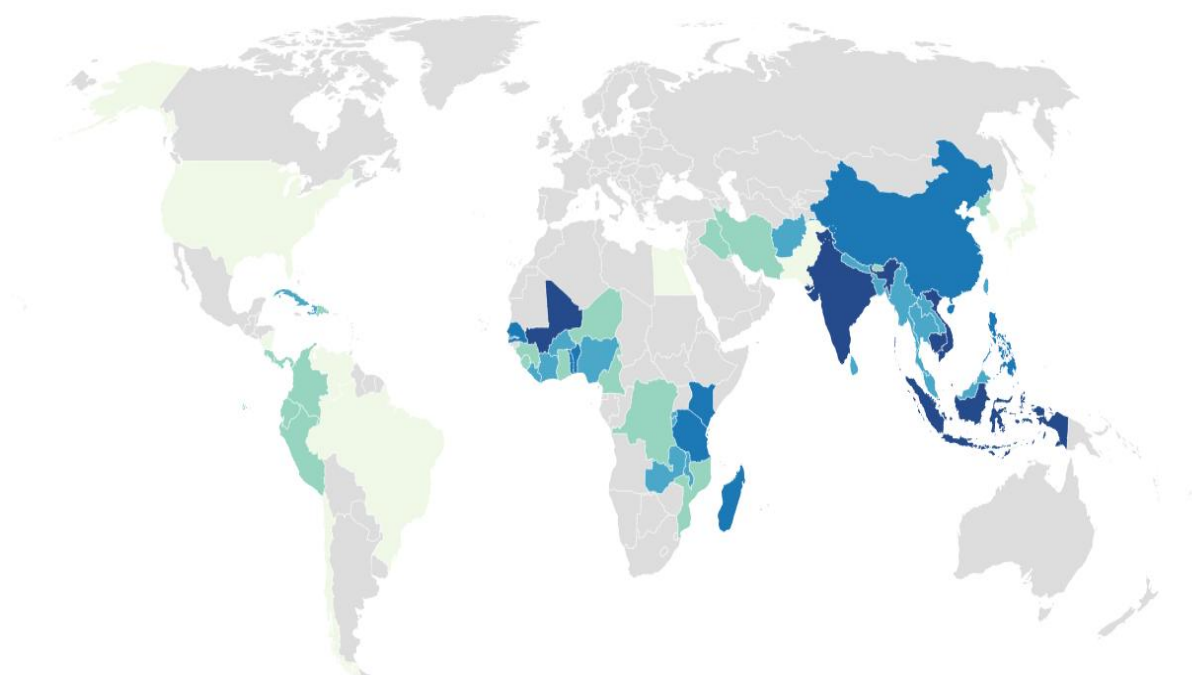
Les engrais chimiques peuvent être utilisés au besoin. En général, il est recommandé d'en appliquer 25 -50% de la dose usuelle d'urée et de NPK, dépendant de la nature du sol. Tandis que le NPK est utilisé à la préparation du sol, l'urée doit être appliqué 15-20 jours après le semis et pendant l'initiation paniculaire (IP) qui coïncide avec le début de l'élongation des entrenœuds.

Dans certaines conditions, le SRI intègre le placement profond de l'urée super granulée (USG) à raison de 72 kg d'urée par hectare seulement au lieu des 200 kg (92 unités N) habituellement utilisés en conventionnel soit un gain de près de 65% d'engrais azoté.

Le SRI peut être classé parmi les pratiques d'intensification agricole durable puisque l'utilisation de l'eau, des engrais organiques et des produits agrochimiques est réduite (Uphoff & Kassam, 2009). La réduction de l'utilisation de produits agrochimiques peut améliorer la santé du sol et la qualité de l'eau, ce qui constitue un moyen de minimiser l'augmentation de l'azote réactif dans le sol et l'eau, ce qui améliore la durabilité de l'environnement naturel (Uphoff, 2015). Les principes fondamentaux de SRI interagissent les uns avec les autres pour créer un changement synergique dans le mode de culture des plants de riz (CORAF/WECARD, 2014) ce qui donne le statut de « technologie de production de riz améliorant le rendement et économisant les ressources » (Dass, Kaur, Choudhary, Pooniya, Raj, & Rana, 2015).

3.6 . Adoption géographique de SRI dans le monde et au Mali en fonction des systèmes de culture

Le Système de Riziculture Intensif, ou SRI, est une méthode agroécologique de production de riz qui a été développée au Madagascar dans les années 1980 par essais et erreurs. À la fin des années 1990, le SRI est désormais pratiqué dans les fermes de recherche et les champs des agriculteurs dans environ 60 pays à travers le monde (Dass et al., 2015), et est maintenant pratiqué par des dizaines de millions de riziculteurs à travers le monde (SRI-Rice, 2024). Le SRI est désormais la principale approche agroécologique de la riziculture dans le monde et devient un outil important alors que les pays se tournent vers leurs secteurs agricoles pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et se prémunir contre les futurs chocs climatiques (SRI-Rice, 2024). La figure 1 est une carte montrant les niveaux relatifs d'adoption dans différents pays du monde et a été élaborée sur la base de rapports, d'articles scientifiques, de visites sur le terrain et de correspondance directe du Centre de réseautage et de ressources SRI (SRI-Rice) de l'Université Cornell et de chercheurs affiliés (SRI-Rice a, 2024).



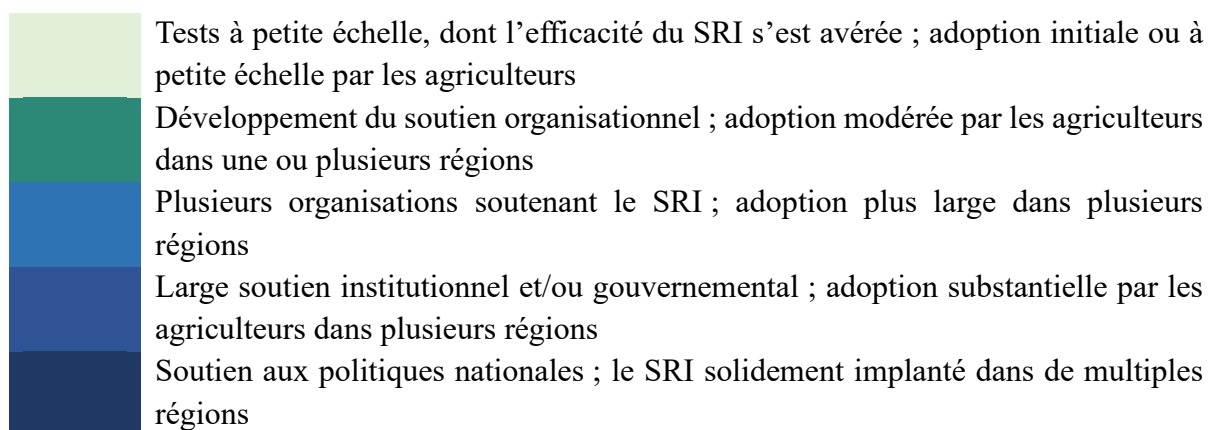


Figure 1 : Adoption du SRI par les agriculteurs à travers le monde entier

Source : Modifier à partie www.alamyimages.fr/carte-du-monde

3.7. Le SRI et la sécurité alimentaire et nutritionnelle

La sécurité alimentaire est simplement définie comme la capacité des individus à obtenir suffisamment de nourriture quotidiennement. Le concept de sécurité alimentaire a évolué au fil du temps. La définition la plus acceptée de la sécurité alimentaire est celle du Sommet mondial de l'alimentation de 1996, qui définit la sécurité alimentaire comme une situation dans laquelle tous les individus ont à tout moment accès à une nourriture suffisante, saine et nutritive ; que l'accès à la nourriture englobe des aspects physiques, sociaux et économiques ; cet aliment doit répondre à leurs besoins nutritionnels pour une vie productive (FAO, 2003). Cette définition met en évidence quatre piliers de la sécurité alimentaire qui sont la disponibilité, l'accessibilité, l'utilisation et la stabilité. En 2020, le rapport du Groupe d'experts de haut niveau a proposé deux dimensions supplémentaires à ces quatre piliers de la sécurité alimentaire pour en faire six. Ces deux dimensions supplémentaires incluent l'action et la durabilité (HLPE, 2020).

Le lien entre la sécurité alimentaire et une technologie agricole peut être établi à travers une ou plusieurs des dimensions de la sécurité alimentaire. La littérature sur le SRI aborde majoritairement le lien entre le SRI et la sécurité alimentaire et nutritionnelle à travers l'augmentation de la productivité du revenu et la diminution du coût de production (Tampubolon, Simanungkalit, Ritha, & Tampubolon, 2021 ; Macalou et al., 2020 ; Hayat, Khalikov, Izzatov, Karimov, & Gulmadov, 2019 ; Agarwal & Kumar, 2017 ; Dass et al., 2015 ; Varma, 2017) ; Gathorne-Hardy et al., 2016 ; Dahal, 2014 ; Palanisami et al., 2013 ; Haldar et al., 2012). Ces études se basent sur l'hypothèse que l'amélioration de la production et la réduction des coûts de production contribuent directement à l'amélioration de la sécurité alimentaire et indirectement à travers l'augmentation des revenus et renforcent ainsi la résilience des petits producteurs.

Le SRI est une méthode respectueuse de l'environnement et de l'écologie qui augmente la productivité et l'efficacité de l'utilisation des ressources du riz irrigué en modifiant la manière de gérer le sol, les plantes, l'eau et les nutriments. Un rendement record de 19 tonnes/ha a été signalé par la Chine, tandis qu'en Inde, des augmentations de rendement de 50 à 100 % ont été signalées par rapport à la culture conventionnelle du riz. Selon la notion générale, le SRI n'est pas spécifique à un cultivar (Dass et al., 2015). Cependant, au Mali, Macalou, (2020) et Mariko

et al., (2019) ont trouvé que les adoptants du SRI ont un rendement plus élevé que leurs homologues non adoptants de SRI. Au Mali, l'augmentation de rendement pour le SRI est de 35 à 100 % par rapport à la moyenne conventionnelle avec un rendement variant de 4 à 12 t/ha et une moyenne de 8 t / ha (Rapport CIV, 2016).

Hayat et al., (2019) ont mené une étude sur le SRI dans le cadre de l'amélioration de la sécurité alimentaire et l'augmentation des revenus des petits exploitants agricoles au Tadjikistan. Ils ont trouvé que la productivité du riz augmente jusqu'à 60 % en utilisant la technologie SRI comparativement aux méthodes traditionnelles de production de riz. Ils concluent que le Tadjikistan souffre de carence alimentaire et est écologiquement fragile, avec une disponibilité limitée de terres et d'eau pour les cultures, les pratiques intelligentes face au climat dans les SCI offrent le potentiel de soutenir les gains de productivité et la restauration des systèmes agroécologiques dans les zones rurales. Tampubolon, Simanungkalit, Ritha, & Tampubolon (2021) concluent qu'en Indonésie, la production de riz de bas-fond utilisant la méthode SRI peut augmenter la productivité jusqu'à 62 % (8,75 tonnes/ha).

En Inde, Agarwal & Kumar (2017) ont constaté que les principales raisons pour lesquelles les riziculteurs ont adopté le SRI étaient : (i) faibles besoins en eau, (ii) rendement plus élevé, (iii) montant d'argent reçu du gouvernement comme motivation, et (iv) faible demande d'engrais et de semences. Ces résultats ont été confirmés par une étude comparative entre le SRI et les systèmes de production de riz conventionnels (CRPS) au Bengale occidental (en Inde) réalisée par Haldar et al. (2012) qui ont conclu que le SRI a un rendement total des dépenses plus élevé que le CRPS.

Dahal (2014) passe brièvement en revue la situation actuelle du SRI au Népal et ses avantages, ainsi que ses limites et ses critiques. Ils ont conclu que les pratiques SRI présentent de nombreux avantages tels que l'augmentation de la productivité ; réduire les besoins en eau ; réduire le coût de la culture ; offrir aux cultures une résistance aux stress biotiques et abiotiques ; améliorer l'état du sol ; et réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Cependant, Berkhout et al. (2015) ont examiné 345 documents, notamment des articles évalués par des pairs, des rapports et des documents officiels, etc. Ils ont indiqué que l'impact de l'adoption du SRI sur les moyens de subsistance (revenus, état de sécurité alimentaire et santé) des agriculteurs reste limité.

Les rares études abordant le lien entre le SRI et la sécurité alimentaire et nutritionnelle incluent (Macalou et al., 2020 ; Berkhout et al., 2015 ; Singh, Feroze, Ray, Singh, & Muliari, 2017).

Macalou et al. (2020) ont mené une étude sur l'impact de l'adoption du SRI sur la sécurité alimentaire des ménages du Mali. Dans leur étude, ils ont utilisé l'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire des ménages (HFIAS) pour classer les ménages en sécurité alimentaire et en insécurité alimentaire. Les résultats ont montré que pour l'échantillon, 30,07% des ménages étaient en sécurité alimentaire, pour les ménages adoptants le SRI, 53,11% étaient en sécurité alimentaire contre 16,03% des ménages des non-adoptants du SRI.

Singh, Feroze, Ray, Singh, & Muliari (2017) ont examiné l'état nutritionnel comparatif des riziculteurs pratiquants le SRI contre leurs homologues qui ne le pratiquent pas (non pratiquants

du SRI) dans deux districts (South et West Tripura) en Inde. Les indicateurs de sécurité des moyens de subsistance donnés dans le modèle (CARE, 1996) ont été utilisés pour élaborer l'indice nutritionnel des ménages SRI et non SRI. L'étude a révélé que la qualité de vie en termes de santé et de consommation alimentaire en termes d'apport calorique des ménages SRI s'est avérée meilleure que celle des ménages non SRI. La consommation alimentaire par habitant en termes de produits était plus diversifiée dans les ménages SRI, ce qui a montré un déplacement de la consommation alimentaire vers des aliments de grande valeur tels que la viande, le poisson et les noix. Par conséquent, cela a amélioré l'apport calorique des ménages SRI par rapport aux ménages non SRI de l'État. Par conséquent, la pratique du SRI a sa nouveauté pour améliorer la sécurité nutritionnelle, mais l'État a encore beaucoup de potentiel pour l'améliorer car l'État est en retard en ce qui concerne l'apport calorique par rapport à la consommation au niveau national. L'étude suggère que la pratique du SRI a un grand potentiel pour améliorer la production de riz, ce qui conduit à améliorer les moyens de subsistance et les revenus des agriculteurs et, par conséquent, contribue à améliorer la sécurité nutritionnelle des ménages.

3.8. Avantages de SRI dans le monde et au Mali

Le système de riziculture intensive (SRI) offre plusieurs avantages significatifs, tant sur le plan agricole qu'environnemental et socio-économique. Les principales raisons qui ont poussé les riziculteurs à adopter le SRI étaient les faibles besoins en eau, le rendement plus élevé, le montant d'argent reçu du gouvernement comme motivation, la faible demande d'engrais et de semences et le faible coût des intrants (Agarwal & Kumar, 2017)

Taille des parcelles

Les agriculteurs échantillonnés étaient de petits producteurs de riz avec une taille moyenne de parcelle inférieure à deux hectares (1,25 ha). La taille moyenne des parcelles des adoptants du SRI (0,87 ha) était plus petite que celle des non-adoptants du SRI (1,47). Ce résultat pourrait s'expliquer par la forte présence des femmes parmi les adeptes de SRI (44%). Dans la zone d'étude, la terre appartient aux hommes et les femmes sont marginalisées en termes d'accès à la terre. Agarwal & Kumar (2017) ont analysé le profil socio-économique des riziculteurs en Inde. Ils ont également constaté que la parcelle moyenne SRI (1,2 acre) était plus petite que la parcelle moyenne non SRI (1,54 acre).

La décision d'adopter le SRI a été influencée positivement par les syndicats. L'explication plausible de ce résultat pourrait être le fait que le SRI est une technologie à forte intensité de main d'œuvre. Une comparaison avec des études antérieures a montré qu'une relation positive entre le travail et l'adoption de l'ISR a également été trouvée par certains chercheurs (Varma, 2017 ; Palanisami et al., 2013 ; et Noltze et al., 2012).

La préparation du sol

Selon Zotoglo et Kouyaté (2011), il est important de bien préparer le sol afin d'obtenir un bon rendement en général, mais dans le cas du SRI, cette opération est essentielle en raison du développement remarquable des racines. Les 20 premiers cm du sol doivent être ameublir. Le labour, la mise en boue et le planage de la parcelle sont les différentes opérations à effectuer. Il est nécessaire de commencer ces différentes opérations un mois à l'avance et de les terminer une semaine avant le repiquage.

La mise en place de la culture

La mise en place de la culture est décrite comme : (i) Attention particulière aux jeunes plants ; (ii) Transport des plants jusqu'au champ principal ; (iii) État du terrain avant la transplantation ; (iv) Nombre de plants par poquet ; et (v) Placement des plants (Japan Association of the System of Rice Intensification, 2012).

✓ Attention particulière aux jeunes plants

Il est recommandé de transplanter les jeunes plants âgés de 6 à 12 jours selon la méthode SRI. Le plus grand soin doit être pris lors du transport des semis du lit de pépinière jusqu'à la transplantation sans subir de « choc ». Le plant ne doit pas être endommagé ni lors du déracinement, ni lors du repiquage dans le champ principal.

✓ Transport des plants jusqu'au champ principal

Avec la méthode SRI, les plants seraient très petits. Une tôle feuille est donc poussée 10 cm sous la pépinière et soulevée sur la tôle feuille. Cela signifie que les plants ainsi que la terre sont déposés sur la tôle feuille. Celui-ci peut être transporté jusqu'au champ principal sur la tôle feuille elle-même ou transféré dans un panier en osier. Lorsque la pépinière est élevée dans des plateaux en plastique ou des feuilles de tronc de bananier, elles peuvent être transportées avec eux.

✓ État du terrain avant la transplantation

La rizière principale doit être humide mais sans eau stagnante. Si nécessaire, une légère irrigation peut être prévue avant la transplantation. Cinq (5) jours après la transplantation, une légère irrigation doit être assurée. Le jour d'irrigation légère différera selon l'état du sol.

✓ Nombre de plants par poquet

Un seul semis par poquet est recommandé comme norme. Cependant, s'il y a le moindre doute quant à la survie de la plante, deux (2) plants peuvent être repiqués par poquet. La transplantation de trois (3) plants par poquet ou plus n'est pas recommandée du point de vue des économies de coûts et de main d'œuvre. Il convient de noter que le rendement total en paddy d'une parcelle est presque le même entre la transplantation d'un, deux et trois plants par poquet.

✓ Placement des plants

Pour le repiquage SRI, les plants doivent être soigneusement placés au point d'intersection sur la surface du paddy à une position peu profonde (moins de 1,5 cm de profondeur) avec les racines formant un « L ». Après avoir placé un plant dans la bonne position, le sol doit être recouvert avec les doigts sur la racine étendue.

Semences et choix des variétés

Le SRI est un ensemble de pratiques agronomiques basées sur des connaissances scientifiques qui permettent à la plante d'exprimer son potentiel en termes de croissance ainsi que de performance quelles que soient les variétés de riz (Uphoff & Kassam, 2009). Uphoff (2006) affirme qu'il n'est pas nécessaire d'avoir différentes variétés ni d'acheter des intrants externes. Applicable à n'importe quelle variété : les méthodes SRI ont entraîné une augmentation de la productivité des cultures pour les hybrides, les variétés à haut rendement, les variétés locales et indigènes (Uzzaman et al. 2015). Les méthodes SRI sont idéales pour la production de

semences, car avec un rendement plus élevé et des besoins réduits en semences, le taux de multiplication des semences peut dépasser 1 000x avec le SRI, contre 90 à 100x avec les méthodes standard (Styger 2013).

Le SRI nécessite moins de semences, car les plants sont espacés de manière plus large. Parmi les avantages comparatifs du SRI par rapport à la pratique conventionnelle, figure la réduction de la quantité de semence jusqu'à hauteur de 84% (Rapport CIV, 2016). Hayat et al. (2019) ont conclu que l'utilisation de semences par les agriculteurs a été considérablement réduite dans le cadre du SRI. Dans la vaine d'idée, Tampubolon, Simanungkalit, Ritha, & Tampubolon (2021) ont affirmé que les coûts d'utilisation des semences diminuent de 75 à 80 % (10 kg/ha) avec la pratique du SRI en Indonésie.

Le SRI et la production des semences

Un «système semencier» est "un ensemble d'acteurs interdépendants dans la production des semences, y compris le sélectionneur, le semencier, le contrôleur et le distributeur des semences." G. Thiele (27:83-99 développement dans le monde).

Deux grands types sont reconnus: les systèmes semenciers formels et les systèmes semenciers locaux ou informels. Dans le système formel, les règles rigides de production, de contrôle et de certification des semences sont imposées alors que dans un système informel, les règles écrites n'existent point.

Le SRI dans ses principes et ses pratiques permettent d'optimiser la production des semences et le suivi des parcelles en appliquant les règles établies. Les plants espacés et le bon développement végétatif permet une inspection facile et des composantes de rendement adéquates.

Des essais ont été conduits à Mopti, Gao et Tombouctou afin de comparer les poids 1000 grains dans un système conventionnel et le SRI. Ce paramètre est très important dans la production des semences pour avoir une semence dense. Il a été conclu qu'aucune différence significative entre le SRI et la pratique paysanne dans les régions de Mopti et Gao quel que soit la variété cultivée. Cependant dans la région de Tombouctou la pratique du SRI semble améliorer le poids de 1000 grains. Il a été noté 29 g pour le SRI et 27 g pour la pratique conventionnelle quel que soit la variété utilisée (Coulibaly et Dolo, 2009). En 2021, la variété ARICA 3 était en multiplication au centre régional de la recherche agronomique de Mopti en utilisant le SRI. Cette expérience a mis en évidence la performance de ARICA 3 sous SRI.

Main d'œuvre

La description de la pratique du SRI dans la littérature (SRI-Rice b, 2024 ; Varma, 2017 ; Uphoff, 2015 ; CORAF/WECARD, 2014 ; Palanisami et al. 2013 ; Noltze et al. 2012) permet de déduire les avantages suivants pour la main d'œuvre : (i) réduction de la Charge de Travail Physique et (ii) amélioration des Conditions de Travail. La charge de travail physique est réduite à travers le repiquage de jeunes plants à des intervalles plus larges permet une réduction de la densité des plants, ce qui facilite l'accès pour le désherbage et autres travaux, diminuant ainsi l'effort physique nécessaire. Les Conditions de Travail s'améliorent à travers (i) les techniques

de culture (Le SRI favorise une aération régulière du sol et une gestion de l'eau plus efficace, ce qui rend les champs moins boueux et plus faciles à travailler) et (ii) les outils et méthodes (l'utilisation d'outils adaptés pour le repiquage et le désherbage manuel peut rendre le travail moins pénible).

Gestion des adventices

Les différentes composantes du SRI décrites par la littérature (SRI-Riceb, 2024 ; Varma, 2017 ; Uphoff, 2015 ; CORAF/WECARD, 2014 ; Palanisami et al. 2013 ; Noltze et al. 2012) permettent de gérer des adventices (mauvaises herbes). Les différentes composantes du SRI qui facilitent la gestion des adventices sont (i) espacement des plantes (le SRI recommande de planter les jeunes plants de riz à des intervalles plus larges que dans les méthodes traditionnelles. Cet espacement plus important facilite l'accès pour le désherbage manuel et mécanique) ; (ii) réduction de la compétition (Avec des plants plus espacés, les adventices ont moins d'ombre et de compétition avec les plants de riz, ce qui peut réduire leur croissance) ; (iii) repiquage précoce (les plants de riz sont repiqués très jeunes (8 à 12 jours) et ils développent rapidement un système racinaire robuste. Ces plants plus vigoureux peuvent mieux concurrencer les adventices) ; (iv) gestion de l'eau à travers l'irrigation Intermittente (le SRI utilise une technique d'irrigation alternant des périodes humides et sèches. Les conditions sèches périodiques sont moins favorables à la croissance des adventices aquatiques, ce qui aide à les contrôler) ; (v) désherbage manuel et mécanique (le SRI encourage le désherbage manuel ou mécanique régulier, souvent avec des outils comme les sarceuses à roulettes, qui aèrent également le sol en même temps. Le désherbage mécanique aide à aérer le sol, ce qui améliore la santé et la croissance des plants de riz).

Cependant, le SRI offre un certain nombre d'avantages pour la Gestion des Adventices qui sont les suivants :

- ✓ Réduction de l'Usage de Produits Chimiques : Le désherbage manuel et mécanique réduit la dépendance aux herbicides, diminuant les coûts et les impacts environnementaux négatifs.
- ✓ Amélioration des Rendements : Une meilleure gestion des adventices permet aux plants de riz de bénéficier de plus de nutriments, d'eau et de lumière, ce qui peut augmenter les rendements.
- ✓ Durabilité et Santé du Sol : Les pratiques de désherbage et d'aération améliorent la structure et la fertilité du sol à long terme.

Fertilisation

Le SRI n'est pas nécessairement une pratique de production « biologique », bien qu'il soit recommandé d'appliquer autant de matière organique aux champs SRI. Le P. Laulanié a utilisé des engrais minéraux lors du développement du SRI dans les années 1980 ; cependant, lorsque les subventions aux engrais ont pris fin à la fin de la décennie, le compost a été utilisé à la place et il a découvert que lorsque les autres méthodes SRI sont utilisées avec le compost, les meilleurs résultats pourraient être obtenus (les coûts de production des agriculteurs pourraient également être réduits) en s'appuyant entièrement sur la matière organique pour la fertilisation des sols (Uphoff & Kassam, 2009).

La matière organique est la nourriture des micro-organismes du sol. Lorsque le sol regorge de micro-organismes, les nutriments nécessaires à la plante seront facilement disponibles. Lorsque le sol est riche en micro-organismes, la plante pousse sainement, développe une résistance aux ravageurs et aux maladies et produit des rendements plus élevés. Il faudrait donc adopter des méthodes visant à améliorer la fertilité des sols. L'application de fumier de ferme/compost (10 à 20 tonnes/ha) et/ou d'engrais vert est recommandée (Japan Association of the System of Rice Intensification, 2012 ; Zotoglo et Kouyaté, 2011). La fumure organique contribue à l'enrichissement du sol et à son amélioration, en particulier dans les zones irriguées où le lessivage du sol est très important en raison de la quantité d'eau utilisée et du mauvais drainage (Zotoglo et Kouyaté, 2011). L'application de la fumure avant de labourer le sol est recommandée pour l'enfouissement de la fumure dans le sol.

Les engrais organiques influencent positivement l'adoption du SRI. L'un des avantages des pratiques SRI mentionnés dans la littérature est la réduction des coûts de production du riz grâce à l'utilisation d'intrants locaux comme les engrais organiques (Uphoff & Dazzo, 2016 ; CORAF/WECARD, 2014 ; Uphoff & Kassam, 2009). Des évidences empiriques montrent que le rendement du riz pour les adoptants du SRI est influencé positivement par l'utilisation de l'engrais inorganique (Mariko et al., 2019 ; Noltze et al., 2013).

Gestion de l'eau

Traditionnellement, la méthode d'irrigation par inondation est utilisée pour la culture du paddy avec 2 à 3 centimètres d'eau sur le champ pendant toute la période de croissance (Reddy et al., 2005). L'agriculture représente 80 pour cent de la consommation totale d'eau en Inde et environ 60 pour cent sont consommés par le paddy seul (Reddy et al., 2005). L'expérience du SRI montre que les agriculteurs qui cultivent du riz irrigué avec une inondation continue de leurs rizières gaspillent de grandes quantités d'eau depuis des siècles, voire des millénaires. Avec le SRI, il est possible de produire davantage de riz en utilisant moins d'eau, à condition que des changements simultanés soient apportés à la manière dont les plantes, les sols et les nutriments sont gérés (Uphoff et Randriamiharisoa, 2002). Reddy et al. (2005) ont conclu que le principal avantage du SRI réside dans l'économie d'eau plutôt que dans l'amélioration du rendement (Reddy et al., 2005). Uphoff et Randriamiharisoa (2002) ont passé en revue l'idée répandue selon laquelle le riz est une plante aquatique ou au moins hydrophile, ce qui est contredit par l'expérience du SRI.

Le système d'intensification du riz (SRI) améliore le rendement avec moins de besoins en eau. Cette affirmation a été étudiée empiriquement par certains chercheurs. Thakur, Mohanty, Patil,

& Kumar (2014) ont évalué l'impact de la gestion de l'eau sur le rendement et la productivité de l'eau avec le système de riziculture intensive (SRI) et le système conventionnel de repiquage du riz (CTS). Ils ont conclu que dans l'ensemble, en moyenne sur cinq régimes d'eau évalués (continuum depuis l'inondation continue jusqu'aux applications d'eau 1, 3, 5 ou 7 jours après la disparition de l'eau accumulée), la pratique SRI a produit un rendement en grains 49 % plus élevé avec 14 % d'eau en moins que sous CTS ; dans le cadre du SRI, la productivité de l'eau a augmenté de 73 %. Narayanamoorthy & Jothi (2019) ont analysé les avantages du SRI en matière d'économie d'eau et de productivité : une étude des milieux irrigués par des réservoirs, des canaux et des eaux souterraines dans le sud de l'Inde. Leur étude a montré qu'en adoptant la méthode SRI, les agriculteurs peuvent économiser environ 40 % d'eau d'irrigation. Jagannath, Pullabhotla, & Uphoff (2013) ont évalué l'utilisation de l'eau, les économies d'eau et la productivité de l'eau dans la production irriguée de riz avec le SRI par rapport aux méthodes de gestion standard. Ils ont réalisé une méta-analyse à partir des données de 29 études publiées comparant les méthodes SRI et non SRI pour la production de riz irrigué, qui avaient rapporté les résultats d'un total de 251 essais comparatifs. Leurs résultats montrent que la consommation totale moyenne d'eau dans les essais de gestion SRI était de 12,03 millions de litres ha⁻¹, contre 15,33 millions de litres ha⁻¹ lorsque des méthodes plus conventionnelles étaient utilisées, y compris l'inondation continue des rizières. Cette économie totale moyenne d'eau de 3,3 millions de litres ha⁻¹ représente une économie d'eau de 22 %. Dans les 17 études qui ont spécifiquement rapporté et analysé l'irrigation et pas seulement la consommation totale d'eau, les applications d'eau d'irrigation étaient en moyenne de 7,2 millions de litres ha⁻¹ avec une gestion SRI, contre 11,1 millions de litres ha⁻¹ avec une pratique non SRI, soit une réduction de 3,9 millions de litres ha⁻¹ (35%). L'efficacité totale de l'utilisation de l'eau (TWUE) s'est avérée 52 % plus élevée avec l'utilisation de la plupart des méthodes SRI.

Gestion des nuisibles

Les rizières SRI peuvent maintenir leur productivité dans des conditions défavorables, notamment les variations climatiques, la sécheresse, les tempêtes, la pression des ravageurs et des maladies (Styger, & Uphoff, 2016). L'espacement plus large et l'utilisation d'engrais organiques pour le SRI entraînent une croissance saine des plantes et l'incidence des ravageurs et des maladies est naturellement faible (Japan Association of the System of Rice Intensification, 2012). Pathak, Shakywar, Sah, & Singh (2012) ont analysé la prévalence des insectes ravageurs, ennemis naturels et maladies rizicoles dans la région du Nord-Est de l'Inde. Leur résultat indique la prévalence du coléoptère bleu, du ver de cas, du dossier foliaire et du bug gundhi/m² était plus faible dans le SRI que dans le système traditionnel. La présence d'ennemis naturels comme les libellules et les araignées-loups était plus élevée dans le SRI, tandis que la population de demoiselles et de coccinelles était plus faible dans le SRI par rapport au système traditionnel. Parmi toutes les maladies, le souffle était plus faible dans le SRI. La prévalence d'autres maladies fongiques, à savoir la brûlure de la gaine, la tache brune et le faux charbon, était plus faible dans le système SRI que dans le système traditionnel. Parmi les maladies bactériennes, l'incidence de la brûlure bactérienne des feuilles s'est avérée plus faible avec le SRI par rapport au système traditionnel.

Gestion des récoltes

Le Système de Riziculture Intensive (SRI) influence la gestion des récoltes de manière significative à travers l'uniformité de Maturation de la récolte et la réduction post-récolte. Grâce à des pratiques de plantation espacée et à une meilleure gestion de l'eau et des nutriments, les plants de riz cultivés sous SRI tendent à mûrir de manière plus uniforme. Cela facilite la planification de la récolte. L'espacement plus large est un élément important du SRI et la plupart des études examinées ont montré que 25 cm × 25 cm et 20 cm × 20 cm constituaient un espacement idéal pour un rendement, une absorption des nutriments et une qualité de grain plus élevés dans le cadre du SRI. En général, les accumulations de nutriments et la qualité des grains diffèrent selon les cultivars. Cet effet est encore plus prononcé par la méthode SRI (Dass et al., 2015). Une croissance racinaire plus élevée, une activité racinaire, une sénescence lente des feuilles, une teneur plus élevée en chlorophylle, des taux de photosynthèse et un transport efficace des assimilés de la source au puits ont été considérés comme des facteurs importants pour contribuer directement ou indirectement à la meilleure qualité des grains des variétés sensibles à la gestion SRI. (Satyanarayana et al., 2007). Le riz de meilleure qualité est moins susceptible de se détériorer pendant le stockage. Les agriculteurs doivent néanmoins s'assurer que les conditions de stockage sont optimales pour maintenir cette qualité.

Transformation

Le système de riziculture intensive (SRI) affecte non seulement la culture du riz, mais a également des implications significatives sur les processus de transformation après récolte. Les grains de meilleure qualité récoltés réduisent la proportion de grains brisés ou de faible valeur. Cela réduit les pertes post-récolte et améliore la valeur marchande du riz. En termes de déduction à partir de la littérature, le SRI peut impacter le processus de transformation et la chaîne de valeur riz au sens large à travers :

✓ Qualité des grains de riz

Les études ont montré qu'un plan de meilleure qualité induit un grain plus équilibré, riche et complexe. Les grains sont plus denses. Une tasse de riz SRI est plus lourde qu'une tasse de la même variété conduite en conventionnel. Le taux de protéines est supérieur, le taux de sucre inférieur, le taux en antioxydants supérieur (file:///C:/Users/PC/Downloads/le%20riz%20SRI-3.pdf).

- Qualité des grains améliorée : les pratiques SRI conduisent à des plantes plus saines et à une meilleure qualité des grains, avec des grains de riz plus uniformes et de meilleure qualité. Il en résulte moins de grains cassés lors du broyage, ce qui améliore la qualité globale du produit final.
- Valeur nutritionnelle : Le riz produit à l'aide du SRI a souvent une valeur nutritionnelle plus élevée en raison des pratiques agricoles biologiques et durables utilisées, ce qui peut constituer un argument de vente sur les marchés soucieux de leur santé.

✓ Traitement post-récolte

- Réduction des pertes après récolte : L'uniformité et la qualité des grains de riz récoltés grâce aux pratiques SRI peuvent entraîner une réduction des pertes pendant le séchage, la mouture et le stockage. Les grains les plus robustes et les plus uniformes sont moins susceptibles de subir des dommages au cours de ces processus.

- Efficacité de la mouture : L'amélioration de la qualité des grains signifie que les processus de mouture peuvent être plus efficaces, avec des taux de récupération plus élevés des grains entiers. Cela peut augmenter la rentabilité des meuniers et réduire les déchets.
- ✓ Stockage et conservation
 - Meilleure stabilité au stockage : les grains de meilleure qualité issus des méthodes SRI sont moins sujets à la détérioration et aux infestations de parasites, ce qui conduit à une meilleure stabilité au stockage. Le riz SRI correctement séché et stocké peut avoir une durée de conservation plus longue, réduisant ainsi les risques de pertes après récolte.
 - Réduction des mycotoxines : L'utilisation réduite d'engrais chimiques et de pesticides dans le SRI peut réduire le risque de contamination par les mycotoxines, ce qui est bénéfique pour la sécurité et la qualité des aliments.
- ✓ Qualité marchande et valeur ajoutée
 - Prix plus élevés : En raison de la qualité supérieure et de la nature potentiellement biologique du riz SRI, les agriculteurs peuvent souvent obtenir des prix plus élevés sur le marché. Les consommateurs sont prêts à payer plus pour un riz produit de manière durable et ayant une valeur nutritionnelle plus élevée.
 - Image de marque et certification : le riz SRI peut être commercialisé comme un produit haut de gamme, surtout s'il est certifié biologique ou durable. Cela ouvre des opportunités de branding et de différenciation sur le marché.

Le SRI et le changement climatique

. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) s'attend à ce que les rendements agricoles diminuent de 15 % d'ici à 2050 du fait de la crise climatique, raison pour laquelle elle promeut une agriculture respectueuse du climat. La culture du riz par l'irrigation continue traditionnelle est l'une des causes principales des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette technique déclenche une respiration microbienne anaérobie dans le sol, aboutissant à la production et à la libération de méthane (CH₄), l'un des puissants GES responsables du changement climatique.

L'agriculture émet les trois gaz à effet de serre mentionnés, soit le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O). Ces gaz diffèrent cependant par leur capacité d'emprisonner la chaleur. Tonne pour tonne, le CH₄ est plus de 20 fois plus efficace sur ce plan que le CO₂; dans le cas du N₂O, cette supériorité est d'environ 300 fois (<https://agriculture.canada.ca/fr/environnement/gaz-effet-serre>).

Le SRI encourage plus l'utilisation de compost et d'autres amendements organiques au lieu d'engrais chimiques et de pesticides, réduisant ainsi les coûts et les impacts environnementaux négatifs liés à l'utilisation intensive de produits chimiques agricoles. Les plantes cultivées selon les principes du SRI tendent à être plus robustes et résilientes face aux conditions climatiques extrêmes telles que la sécheresse, les inondations, et les attaques de ravageurs. Cela est dû à un système racinaire plus développé et à une meilleure aération du sol. Selon Ramasamy (2013), le SRI constitue une stratégie d'adaptation au changement climatique à travers (i) la durée de la production qui est plus courte, (ii) l'économie d'eau au niveau de l'exploitation,

principalement grâce à l'irrigation alternée, et (iii) tolérance aux stress abiotiques (sécheresses, canicules, coups de froid, vents) et biotiques (ravageurs et maladies). Cependant, selon ce même auteur (Ramamamy, 2013), le SRI constitue une stratégie d'atténuation au changement climatique à travers (i) la réduction des émissions de méthane des rizières qui sont principalement produites par le régime hydrique et les apports organiques car les inondations provoquent des émissions de méthane et les apports organiques stimulent les émissions de méthane tant que les champs restent inondés ; (ii) l'irrigation intermittente peuvent réduire les émissions de méthane de 40 % ; (iii) le maintien des conditions de sol presque saturées peut favoriser la libération de N₂O ; et (iv) le carbone organique du sol diminue après le passage d'un système inondé à un système non inondé. Gathorne-Hardy et al. (2016) ont constaté qu'avec le SRI, les émissions de gaz à effet de serre diminuent de 40 %, l'utilisation des eaux souterraines diminue de 60 % et l'énergie fossile diminue de 74 %/kg.

Les études réalisées par Bibata en 2021 au Niger en ont montré une réduction des émissions de GES de -2,43t CO₂eq de méthane sur le SRI, comparativement à la pratique conventionnelle dont les émissions ont augmenté de 2,66t CO₂eq.

Selon les études conduites en 2022 par Mboyerwa et al. , Le SRI a réduit les émissions de méthane et de dioxyde de carbone de 59,8 % et 20,1 % par rapport à la pratique conventionnelle. Le SRI a réduit les émissions de méthane de 59,8 % par rapport au CP. La quantité relativement faible d'émissions de CH₄ provenant des traitements SRI était due aux conditions partiellement aérobies du sol en raison des cycles alternés de gestion de l'eau de mouillage et de séchage utilisés au cours de l'expérience. L'interaction du SRI et du traitement à 90 kg N ha⁻¹ (SRI90N) a été enregistré. Un rendement en grains plus élevé (8,1, 7,7 t ha⁻¹) avec un faible potentiel de réchauffement climatique saisonnier (GWP) (3 478 et 3 517 kg CO₂ e ha⁻¹) et une faible intensité de gaz à effet de serre (0,42, 0,45 kg CO₂ e par kg de paddy) par rapport aux autres traitements en saison humide et sèche, respectivement. Il ressort de la même étude que le SRI avec 90 kg de N était le traitement présentant un potentiel d'atténuation et un potentiel de réchauffement planétaire (PRP)réduit sans compromettre le rendement du riz.

Le SRI et le genre

Le système de riziculture intensive (SRI) a des implications significatives sur la dynamique de genre dans l'agriculture, en particulier dans les zones rurales où la riziculture constitue un moyen de subsistance majeur. Les travaux de repiquage sont généralement réservés aux jeunes et aux femmes dans la plupart des pays africains. Pour ce faire le repiquage a un brin est pénible, mais avec la mécanisation des travaux, cela pourrait faciliter la tâche à ces couches de la population. L'étuvage du riz est généralement un travail de choix pour les groupements de femmes. L'amélioration de la qualité du grain avec le SRI va augmenter leur revenu avec la réduction des pertes pendant les opérations de nettoyage et de trempage. Les limitations financières des riziculteurs pour pouvoir s'offrir des intrants externes (semences améliorées et engrais) étaient à l'origine du SRI. L'objectif du SRI est d'aider les agriculteurs à produire davantage de riz en utilisant des intrants locaux comme des engrais organiques et des semences tout en réduisant l'utilisation d'eau et de semences. La réduction des coûts des semences dans le cadre du SRI peut attirer les agriculteurs, en particulier dans le cas de matériel végétal amélioré coûteux (Berkhout et al., 2015). Les partisans du SRI soutiennent que le SRI est une

technologie favorable aux pauvres car les agriculteurs peuvent obtenir des rendements de riz plus élevés (Agarwal & Kumar, 2017 ; Nayak et al., 2016 ; Gathorne-Hardy et al., 2016 ; Ly et al., 2012 ; Styger et al., 2011) sans recourir à des intrants coûteux comme du matériel végétal amélioré ou des engrais inorganiques (Barrett et al., 2016). Dans les pays à faible revenu, le SRI pourrait être une solution pour améliorer les moyens de subsistance de nombreux riziculteurs pauvres (notamment les femmes et les jeunes) qui sont confrontés à des contraintes de liquidités pour se permettre des technologies d'intrants améliorées et pour qui le riz joue un rôle important en termes de nourriture et de source de revenus (Barrett et al. 2004).

L'économie du SRI

L'augmentation des rendements et la réduction des coûts de production améliorent les revenus des agriculteurs. De plus, la simplicité des techniques SRI les rend accessibles même aux petits exploitants avec des ressources limitées. Cela peut contribuer à la réduction de la pauvreté rurale et à la sécurité alimentaire dans les communautés agricoles. Les évidences empiriques ont confirmé les avantages économiques du SRI. Selon le rapport Centre d'Innovation Verte (2016), les avantages comparatifs du SRI par rapport à la pratique conventionnelle sont : (i) réduction de la quantité de semence jusqu'à hauteur de 84%, (ii) réduction de la durée de pépinière à 67%, (iii) réduction de la quantité d'engrais granulé à 64%, (iv) augmentation du rendement moyen à 60%, réduction du coût de production à 29%. Tampubolon, Simanungkalit, Ritha, & Tampubolon (2021) ont conclu que la réduction des coûts d'utilisation des semences est de 75 à 80 % (10 kg/ha), celle du traitement du sol et l'utilisation d'engrais synthétiques (Urée, Phosphate et Potassium) est de 50% dans le cadre du SRI comparativement aux pratiques conventionnelles de production de riz. Hayat et al. (2019) ont aussi indiqué que l'utilisation de semences, d'engrais et d'eau a été considérablement réduite, ce qui a entraîné une réduction significative du coût de la culture du riz pour les agriculteurs en Tajikistan dans le cadre de la production du SRI comparativement aux pratiques conventionnelles de production de riz.

3.9. Limites de SRI dans le monde et au Mali

Le SRI présente de nombreux avantages, mais il comporte également certaines limites et contraintes telles que mentionnées par la littérature (Agarwal & Kumar, 2017 ; Thakur et al., 2016 ; Haldar et al., 2012 ; Uphoff et Kassam, 2009 entre autres). Ces limites et les contraintes sont (i) complexité et besoins en formation, (ii) exigences en main d'œuvre, (iii) conditions environnementales et agronomiques, (iv) infrastructure et ressources, (v) soutien institutionnel et politiques, (vi) perception et acceptation sociale, (vii) régime foncier, et (viii) développement du marché.

✓ Complexité et besoins en formation

- Nécessité de Formation Intensive : La mise en œuvre efficace du SRI requiert une formation adéquate des agriculteurs. Les nouvelles techniques de repiquage, de gestion de l'eau et de désherbage diffèrent considérablement des méthodes traditionnelles.
- Adoption Initiale : Les agriculteurs peuvent être réticents à adopter de nouvelles pratiques, surtout s'ils ont pratiqué la riziculture traditionnelle pendant de nombreuses années. La transition nécessite un changement de mentalité et de comportements.

- ✓ **Exigences en main d'œuvre est l'une des critiques des détracteurs du SRI**
 - Travail Intensif : Certaines pratiques du SRI, comme le repiquage précoce et espacé et le désherbage fréquent, demandent beaucoup de travail. Dans les régions où la main-d'œuvre est rare ou coûteuse, cela peut représenter un obstacle majeur.
 - Gestion de l'Eau : La gestion précise de l'irrigation (alternance des périodes sèches et humides) peut nécessiter plus de surveillance et d'efforts que les méthodes traditionnelles de submersion continue.
- ✓ **Conditions environnementales et agronomiques**
 - Adaptabilité : Le SRI peut ne pas être aussi efficace dans toutes les conditions agro climatiques. Par exemple, dans les régions où l'eau est abondante mais où les sols sont peu fertiles, les avantages du SRI peuvent être limités.
 - Risque de Stress Hydrique : La méthode d'irrigation intermittente du SRI peut être risquée dans les régions où la disponibilité en eau est imprévisible. Un stress hydrique à des moments critiques de la croissance peut affecter les rendements.
- ✓ **Infrastructure et ressources**
 - Accès aux Outils : Les outils nécessaires pour certaines pratiques du SRI (comme les sarcleuses spécifiques) peuvent ne pas être facilement disponibles ou abordables pour tous les agriculteurs.
 - Infrastructure de Gestion de l'Eau : Une gestion efficace de l'eau est essentielle pour le SRI. Dans les zones où l'infrastructure d'irrigation est insuffisante, la mise en œuvre du SRI peut être difficile.
- ✓ **Soutien institutionnel et politiques**
 - Politiques Agricoles : Le soutien gouvernemental et institutionnel est crucial pour la diffusion et le succès du SRI. Sans des politiques favorables et des programmes de soutien, les agriculteurs peuvent avoir du mal à adopter et à maintenir ces pratiques.
 - Recherche et Extension : Un manque de recherche locale sur l'adaptation du SRI à différentes conditions régionales peut limiter son efficacité. De plus, des services d'extension agricole bien formés sont nécessaires pour fournir un soutien continu aux agriculteurs.
- ✓ **Perception et acceptation sociale**
 - Perception des Agriculteurs : Les agriculteurs peuvent être sceptiques quant aux nouvelles méthodes s'ils ne voient pas immédiatement les avantages. Les succès visibles et les témoignages d'autres agriculteurs sont souvent nécessaires pour convaincre de nouveaux adoptants.
 - Risques Perçus : Le changement de pratiques agricoles comporte toujours un risque. Les agriculteurs peuvent être réticents à expérimenter de nouvelles méthodes de peur de perdre leurs récoltes.
- ✓ **Régime foncier**
 - Facteur de diffusion : Les droits fonciers et la propriété foncière sont un facteur de diffusion du SRI dans la mesure où les propriétaires-exploitants, utilisant la main-d'œuvre familiale, ont généralement eu plus de succès avec ces méthodes que les métayers ou les ouvriers agricoles, qui ont moins ou pas d'intérêt dans le résultat de

la gestion de leurs cultures et donc gérer le repiquage, le désherbage et l'arrosage avec moins de soin que si la culture était la leur.

- Facteur de motivation : des mesures visant à accorder des droits de propriété ou des droits fonciers aux producteurs agricoles qui en sont dépourvus favoriseraient la diffusion du SRI, car tous les riziculteurs auraient alors davantage de raisons d'entreprendre une gestion prudente et intensive et de gérer leurs plantes, leur sol, leur eau et leurs nutriments de manière à renforcer la fertilité de leurs sols, ce qui manque aux ouvriers.
- ✓ **Développement du marché**
- Premium : le développement général des marchés n'est pas un problème avec le SRI car les marchés du riz sont bien établis partout dans le monde. Si le riz SRI est cultivé de manière biologique, il devrait pouvoir bénéficier d'un prix plus élevé en raison de sa qualité supérieure.
 - Segmentation du marché : il n'existe peut-être pas de marchés permettant de segmenter le riz en termes de qualité, de manière à ce que les producteurs soient rémunérés pour la pleine valeur de leur produit. Un tel développement du marché pourrait améliorer à la fois les revenus des agriculteurs (voir les inciter d'avantage) et les avantages pour les consommateurs.

3.10. Effet du Système de Riziculture Intensive (SRI) sur les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)

Ce point traite les émissions au niveau et le bilan carbone au niveau des systèmes de riziculture.

N'ayant pas trouvées d'informations sur le Mali, nous avons été obligés de présenter seulement les données sur le Niger.

Emissions de GES par le système de riziculture

Les gaz à effet de serre, sont des constituants gazeux de l'atmosphère tant naturels qu'anthropiques qui **absorbent une partie des rayons solaires en les réémettant sous la forme de radiations (rayonnement infrarouge)** (CCNUCC, 1992).

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, 2014 a). rapporte que l'Agriculture émet principalement trois gaz à effet de serre que sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O). Ainsi, en ce qui concerne les cultures, le riz est une des plantes cultivées sous des conditions de sol inondé en continue. Cette situation contribue à la formation d'un environnement anoxique qui conduit à la production et émission de méthane (Smartt et al., 2016) qui, associé à l'oxyde nitreux, constituent les principaux gaz à effets de serre avec un potentiel global de réchauffement de 28 et 265 fois plus élevé que celui du CO₂, respectivement, sur une période 100 ans. Ce choix du CO₂ comme référence, résulte du besoin de disposer d'une base de comparaison des émissions des gaz à effet de serre en toute égalité, les experts utilisent alors le terme d'équivalents de CO₂ (par exemple le N₂O correspond à 298 équivalents de CO₂).

L'oxyde nitreux émis peut directement venir de l'épandage d'engrais organiques ou non, de la décomposition de résidus de récolte, de la culture des sols riches en matières organiques ou du stockage du fumier (décomposition de la matière organique sans apport suffisant en oxygène,

entraînant la flore microbienne à produire du méthane). Aussi, la volatilisation de l'azote issue des engrais et son dépôt sous forme d'ammoniac ou lorsqu'il est lixivié dans le sol sont d'autres sources non négligeables d'émission.

En matière d'atténuation des impacts, réduire les émissions de CH₄ du sol est le moyen le plus efficace d'atténuer le potentiel de réchauffement climatique en culture du riz (Janz et al., 2019). Ainsi, diverses stratégies pour atténuer les émissions de CH₄ provenant de la culture du riz comprennent des pratiques de gestion de l'eau, en particulier la promotion du drainage intermittent et de l'alternance de l'humidification et du séchage du sol (améliore considérablement la diffusion de l'oxygène atmosphérique dans le sol, réduisant ainsi les émissions de CH₄), la pratique du système d'intensification du riz (SRI), le compostage ; en utilisant des cultivars de riz avec peu de tiges improductives, création d'une activité oxydative élevée des racines et haute, opter pour un indice de récolte élevé ; application de fumier fermenté comme le lisier de biogaz et adopter semis direct de riz (Minamikawa et Yagi, 2009 ; Zheng et al., 2016 ; Petersen, 2018 ; Susilawati et al., 2019).

Comme le N₂O vient surtout d'un excès d'azote dans les sols, un moyen de combattre les émissions de ce gaz serait de se servir judicieusement des engrais, mais aussi d'utiliser du fumier bien décomposé et en quantité raisonnable au plus près des plants.

Le SRI a réduit les émissions de méthane de 59,8 % par rapport à la pratique conventionnelle en Tanzanie 60 à 64% en Inde (Mboyerwa et al., 2022).et 49,02 %, au Niger (Ali OUTANI , 2021).

Selon l'étude réalisée par Ali OUTANI Bibata en 2021 au Niger dans le périmètre irrigué de Sébéri, les résultats des émissions sur 20 ans des GES par système de riziculture par l'ensemble de la superficie du périmètre donnent des taux d'émission de, 10.623 t CO₂eq pour le système de riziculture conventionnelle (SRC) sans apport d'engrais, 12.150 t CO₂eq pour le SRI et 28.730 t CO₂eq pour le système conventionnel avec apport d'engrais. Par rapport au système conventionnel, le SRI et le système sans apport d'engrais, permettent de réduire les émissions de GES de 57,71% et 63,03 % respectivement.

L'étude (Ali OUTANI, 2021), trouve également que les émissions de méthane sur toute la période du projet c'est-à-dire 20 ans (Figure 7), ont été de 12.150 t CO₂eq pour le SRI contre 18.107 t CO₂eq pour le SRC, d'où un taux de réduction d'émission de méthane de 49,02%.

Relativement aux émissions annuelles de méthane au niveau de tout le périmètre de Sébéri, le SRI affiche une quantité de 608 t CO₂eq contre 1.437 t CO₂eq pour le système conventionnel, soit une réduction des émissions de 136,74%.

L'analyse des quantités d'émissions de N₂O par type de riziculture montre que le système sans apport d'engrais et le SRI ne sont pas émetteur de ce type de GES contrairement au SRC qui en émet jusqu'à 3.130 t CO₂eq sur les 20 ans.

Pour les bilans annuels des émissions de méthane pour le SRI et le SRC, on note que le SRI affiche une séquestration (bilan négatif) de -829 t CO₂eq, tandis que le SRC présente une production nette (bilan positif) annuelle de 905 t CO₂eq.

L'évaluation du bilan carbone peut aider à élaborer de nouvelles stratégies pour s'adapter et prévenir les conséquences du changement climatique, en particulier dans le secteur agricole en développement. L'empreinte carbone, réalisée sur les systèmes de riz au niveau du périmètre irrigué de Sébéri, a mis en avant un potentiel d'atténuation intéressant, contribuant ainsi à l'effort mondial de réduction des émissions anthropiques et de la lutte contre le changement climatique. La séquestration du carbone dans le sol contribue à réduire le CO₂ atmosphérique, tout en restaurant les sols dégradés, en améliorant la production de biomasse, et en filtrant et purifiant les eaux de surface et souterraines. La pratique du SRI permet aux producteurs de faire une économie financière, en réduisant les achats d'engrais minéral qui est un poste important dans les émissions de GES. Moins de dépenses pour l'irrigation qui est aussi un poste coûteux, constitue également un gain pour les producteurs SRI de ce périmètre. Cette évaluation du bilan carbone permettra aux producteurs de présenter des dossiers et de bénéficier de financements, un Co-avantage pour la réduction de la pauvreté rurale et à la sécurité alimentaire sont particulièrement importants (Ali OUTANI, 2021).

4. RESULTATS DES ENQUETES

4.1. Information sur le SRI

L'accès à l'information est très déterminant pour l'adoption d'une technologie. Ainsi 96 % des producteurs déclarent avoir entendu parler du SRI (Tableau 1).

Tableau 6 : Accès à l'information sur le SRI

Région	B13/Avez-vous une fois entendu parler du SRI ?	
	Non	Oui
	%	%
Bougouni	0,0%	100,0%
Mopti	2,5%	97,5%
San	4,5%	95,5%
Ségou	2,7%	97,3%
Sikasso	4,8%	95,2%
Tombouctou	10,0%	90,0%
Ensemble	4%	96%

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Cette proportion dans les régions s'explique par l'intervention des projets et programmes sur le SRI (GIZ, WAAPP etc.). Il est à noter que les producteurs enquêtés déclarent avoir connu le SRI à travers le projet CIV de la GIZ.

4.2. Pratique de production

Il s'agit des pratiques conventionnelle (non SRI), et le SRI sur toutes les superficies (Seulement le SRI) et le SRI plus la pratique conventionnelle (SRI+ Non SRI).

Dans cette étude la « pratique conventionnelle » est utilisée pour parler de la pratique habituelle des producteurs rizicoles

Tableau 7 : les pratiques de production du riz dans les zones d'étude

		Seulement en Non-SRI	Seulement en SRI	SRI + Non-RI
		%	%	%
Bougouni		31,0%	50,0%	19,0%
Mopti		50,0%	50,0%	0,0%
San		52,3%	47,7%	0,0%
Ségou		57,5%	34,2%	8,2%
Sikasso		50,0%	40,5%	9,5%
Tombouctou		47,5%	50,0%	2,5%
Ensemble		49%	44,0%	7,0%

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Une bonne proportion (50%) de producteurs pratique le SRI seulement à Bougouni, Mopti, Tombouctou. La pratique du SRI est combinée avec la pratique conventionnelle à Bougouni, Ségou, Sikasso et Tombouctou avec une faible proportion des producteurs. L'insuffisance de la main d'œuvre est un facteur qui freine la pratique du SRI à grande échelle chez pas mal de producteurs.

4.3 Rendement

L'accroissement de la productivité a été toujours un facteur déterminant dans l'adoption d'une technologie. Ainsi chez les producteurs pratiquant le SRI, le rendement reste supérieur à celui des producteurs de la pratique conventionnelle (tableau 8).

Tableau 8 : Rendement du riz par type de pratique en 2023 (kg/ha)

Pratique	Rendement riz 2023	
	Moyenne (kg/ha)	Médiane (kg/ha)
Rendement moyen en SRI	3 670	3 500
Rendement moyen en Non-SRI	2 274	1 661

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Avec le SRI, il a été enregistré 3 670 kg/ha contre 2 274 kg/ha pour la pratique conventionnelle et les 50% des producteurs en SRI ont un rendement 3500 kg/ha contre 1 661 kg/ha.

Cette tendance est observée dans toutes les régions d'enquête avec un rendement élevé en SRI.

Tableau 9 : Rendement du riz par type de pratique et par région en 2023 (kg/ha)

Région	Rendement en SRI		Rendement en Non-SRI	
	Moyenne (kg/ha)	Médiane (kg/ha)	Moyenne (kg/ha)	Médiane (kg/ha)
Bougouni	2 315	1 500	1 900	2 200
Mopti	3 147	1 631	1 582	1 294
San	2 240	1 475	2 244	1 242
Ségou	5 729	6 350	2 420	2 000
Sikasso	3 606	4 000	1 756	1 500
Tombouctou	6 050	6 750	3 670	4 000

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Le niveau de rendement observé à Bougouni s'explique par le système de production de cette région (bas fond)

L'analyse du rendement des deux pratiques par système de production montre également les mêmes tendances avec logiquement un rendement plus élevé en maîtrise totale (tableau 8).

Tableau 10 : Rendement du riz par type de pratique et par système de production en 2023 (kg/ha)

Système de production	Rendement en SRI		Rendement en Non-SRI	
	Moyenne (kg/ha)	Médiane (kg/ha)	Moyenne (kg/ha)	Médiane (kg/ha)
Bas fond	2 948	3 200	1 589	1 500
Maîtrise totale	5 373	6 500	3 620	3 400
Submersion contrôlée	3 837	3 587	1 799	1 294

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

La différence de moyenne observée entre les deux pratiques est significative statistique

Tableau 11 : Test de comparaison de moyenne de rendements des deux pratiques

Tableau ANOVA							
			Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification
Rendement riz 2023 * Type pratique corrigé	Inter-groupes	Combiné	93598699,039	1	93598699,039	21,055	,000
	Intra-classe		844628440,495	190	4445412,845		
	Total		938227139,533	191			

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

4. 4. Quantité de semence à l'hectare

L'un des avantages du SRI cité par les producteurs est la quantité plus réduite de semences à l'hectare. Cela a été confirmé par les résultats de nos enquêtes (tableau 12).

Tableau 12 : Quantité de semence par hectare en Kg/Ha par système de production et par le type de pratique en 2023

Système de production	Type pratique			
	SRI		Non-SRI	
	Moyenne Kg/ha	Médiane Kg/ha	Moyenne Kg/ha	Médiane Kg/ha
Bas fond	34	20	81	80
Maitrise totale	14	15	71,85	70
Submersion contrôlée	30	24	84,94	62,92

En comparaison avec la pratique conventionnelle, nous constatons une quantité de semence beaucoup plus réduite dans tous les systèmes de production avec le SRI. Par ailleurs, c'est dans la maitrise totale, qu'on enregistre une utilisation efficiente de semence par hectare en SRI (14 Kg/ha).

Les résultats de l'analyse de test de comparaison des moyennes de quantités de semence montre qu'il y a une différence statistiquement significative au seuil de 1% entre les deux pratique (tableau 13).

Tableau 13 : Test de comparaison des moyennes de quantités de semence dans les deux types de pratique

		Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification
Qtite_sem_Ha_2023 * Type pratique	Inter-groupes	110669,847	1	110669,847	46,498	,000
	Combiné					
	Intra-classe	406996,912	171	2380,099		
Total		517666,759	172			

4.5. Coût de production

Le coût de production résume l'ensemble des dépenses qui rentrent dans le cycle de production. Dans notre contexte, les dépenses retenus sont les mains d'œuvre, le labour, la semence, les fertilisants (minérale et organique) (tableau 14).

Ainsi on constate dans le tableau1 que le cout varie de 7 058 à 40 470 Fcfa. Par ailleurs on remarque que la semence enregistre le cout le plus élevé 40 470 Fcfa suivi de la main d'œuvre 27 438 Fcfa le coût de cette main d'œuvre s'explique par le fait que le SRI est un travail minutieux, son application demande un paquet de technologie nécessitant diverses opérations culturales et chaque opération fait le recours à la main d'œuvre telles que le sarclage, le binage, le sarclo-binage, le repiquage. En outre, les exploitations qui pratiquent le SRI dépensent

24 191,39 Fcfa pour le labour ; 15 666,40 Fcfa pour la fumure organique ; 9 688 Fcfa pour les engrais minéraux et 7 778 Fcfa pour la redevance eau. La résilience du SRI face aux aléas climatiques et aux pestes en particulier dans le système de maîtrise totale d'eau réduit le coût de pesticide à seulement 7 057,70 Fcfa soit 4% du coût total.

Tableau 14 : Coût de production en Fcfa des exploitations enquêtées avec l'utilisation du SRI par cercle

Coûts	Statistique	Bougouni	Mopti	San	Ségou	Sikasso	Tombouctou	Total
Main d'œuvre	Moyenne	4 386	56525	30 702	44 604	7 765	16 400	27 438
	Médiane	0	0	0	0	0	0	0
Labour	Moyenne	9 340,91	59 150	24 047,62	13 229,17	20 959,38	21 315,79	24 191,39
	Médiane	6 000	40 000	15 000	0	15 000	22 500	15 000
Semence	Moyenne	37 090,91	17756,25	17 178,57	122 140,63	9 330,88	20 803,57	40 470
	Médiane	3 750	16 500	7 500	9 375	5 625	3 750	5 625
Engrais minérale	Moyenne	11 727,27	2225	714,29	3 958,33	27 147,06	16 047,62	9 688
	Médiane	0,00	0	0	0	22 000	2 000	0
Fumure Organique	Moyenne	2727,27	69 850	11 547,62	8 333,33	223,53	2 619,05	15 666,40
	Médiane	0	22 500	0	0	0	0	0
Pesticide	Moyenne	3 852,27	10 937,50	8 154,76	12 031,79	5 011,76	1 595,24	7 057,70
	Médiane	4 000	4 625	7000	11 250	2 000	0	3 500
Eau	Moyenne	1250	6 200	17 309,52	17 177,08	0	2 142,86	7 778
	Médiane	0	0	0	0	0	0	0

Source : Enquête IER/ECOFIL ; 2024

Tout comme avec le SRI, le coût de production du système de riziculture non intensive est caractérisé par plusieurs composants : le coût des intrants ; le labour ; les produits phytosanitaire et le coût de l'irrigation. A la différence du SRI, la main d'œuvre utilisée avec le non SRI est familiale n'engendra pas de coût de supplémentaire. L'analyse du tableau2 nous montre que les dépenses sont considérablement plus importantes pour la semence avec une valeur de 99 889 Fcfa. A la différence du SRI, les producteurs utilisent davantage de semence en utilisant la technique de semis à la volée. Le programme de subvention des produits agricoles en particulier le riz incite les producteurs à dépenser 35 939 Fcfa dans l'achat d'engrais minéral. La fumure organique est un intrant substituable à l'engrais minéral adoptée pour booter la production ici son coût s'élève à 16 756 Fcfa, le coût de l'eau ainsi que celui du labour a légèrement augmenté par rapport au SRI respectivement 12 178,28 Fcfa et 58 472 Fcfa quant au cout du pesticide il reste très bas 255 Fcfa. De plus il est observé que les coûts varient d'une région à une autre cette variation est influencée par les pratiques agricoles particulières, les fluctuations saisonnières et des conditions économiques locales de chaque région.

Tableau 15 : Coût de production en Fcfa des exploitations enquêtées avec non SRI par cercle

Coûts	Statistique	Bougouni	Mopti	San	Ségou	Sikasso	Tombouctou	Total
Main d'œuvre	Moyenne	0	0	0	0	0	0	0
	Médiane	0	0	0	0	0	0	0
Labour	Moyenne	3541,67	74 250	110760,87	60000,00	53137,50	17323,53	58 472,43
	Médiane	0	45 000	20000,00	45000,00	22000,00	10000,00	22000
Semence	Moyenne	68625	127968,75	96 114,13	134 044,64	55089,29	76 742,65	99 889,60
	Médiane	4687,50	100 875	48 750	87 187,50	18 750	15 000	45 000
Engrais minérale	Moyenne	9125	12 650	260,87	55 488,10	78 961,90	33 323,53	35 939,42
	Médiane	0	0	0	0	40 000	5 000	0
Fumure Organique	Moyenne	0	41 075	9 782,61	22 571,43	12 191,43	2 647,06	16 755,62
	Médiane	0	0	0	0	0	0	0
Pesticide	Moyenne	0	0	0	714,29	0	294,12	255,47
	Médiane	0	0	0	0	0	0	0
Eau	Moyenne	979,17	17 500	5 434,78	24 027,98	5 357,14	3 529,41	12 178,28
	Médiane	0	0	0	0	0	0	0

Source : Enquête IER/ECOFIL

Le tableau 16 montre un aperçu général sur le coût de production du riz avec les deux pratiques (SRI et non SRI).

On observe dans le tableau 3 que le coût des composants du système non SRI est largement au-dessus du coût de production du SRI. En effet, le coût total en SRI est 135 381 Fcfa contre 224704 Fcfa avec Non SRI. L'analyse de ces montants nous révèle plusieurs différences significatives : le SRI utilise moins de semence et d'engrais chimique, réduit significativement la consommation d'eau ce qui entraîne des économies substantielles en revanche avec le système de riziculture non intensif, la consommation d'eau est plus élevée en raison de l'irrigation par inondation, on utilise plus produits phytosanitaires et de semence à l'hectare.

Tableau 16 : Coût moyen de production (en FCFA) des deux pratiques (SRI et non SRI) par région

Région	SRI		Non-SRI	
	Cout (FCFA)		Cout (FCFA)	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Bougouni	70 375	25 688	82 271	17 063
Mopti	222 644	152 500	273 444	182 500
San	109 655	49 500	222 353	74 375
Ségou	221 475	70 313	296 846	289 250
Sikasso	73 530	50 950	212 317	77 875
Tombouctou	88 076	59 625	133 860	91000
Total	135 381	64250	224704	120250

Source : Enquête IER/ECOFIL

L'analyse du tableau 4 nous montre le coût de production des deux pratiques de riziculture. Pour l'estimation d'un ha le coût du SRI est 158 360,33 Fcfa contre 81 458,17 Fcfa en non SRI. En effet l'analyse de la variance nous permet de voir une relation d'interdépendance en l'application du SRI et le coût de production.

Tableau 17: Coût de production d'un hectare des deux pratiques (SRI et non SRI) par région

Région	SRI		Non-SRI	
	Cout par ha (FCFA/ha)		Cout par ha (FCFA/ha)	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Bougouni	72 346	54 000	89 350	0
Mopti	255 891	113 125	54 377	39313
San	115 466	95 500	48 752	43750
Ségou	285 385	104 375	108 182	92500
Sikasso	133699	65188	93911	95000
Tombouctou	87375	45250	94177	75125
Total	158 360	79 573	81 458	57 615

Source : Enquête IER/ECOFIL

Le tableau d'Anova nous montre qu'avec p-value de 0,003 le SRI a une forte influence sur le coût de production au seuil de 5%. Il y a différence statistiquement significative entre les coûts /ha des deux pratiques. Cependant bien que le SRI nécessite des investissements initiaux plus élevés en termes de main-d'œuvre et de gestion précise, les économies réalisées sur les intrants et l'irrigation ainsi que les rendements potentiellement plus élevés peuvent rendre ce système plus rentable comparé au système de riziculture non intensif.

Tableau 18 : Test de comparaison de des couts /ha des deux pratiques

Tableau ANOVA							
		Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification	
Coût par ha * Type pratique	Inter-groupes	Combiné	468497053598,328	1	468497053598,328	9,167	,003
	Intra-classe		10272015864728,500	201	51104556540,938		
	Total		10740512918326,828	202			

Source : Enquête IER/ECOFIL

4.6. Revenu,

Le revenu calculé est le bénéfice généré en valorisant l'ensemble de la production rizicole.

Il ressort que le revenu sous SRI (1 165 173 Fcfa/ha) reste toujours plus élevé que la pratique conventionnelle (660 980 Fcfa/ha) soit un écart de 56, 73% (tableau 19).

Tableau 19 : Revenu par hectare par système de production et par pratique en 2023 (Fcf/ha)

Système de production	Pratique	Revenu par ha (Fcf/ha)	
		Moyenne	Médiane
Bas fond	SRI	939 437	912 263
	Non SRI	461 715	433 500
Maitrise totale	SRI	2 008 333	2 185 875
	Non SRI	970 051	933 275
Submersion contrôlée	SRI	1 157 065	795 000
	Non SRI	569 964	407 946

Source : Enquête IER/ECOFIL, 2024

La même tendance est observée dans les régions avec les deux pratiques (tableau 20).

Tableau 20 : Revenu par ha par pratique et par région en 2023 (FCFA/ha)

Région	Revenu par ha (FCFA/ha)			
	SRI		Non SRI	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Bougouni	799 880	549 750	441 625	630 375
Mopti	845 476	488 358	499 233	405 967
San	734 801	688 250	425 641	382 083
Ségou	1 677 098	2 009 000	732 760	567 750
Sikasso	1 118 170	1 273 000	558 399	452 000
Tombouctou	2 008 281	2 231 813	1 171 488	1 256 625

Source : Enquête IER/ECOFIL

L'analyse des résultats du test de comparaison des moyennes de revenus des deux pratiques montre qu'il existe une différence statistiquement significative au seuil 1%.

Tableau 21 : test de comparaison de moyenne de revenu par ha

Pratique	Moyenne	Ecart-type
SRI	1 165 173	821 557
Non SRI	660 980	482 615

Tableau ANOVA

			Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification
Revenu par ha * Type pratique	Inter-groupes	Combiné	11299518745065	1	11299518745065	25,312	,000
	Intra-classe		78566716511240	176	446401798359		
	Total		89866235256305	177			

Source : Enquête IER/ECOFIL, 2024

4.7. Adoption de la pratique SRI

Avec l'intervention des partenaires tel que la GIZ, les producteurs du riz sont bien informés sur le SRI. Aujourd'hui de nombreux producteurs ont adopté le SRI même si c'est sur des petites superficies. La faiblesse des superficies sous SRI s'explique par les contraintes liées à la main d'œuvre et à l'absence d'équipements adaptés à certaines opérations culturales tel que le repiquage.

La question d'adoption a été abordée dans notre sous l'angle de la superficie sous SRI et le nombre de producteurs pratiquant le SRI. La difficulté à ce niveau est le plus souvent l'absence d'informations disponibles au niveau des suivi-évaluations des structures d'encadrements pour confirmer les déclarations.

Tableau 22 : situation de l'adoption de la pratique du SRI dans les villages d'enquêtes.

Village	Proportion de superficies sous SRI (%)	Proportion de producteurs pratiquants le SRI
Diambala	80	80
M'pegnesso	90	90
Loutana	5	30
Koloni	20	10
Chobougou	95	95
Centre	96	90
San Ouest	80	80
Dacoura	15	30
Dioro	85	NC
Soke	7	10
Sévaré	NC	97
Tongoroko	1	10
Syn	60	60
Moyenne	52,8	56,8

Source : Enquête IER/ECOFIL, 2024

4.8. Fonds climatiques disponibles et les options de financement

Il s'agit d'identifier les fonds climats et les options de financement disponibles qui pourraient soutenir l'expansion du SRI au Mali. Ce financement peut être national et/ou international visant à encourager l'adoption des pratiques agricoles favorables au climat et surtout ; l'atténuation du changement climatique.

L'étude réalisée dans le cadre du projet AgSys va permettre d'asseoir une base pour l'accès aux financements et le bénéfice d'appuis scientifiques et techniques. Cela, en vue d'améliorer la résilience des communautés en renforçant leurs capacités d'adaptation aux changements climatiques ainsi que leur atténuation par l'adoption appropriée et élargie du SRI.

L'accès desdits financements est réalisé grâce aux divers Fonds multilatéraux qui allouent des ressources au Mali, entre autres :

L'accès desdits financements est réalisé grâce aux divers Fonds multilatéraux qui allouent des ressources au Mali, entre autres :

- Le fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) dont le Siège est à Washington ;
- Le fonds Vert pour le Climat (FVC) dont le Siège est à Songdo en Corée du Sud ;
- Le fonds d'Adaptation ; dont le Siège est à Washington ; et
- Les fonds d'Investissement Climatiques (FIC) dont le Siège est à Washington ;

Par ailleurs certaines institutions accréditées auprès des différents fonds peuvent être sollicitées comme intermédiaires, partenaires ou parrains en vue de bénéficier des financements. On peut citer entre autres :

- L'Agence pour l'Environnement et le Développement Durable (AEDD)
- La Banque Nationale pour le Développement Agricole BNDA
- Le Le Fonds international de développement agricole (FIDA)
- L'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)
- Le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD)
- Le Programme Alimentaire Mondial (PAM)
- L'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI)
- La Banque Mondiale (BM)
- La Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD)
- La Banque Africaine de Développement (BAD)

4.8.1. Fonds climat Mali

L'objectif principal de ce fonds est d'aider le Mali à financer les interventions de développement stratégiques telles que définies dans la stratégie nationale économie verte et résiliente aux changements climatiques (EVRCC).

Ce fonds fournit cinq types de services pour soutenir cette démarche transformative :

- la mobilisation de financements traditionnels et innovants auprès de partenaires bilatéraux ou multilatéraux ;

- l'agencement de ces financements avec d'autres ressources parallèles (Fonds Verticaux, Bilatéraux) au travers du cadre de résultat commun appuyant la mise en œuvre des priorités de la Stratégie Nationale Changement Climatique ;
- la promotion de politiques pilotes et innovantes en faveur de technologies propres et durables accessibles au plus grand nombre ;
- le renforcement des partenariats public / privé afin de créer une dynamique de transformation des marchés propice aux investissements en faveur du Climat ;
- Le financement des Entités Gouvernementales dans le cadre de l'exécution budgétaire régulière, ainsi que le renforcement des capacités par la création de partenariats avec des Agences des Nations Unies et des Organisations de la Société Civile par le biais de programme.

4.8.1.1. Domaine d'intervention

Le Fonds intervient actuellement dans les secteurs suivants :

- **Agriculture** : favoriser la diversification agricole et soutenir l'accès aux technologies appropriées pour une meilleure résilience aux effets néfastes des Changements Climatiques ;
- **Élevage** : promouvoir la conservation des races autochtones et les croisements avec des races résistantes aux changements Climatiques ;
- **Eau** : assurer une gestion intégrée des ressources et promouvoir les techniques de conservation des eaux et des sols ;
- **Énergie** : promouvoir les énergies renouvelables ;
- **Foresteries** : renverser la tendance à la déforestation.

Au regard des points cités, le programme SRI est éligible à ce fonds

4.8.1.2. Ressources du Fonds

Tout le monde peut faire des contributions au Fonds Climat Mali. Le fonds peut recevoir des financements des partenaires au développement des pays développés ou en développement, des organisations de la société civile et du secteur privé.

4.8.1.3. Contributions reçues

Les partenaires qui ont contribué au financement du fonds sont :

- Le royaume de la Suède 5 410 376 USD totalement libérés et ;
- Le royaume de la Norvège 3 675 735 USD dont 2 930 184 USD libérés.

Le montant total des contributions s'élève à 9 086 111 dollars américains soit environ 5 500 000 000 FCFA

4.8.1.4. Projets et Programmes Financés

Le Fonds Climat Mali, de son opérationnalisation en 2014 à nos jours, a permis le financement de 28 projets/programmes, couvrant plus de 216 Communes du Mali, pour un montant total de 26 871 138 millions de dollars US soit près de 13 435 569 000 FCFA. L'atténuation des émissions de gaz à effets de serre et l'adaptation des populations aux effets néfastes des changements climatiques sont les domaines concernés (FCM/AEDD, 2024).

4.8.2. Fonds pour l'Environnement Mondial

Le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), une organisation financière indépendante, est actuellement la principale source au monde de financement des projets visant à améliorer l'état environnemental du globe tout en soutenant les initiatives nationales de développement durable.

Etat de mobilisation des ressources fem au Mali

Le FEM fonctionne par cycle de quatre (04) ans. Depuis son adhésion à l'organisation, la situation de mobilisation des ressources FEM de notre pays se présente ainsi que suit :

- Les Projets Nationaux approuvés par le conseil au nombre de 28 ;
- Les Projets Régionaux ou Globaux approuvés par le conseil au nombre de 48 ;
- Les Projets annulés au nombre de 02 ;
- Les Projets dans le Pipeline du conseil à la date du 30 juin 2016 au nombre de 03.

De 1992 à nos jours, le Mali a bénéficié au total de 24 projets nationaux pour un montant de plus de 47 300 000 millions de dollars US et 53 projets régionaux pour un montant de plus de 484 900 000 millions de dollars US.

Récemment avec le FEM7, deux projets du sont en cours d'exécution dans le pays, à savoir : le Projet Sécurité climatique et gestion durable des ressources naturelles dans les régions Mopti, Bandiagara, Douentza et San pour la consolidation de la paix, mis en œuvre en partenariat avec le Programme des Nations Unies pour le Développement ; et le Projet Paysages productifs résilients dans la région de Kayes, mis en œuvre en partenariat avec la Représentation de la FAO au Mali et la Direction Nationale de l'Agriculture.

Par ailleurs, dans le cadre du Fonds pour les Pays les Moins Avancés, le Mali a bénéficié de 06 projets nationaux pour plus de 21 200 000 dollars US et de 05 projets régionaux pour 16 millions de dollars US.

Lors de son cycle 8, le FEM a alloué au Mali pour la période 2022-2026, un montant de 31,69 Millions USD (AEDD/FCM, 2024).

4.9. Défis opérationnels qui entravent l'expansion du SRI au Mali

4.9.1. Défis institutionnels

Tous les documents d'orientation stratégiques (Politique de Développement Agricole, la Politique Nationale de Protection de l'Environnement, la Loi d'Orientation Agricole, le Plan National d'Investissement dans le Secteur Agricole) au niveau national prennent en charge les questions de l'intensification de la production Agricole et la Promotion des systèmes de production agricoles durables respectueux de l'environnement .

Ainsi, la Politique de Développement Agricole (PDA), indique que l'un des défis du développement Agricole est d'assurer la gestion durable des ressources naturelles dans un contexte de changements climatiques profonds. Il s'agira de développer des stratégies visant la réduction des effets du changement climatique et faire en sorte que l'intensification et la modernisation de l'Agriculture soient compatibles avec la préservation de l'environnement et des ressources naturelles pour les générations futures. Et aussi, l'intensification ne doit pas être envisagée uniquement sous l'angle des intrants chimiques. Une attention particulière doit

également être accordée aux engrais organiques et aux techniques agros écologiques de conservation, de restauration des eaux et des sols.

Le SRI étant une pratique qui demande moins d'eau, qui fait la promotion de la fumure organique et qui réduit l'émission des GES en réduisant les périodes d'inondation est une des solutions à ce défi.

Pour des filières végétales compétitives et performantes, la PDA, en plus de l'intensification préconise aussi la diversification de la culture irriguée comme stratégie et mesure des facteurs de production.

La Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNPE), dans sa mise en œuvre devrait permettre d'apporter une contribution significative aux questions fondamentales qui concernent la lutte contre la désertification, la sécurité alimentaire, la prévention et la lutte contre les pollutions, la lutte contre la pauvreté. Le SRI avec ses principes et pratiques pourra bien contribuer à l'atteinte de ces objectifs

Dans le document de la Loi d'Orientation Agricole (LOA), au titre (Titre III, chapitre 1) DE LA SOUVERAINETE ALIMENTAIRE ET DES RISQUES, l'intensification des cultures fait également partie prioritairement de la stratégie de développement des productions Agricoles.

En plus, dans le Plan National d'Investissement dans le secteur Agricole (PNISA) qui est le plan d'action de la PDA, l'intensification des systèmes de production est encore citée comme stratégie d'augmentation de la production et de la productivité.

Au regard de ce qui précède, le SRI est en cohérence avec les documents d'orientation stratégique du pays. A ce niveau, il n'y a pas d'éléments qui entravent l'expansion du SRI au Mali. Il suffira seulement, d'une volonté politique pour la mise en place des conditions favorables à son expansion.

4.9.2. Défis technico-socio-économiques

Les défis sont entre autres :

- ✓ Aménagements (parcellement, diguettes de retenu et drains) ;
- ✓ Préparation du sol labour, (nivellement);
- ✓ Disponibilité de la fumure et les engrais chimiques
- ✓ Mise en place de la culture (semis ou repiquage)
- ✓ Entretien culturaux (sarclage démariage) ;
- ✓ Récolte à temps du riz (faucheuse, moissonneuse, batteuse) ;
- ✓ La rareté et coût élevé de la main d'œuvre pour l'installation des parcelles SRI ;
- ✓ Insuffisance d'équipement adapté pour les opérations culturales liées au SRI ;
- ✓ Comment renforcer les capacités des
- ✓ Comment faire la promotion des petits aménagements pour booster la mise à échelle du SRI ;
- ✓ Comment ravitailler convenablement les femmes étuveuses en matière première (riz paddy issu du SRI).

4.10. Cas de succès

Titre : Le SRI dans les zones de bas-fonds, un semoir pour soulager la pénibilité du semis et du désherbage effectués par les femmes de la zone de Bougouni.

Défis :

Dans la zone de Bougouni, les basfonds occupent une place de choix dans la riziculture. Cette riziculture de bas-fonds est largement dominée par les femmes. Dans cette zone, les femmes se sont investies dans la pratique de SRI pour améliorer leur niveau de revenu. Cependant la pratique de repiquage étant pratiquement inadaptée à cette riziculture sans maîtrise de l'eau, les femmes procèdent au semis du riz et démarient par la suite à 1 plant/ha. Cette tâche de semis révolue aux femmes constitue un véritable goulot d'étranglement tout en limitant l'expansion de la pratique du SRI dans la zone. Ainsi, faire participer les femmes au SRI en allégeant les opérations de semis et de désherbages constitue un défi énorme à relever.

L'innovation : Conscient de cet enjeu majeur pour la pratique du SRI dans la zone, Monsieur Oumar KONE natif du village de Diambala dans le Cercle de Bougouni a conçu un semoir adapté pour soulager la fatigue des femmes. Il s'agit d'une adaptation qui a abouti à un semoir à 9 rangs offrant des écartements de 0,2x0,2m pour répondre aux écartements préconisés pour le SRI.

Les principaux bénéficiaires de cette technologie sont les femmes rizicultrices majoritaires dans les bas-fonds (80%) et le service d'encadrement pour la facilitation de la diffusion des technologies du riz en général et celle du SRI en particulier dans la zone. Le semis est effectué après labour sur les parcelles rizicoles avant l'arrivée de la crue dans le bas-fond.

Impact / résultats clés:

Les résultats/impacts clés enregistrés avec cette technologie sont de différents ordres :

- Augmentation des superficies en SRI du simple au double ;
- Diminution de la charge du travail (semis et désherbage) pour les femmes rizicultrices ;
- Meilleure maîtrise du calendrier cultural dans les bas-fonds ;
- Installation précoce des parcelles en SRI (4ha semés par jour) ;
- Augmentation de revenus pour le propriétaire de l'appareil de 5000/ha (20000F/ha au semoir contre 15000F/ha à la main) ;
- La pratique du semoir multi rangs permet d'économiser de la semence (15kg/ha contre 80 kg par le semis à la volée).
- Au niveau de ce village, le rendement est autour 5 t/ha SRI contre 3,2t/ha et 1,6/ha respectivement pour la pratique de semis manuel et semis à la volée.

Leçons apprises :

Le SRI peut très bien donner dans les zones à submersion libre comme les bas-fonds de Bougouni et les femmes jadis soumis aux goulots d'étranglement du semis et du désherbage peuvent s'investir davantage dans la riziculture en s'appuyant sur cette nouvelle technologie.

Ce semoir à 9 rangs permet de pratiquer les principes du SRI dans les zones de bas-fonds.

5. LES PERSPECTIVES

Le Système de Riziculture Intensive (SRI) présente des perspectives prometteuses pour l'agriculture durable, la sécurité alimentaire, et le développement rural. Cependant, pour maximiser son potentiel, certaines stratégies et actions doivent être mises en place :

✓ **Innovation et adaptation**

- Recherche et développement : Continuer à investir dans la recherche pour adapter les techniques SRI aux différentes conditions agro-climatiques et socio-économiques. Des essais locaux et des études de cas réussis peuvent aider à affiner les pratiques et à démontrer les avantages du SRI.
- Technologie et outils : Développer et diffuser des outils adaptés pour faciliter les tâches spécifiques du SRI, comme des sarceuses efficaces et des systèmes d'irrigation adaptés. Les innovations technologiques peuvent réduire la charge de travail et améliorer l'efficacité.

✓ **Formation et Sensibilisation**

- Programmes de formation : Mettre en place des programmes de formation extensifs pour les agriculteurs, les agents de vulgarisation, et les responsables locaux. La formation doit couvrir les aspects pratiques du SRI ainsi que ses avantages économiques et environnementaux.
- **Démonstrations et échanges** : Organiser des démonstrations sur le terrain et des visites d'échanges entre agriculteurs pour montrer les succès du SRI. Les témoignages et les exemples pratiques peuvent encourager l'adoption.

✓ **Soutien Institutionnel et Politiques**

- Politiques Favorables : Les gouvernements et les organisations internationales doivent promouvoir des politiques favorables à l'adoption du SRI. Cela peut inclure des subventions pour l'achat de matériel, des crédits agricoles à faible taux d'intérêt, et des programmes de soutien à la transition.
- Partenariats Public-Privé : Encourager des partenariats entre les secteurs public et privé pour financer la recherche, le développement et la diffusion des technologies SRI.

✓ **Développement Durable et Environnemental**

- Pratiques Écologiques : Le SRI contribue à une agriculture plus durable en réduisant l'utilisation de l'eau et des produits chimiques. Promouvoir ces aspects peut attirer l'attention des agriculteurs soucieux de l'environnement et des consommateurs.
- Adaptation au Changement Climatique : Le SRI aide à améliorer la résilience des cultures face aux conditions climatiques extrêmes. Les politiques agricoles doivent intégrer le SRI comme une stratégie clé pour l'adaptation au changement climatique.

✓ **Autonomisation des Femmes et Inclusion Sociale**

- Programmes Ciblés : Développer des programmes spécifiques pour les femmes et les groupes marginalisés afin de leur donner accès aux formations, aux outils, et aux ressources nécessaires pour adopter le SRI.
- Promotion de l'Égalité : Utiliser le SRI comme levier pour promouvoir l'égalité des sexes dans les communautés agricoles. L'autonomisation des femmes par

l'agriculture peut avoir des effets multiplicateurs sur le bien-être familial et communautaire.

✓ **Commercialisation et Chaînes de Valeur**

- Accès aux Marchés : Aider les agriculteurs à accéder à des marchés où le riz de haute qualité produit par le SRI peut être vendu à des prix premium. Cela peut inclure des certifications biologiques ou de commerce équitable.
- Développement des Infrastructures : Investir dans les infrastructures post-récolte telles que le stockage, la transformation et le transport pour minimiser les pertes et améliorer la qualité du riz.

En matière de recherche, il est pertinent d'approfondir la recherche sur les thématiques suivantes :

- Aptitude variétale au SRI (est ce que toutes les variétés répondent de la même manière au SRI)
- Etude de la performance du SRI selon les systèmes de riziculture (pratiques en pluvial, dans les basfonds, dans les systèmes irrigués (maîtrise totale et submersion contrôlée)
- Etude sur l'émission des GES dans le SRI au Mali
- Etude de l'adaptabilité des équipements pour le semis (en pluvial, bas-fonds et autres) et repiquage (irrigué) du riz
- Etude des pratiques du SRI sur les produits des opérations post récolte et la commercialisation (usinage, étuvage, stockage et conservation, conditionnement et vente, etc.)
- Etude des pratiques du SRI sur la gestion des stress biotiques (insectes, rongeurs et maladies) et abiotiques (inondation, sécheresse, toxicité ferrique, sodique)
- Etude comparé du riz et son sous-produit (son) avec le riz étuvé.

Conclusion

De nombreuses innovations ne sont pas facilement accessibles aux pauvres en raison des coûts d'investissement élevés. Le SRI se distingue par le fait qu'il s'agit d'une innovation basée sur la connaissance et ne nécessitant pas de dépenses en capital. Bien qu'il puisse y avoir des obstacles à l'adoption par les producteurs agricoles les plus pauvres, ils peuvent être surmontés en corrigeant les défaillances institutionnelles, étant donné que l'innovation elle-même est « conviviale » pour les ménages les plus pauvres qui sont relativement mieux dotés en ressources agricoles (terre, main d'œuvre, capital, etc.).

Le Système de Riziculture Intensive offre des perspectives prometteuses pour améliorer la productivité agricole, la durabilité environnementale et le bien-être socio-économique des agriculteurs. Le Système de Riziculture Intensive propose une approche intégrée et écologique pour la gestion des adventices, reposant sur des techniques culturelles et de gestion de l'eau qui réduisent la dépendance aux herbicides.

Le choix des plants jeunes et vigoureux augmente la résistance aux maladies ; Cependant, il n'est pas prudent de pratiquer dans une zone salée où la remontée du sel est constatée avec l'assèchement du sol.

Le système de riziculture intensive a de profondes implications pour la transformation et la valeur ajoutée du riz. En produisant des grains de riz de meilleure qualité et plus uniformes, le SRI peut réduire les pertes après récolte, améliorer la commercialisation et augmenter les revenus des agriculteurs.

Cependant, son adoption et sa mise en œuvre comportent des défis significatifs. Ces défis incluent des besoins en formation et en main-d'œuvre, des exigences spécifiques en matière de gestion de l'eau, des barrières infrastructurelles et de soutien institutionnel, ainsi que des résistances sociales et des perceptions de risque. Toutefois, pour réaliser pleinement ces avantages, il est essentiel de continuer à innover, à former les agriculteurs, à développer des politiques favorables, et à promouvoir l'inclusion sociale et l'égalité des sexes. Avec le soutien adéquat, le SRI peut devenir un pilier central de l'agriculture durable et de la sécurité alimentaire mondiale.

Références

AEDD/FCM (2024). /www.facebook.com/profile/100054891034345/search/?q=FEM

Agarwal, P. K., & Kumar, A. (2017). A socioeconomic study on pros and cons of SRI method of paddy cultivation in Ormanjhi block of Ranchi district, Jharkhand, India. *Indian Journal of Agricultural Research*, 51(1), 74–77. <https://doi.org/10.18805/ijare.v0i0.7008>.

Ali OUTANI B. (2021). Effet du système de riziculture intensive sur les émissions de gaz à effet de serre, la dynamique des populations des nématodes parasites, et la production du riz (*Oryza sativa* L.) sur le périmètre irrigué de sébéri au Niger. Mémoire de Master, Centre Régional AGRHYMET, Niger. 81p.

Barrett, C. B., Moser, C. M., McHugh, O. V., & Barison, J. (2004). Better technology, better plots, or better farmers? Identifying changes in productivity and risk among Malagasy rice farmers. *American Journal of Agricultural Economics*, 86(4), 869-888.

Berkhout, E., Glover, D., & Kuyvenhoven, A. (2015). On-farm impact of the System of Rice Intensification (SRI): Evidence and knowledge gaps, A review. *Agricultural Systems*, 132, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.10.001>.

CORAF/WECARD. (2014). *Manuel 'Technique' sur 'le SRI' en 'Afrique' de 'l'Ouest'*.

Dahal, K. R. (2014). System of rice intensification (SRI): A potential approach to enhance rice productivity and food security. *Journal of Forest and Livelihood*, 12(1), 75-81.

Dass, A., Kaur, R., Choudhary, A. K., Pooniya, V., Raj, R., & Rana, K. S. (2015). System of rice (*Oryza sativa*) intensification for higher productivity and resource use efficiency—A review. *Indian Journal of Agronomy*, 60(1), 1-19.

Dobermann, Achim (2004). A critical assessment of the system of rice intensification (SRI). *Agricultural Systems* 79, 261-281.

ERIKA S (2024). Introduction à la riziculture résiliente au climat et au système de riziculture intensive (sri) pour les maîtres formateurs et formateurs locaux de ricowas

Fao. (2003). *Trade reforms and food security: Conceptualizing the linkages*. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 1–315. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

<file:///C:/Users/PC/Downloads/le%20riz%20SRI-3.pdf> consulté le 28 Août 2024.

FCM/AEDD(2024)www.facebook.com/aeddmali/posts/pfbid0MLVEhwotda83T66dKrMTBSvs5k6U1RHAeapLnouHpCBaVcWXgogwuvKPQ6MC4kcWl consulter le 05/11/2024

Gathorne-Hardy, A., Reddy, D. N., Venkatanarayana, M., & Harriss-White, B. (2016). System of Rice Intensification provides environmental and economic gains but at the expense of social sustainability—A multidisciplinary analysis in India. *Agricultural Systems*, 143, 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.012>.

Halder, S., Honnaiah, & Govindaraj, G. (2012). Selected Poster prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil, 18-24 August, 2012 (pp. 18–24).

Hayat, S. F., Khalikov, F., Izzatov, K., Karimov, A., & Gulmadov, J. (2019). System for Rice Intensification: Enhancing food security and increasing income for smallholder farmers in Tajikistan.

HLPE, 2020. Food Security and Nutrition: Building a Global Narrative Towards 2030. <http://www.fao.org/3/ca9731en/ca9731en.pdf>.

Hollinger, F., & Staatz, J. M. (2015). Agricultural Growth in West Africa. *Market and policy drivers*. *FAO, African Development Bank, ECOWAS*. *Pobrano październik*.

IPCC (2014a). Contribution of Working Groups I, II and III to the 5th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland: IPCC. (2014).

Jagannath, P., Pullabhotla, H., & Uphoff, N. (2013). Meta-analysis evaluating water use, water saving, and water productivity in irrigated production of rice with SRI vs. standard management methods.

Janz, B., Weller, S., Kraus, D., Racela, H. R., Wassmann, R., Butterbach-Bahl, K., and Kiese, R. (2019). Greenhouse gas footprint of diversifying rice cropping systems: impact of water regime and organic amendments. *Agric. Ecosyst. Environ.* 270, 41–54. doi: 10.1016/j.agee.2018.10.011

Japan Association of the System of Rice Intensification (2012). *Draft of Guideline on SRI Practice for Tropical Countries*.

Kokou Zotoglo et Djiguiba Kouyaté (2011). Produire plus avec moins d'intrants : une nouvelle façon de cultiver le riz

Laulanié, Henri de (1993) Le système de riziculture intensive malgache. *Tropicultura* (Brussels) 11: 110.

Ly, P., Jensen, L. S., Bruun, T. B., Rutz, D., & de Neergaard, A. (2012). The system of rice intensification: adapted practices, reported outcomes and their relevance in Cambodia. *Agricultural Systems*, 113, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.07.005>.

Mboyerwa PA, Kibret K, Mtakwa P and Aschalew A (2022) Greenhouse gas emissions in irrigated paddy rice as influenced by crop management practices and nitrogen fertilization rates in eastern Tanzania *Front. Sustain. Food Syst.* 6:868479. doi: 10.3389/fsufs.2022.868479

Minamikawa, K., and Yagi, K. (2009). "Possibility of water management for mitigating total emission of greenhouse gases from irrigated paddy fields," in *Climate Change and Crops*, (Berlin, Heidelberg: Springer), 307–328. doi: 10.1007/978-3-540-88246-6_14

Moussa Macalou, John-B.D. Jatoe, Lamissa Diakite, Irene S. Egyir, Anaman, Dr. Freda Asem (2020). Impact of system of rice intensification on rice yield and food security in Mali. In *Proceedings of the 4th International conference on global food security*.

Narayanamoorthy, A., & Jothi, P. (2019). Water saving and productivity benefits of SRI: a study of tank, canal and groundwater irrigated settings in South India. *Water Policy*, 21(1), 162-177.

Nayak, C., Mahunta, R., & Dash, S. (2016). Economic Benefits of system of rice intensification (Sri) in Kendrapara district of Odisha. *Int. J. Appl. Pure Sci. Agric*, 2, 220-225.

Noltze, M., Schwarze, S., & Qaim, M. (2012). Understanding the adoption of system technologies in smallholder agriculture: The system of rice intensification (SRI) in Timor Leste. *Agricultural systems*, 108, 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.003>.

Noltze, M., Schwarze, S., & Qaim, M. (2013). Impacts of natural resource management technologies on agricultural yield and household income: The system of rice intensification in Timor Leste. *Ecological Economics*, 85, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.10.009>.

Palanisami, K., Karunakaran, K. R., Amarasinghe, U., & Ranganathan, C. R. (2013). Doing different things or doing it differently? Rice intensification practices in 13 states of India. *Economic and Political Weekly*, 51-58.

Pathak, M., Shakywar, R. C., Sah, D., & Singh, S. (2012). Prevalence of insect pests, natural enemies and diseases in SRI (System of Rice Intensification) of Rice cultivation in North East Region. *Annals of plant protection sciences*, 20(2), 375-379.

PDA. (2013). *Politique de Developpement Agricole du Mali*, Ministère de l'Agriculture Bamako Mali ; 39p

PNISA. (2013). *Plan National d'Investissemnt pour le Secteur Agricole au Mali*, Ministère de l'Agriculture Bamako Mali ;

- Petersen, S. O. (2018). Greenhouse gas emissions from liquid dairy manure: Prediction and mitigation. *J. Dairy Sci.* 101, 6642–6654. doi: 10.3168/jds.2017-13301
- Ramasamy Selvaraju (2013), Climate, Energy and Tenure Division (NRC), FAO. Fifth annual Investment Days, Rome, Italy
- Rapport Centre d’Innovation Verte (2016). *Initiative spéciale « UN SEUL MONDE sans faim »*
- Reddy, V. R., Reddy, P. P., Reddy, M. S., & Raju, S. R. (2005). Water use efficiency: a study of system of rice intensification (SRI) adoption in Andhra Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 60(3).
- Satyanarayana, A., Thiagarajan, T.M. and Uphoff, N. 2007. Opportunities for water saving with higher yield from the system of rice intensification. *Irrigation Science* 25: 99–115.
- Sheehy, John E., Shaobing Peng, Achim Dobermann, P. L. Mitchell, A. Ferrer, Jiangchang Yang, Yongbu Zou, Xuhua Zhong, and Jianliang Huang (2004). Fantastic yields in the system of rice intensification: Fact or fallacy? *Field Crops Research* 88, 1-8.
- Singh, R., Feroze, S. M., Ray, L. I., Singh, K. J., & Muliar, D. (2017). Role of system of rice intensification method in improving health and nutritional security: A micro level study in Tripura State. *Indian Research Journal of Extension Education*, 17(2), 1-4.
- Smartt, A. D., Brye, K. R., Rogers, C. W., Norman, R. J., Gbur, E. E., Hardke, J. T., et al. (2016). Previous crop and cultivar effects on methane emissions from drill- seeded, delayed-flood rice grown on a clay soil. *Appl. Environ. Soil Sci.* doi: 10.1155/2016/9542361
- SRI Networking and Resources Center (SRI-Rice) at Cornell University. (2024)a. Website visité le 18/05/2024: <https://datawrapper.dwcdn.net/ee3cs/40/>
- SRI Networking and Resources Center (SRI-Rice) at Cornell University. (2024)b. Website visité le /05/2024: <http://sri.ciifad.cornell.edu/aboutsri/methods/index.html>
- Styger, E., 2024. Introduction à la riziculture résiliente au climat et au système de riziculture intensive (SRI) pour les maitres formateurs et formateurs locaux de RICOWAS. RICOWAS TOT - Introduc2on au CRRP et au SRI, 26 mars 2024 Grand Lahou, République de Côte d’Ivoire.
- Styger, E, Traore, K. 2023. Transforming West Africa’s Rice Production by Scaling-up the System of Rice Intensification (SRI), Food System Resilience Program in West Africa, Wrap-up Meeting, May 18, 2023, Saly, Senegal.
- Styger, E., & Traoré, G. (2018). 50,000 Farmers in 13 Countries: Results from Scaling Up the System of Rice Intensification in West Africa. Dakar, Senegal: West and Central Africa Council for Agricultural Research and Development (CORAF/WECARD).
- Styger, E., & Uphoff, N. (2016). The system of rice intensification (SRI): revisiting agronomy for a changing climate. *CSA Practice Brief*.

- Styger, E., Attaher, M. A., Guindo, H., Ibrahim, H., Diaty, M., Abba, I., & Traore, M. (2011). Application of system of rice intensification practices in the arid environment of the Timbuktu region in Mali. *Paddy and Water Environment*, 9(1), 137-144. <https://doi.org/10.1007/s10333-010-0237-z>.
- Susilawati, H. L., Setyanto, P., Kartikawati, R. and Sutriadi, M. T. (2019). "The opportunity of direct seeding to mitigate greenhouse gas emission from paddy rice field," in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 393 (Bristol: IOP Publishing), 012042.
- Tampubolon, Y. R., Simanungkalit, F. J., Ritha, J., & Tampubolon, J. (2021). Securing Food Security: System for Rice Intensification Method to Produce More with Less Resources in North Sumatra, Indonesia. *Journal of Research in Agriculture and Animal Science*, 8(5), 01-06.
- Thakur, A. K., Mohanty, R. K., Patil, D. U., & Kumar, A. (2014). Impact of water management on yield and water productivity with system of rice intensification (SRI) and conventional transplanting system in rice. *Paddy and Water Environment*, 12(4), 413-424.
- Uphoff, N. (2006). The system of rice intensification (SRI) as a methodology for reducing water requirements in irrigated rice production. *International Dialogue on Rice and Water: Exploring Options for Food Security and Sustainable Environments*, 1-23.
- Uphoff, N. (2014). Systems thinking on intensification and sustainability: systems boundaries, processes and dimensions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 89-100. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.10.010>
- Uphoff, N. (2015). *The System of Rice Intensification (SRI): responses to frequently asked questions*. Norman Uphoff, SRI-Rice, Cornell University.
- Uphoff, N., & Randriamiharisoa, R. (2002). Reducing water use in irrigated rice production with the Madagascar System of Rice Intensification (SRI). *Water-wise rice production*, 71-87.
- Uphoff, Norman., & Kassam, A. (2009). *Agricultural Technologies for Developing Countries Annex 3 Case Study " The system of rice intensification "*.
- Uzzaman T, Sikder RK, Asif MI, Mehraj H, Jamal Uddin AFM. 2015. Growth and yield trial of sixteen rice varieties under System of Rice Intensification. *Scientia Agricola* 11: 81-89.
- Varma, P. (2017). Adoption of system of rice intensification under information constraints: an analysis for India. *The Journal of Development Studies*, 54(10), 1838-1857. <https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1336541>.
- Worldometer (2024). <https://www.worldometers.info/world-population/population-by-africa-subregion/>.
- Zhang, X., Xu, X., Liu, Y., Wang, J., and Xiong, Z. (2016). Global warming potential and greenhouse gas intensity in rice agriculture driven by high yields and nitrogen use efficiency. *Biogeosciences* 13, 2701–2714. doi: 10.5194/bg-13-2701-2016