

# **La révolution verte du riz en Afrique subsaharienne**

Keijiro Otsuka    et    Yukichi Mano  
(Université de Kobe)    (Université de Hitotsubashi)

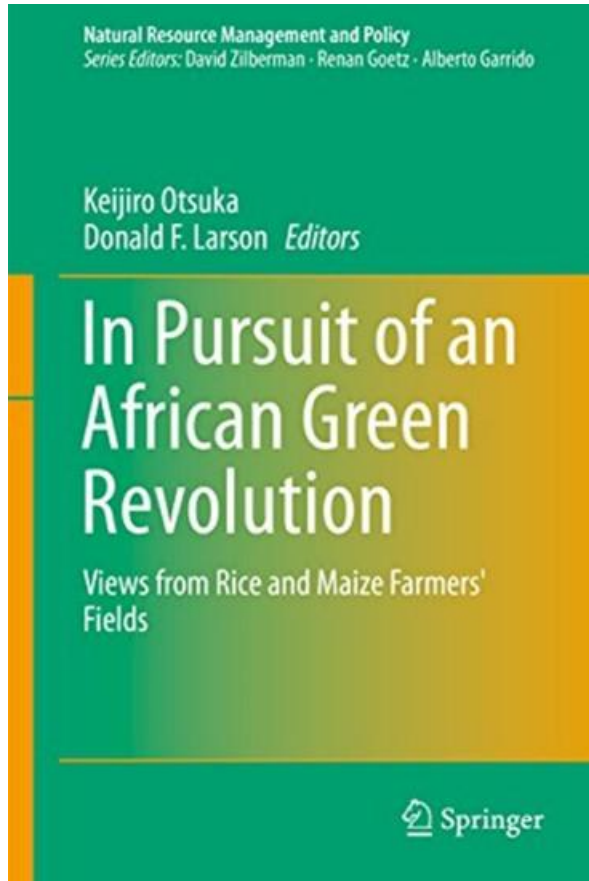
Assemblée Générale de la CARD  
4 juillet 2023

# Un casse-tête de taille !

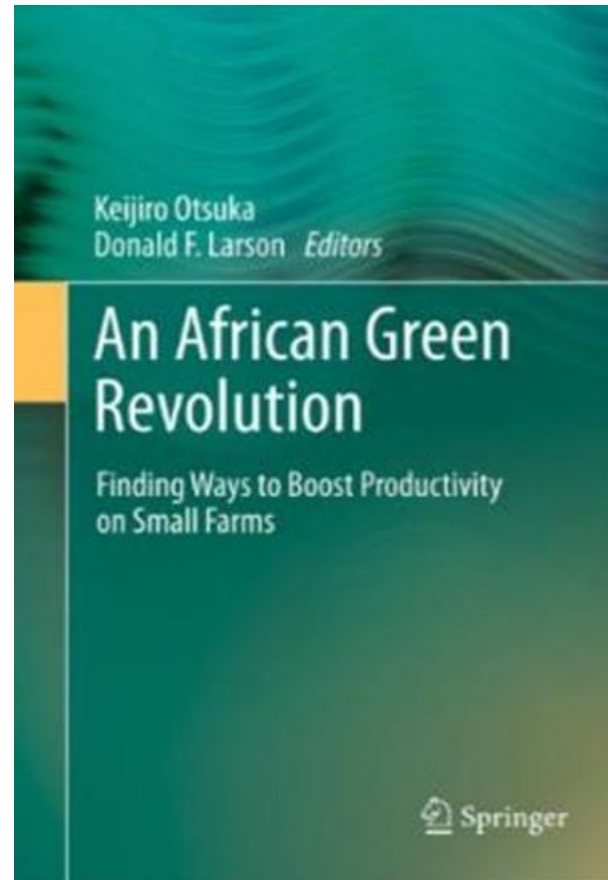
## **Pourquoi la révolution verte n'a-t-elle pas encore été mise en œuvre en ASS ?**

- La révolution verte revêt une importance capitale pour la réalisation des deux premiers ODD, notamment « l'éradication de la pauvreté » et « l'éradication de la faim ».
- Cette révolution a connu un grand succès en Asie tropicale il y a un demi-siècle.

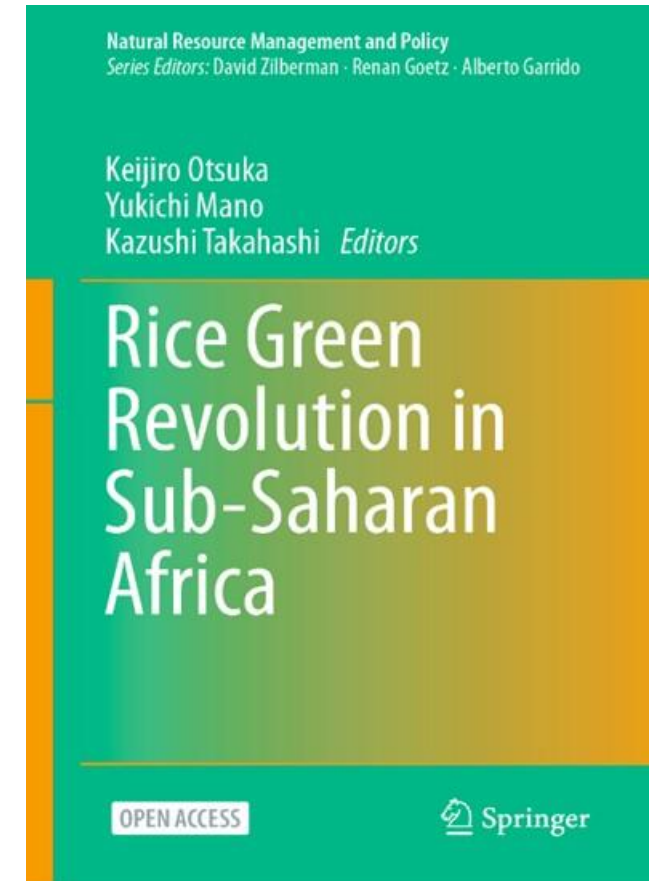
15 ans d'études de cas menées dans les pays suivants : Mozambique, Tanzanie, Kenya, Ouganda, Ghana, Côte d'Ivoire et Sénégal



Otsuka et Larson (2013)



Otsuka et Larson (2016)



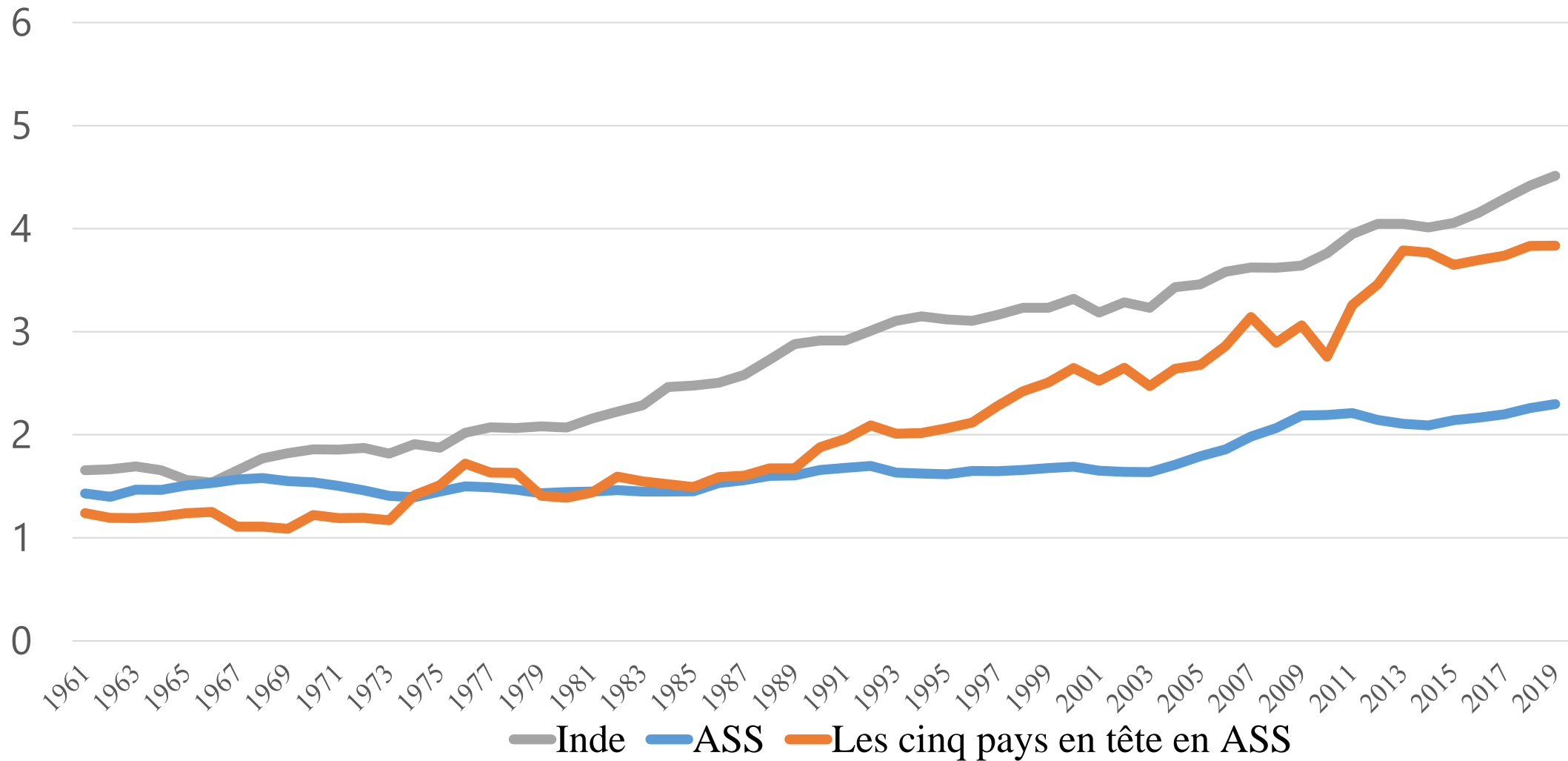
Otsuka, Mano, Takahashi (2023)  
Révolution verte du riz en Afrique  
Subsaharienne:

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-8016-6> (Accès libre)

# Principaux messages présentés dans ces trois ouvrages

- Ouvrage de 2013 : Le riz est la culture céréalière la plus prometteuse en Afrique subsaharienne, compte tenu de la transférabilité élevée de la technologie de la Révolution verte du riz en Asie.
- Ouvrage de 2016 : Les programmes de formation dans le domaine de la riziculture permettent d'augmenter considérablement les rendements du riz en Afrique subsaharienne.
- Ouvrage de 2023 : (1) **La révolution verte du riz ne se limite pas à une « révolution des semences et des engrais, mais elle est également caractérisée par une gestion intensive ».** (2) Les programmes de formation en riziculture présentent un impact durable en termes de rendement, avec des retombées significatives tant pour les participants que pour les non-participants. (3) La mécanisation de la riziculture et la mise en place de rizeries plus performantes sont également essentielles pour parvenir à une véritable révolution verte du secteur rizicole en Afrique.

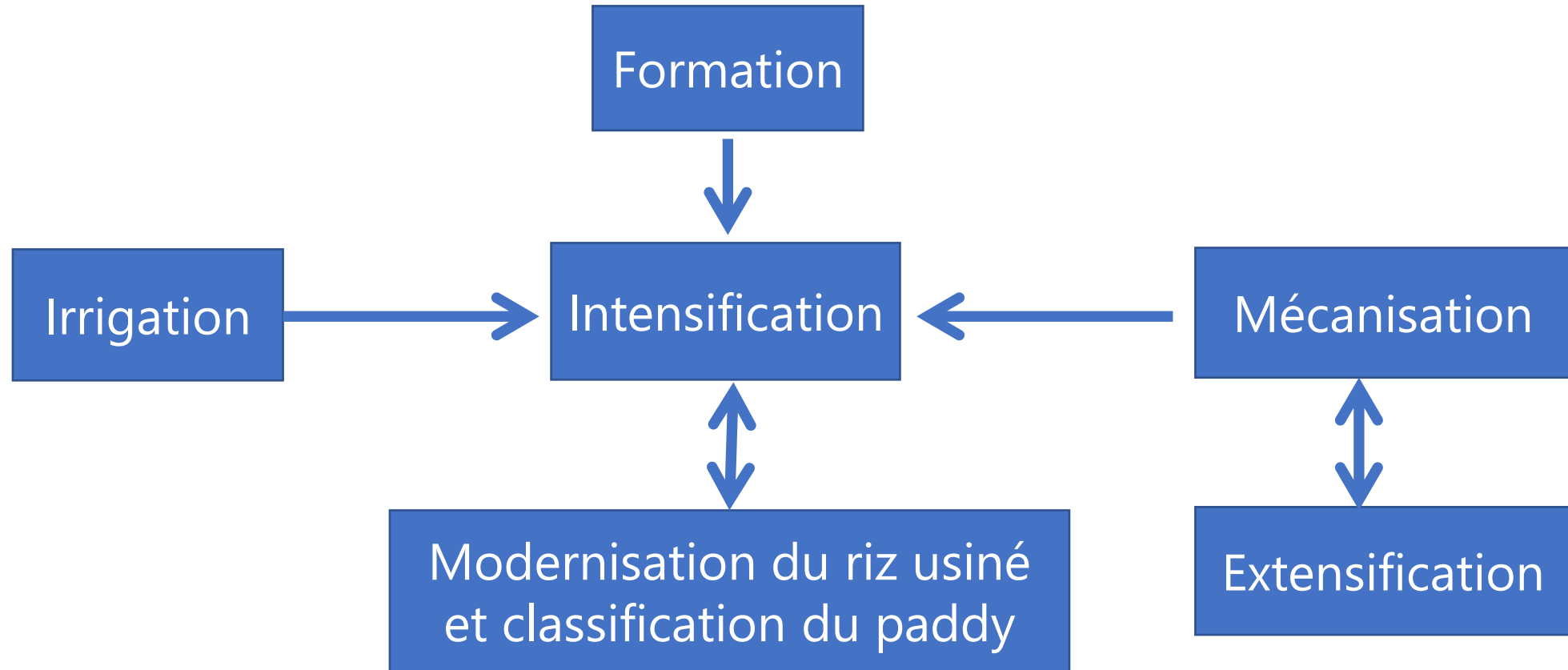
**Fig. 1** Évolution du rendement moyen du riz paddy dans les cinq pays en tête du classement en ASS (Kenya, Niger, Sénégal, Bénin et Mali) et en Inde (tonnes/ha)



# Quelle leçon tirer de la figure 1 ?

1. Avant la révolution verte en Asie, dans les années 1960, la différence de rendement entre l'Inde et l'ASS était relativement faible.  
→ Les conditions agro-climatiques en ASS ne sont pas particulièrement défavorables.
2. L'écart de rendement s'est creusé depuis les années 1970 en raison de la révolution verte en Inde.
3. Depuis les années 2002-2003, le rendement moyen en ASS a augmenté à cause probablement de la révolution verte.
4. En ASS, le rendement moyen des cinq pays en tête du classement a augmenté depuis 1990 et a presque rattrapé celui de l'Inde. **Au moins dans les cinq pays de l'ASS en tête du classement, la révolution verte a déjà eu lieu.**

**Fig. 2** Modèle conceptuel pour réussir une révolution verte dans le secteur rizicole grâce à l'intensification



# 1. La formation en riziculture est incontournable

- **La révolution verte du riz se traduit par une gestion intensive des cultures** (et pas uniquement à travers l'utilisation de variétés améliorées et d'engrais inorganiques).
  - Par exemple, la sélection des semences, la construction des diguettes, le nivellement et le repiquage en ligne.
- La formation en riziculture est par conséquent un **point d'entrée essentiel et incontournable** pour la révolution verte du riz en ASS.



# Des rizières sans diguettes ?

Pas de diguette → Pas d'eau stockée → Prolifération des mauvaises herbes



Une rizière sans diguettes



Autre rizière sans diguettes



Rizière avec diguettes



Rizière avec des diguettes extrêmement étendues

Nivellement → Répartition équilibrée de l'eau → Croissance saine des plantes



Avant et après le nivellement

Repiquage en ligne droite → Désherbage facile



Repiquage en ligne droite





# Une rizière bien entretenue en Tanzanie



# Notre projet : Analyses empiriques de l'amélioration de la production rizicole en Afrique subsaharienne (L'ouvrage de 2023)

- Essais contrôlés randomisés (ECR) des programmes de formation en riziculture organisés par la JICA au Mozambique, en Tanzanie et en Côte d'Ivoire ;
- Programmes de formation en riziculture de la JICA en Tanzanie et en Ouganda ;
- Impact de l'amélioration des méthodes d'usinage du riz sur la qualité du riz usiné à Mwea, au Kenya ;
- Les motoculteurs utilisés pour l'intensification de la riziculture en Côte d'Ivoire et en Tanzanie ;
- Investissements dans l'irrigation à grande échelle : le cas de Mwea, au Kenya.

Tableau 1. Évolution du rendement moyen des rizières et des taux d'adoption de certaines technologies en fonction du type de formation dispensée dans les zones pluviales, avant et après la formation : cas du Mozambique ( ECR)

	Avant la formation	Après la formation
1. Rendement du riz paddy (tonne/ha) :		
Groupe de formation 1	1,94	1,78
Groupe de formation 2	1,53	1,75
Pas de formation (groupe témoin)	1,97	1,54
2. Nivellement des parcelles (%) :		
Groupe de formation 1	14,1	66,7
Groupe de formation 2	18,6	45,5
Pas de formation (groupe témoin)	24,4	3,8
3. Repiquage en ligne (%) :		
Groupe de formation 1	1,3	46,2
Groupe de formation 2	0,0	35,6
Pas de formation (groupe témoin)	0,0	0,0

Le groupe 1 compte 78 riziculteurs et le groupe 2 en compte 101, tandis que le groupe témoin en compte 78. La formation a eu lieu en 2017 pour le premier groupe et en 2018 pour le second groupe. La période après la formation correspond à l'année 2018-19.

Tableau 2. Rendement moyen et taux d'adoption des technologies par les participants à la formation sur le système modifié de riziculture intensive (SMRI) dans les zones pluviales, en Tanzanie, en 2013

	Villages formés (VF)					Villages non formés
	Parcelles SMRI des participants		Parcelles non-SMRI des participants		Non-participants	
	2012	2013	2012	2013		
	Participants	Participants	Participants	Participants		
Rendement du riz paddy (tonne/ha)	4,7	4,7	3,1	2,8	2,6	2,9
Utilisation d'engrais chimiques (kg/ha)	57,9	50,8	9,1	5,1	2,5	2,5
Taux d'adoption des VM (%)	88,0	91,8	10,0	10,2	5,6	2,4
Taux de plantation en poquets sur ligne droite (%)	80,0	77,6	0,0	0,0	0,0	0,8
Parcelles respectant l'espacement recommandé (%)	60,0	55,3	0,0	0,0	1,6	2,4
Nombre d'observations	25	85	20	59	126	83

Tableau 3. Évolution du rendement moyen en riz paddy et taux d'adoption des technologies selon le statut d'avoir bénéficié de la formation dans les zones pluviales de l'Ouganda

	2008/09	2011/12	2015/16
	Avant la formation	Après la formation (courte durée)	Après la formation (prolongée)
1. Rendement du riz paddy (tonne/ha) :			
Participants	1,24	1,95	2,07
Non participants	1,35	1,58	2,03
2. Utilisation d'engrais chimiques (%)			
Participants	0,0	15,4	22,2
Non participants	3,1	8,5	28,3
3. Construction des diguettes (%)			
Participants	51,1	89,7	88,9
Non participants	60,9	67,8	63,3
4. Repiquage (en %)			
Participants	66,7	79,5	91,7
Non participants	63,7	66,1	77,4

Le nombre de participants est de 45, 39 et 36 pour chacune des années, tandis que le nombre de non-participants est de 64, 59 et 53, respectivement.

Tableau 4. Variations du rendement moyen du riz paddy et taux d'adoption des technologies selon le statut d'avoir bénéficié de la formation dans les zones pluviales de la Côte d'Ivoire (ECR)

	2014	2015	2016
1. Rendement en riz paddy (tonne/ha)			
Participants	3,44	4,05	3,42
Non participants	3,94	3,67	3,72
2. Utilisation d'engrais (kg/ha)			
Participants	215	249	233
Non participants	254	261	255
3. Nivellement (%)			
Participants	77,2	85,7	86,7
Non participants	79,1	67,7	81,0
4. Repiquage en ligne (%)			
Participants	5,4	37,8	34,9
Non participants	1,9	10,8	17,9
Précipitations en juillet (mm)	29,9	92,5	19,8



Tableau 5 Comparaison entre les rendements et le taux d'adoption de certaines pratiques agricoles parmi les riziculteurs clés, les riziculteurs intermédiaires et les riziculteurs ordinaires dans les zones irriguées de la Tanzanie

	2008	2009	2010	2011	2012
	Avant la formation	Année de la formation	1 an plus tard	2 ans plus tard	3 ans plus tard
<b>Riziculteurs clés</b>					
Rendement par ha (tonne/ha)	3,07	4,40	4,81	5,34	4,67
Utilisation d'engrais inorganiques (kg/ha)	63,4	115,8	137,7	178,3	131,3
Recours au nivellement (%)	46,1	76,9	81,3	86,7	76,9
Repiquage en ligne (%)	23,1	76,9	93,8	93,3	92,3
<b>Riziculteurs intermédiaires</b>					
Rendement par ha (tonne/ha)	2,47	2,57	2,84	4,63	3,93
Utilisation d'engrais inorganiques (kg/ha)	22,2	49,0	79,1	103,9	95,2
Recours au nivellement (%)	43,5	70,4	74,2	79,2	62,5
Repiquage en ligne (%)	13,0	44,4	64,5	45,8	58,3
<b>Riziculteurs ordinaires</b>					
Rendement par ha (tonne/ha)	2,57	2,67	2,53	3,58	3,67
Utilisation d'engrais inorganiques (kg/ha)	46,5	58,3	69,7	85,8	83,2
Recours au nivellement (%)	54,8	64,1	69,0	76,2	66,9
Repiquage en ligne droite (%)	11,1	19,0	25,8	26,9	36,9
Précipitations annuelles (mm)	1.027	869	917	1.547	651

# Pratiques améliorées en matière de riziculture : principales conclusions des tableaux de 1 à 4

- **Le rôle essentiel joué par l'amélioration des pratiques de riziculture dans l'augmentation du rendement du riz**, indépendamment des améliorations sur le plan de la commercialisation, de la mécanisation et des infrastructures d'irrigation.
- Les programmes **de formation à la riziculture ont un impact considérable et durable**, tant sur les rendements que sur les revenus et les bénéfices générés.
- Selon les études réalisées en Ouganda (tableau 3), en Côte d'Ivoire (tableau 4) et en Tanzanie (tableau 5), il semble que les **informations sur les pratiques** améliorées en riziculture se répandent de manière considérable, au niveau à la fois des participants à la formation et des non-participants.

## 2. En Afrique subsaharienne, l'utilisation de tracteurs contribue à l'intensification de la riziculture

- Contrairement aux régions tropicales d'Asie, les animaux de trait sont peu utilisés en Afrique subsaharienne pour des raisons liées à la trypanosomiase, ou maladie du sommeil (Alsan, 2015).
  - Grâce aux animaux de trait, la parcelle peut être soigneusement préparée, ce qui facilite l'intensification de la riziculture. Les tracteurs remplacent pratiquement les animaux de trait qui sont utilisés en Asie tropicale.
- Hypothèse : **L'utilisation de tracteurs permet de préparer soigneusement les parcelles et facilite l'intensification de l'agriculture en Afrique subsaharienne.**



# Les tracteurs à deux roues en Côte d'Ivoire permettent de préparer soigneusement les parcelles



Tableau 6. Caractéristiques de base des ménages selon le mode de préparation des parcelles

	Avec tracteur	Manuellement	Diff.
Chef de famille femme (=1)	0,01	0,02	-0,007
	(0,13)	(0,15)	
Âge du chef de famille	46,32	44,65	1,67
	(9,62)	(12,12)	
Chef de famille scolarisé (=1)	0,66	0,52	0,14*
	(0,47)	(0,50)	
Taille de la famille	10,00	9,45	0,55
	(6,25)	(5,93)	
Nombre de techniques de formation	7,14	6,54	0,59
	(4,02)	(4,20)	
Actif (en milliers de FCFA)	144,53	80,01	64,51*
	(282,2)	(143,7)	
Superficie de la parcelle (ha)	0,90	0,71	0,19**
	(0,48)	(0,44)	
Obs.	56	80	

# Stratégies empiriques

- Régression transversale à effets fixes du village (EF)
  - Les méthodologies de Oster (2019) nous ont permis de tester la robustesse des coefficients estimés sur l'utilisation des tracteurs par rapport aux variables non observables.
- L'estimateur doublement robuste (DR)
  - La DR fournit une estimation cohérente tant que le score de propension pour l'utilisation de tracteurs, ou la fonction de régression des résultats en termes de covariables, est correctement spécifié (Wooldridge, 2010)

# Tableau 7. L'impact de l'utilisation des tracteurs sur la mise en œuvre des facteurs de production

	Impact (EF du Village )	Impact ( Doublement Robuste)	Valeur moyenne obtenue par la méthode manuelle
Main d'œuvre familiale (000FCFA/ha)	99,35**	101,79***	76,71
	(40,11)	(34,58)	
Coût de la main-d'œuvre salarisée (000 FCFA/ha)	45,38**	44,39***	24,86
	(19,00)	(16,60)	
Coût de la machine (000 FCFA/ha)	55,50***	53,40***	5,36
	(11,03)	(7,01)	
Utilisation d'engrais chimiques (kg/ha)	86,73*	127,37***	181,6
	(44,86)	(41,50)	



Tableau 8A. Utilisation du tracteur et adoption de pratiques agricoles améliorées en matière de riziculture

	Impact (EF du Village )	Impact ( Doublement Robuste)	Valeur moyenne obtenue par la méthode manuelle
Nombre de pratiques adoptées	0,63** (0,29)	0,47** (0,25)	3,70
Construction des canaux (=1)	0,12 (0,10)	0,12 (0,07)	0,68
Construction des diguettes (= 1)	0,34*** (0,11)	0,29*** (0,08)	0,43
Nivellement (= 1)	0,02 (0,11)	-0,09 (0,08)	0,68
Sélection des semences (=1)	-0,02 (0,08)	-0,02 (0,06)	0,86
Incubation des semences (=1)	0,24** (0,11)	0,23** (0,09)	0,45
Repiquage (= 1)	-0,07 (0,10)	-0,05 (0,08)	0,57



Tableau 8B. L'utilisation du tracteur et son impact sur le recours à la main-d'œuvre familiale pour la préparation des parcelles, l'implantation des cultures, l'entretien des cultures et la récolte (000FCFA/ha)

	Impact (EF du Village )	Impact ( Doublement Robuste)	Valeur moyenne obtenue par la méthode manuelle
Préparation des parcelles	7,52	5,46	9,61
	(6,76)	(4,64)	
Implantation des cultures	12,47	14,43	15,58
	(13,08)	(8,84)	
Entretien des cultures	50,34**	50,98**	25,12
	(21,16)	(18,03)	
Récolte :	28,67**	29,09**	24,24
	(13,81)	(13,20)	

- Préparation des parcelles : nivellement, construction des diguettes, construction des canaux.
- Implantation des cultures : semis et repiquage.
- Entretien des cultures : désherbage, pulvérisation d'engrais, pulvérisation de pesticides et contrôle de l'eau.
- Récolte : récolte, battage et séchage.

Tableau 8C : L'utilisation du tracteur et son impact sur le recours à la main-d'œuvre salariée pour la préparation des parcelles, l'implantation des cultures, l'entretien des cultures et la récolte (000FCFA/ha).

	Impact (EF du Village )	Impact ( Doublement Robuste)	Valeur moyenne obtenue par la méthode manuelle
Préparation des parcelles	1,06	0,09	4,73
	(5,69)	(4,91)	
Implantation des cultures	17,54***	16,21***	2,86
	(5,97)	(4,42)	
Entretien des cultures	8,85**	9,55***	2,04
	(4,36)	(3,53)	
Récolte :	28,67**	18,45***	13,29
	(12,66)	(10,40)	

- Préparation des parcelles : nivellement, construction des diguettes, construction des canaux.
- Implantation des cultures : semis et repiquage.
- Entretien des cultures : désherbage, pulvérisation d'engrais, pulvérisation de pesticides et contrôle de l'eau.
- Récolte : récolte, battage et séchage.

Tableau 9. L'utilisation du tracteur et son impact sur le rendement, le revenu et la rentabilité de la riziculture

	Impact (EF du Village )	Impact ( Doublement robuste)	Valeur moyenne obtenue par la méthode manuelle
Rendement du riz (t/ha)	1,15***	1,22***	3,58
	(0,49)	(0,52)	
Revenu généré par le riz (000FCFA/ha)	84,46	67,06	513,1
	(97,97)	(87,85)	
Rentabilité de la culture du riz (000FCFA/ha)	30,82	26,51	435,1
	(102,97)	(91,47)	
Revenu total du riz par parcelle (000FCFA)	41,30	25,96	321,2
	(59,52)	(62,06)	
Rentabilité totale du riz par parcelle (000FCFA)	11,05	-3,23	280,9
	(60,56)	(52,02)	

# Débat : L'utilisation de tracteurs pour faciliter l'intensification de la riziculture en Afrique subsaharienne

- La théorie de l'innovation induite soutient que le capital remplace le travail lorsque les salaires augmentent (Hayami et Ruttan 1985);
- Cependant, notre analyse de la riziculture en Côte d'Ivoire montre un rôle potentiellement complémentaire entre le capital et le travail
- Alors que le tracteur remplace les animaux de trait en Asie tropicale (Binswanger 1978), **le tracteur remplace le travail manuel dans la préparation des sols, facilitant un meilleur contrôle de l'eau et l'intensification de la riziculture, en Côte d'Ivoire et en Tanzanie comme dans Cha 9 d'Otsuka, Mano, Takahashi (2023).**

### 3. La modernisation des technologies d'usinage améliore la qualité du riz

- En Afrique subsaharienne, le riz local ne peut souvent pas concurrencer le riz asiatique importé, en raison de **l'inadéquation des rizeries** (Fiamore et al. 2017; Ragasa et al. 2020)
- Les **consommateurs urbains préfèrent le riz propre** (Demont & Ndour 2015; Demont et al. 2017)
- Hypothèse : **Les épierreuses et autres technologies d'usinage améliorées permettent d'améliorer la qualité du riz et de renforcer sa compétitivité par rapport au riz importé**

# Usinage du riz à Mwea



- **La principale fonction est d'offrir des services d'usinage aux riziculteurs et aux commerçants**
- Certains transformateurs achètent le paddy auprès des riziculteurs et vendent le riz usiné aux consommateurs, aux commerçants et dans des supermarchés.
- Composants standards d'une rizerie : **décortiqueuses** et **polisseuses**



# Modernisation des rizeries



- Demande pour un riz de grande qualité
- Amélioration des accessoires : **pré-nettoyeuses, dépoussiéreurs, niveleuses** pour la classification du riz en grades (trieuses selon la couleur) ?
- Au début des années 2010, **quelques entrepreneurs de la transformation ont effectué une visite en Chine pour présenter ces nouvelles technologies.**

# De petites rizeries modernisées à la fin des années 2010



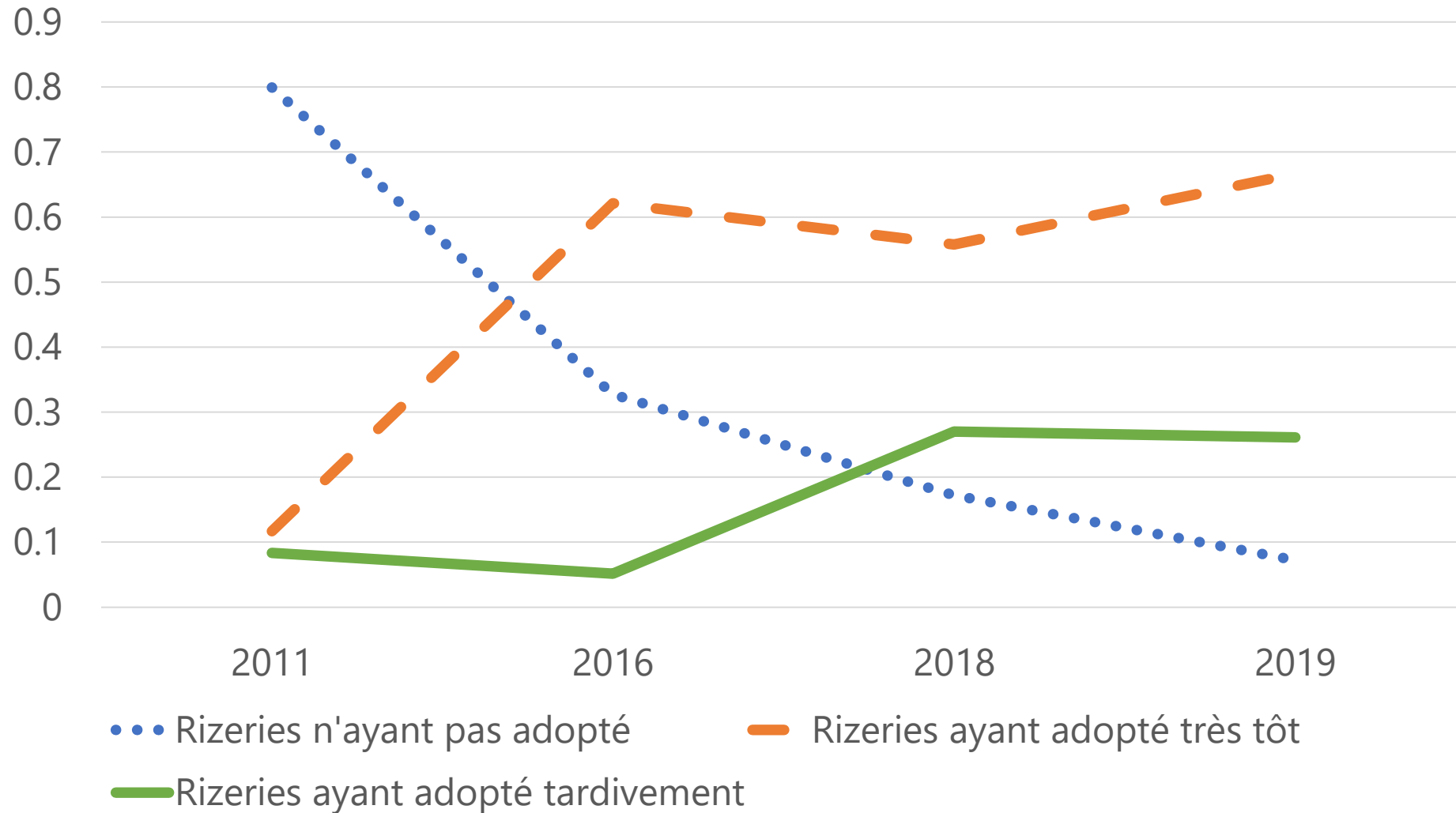
- À la fin des années 2010, de petites rizeries multi-étagées ont été introduites.



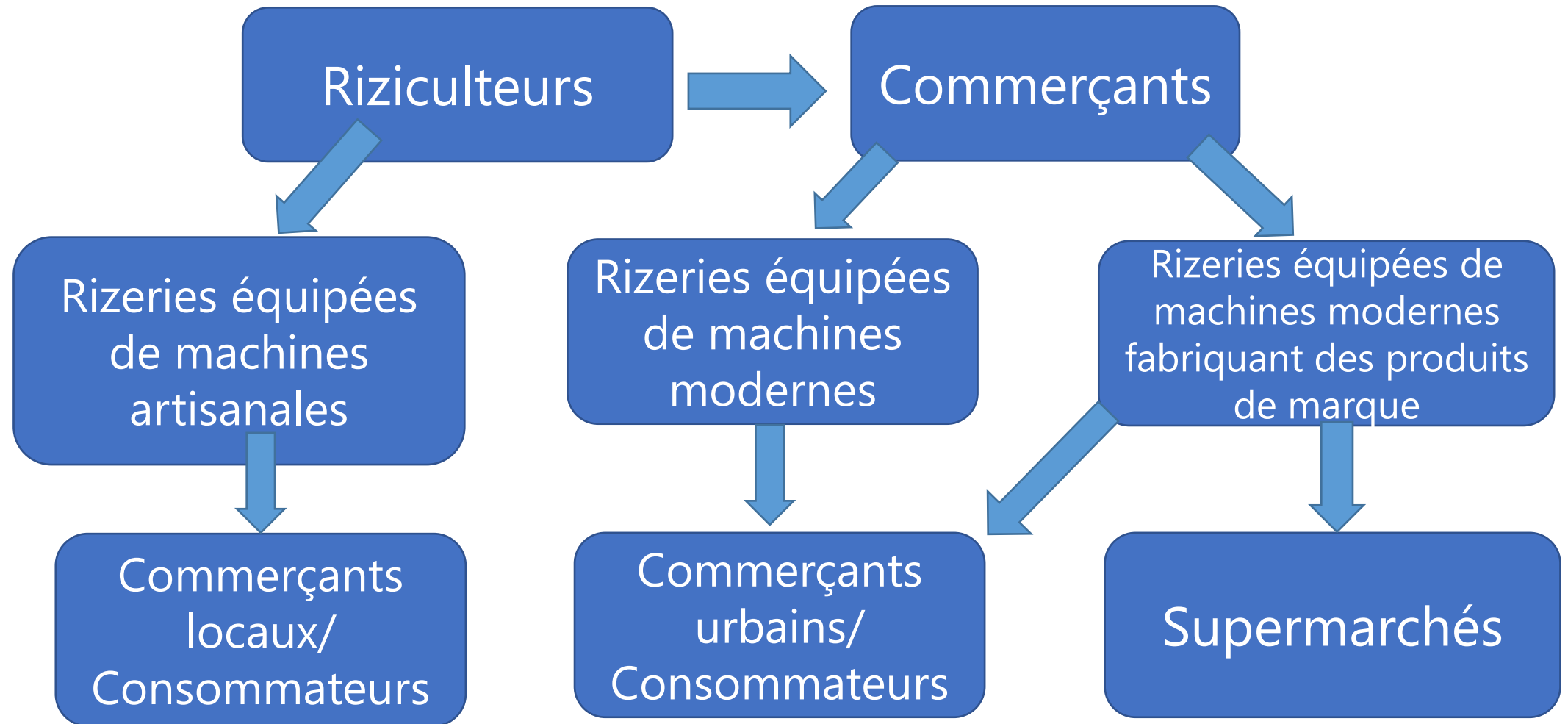
# Tableau 10. Nombre de rizeries et adoption des épierreuses de riz

	Total	Rizeries n'ayant pas adopté	Rizeries ayant adopté très tôt	Rizeries ayant adopté tardivement
Nombre de rizeries (% d'adoption de l'épierreuse)				
2011	82 (3,7)	72 (0)	6 (50)	4 (0)
2016	103 (14,6)	82 (0)	15 (100)	6 (0)
2018	84 (26,1)	57 (0)	14 (100)	13 (61,5)
2019	95 (34,7)	62 (0)	14 (100)	19 (100)
Fin de la période				
2012-2016	41	40	1	0
2017-2019	53	52	1	0

# Fig 3. Marché du riz usiné destiné aux clients



# Fig 4. Transformation structurelle de la commercialisation du riz



# Stratégies empiriques

- Doublement robuste(DR)
  - L'estimateur DR fournit une estimation cohérente tant que le score de propension pour l'utilisation de tracteurs ou la fonction de régression des résultats en termes de covariables est correctement spécifié (Wooldridge, 2010)
- « *Endogenous switching regression* » (Modèle de régression endogène) (ESR)
  - Le modèle ESR est fréquemment utilisé dans les enquêtes portant sur l'adoption des technologies agricoles. Ce modèle permet ainsi de corriger la partialité de l'endogénéité due aux caractéristiques non observées.(Di Falco et al. 2011; Khonje et al. 2018; Bairagi et al. 2020)

# Tableau 11. Impacts des technologies améliorées d'usinage

	Frais d'usinage (Kshs/kg)	Quantité de riz usiné (tonne)	Commercialisation du riz usiné (=1)	Prix du riz (Kshs/kg)	Quantité de riz commercialisé (tonne)	Utilisation de la capacité	Rentabilité (MM. Kshs)	Rentabilité par capacité (MM. Kshs/kg)	Survie (=1)
ATT (DR)	0,81***	311,18***	0,03	13,34***	145,69***	0,29*	5,90	0,01	0,39***
ATT (DR) des rizeries qui ont adopté très tôt	0,80***	414,24**	-0,05	7,65	236,94**	0,41	8,07	-0,07	---
ATT (DR) des rizeries qui ont adopté tardivement	0,76***	176,69*	0,25*	15,97***	39,08***	0,12	2,17	0,14*	---
ATT (ESR)	0,43***	437,30***	0,27***	15,25***	144,58***	0,17***	5,76**	0,02	0,74***
ATUT (ESR)	0,54***	322,60***	-0,31***	30,65***	264,45***	0,27***	-2,28***	0,99***	0,49***
Moyenne des résultats des rizeries n'ayant pas adopté	1,89	51,8	0,37	124,4	5,2	0,60	-0,08	-0,04	0,67
	ATT= Effet moyen du traitement sur les traités, ATUT = Effet moyen du traitement sur les non-traités								

# Conclusions et discussions sur les technologies améliorées d'usinage

- **L'amélioration des technologies d'usinage contribue à améliorer la qualité et la compétitivité du riz local vis-à-vis du riz importé.**
  - Riz basmati amélioré de Mwea : 140-200 Ksh/kg
  - Riz pakistanais long grain : 100-120 Ksh/kg
  - Riz thaïlandais au jasmin : 350 Ksh/kg
- **Transformation de la chaîne de valeur avec l'adoption des technologies améliorées d'usinage**
  - Riz paddy provenant des commerçants locaux
  - Système de marques
  - Commercialisation dans les supermarchés
- Les petites rizeries à plusieurs étages ont permis de diminuer le fardeau financier pouvant peser sur les utilisateurs potentiels

# 4. Remarques finales

- La formation à la riziculture représente un point d'entrée incontournable pour la révolution verte en Afrique subsaharienne.
- La mécanisation et l'adoption de technologies améliorées d'usinage sont également des éléments indispensables à une véritable révolution verte dans le secteur rizicole de l'Afrique subsaharienne.
- La stratégie clé pour mener à bien la révolution verte du riz en Afrique subsaharienne repose sur l'idée que **l'adoption de pratiques améliorées en matière de riziculture est un point d'entrée incontournable.**
- Notre tâche, en tant qu'équipe de recherche, est de recueillir les données, de les analyser et de diffuser les principales conclusions aux décideurs africains, au personnel des organisations internationales, ainsi qu'aux scientifiques et économistes agricoles de renom.