Compte-rendu d'essai

Evaluation agronomique et économique de la substitution des engrais minéraux par un engrais organique local : le Ferticycle

Planteur : LALLEMAND Lilian
Site : Saint-Louis

« Le projet Optimisation de la fertilisation de la canne à sucre» est cofinancé par l'Union européenne, dans le cadre du Programme de Développement Rural de La Réunion / FEADER 2014-2020, et pat l'Etat au titre du contrat de plan 2015-2020. »

Amélie FEVRIER
Olivier PAYET

Table des matières

Evaluation agronomique et économique de la substitution des engrais minéraux par un engrais organique local : le Ferticycle 1
Avant-propos 4
Localisation de l'essai 4
Introduction 5
Objectif 5
Protocole 5
Le produit testé : Le Ferticycle 5
Site d'implantation du dispositif 5
Modalités testées 6
Mesures réalisées au cours de la végétation 6
Mesure à la récolte 7
Evaluation de la richesse 7
Evaluation du rendement canne 7
Evaluation du rendement sucre 7
Evaluation économique 7
Méthode d'analyse statistique des données 7
Conduite de la culture 8
Régime hydrique 8
Gestion de l'enherbement 8
Les dose d'élément fertilisant recommandées en fonction du cycle 8
Mode d'apport des amendements et des engrais 9
Quantité de Mafor et d'engrais apporté et doses d'éléments fertilisants efficaces apportées. 9
Résultats 9
Bilan hydrique 9
Rendement canne par cycle 10
Rendement canne cumulé 11
Rendement en sucre par cycle 11
Résultats des analyses de sol 12
Etat nutritionnel de la canne suivi par diagnostic foliaire 12
Résultats économiques 12
Conclusion 13
Annexes 14

Plan de l'essai 14
Gestion de l'enherbement : dates, produits, doses, IFTH 15
Pluviométrie et taux de satisfaction hydrique 16
Etat nutritionnel des cannes par diagnostic foliaire 17

Tables des tableaux

Tableau 1: Coefficient d'équivalence à l'engrais du Ferticycle des différents éléments fertilisants 5
Tableau 2: Descriptif du site d'implantation de l'essai 5
Tableau 3: Détail des modalités 6
Tableau 4: Détails des mesures en végétation réalisées par cycle 7
Tableau 5: Itinéraire technique de la gestion de l'enherbement 8
Tableau 6: Doses recommandées par cycle selon Serdaf (kg / ha) 9
Tableau 7 : Fertilisation apportée pour chaque modalité et pour chaque cycle 9
Tableau 8: Bilan hydrique (pluviométrie annuelle, ETP et TSH) 10
Tableau 9 : Comparaison des rendements canne par rapport au témoin par cycle 10
Tableau 10: Composition moyenne de feuille par cycle toutes modalités confondues 12
Tableau 11: Variables appliquées dans OTECAS pour l'évaluation économique 12
Tableau 12: Résultats OTECAS de l'évaluation économique 13

Table des figures

Figure 1: Localisation de l'essai sur le territoire 4
Figure 2: Teneur en composants issu de l'analyse de sol l'année de plantation 8
Figure 3: Croissance de la canne par modalité 10
Figure 4: Rendement de canne en tonne par hectare par modalité cumulé sur 3 ans 11
Figure 5: rendement sucre en tonne de sucre par hectare 11
Figure 6 : Différence entre le début et la fin de l'essai des composants de l'analyse de sol 12

Avant-propos

L'essai a été mis en place et conduit de la plantation à la récolte des données, par l'équipe Expérimentation agronomique du CTICS :

- Olivier PAYET
- Jean-Noël ADRAS
- Darius ADRAS
- Jean-Paul PAYET
- Karl SAUTRON
- Hughes GIVRAN
- Fredo FANTASQUE

De concert avec cette équipe, le protocole a été rédigé par Amélie FEVRIER, ingénieur agronome à eRcane. Elle a aussi assuré l'analyse des données, pour la rédaction de ce compte-rendu dont la validation a été partagée avec Olivier PAYET.

Dans le cadre des relations de travail existant avec le CTICS, des agents du Service Techniques Culturales d'eRcane, ont pu occasionnellement intervenir en appui pour certaines tâches (en échange d'appuis de l'équipe Expérimentation agronomique du CTICS à eRcane).

Nous tenons à remercier :

- le planteur Lilian LALLEMAND, qui a mis à disposition la parcelle d'essai ;
- la société Valavie et Jean-Sébastien Perret qui nous a fournis le Ferticycle.

Localisation de l'essai

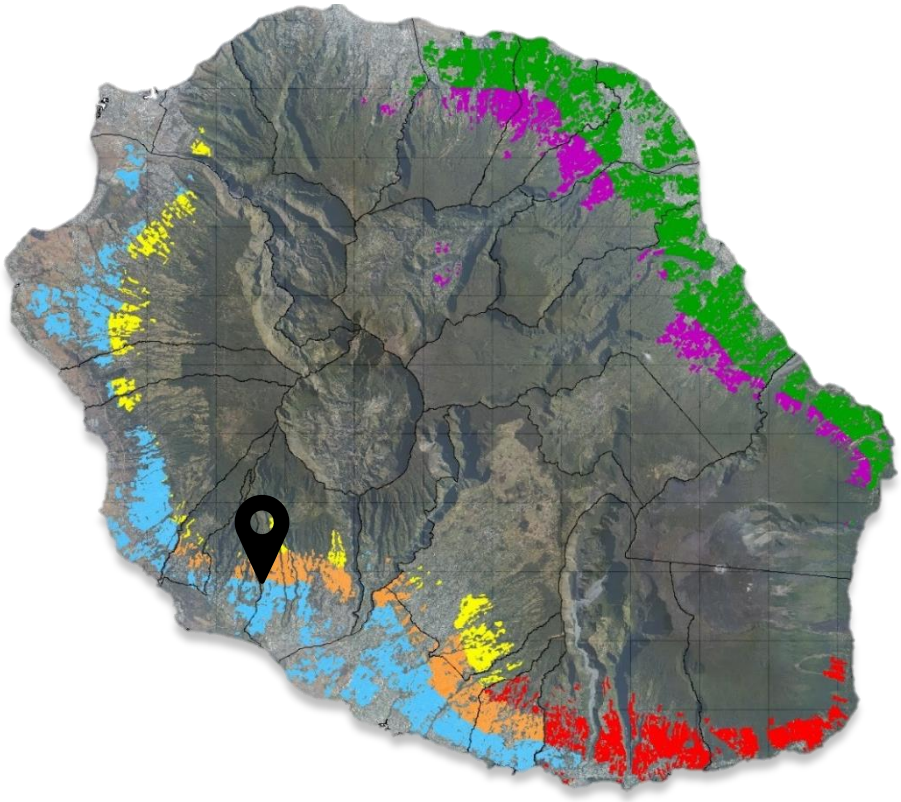


Figure 1: Localisation de l'essai sur le territoire

Introduction

La Réunion importe des engrais minéraux pour la fertilisation de ses cultures, dont les prix augmentent ces dernières années. Or, il existe des ressources locales, en provenance notamment des élevages, dont l'utilisation présente les atouts d'une économie circulaire inter-filière.

Le Ferticycle est un engrais organo-minéral produit à l'île de La Réunion, à partir de fientes de poules pondeuses. De nombreux agriculteurs l'utilisent car il est granulé et facile à épandre. Face à l'augmentation du prix des engrais minéraux importés, le Ferticycle est une alternative pour la fertilisation de la canne à sucre.

Le Ferticycle est également testé dans le cadre du projet TERO afin d'évaluer son coefficient apparent d'utilisation (CAU) et son coefficient d'équivalence azoté à l'engrais (CE-N ou Keq-N).

Les planteurs ont sollicité le CTICS pour mettre en place des essais d'évaluation de l'efficacité du Ferticycle comme engrais pour la canne à sucre.

Trois parcelles d'essais testent ce produit. Les résultats présentés dans ce compte rendu sont ceux de la parcelle d'essai implanté à Saint-Louis chez Lilian LALLEMAND.

Objectif

Evaluation agronomique et économique de la substitution des engrais minéraux par le Ferticycle en comparaison a un témoin fertilisé avec des engrais minéraux, sur plusieurs cycles de canne.

Instituts concernés : CTICS, eRcane

Protocole

Le produit testé : Le Ferticycle

Engrais organique sous forme de granulés fabriqués localement par VALAVIE à partir de fientes de poules pondeuses complémentées en azote (Urée) et potassium (KCl). L'une de leur formulation, spécialement destinée à la canne à sucre, est testée dans cet essai. Elle est composée de 6% d'azote, 3 % de phosphore et 10 % de potassium. Des coefficients d'équivalence sont appliqués pour chaque élément fertilisant déterminant pour le rendement.

Tableau 1: Coefficient d'équivalence à l'engrais du Ferticycle des différents éléments fertilisants

Eléments fertilisants	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**
Keq	0,75	0,65	1

Site d'implantation du dispositif

Tableau 2: Descriptif du site d'implantation de l'essai

Lieu	Saint-Louis
Site	Chemin Richard -Bras Lory
Altitude	320 m
Coordonnées	-21.239112, 55.426662
Sol	Brun

Régime hydrique	Non irrigué
Précédent cultural	Canne
Date Plantation	Décembre 2016
Repousse	2
Variété	R586
Répétition	4
Dispositif	Bloc de Fisher

Parcelle élémentaire (PE) :

- nombre sillons : 15 ;
- longueur d'un sillon : 11 m ;
- écartement entre sillons : 1,5 m ;
- surface une PE : 247, 5 m²

Modalités testées

La pratique du planteur, une fumure minérale N, P_2O_5 et K_2O est la modalité témoin à laquelle une modalité organique lui est comparées, le Ferticycle.

Tableau 3: Détail des modalités

Modalité	Descriptif
Témoin	Fumure minérale
Ferticycle	Fumure organo-minérale à base de Ferticycle

Mesures réalisées au cours de la végétation

Des placettes d'observations sont installées en cours de végétation. Selon la disponibilité des équipes de terrain les mesures suivantes sont réalisées. La priorité étant donnée aux travaux d'entretien des parcelles, ces mesures ne sont pas réalisées tous les ans. Le tableau 7 récapitule les mesures réalisées à chaque cycle.

Une placette de 5 m est installée sur chacun des 3 rangs centraux de chaque parcelle. Sur cette placette 10 cannes sont chacune identifiée par une étiquette numérotée de 1 à 10.

Les observations par placette sont :

L'élongation de 10 cannes, sur les lignes centrales, a été suivie tant qu'il a été possible de circuler dans la parcelle sans endommager les cannes.

Diagnostic foliaire : entre 5 et 7 mois les feuilles ont été prélevées sur les rangs centraux selon la procédure usuelle d'échantillonnage pour une analyse foliaire.

A la récolte, comptage du nombre total de tiges et des tiges usinables sur chacune des placettes d'observation.

Sol : un échantillonnage de sol a été prélevé pour chaque PE en vue d'une analyse. Cet échantillonnage sera répété après chaque récolte afin de suivre un éventuel effet, ou non, de l'apport des

amendements organiques sur la fertilité du sol. Ce prélèvement est obligatoirement réalisé chaque année.

Tableau 4: Détails des mesures en végétation réalisées par cycle

Cycle	DF	Tallage	Hauteur
R2	Non	Non	Non
R3	Non	Non	Non
R4	Oui	Non	Non

Mesure à la récolte

Evaluation de la richesse

Pour en déterminer la richesse primaire (*Rp %*), avant la récolte, un échantillon de cannes a été prélevé dans chacune des PE des trois essais. Ces cannes ont été analysées par le laboratoire CTICS de la plateforme de réception de du GoI, selon le protocole d'analyse saccharimétrique du CTICS.

Evaluation du rendement canne

Les cannes de chaque parcelle élémentaire ont été pesées à l'aide d'un peson hydraulique. Ce poids rapporté à la surface correspondante a servi à calculer le rendement canne à l'hectare (*Rdt*).

Rdt (t / ha)= poids de canne (kg) / surface (m²) * 10

Evaluation du rendement sucre

Le rendement en sucre à l'hectare (Su) est calculé en prenant en compte le rendement en canne en t / ha et la richesse primaire (Rp %) :

*Su (t / ha) = (Rdt * Rp %) / 10*

Evaluation économique

eRcane a développé l'outil OTECAS pour faire des bilans économiques des itinéraires techniques en culture de canne à sucre. Cet outil est accessible sur le site Coatis du Rita [1]. Cet outil a été utilisé pour l'évaluation économique du Ferticycle.

Méthode d'analyse statistique des données

Les données de récolte de même que celles relatives aux analyses de sol et au diagnostic foliaire ont été traitées statistiquement à l'aide d'un modèle linéaire sous R :

Modèle = lm(Variable ~ Modalité * cycle, data)

La variable dépend de l'analyse effectuée, elle peut être le rendement en canne et en sucre, le delta des composants de l'analyse de sol, les teneurs en composant du diagnostic foliaire.

Une « Anova » est ensuite réalisée pour comparer les résultats en fonction des modalités et des cycles.

[1] https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/OtecaS_fichier_ressource_otecas-version-finale-mars-2021.xlsx

Si un effet cycle est observé alors un modèle linéaire pour chaque cycle est réalisé, suivi d'une « Anova » par cycle.

Conduite de la culture

Régime hydrique

La parcelle est conduite en pluviale.

Gestion de l'enherbement

Les herbicides utilisés pour désherber sont disponible en annexe.

Tableau 5: Itinéraire technique de la gestion de l'enherbement

Cycle	Prélevé	Postlevé	Désherbage manuel	IFTH
R2	1	1	1	4,2
R3	-	1	-	1
R4	1	-	1	2,2

Les dose d'élément fertilisant recommandées en fonction du cycle

Chaque année une analyse de sol est réalisée par le laboratoire du Cirad pour chaque parcelle élémentaire. L'outil d'aide à la décision Serdaf[2] calcul les doses recommandées en azote, phosphore et potassium à partir des résultats de chaque analyse de sol réalisée annuellement.

Résultats d'analyse de sol l'année d'installation de l'essai

L'essai a été implanté en deuxième repousse, à la suite d'un essai BPE sur la gestion de l'enherbement mené par eRcane.

Le pH est supérieur à 6, aucun amendement chaulant n'a été réalisé avant l'implantation de l'essai.

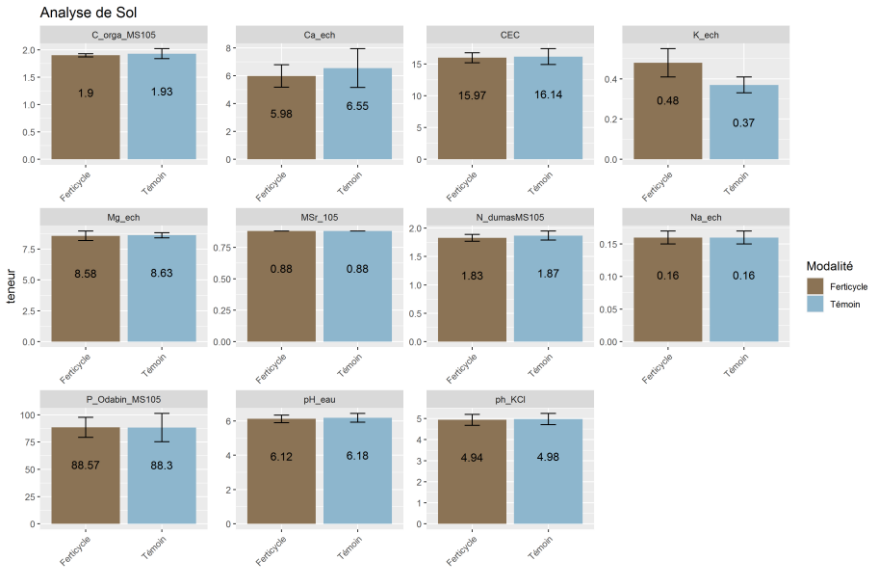


Figure 2: Teneur en composants issu de l'analyse de sol l'année de plantation

[2] Serdaf : système expert réunionnais d'aide à la fertilisation, outil développé par le Cirad.

Les doses recommandées en éléments fertilisant sont récapitulées dans le tableau 7 pour chaque cycle.

Tableau 6: Doses recommandées par cycle selon Serdaf (kg / ha)

cycle	N	P_2O_5	K_2O
R2	169	165	276
R3	186	100	352
R4	206	294	312

A partir de R4 les doses recommandées en azote, appliquées à la parcelle sont réduites de 25 %. L'objectif est d'être sur la droite ascendante de la courbe de réponse au rendement. En effet, si les résultats de rendement se situent sur le plateau de rendement alors, il n'y aura pas de différence dans les rendements car malgré une disponibilité plus grande de l'azote celui-ci ne sera pas valorisé par la canne. L'objectif de cette méthode est de mieux évaluer l'efficacité des produits testés, mais entraine une diminution des rendements par rapport aux rendements espérés.

Mode d'apport des amendements et des engrais

Les engrais apportés manuellement sur le sillon de canne, sont fractionnés en deux apports égaux. Le premier au moment de la plantation ou après la récolte et le second, 3 à 4 mois après la plantation ou la récolte. A la plantation, la première demi-dose est enfouie dans le sillon.

Quantité de Mafor et d'engrais apporté et doses d'éléments fertilisants efficaces apportées.

Le tableau 8 récapitule pour chaque cycle, le type de fertilisation apportée et les doses à l'hectare.

Tableau 7 : Fertilisation apportée pour chaque modalité et pour chaque cycle

Cycle	Modalités	Rendement espéré (t/ha)	Engrais	Doses (kg/ha)
R2	Témoin	130	17 – 17 – 17 Sulfate de potasse	994 588
	Ferticycle		Ferticycle 6 – 3 – 10	3200
R3	Témoin	130	15 – 10 – 24 Sulfate de potasse	1239 35
	Ferticycle		Ferticycle 6 – 3 – 10 Physalg27	3 300 147
R4	Témoin	140	18 – 7 – 30 Physalg27 Sulfate de potasse	858 866 109
	Ferticycle		Ferticycle 6 – 3 – 10 Physalg27 Sulfate de potasse	2 700 903 9

Résultats

Bilan hydrique

Le taux de satisfaction hydrique ne descend pas sous le seuil de 0,7. D'après ce seuil, la canne n'a pas été en stress hydrique. Cependant, le ratio annuel ETP / pluviométrie est inférieur à 1 ce qui signifie

qu'il y a un stress hydrique. En regardant en détail les graphique de pluviométrie en annexe, la canne a été en stress hydrique en troisième repousse de mai à novembre (7 derniers mois), ainsi que de juillet à novembre 2021. La troisième repousse n'a pas subi plus d'un mois de stress hydrique.

Tableau 8: Bilan hydrique (pluviométrie annuelle, ETP et TSH)

Campagne	Cycle	Pluviométrie (mm)	ETP*	TSH**
2018-2020	R2	1272	1348	1,99
2019-2020	R3	1603	1259	1,39
2020-2021	R4	1088	1187	0,97

* Evapotranspiration potentielle = Evapotranspiration potentielle * coefficient cultural
** Taux de satisfaction hydrique calculé sur 10 jours, moyen par mois

Rendement canne par cycle

Les rendements en canne sont compris entre 82 t / ha en troisième repousse et 127 t / ha en troisème repousse.

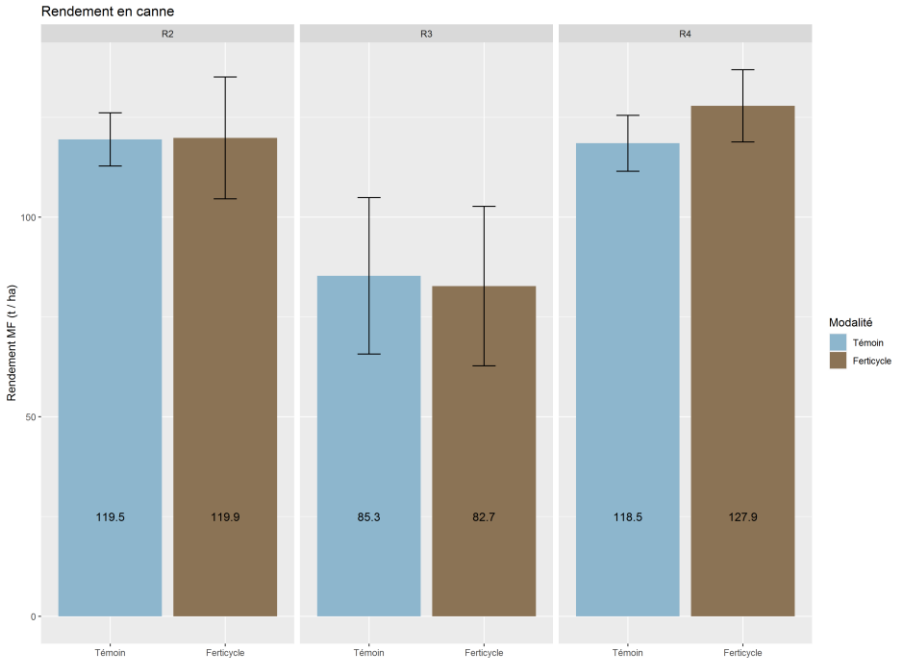


Figure 3: Croissance de la canne par modalité

L'Anova par cycle, révèle une différence significative du rendement en quatrième repousse. Le Ferticycle a un rendement plus élevé de 7,9 % en quatrième repousse par rapport au témoin.

Tableau 9 : Comparaison des rendements canne par rapport au témoin par cycle

cycle	Ferticycle	Témoin	Pourcentage
R2	119,9	119,5	0,3
R3	82,7	85,3	-3
R4	127,9	118,5	7,9 *

Rendement canne cumulé

Le rendement cumulé sur 3 ans est de 330 t / ha pour la modalité Ferticycle. Aucune différence significative n'est observée lorsque l'on cumule les 3 années de rendement. En effet, il y a seulement 7,2 tonne de canne de différence entre les deux modalités, ce qui représente moins de 0,1 % d'écart.

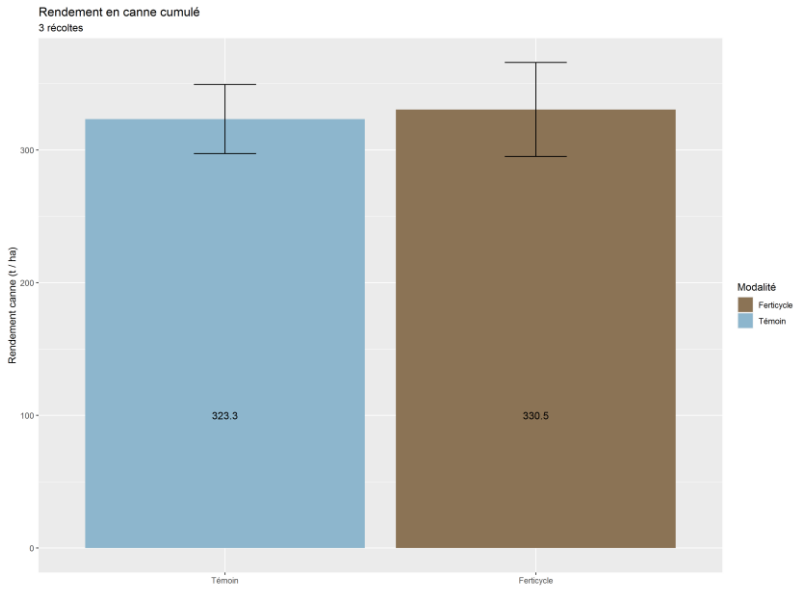


Figure 4: Rendement de canne en tonne par hectare par modalité cumulé sur 3 ans

Rendement en sucre par cycle

Le rendement en sucre varie entre 12 et 19 t/ha sur les trois repousses. Contrairement au rendement en canne, il n'y aucune différence significative entre les modalités pour chaque cycle.

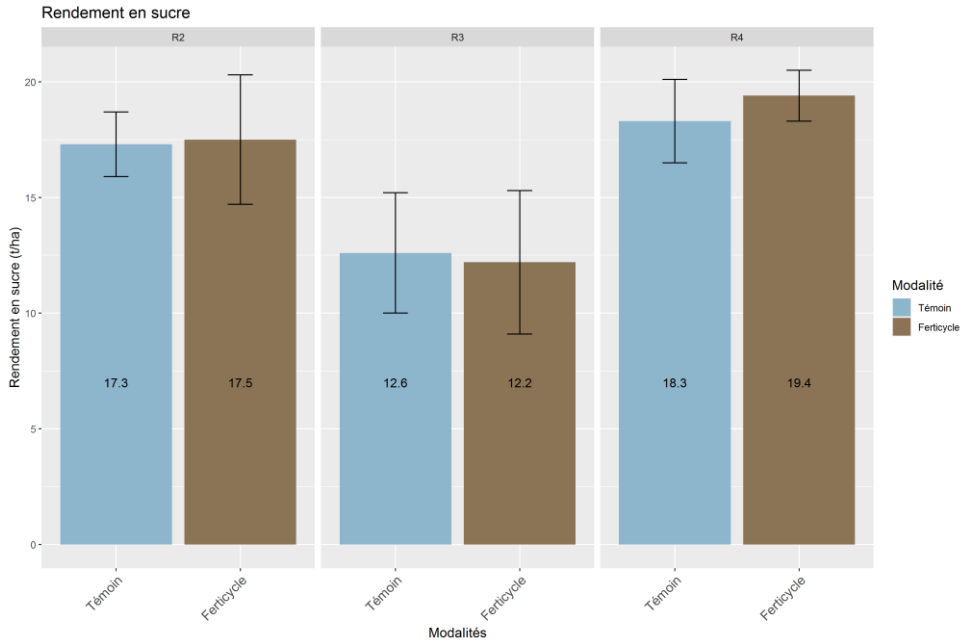


Figure 5: rendement sucre en tonne de sucre par hectare

Résultats des analyses de sol

Le delta de chaque composants de l'analyse de sol est calculé. L'objectif est d'observé s'il y a une évolution différente des éléments minéraux, du pH et de la CEC en fonction de la fertilisation.

Statistiquement, il n'y a aucune différence significative entre les résultats d'analyse de sol des deux modalités. Le pH a eau a tendance à diminuer dans les deux modalités mais cette diminution est plus faible pour la modalité Ferticycle (- 0,3) que pour la modalité Témoin (-0,7). La CEC diminue de 3,15 mé/100g sec pour la modalité Témoin, alors qu'il reste stable pour la modalité Ferticycle.

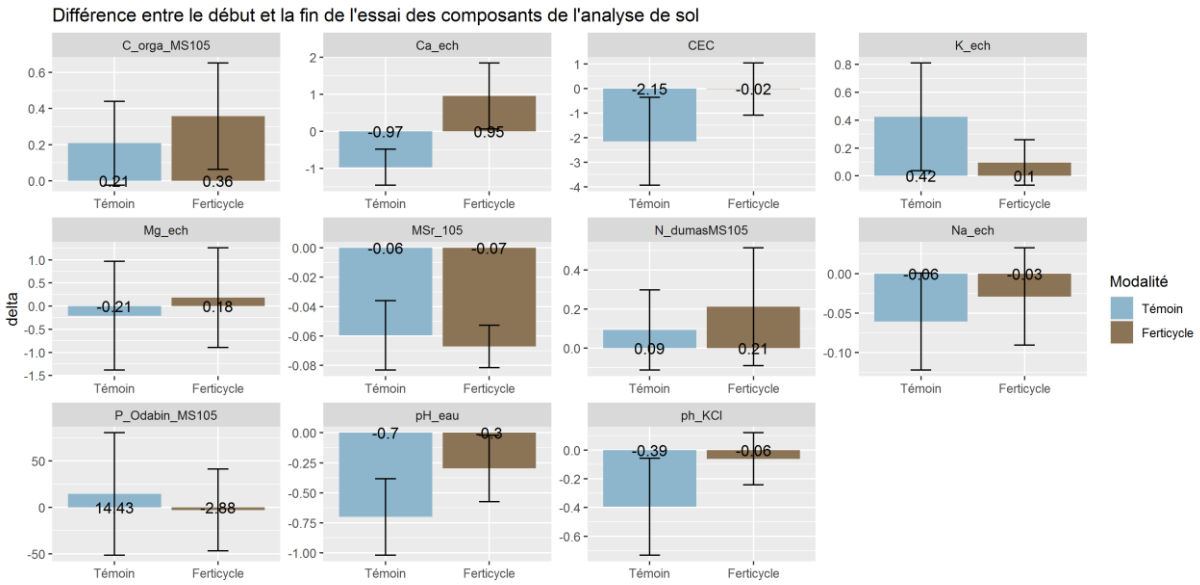


Figure 6 : Différence entre le début et la fin de l'essai des composants de l'analyse de sol

Etat nutritionnel de la canne suivi par diagnostic foliaire

Aucune différence significative n'est observée entre les modalités sur l'état nutritionnel des cannes en cours de croissance. Ce qui signifie que la fertilisation appliquée ne modifie pas le statut nutritionnel de la canne et donc l'absorption en nutriment au cours de sa croissance de la canne.

Tableau 10: Composition moyenne de feuille par cycle toutes modalités confondues

Cycle	**N_dumas** (g/kg MS)	**P_tot** (g/kg MS)	**C_tot** (g/kg MS)	**K_tot** (g/kg MS)	**Ca_tot** (g/kg MS)	**Mg_tot** (g/kg MS)
R4	16,11	1,41	45,48	10,39	2,43	2,29

Résultats économiques

Les variables d'entrées utilisées dans Otecas sont précisées dans le tableau 12

Tableau 11: Variables appliquées dans OTECAS pour l'évaluation économique

Temps de rotation	1h	
Charge utile	12 tonnes	
Prélevé	Sencoral + Prowl + Camix	625g + 3l + 2,5l
Post levé	2,4D + Callisto + sencoral	625 g + 0,75l + 1 l
Fertilisation	Fractionné en 2 apports	
Coupe	Manuelle	

Paille	Fanage manuel	
Chargement	Mécanique au Farmi	
Transport	Remorque 12-14 tonnes	
Lutte ravageur	Dératisation manuelle	
Engrais modalité témoin	15 – 10 – 24 (598 € /tonne) Physalg27	1239 kg / ha 35 kg / ha
Engrais modalité Ferticycle	Ferticycle 6 – 3 – 10 (312 € / tonne) Physalg27	3300 kg / ha 147 kg / ha

Selon les modalités cité ci-dessus, le logiciel Otecas calcul une réduction de la marche semi-nette coût de main d'œuvre inclus de 8 % avec.

Cependant le maintien du pH et de la CEC sont à prendre en compte dans le coût économique, En effet, si cette tendance se poursuit, il n'y aura pas de correction de pH a effectué à la prochaine plantation.

Tableau 12: Résultats OTECAS de l'évaluation économique

Données Générales				
	Témoin	**Modalité**	**Bilan**	
Rendement	109 t/ha	109 t/ha	0 t/ha	0%
Richesse	14,9 %	14,9 %	0	0%
IFT	2,17	2,17	0,00	0%
Temps de travail	326 h/ha	326 h/ha	0 h/ha	0%
Produit Brut				
Produit Brut	9836 €/ha	9836 €/ha	0 €/ha	0%
Intrants				
Total	-874 €/ha	-1224 €/ha	-350 €/ha	-40%
Engrais/Amendements/Biostimulants	-760 €/ha	-80 €/ha	680 €/ha	89%
Herbicides	-114 €/ha	-114 €/ha	0 €/ha	0%
Eau	0 €/ha	0 €/ha	0 €/ha	0%
Autres	0 €/ha	-1030 €/ha	-1030 €/ha	0%
Charges de Main d'œuvre				
Total	-4110 €/ha	-4110 €/ha	0 €/ha	0%
Marge Brute				
Marge Brute hors Coût de Main d'Œuvre	8962 €/ha	8612 €/ha	-350 €/ha	-4%
Marge Brute par heure de travail	27 €/h	26 €/h	-1 €/h	-4%
Marge Brute Coût de Main d'Œuvre déduit	4852 €/ha	4502 €/ha	-350 €/ha	-7%
Charges de Mécanisation				
Total	-549 €/ha	-549 €/ha	0 €/ha	0%
Marge Semi-nette				
Marge Semi-nette hors Coût de Main d'Œuvre	8412 €/ha	8062 €/ha	-350 €/ha	-4%
Marge Semi-nette par heure de travail	26 €/h	25 €/h	-1 €/h	-4%
Marge Semi-nette Coût de Main d'Œuvre déduit	4302 €/ha	3952 €/ha	-350 €/ha	-8%

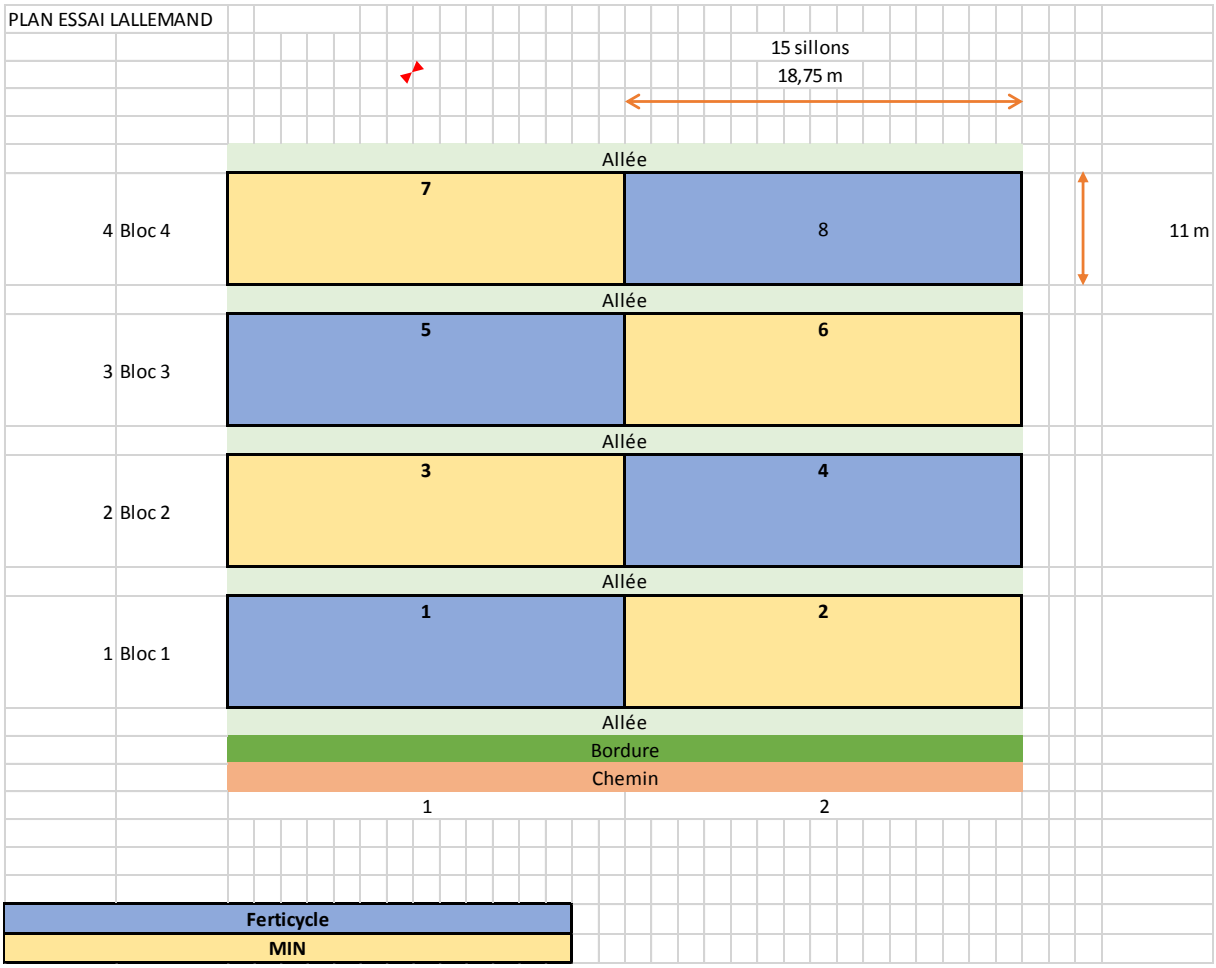
Conclusion

En conclusion, les résultats entre les deux modalités ne sont pas différents, et tendent à montrer que la fertilisation organique avec du Ferticycle, engrais organo-minéral, produit localement est aussi efficace que la fertilisation minérale classique. Les doses de fertilisants sont déterminé à l'aide du logiciel Serdaf du Cirad, et un coefficient d'équivalence à l'engrais du Ferticycle est appliqué en utilisant les premiers résultats du Projet TERO.

Une tendance à la stabilisation de la CEC et du pH avec l'utilisation du Ferticycle comparativement à la modalité minéral, est un avantage considérable pour éviter les chutes de rendement lié à la diminution de fertilité des sols.

Annexes

Plan de l'essai



Gestion de l'enherbement : dates, produits, doses, IFTH

R2 – 2018 – 2019

Date	Produit	Dose homologuée (g ou l / ha)	Dose appliqué (g ou l / ha)	IFTH
14/12/2018	Sencoral	1,250	0,625	0,5
	Prowl	3	3	1
	Camix	3,75	2	0,53
29/04/2019	Callisto	1,5	1	0,67
	2,4D	2	1	0,5
	Starane	1	1	1
			IFTH Total	4,2

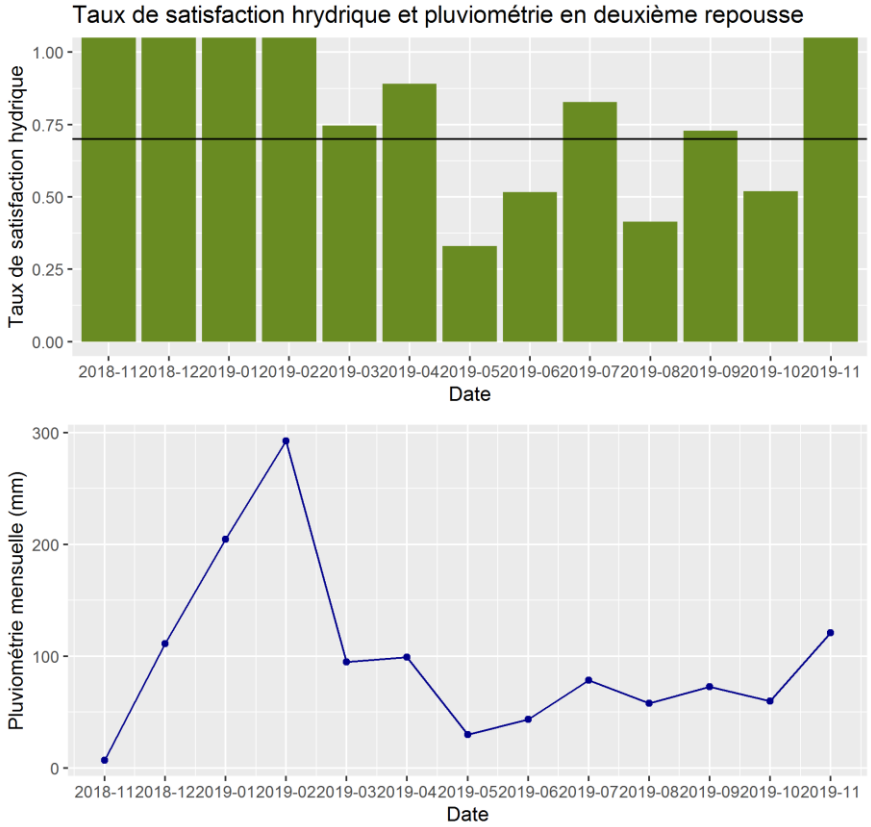
R3 – 2019 – 2020

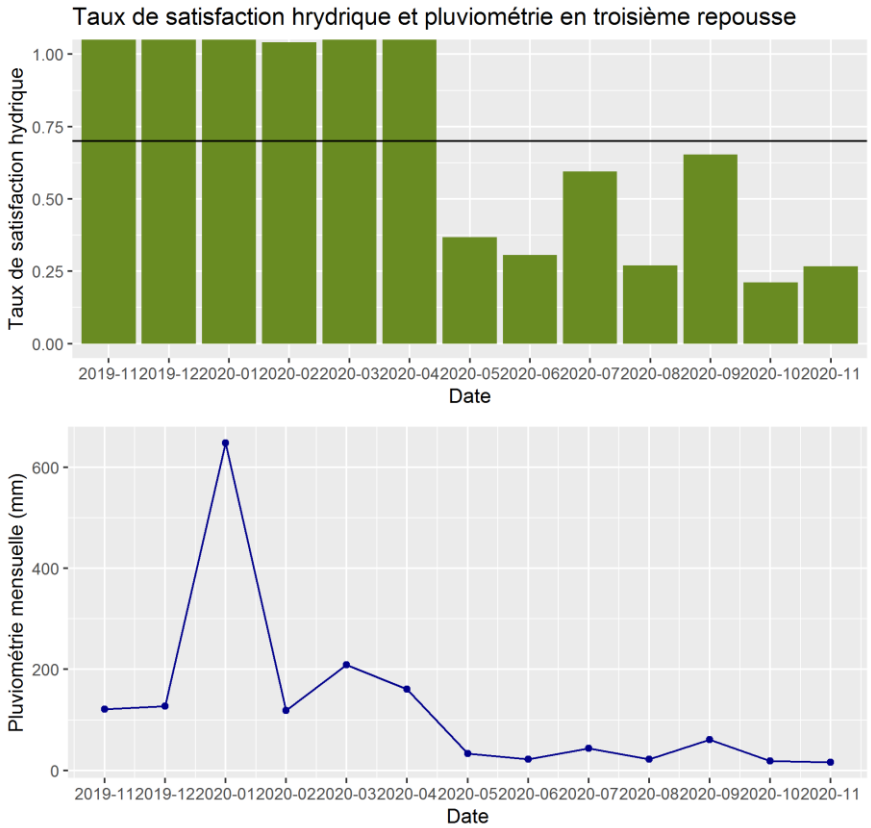
Date	Produit	Dose homologuée (g ou l / ha)	Dose appliqué (g ou l / ha)	IFTH
13/02/2020	Callisto	1,5	1	0,5
	2,4D	2	1	0,5
			IFTH Total	1

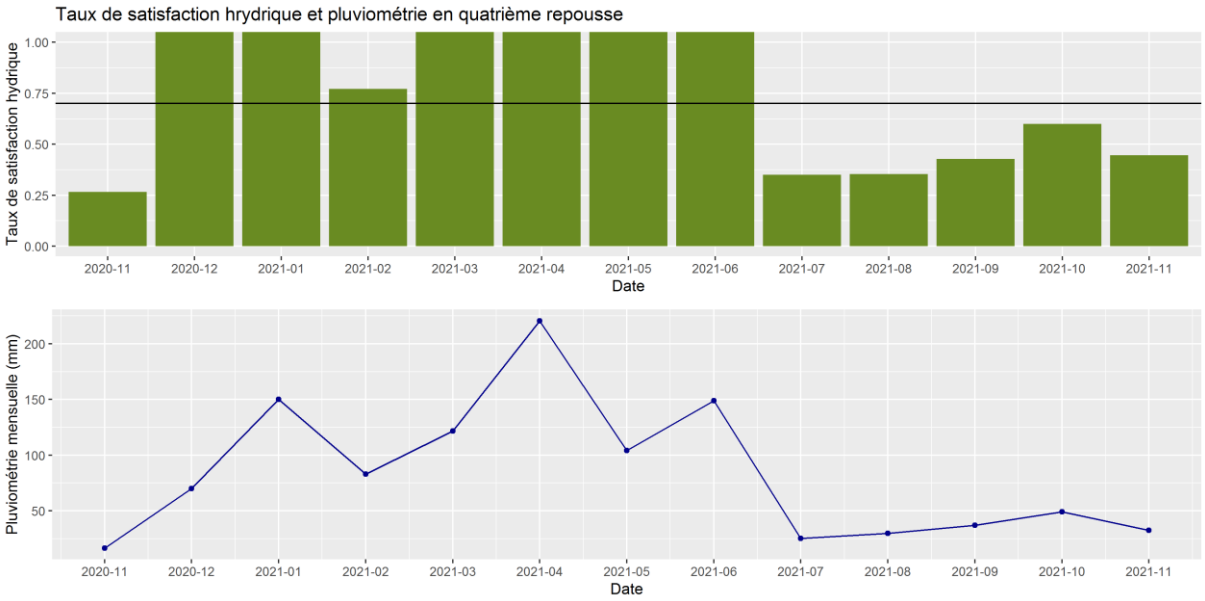
R4 – 2020-2021

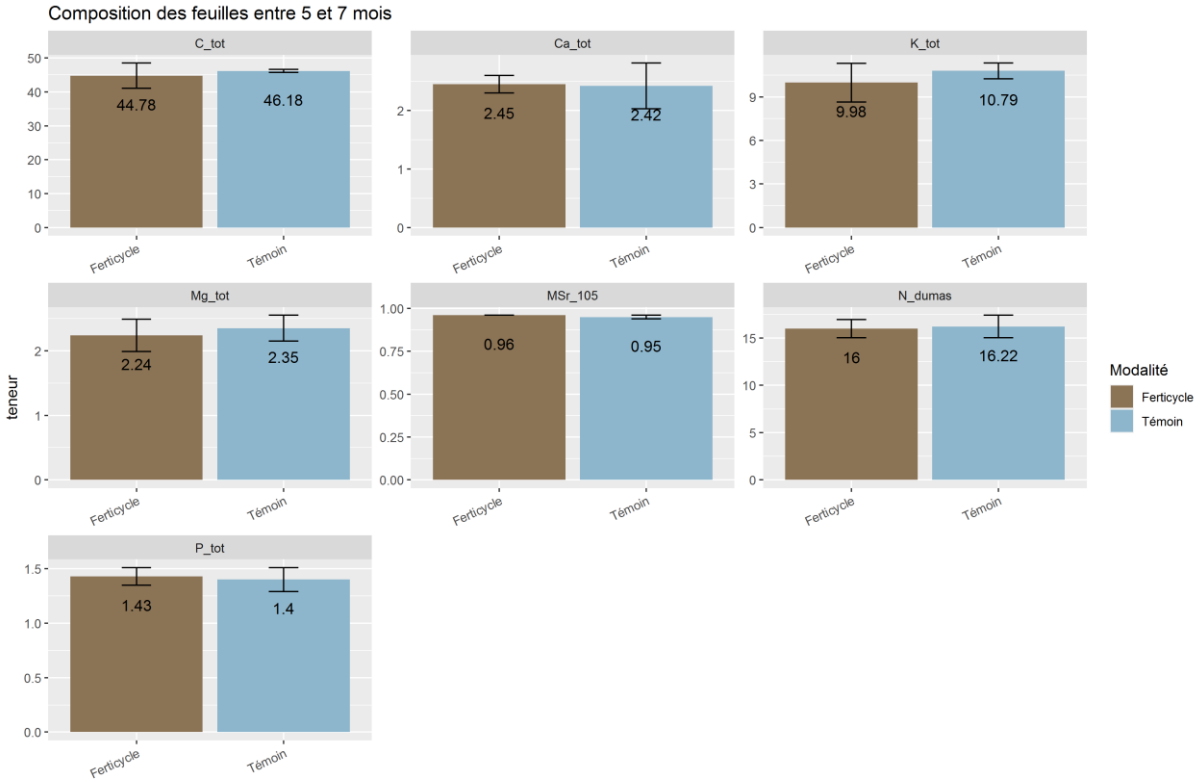
Date	Produit	Dose homologuée (g ou l / ha)	Dose appliqué (g ou l / ha)	IFTH
23/12/2020	Sencoral	1,250	0,625	0,5
	Prowl	3	3	1
	Camix	3,75	2,5	0,7
			IFTH Total	2,2

Pluviométrie et taux de satisfaction hydrique







Etat nutritionnel des cannes par diagnostic foliaire

R4 – 2020 - 2021