Diagnostic de l'impact du climat sur les rendements de canne à sucre 2022 à La Réunion et évolution 2004-2022

A travers une analyse des prévisions de rendements avec le modèle Mosicas depuis 2003, l'objectif est de réalisé un diagnostic permettant d'expliquer l'influence du climat sur la campagne 2022 à La Réunion. Une légère baisse de 3 à 4% des rendement en 2022 a été observée par rapport à la période de référence et cette baisse s'explique principalement par une baisse des températures et du rayonnement. L'évolution des rendements et des besoins en eau d'irrigation est également présenté depuis la coupe 2004.

Online version: https://rpubs.com/mathiaschristina/1023036

AUTHOR

Christina Mathias

AFFILIATION

CIRAD, UPR AIDA, F-97743, Saint-Denis, La Reunion, France

PUBLISHED

March 7, 2023

Contents

1. Méthode
- 1.1. Données spatialisées
- 1.2. Choix du modèle.
- 1.3. Choix de simulation et itinéraire technique.
- 1.4. Analyse des résultats

2. Diagnostic du climat 2022

3. Diagnostic des rendements 2022

4. Evolution des rendements et besoin en irrigation de 2004 à 2022
- 4.1. Evolution dans les différents bassins agricoles et zones climatiques

Appendices
- Diagnostic de la qualité des données météorologiques

1. Méthode

1.1. Données spatialisées

L'ensemble de la surface de canne à sucre de La Réunion a été séparée en pixels individuels de 3 x 3km (Figure 1). Chaque pixel est associé à une surface de canne. Les surfaces de canne ont été obtenues avec le registre parcellaire graphique de la Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de La Réunion (DAAF). Comme celles-ci évoluent d'une année à l'autre, les surfaces de canne ont été moyennées sur les années 2018-2020. Ces surfaces serviront à pondérer les rendements par zones pour réaliser des moyennes de rendement à l'échelle de l'île en 2022. De plus, la réserve utile de chaque pixel a été extraite de la carte pédologique de La Réunion [1] . La réserve utile moyenne du pixel a été utilisée dans le modèle. Enfin, les données météorologiques interpolées au centre de chaque pixel ont été obtenues grâce à la plateforme Meteor du CIRAD [2] .

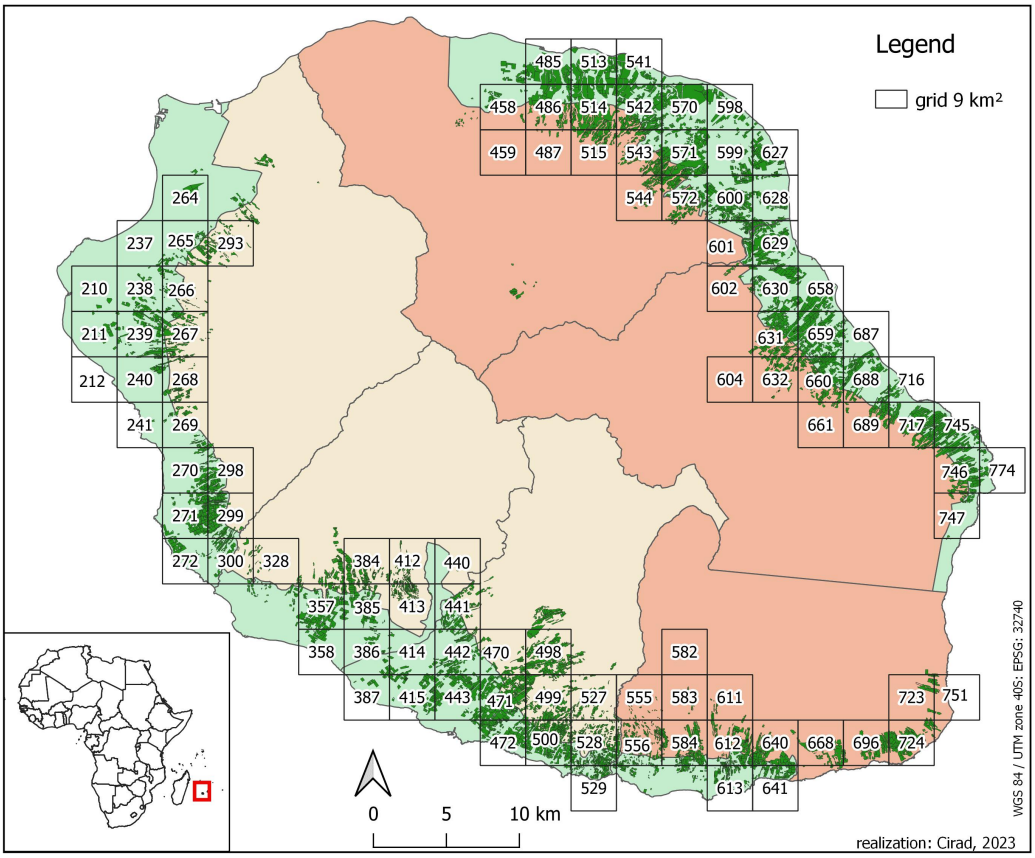

Figure 1: Surface de canne à sucre à La Réunion et identification des zones de simulation. Figure from: Lionel le Mezo, CIRAD.

1.2. Choix du modèle.

Le modèle de culture utilisé est le modèle MOSICAS spécifique à la canne à sucre (Martiné, 1997 [3]). Ce modèle simule la croissance journalière de la canne en réponse au climat en tenant compte des éventuels stress thermiques ou hydriques (mais ne prenant pas en compte les stress en nutriments du sol). Les formalismes du modèle sont décrits en détail sur la page Gitlab du modèle [4]. La croissance est optimale à une température d'environ 32 °C et décroit pour des températures supérieures ou inférieures. Le modèle a été calibré dans une étude précédente pour une application sur l'ensemble de La Réunion (Christina et al., 2021 [5]) mais une nouvelle calibration a été réalisée pour l'étude en cours (voir Appendices). La version R version MOSICAS-R a été utilisée pour la présente étude.

1.3. Choix de simulation et itinéraire technique.

Une seule variété a été considérée sur l'ensemble de l'île (R570). Cette variété est une variété robuste plantée pendant de nombreuses années et adaptées à l'ensemble des conditions climatiques de l'île. Néanmoins, des variétés plus récentes et adaptées aux différents contextes devront être utilisées dans le modèle lors des futures études. Deux dates de récoltes ont été définies correspondant au début (15 août) et à la fin (15 novembre) de la campagne sucrière.

Cinq scénarios ont été simulés:

- croissance au potentiel thermoradiatif (sans stress hydrique).
- croissance en condition pluviale sur l'ensemble des parcelles.
- croissance en condition irriguée sur l'ensemble des parcelles avec une dose fixe de 15 mm tous les 7 jours.
- croissance en condition irriguée sur l'ensemble des parcelles avec une dose fixe de 35 mm tous les 7 jours.
- croissance en condition irriguée sur l'ensemble des parcelles avec une dose automatique remplissant 80% de la réserve utile tous les 7 jours.

1.4. Analyse des résultats

Dans l'ensemble du document, les rendements canniers sont exprimés en tige usinable fraiche (t/ha). Si non précisé, la moyenne des rendements entre la coupe d'aout et de novembre a été réalisée chaque année. Les moyennes des rendements à l'échelle de l'île ou par zones correspondent aux moyennes pondérées par les surfaces de canne à sucre dans chaque pixel.

Pour comparer à la campagne 2022, la période de référence choisie correspond à la moyenne des rendements obtenus de 2017 à 2021. L'influence des variations de température et de stress hydrique sur les rendements 2022 ont été calculés séparément. La variation de rendement en réponse à une variation de température a été estimée en comparant le rendement potentiel sans stress hydrique entre l'année 2022 et la période de référence. Concernant le stress hydrique, l'écart de rendement dû au stress hydrique a été calculé chaque année (différence entre rendement potentiel sans stress hydrique et rendement potentiel avec stress hydrique). La variation de cet écart entre 2022 et la période de référence illustre la variation de rendement uniquement dû au stress hydrique (hors effet température).

L'évolution des besoins en eau d'irrigation a été calculée sur la base du scénario d'irrigation automatique remplissant 80% de la réserve utile. La quantité d'eau irriguée simulée par le modèle est utilisée comme un indicateur réaliste des besoins en eau d'irrigation.

Les surfaces de canne ont été réparties entre cinq bassins agricoles et en zones climatiques homogènes (Figure 2).

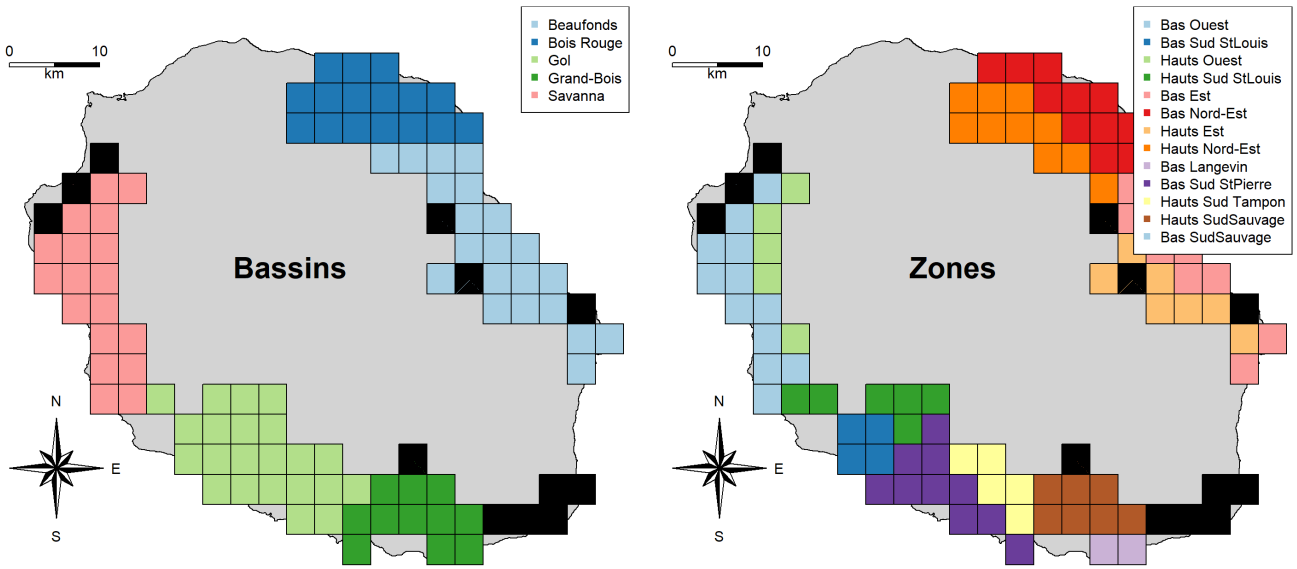

Figure 2: Répartition des surfaces cannières en cinq bassins agricoles (gauche) et en zones climatiques homogènes (droite). Les cases rayées correspondent à des zones avec une fiabilité insuffisante des données météorologiques.

2. Diagnostic du climat 2022

En moyenne sur l'ensemble des parcelles de canne sur l'île, le climat 2022 a été caractérisé par des températures et un rayonnement légèrement plus faible que la période de référence (Table 1). En termes de rayonnement les plus fortes baisses ont été observées dans l'ouest (Figure 3). En comparaison de la période de référence, les précipitations ont augmenté dans le nord-est et diminué dans l'ouest.

Table 1: Variation des variables climatiques sur l'île de La Réunion entre 2022 et la période de référence (2017-2021) - moyenne pondérée par les surfaces de canne.

Variables	2017-2021	2022	Variation (%)

Variables	2017-2021	2022	Variation (%)
Température moyenne (°C)	22.9	22.6	-1.5
Pluviométrie (mm/cycle)	2452.8	2648.5	8.0
Rayonnement global moyen (MJ/m^2)	17.2	16.7	-2.9
Evapotranspiration potentielle (mm/j)	3.5	3.5	-0.1

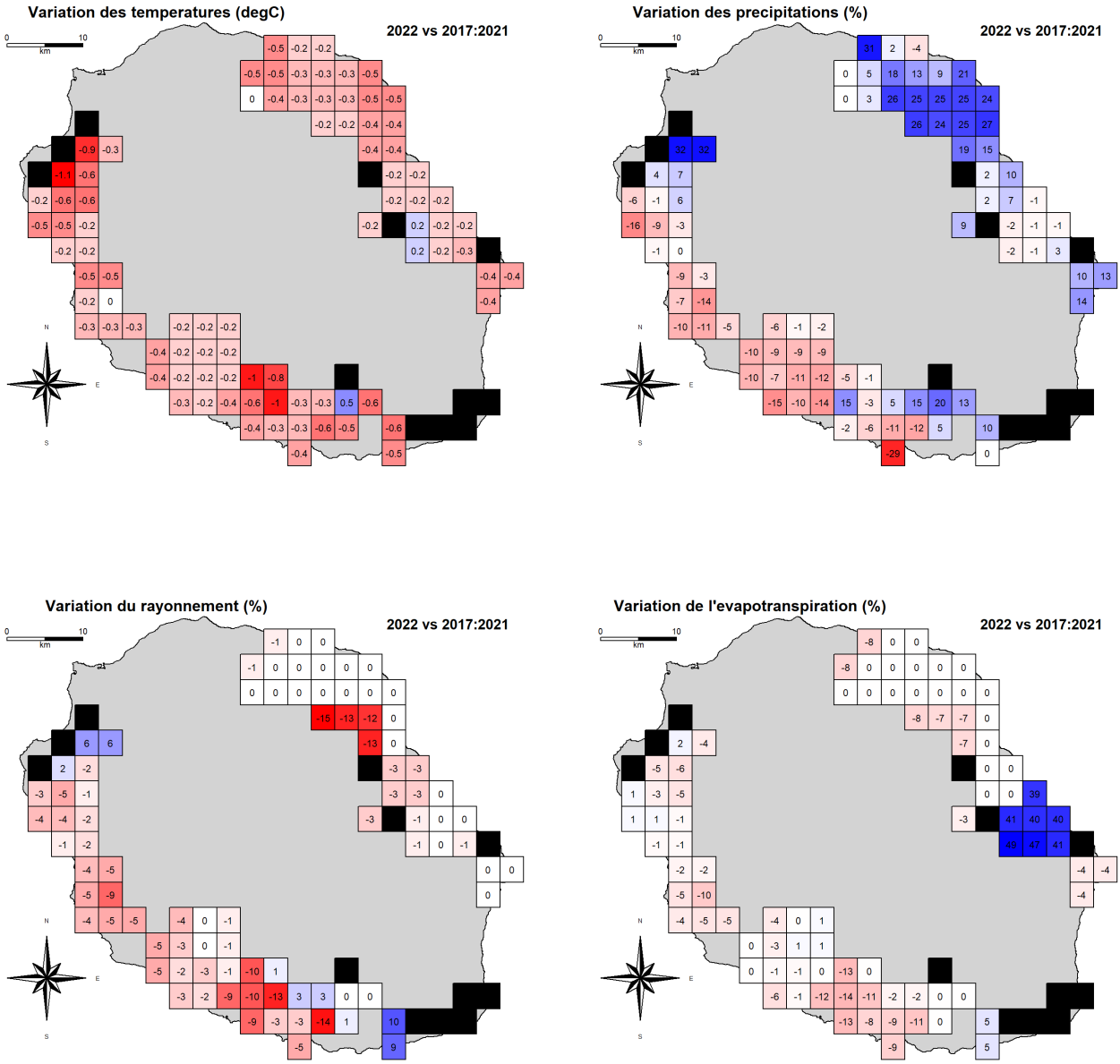

Figure 3: Variation entre 2022 et la période de référence (en %) des température moyennes annuelles (en °C), des précipitations annuelles (en %), du rayonnement global (%) et de l evapotranspiration potentielle (%) dans les différentes zones de la Réunion. Les cases rayées correspondent à des zones avec une fiabilité insuffisante des données météorologiques.

3. Diagnostic des rendements 2022

En moyenne sur l'ensemble de l'île, les rendements potentiels ont baissé de 3 à 4% en fonction des conditions d'irrigation (Table 2). Néanmoins, des zones ont été d'avantage impactées notamment en altitude dans le nord-est, l'ouest et le sud-ouest où des baisses jusqu'à -20% sont observées (Figures 4 et 5).

Table 2: Variation des rendements (t/ha) moyens sur l'île de La Réunion entre 2022 et la période de référence (2017-2021) - moyenne pondérée par les surfaces de canne.

Conditions	Rendement (t/ha) 2017-2021	Rendement (t/ha) 2022	Variation (%)
Pluvial	111	109	-2
Irrigation 15 mm/sem	136	132	-3
Irrigation 35 mm/sem	144	138	-4
Irrigation 80% RU	144	138	-4
Sans stress hydrique	144	138	-4

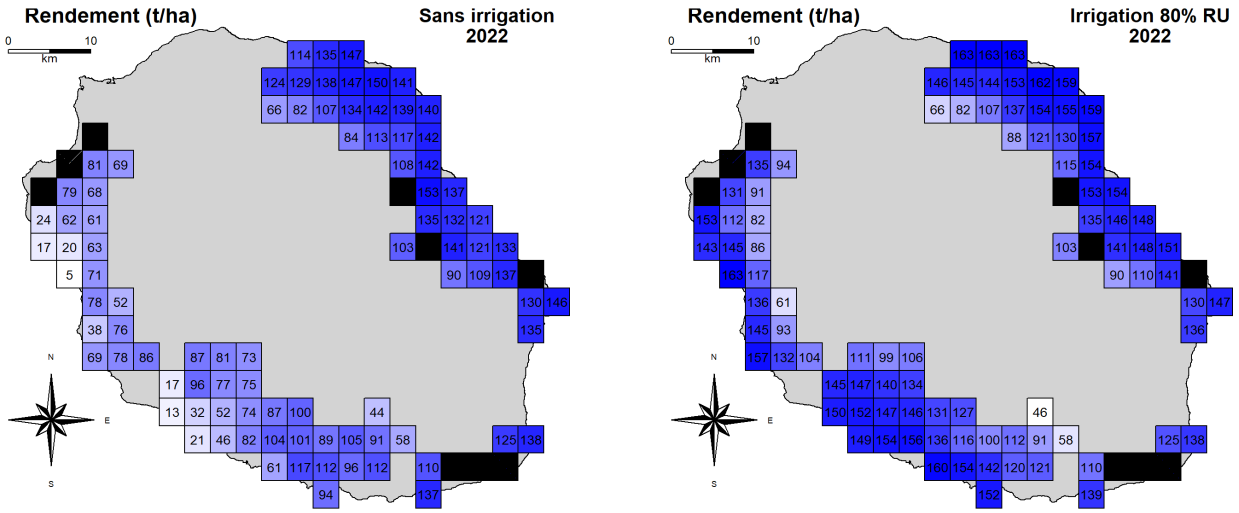

Figure 4: Prédiction des rendements canniers en 2022 en pluvial (gauche) et sous irrigation optimale dans les différentes zones de la Réunion. Les cases rayées correspondent à des zones avec une fiabilité insuffisante des données météorologiques.

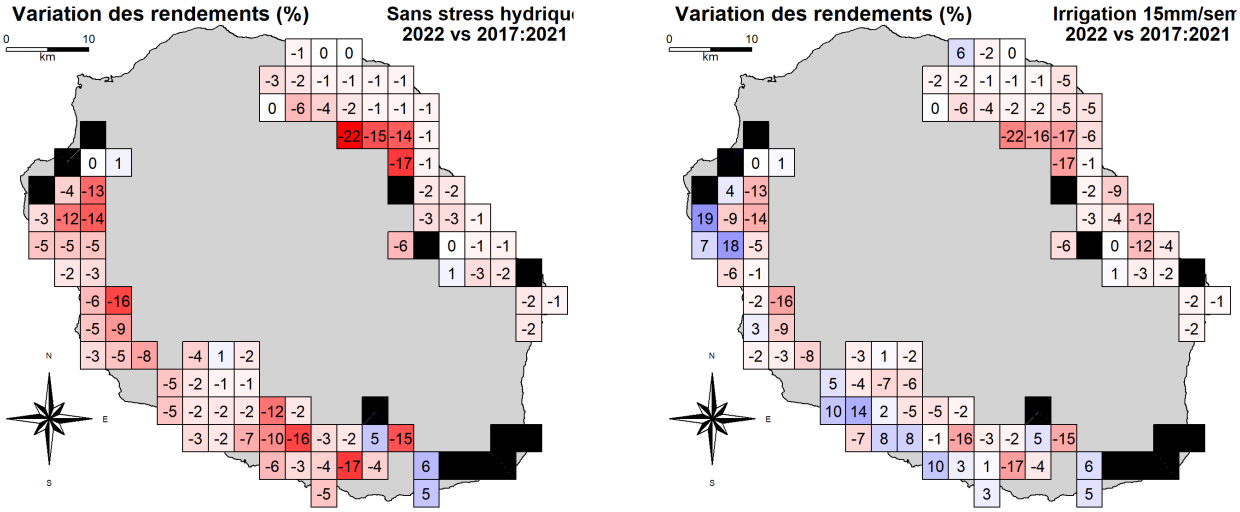

Figure 5: Variation des rendements (sans stress hydrique) en 2022 par rapport à la période de référence (en %), des température moyennes annuelles (en °C), des rendements irrigués avec 15 mm/semaine (en %) et des précipitations annuelles (en %) dans les différentes zones de la Réunion. Les cases rayées correspondent à des zones avec une fiabilité insuffisante des données météorologiques.

Pour estimer la part du rayonnement et de la température en comparaison d'un éventuel stress hydrique plus intense dans les rendements de 2022, deux calculs ont été réalisés (Table 1). La différence de rendement sans stress hydrique entre l'année 2022 et la moyenne de référence est considérée comme les pertes résultant d'une variation de température et de rayonnement. Pour estimer les pertes résultant de variation du stress hydrique dans les différentes conditions d'irrigation, nous avons calculé l'écart de rendement entre le potentiel (sans stress) et le rendement avec stress pour chaque année. La variation de cet écart entre 2022 et les années de référence illustrent une augmentation ou une diminution des pertes du au stress hydrique uniquement (hors température).

Les résultats par zones climatiques illustrent le poids prépondérant des baisses de température et de rayonnement cette année pour expliquer les baisses de rendement (Table 3).

Table 3: Variation des gains ou pertes de rendements (t/ha) entre 2022 et la période de référence (2017-2021) en raison d'un changement de température/rayonnement ou de stress hydrique - moyenne pondérée par les surfaces de canne dans chaque zone climatique.

Zone	Variations dûes à la température & rayonnement (t/ha)	Variations dûes au stress hydrique (non irrigué, t/ha)	Variations dûes au stress hydrique (15mm/sem, t/ha)	Variations dûes au stress hydrique (35mm/sem, t/ha)
Bas Est	-3	-9	-5	-5
Bas Langevin	7	2	0	0
Bas Nord-Est	-4	-1	-1	-1
Bas Ouest	-8	12	6	6
Bas Sud StLouis	-5	-8	9	9

Zone	Variations dûes à la température & rayonnement (t/ha)	Variations dûes au stress hydrique (non irrigué, t/ha)	Variations dûes au stress hydrique (15mm/sem, t/ha)	Variations dûes au stress hydrique (35mm/sem, t/ha)
Bas Sud StPierre	-8	22	11	11
Hauts Est	-2	-1	0	0
Hauts Nord-Est	-8	-2	0	0
Hauts Ouest	-10	8	0	0
Hauts Sud StLouis	-4	1	-1	-1
Hauts Sud Tampon	-10	10	3	3
Hauts SudSauvage	-7	-1	0	0

4. Evolution des rendements et besoin en irrigation de 2004 à 2022

4.1. Evolution dans les différents bassins agricoles et zones climatiques

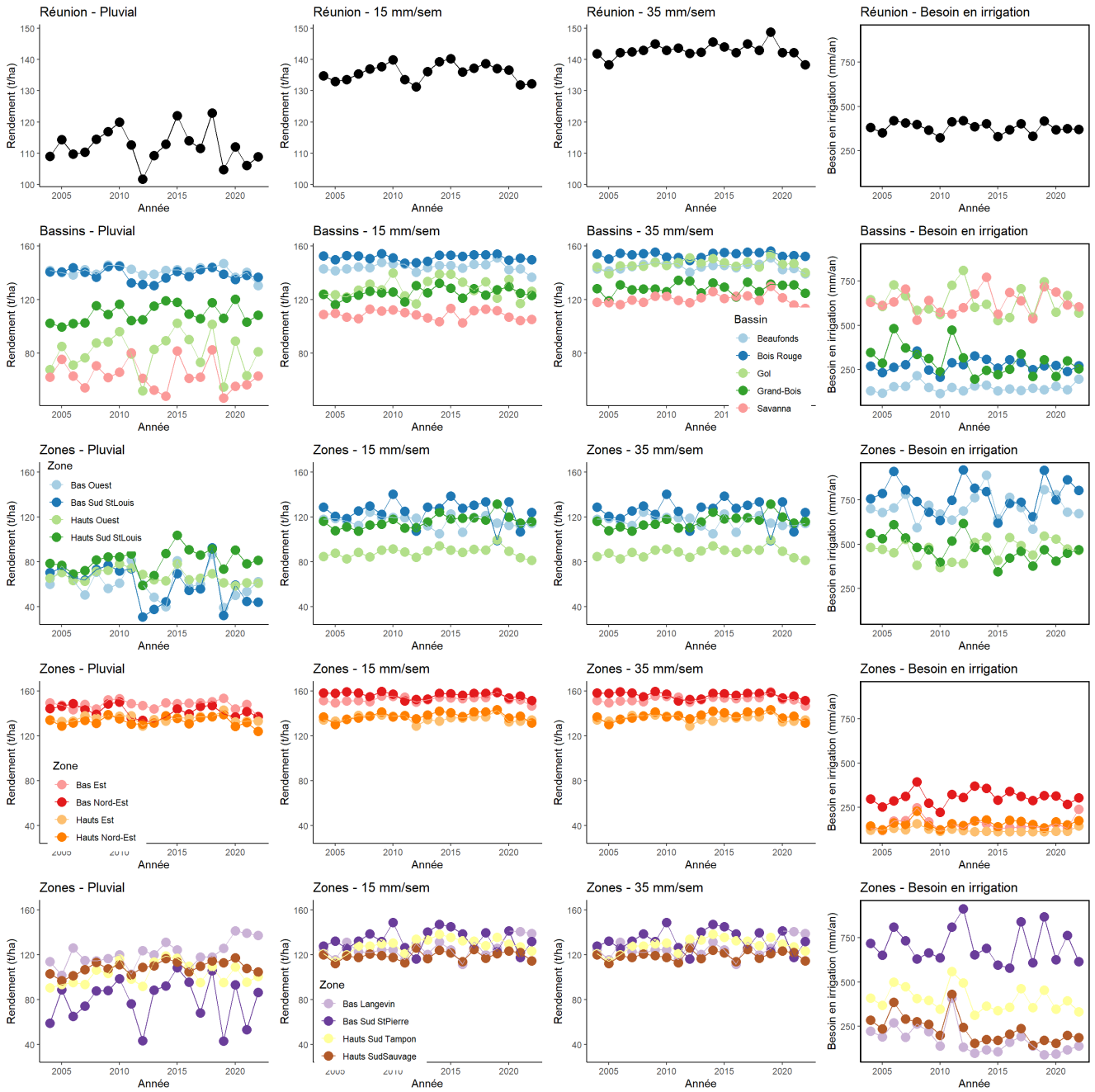

Figure 6: Evolution des rendements pluviaux, irrigués (15 et 35 mm/semaine) et des besoins en eau d irrigation de 2003 à 2022 moyennée sur l ile de La Réunion, par bassins agricoles et par zones climatiques.

Appendices

Diagnostic de la qualité des données météorologiques

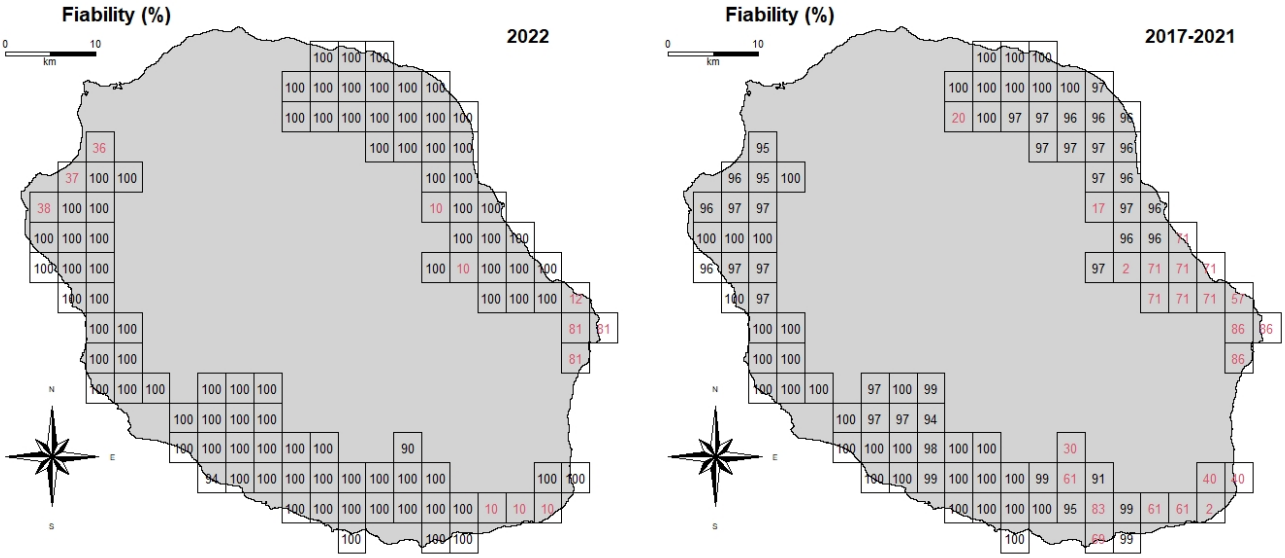

Figure S1. Fiabilité des données météos sur l'année 2022 et la période 2017-2021.

Calibration du modèle MOSICAS

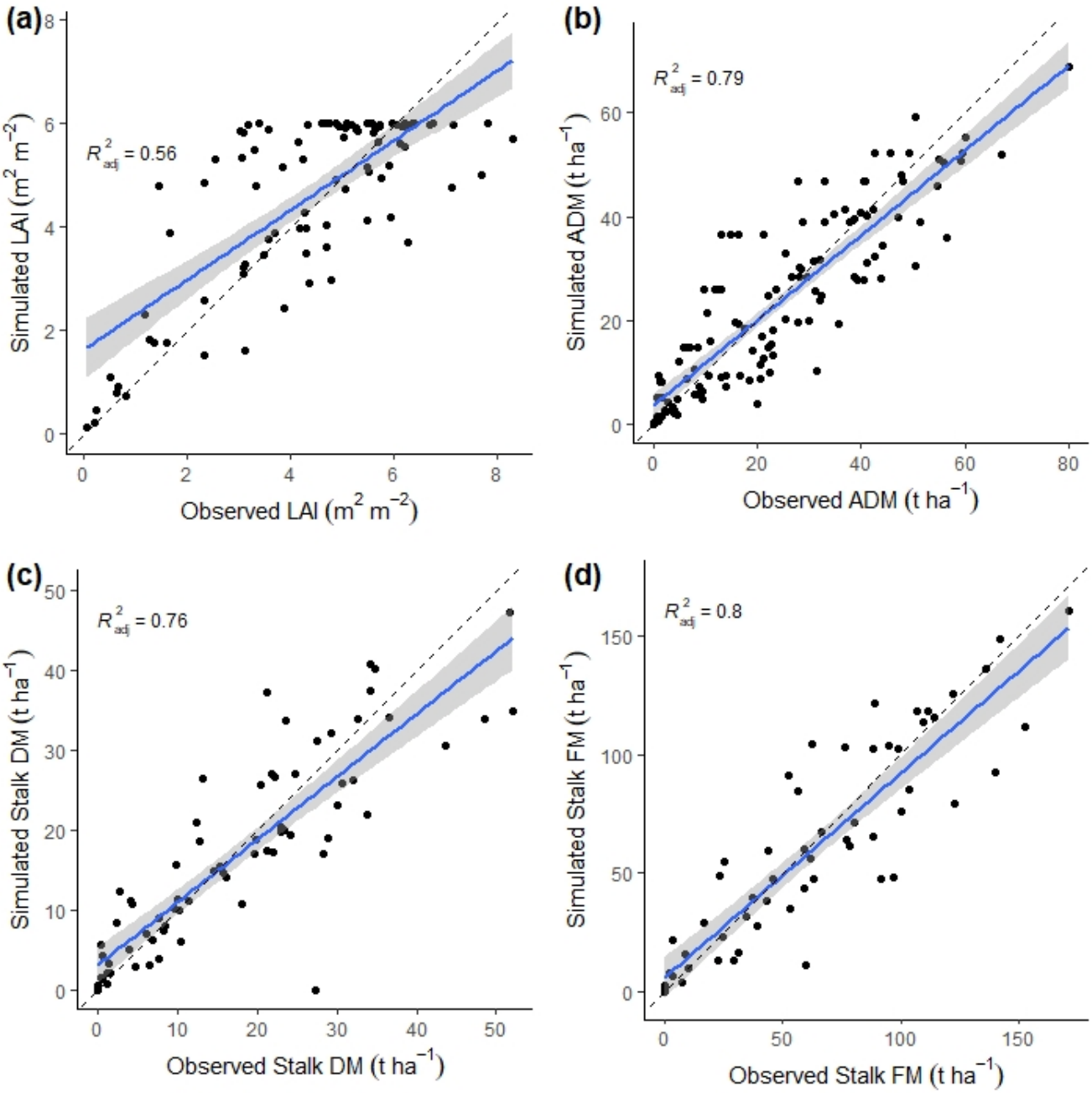

Figure S2. Calibration du modèle Mosicas-R en termes de surface foliaire (LAI), biomasse aérienne sèche (ADM) et fraiche (AFM) ainsi que sur le rendement en tige usinable (SFM).

Acknowledgments

Ce travail a été financé par le Conseil Régional de La Réunion et l'Union Européenne (programmes Feader: AG/974/DAAF/2016-00096 et Feder: GURTDI20151501-0000735) dans le cadre du projet "Compromis en Agriguculture pour un Territoire Durable" (CAPTERRE).

Data availability

CIRAD dataverse: https://doi.org/10.18167/DVN1/9HKIXI

Footnotes

1. https://aware.cirad.fr/layers/geonode:ru0 [↩]
2. https://smartis.re/METEOR [↩]
3. MARTINÉ, Jean-François. Variabilité de la croissance et des potentialités de la canne à sucre à la Réunion: utilisation du modèle de croissance Mosicas. https://agritrop.cirad.fr/391495/ [↩]
4. https://gitlab.cirad.fr/mathias.christina/mosicas [↩]
5. CHRISTINA, Mathias, JONES, M.-R., VERSINI, Antoine, et al. Impact of climate variability and extreme rainfall events on sugarcane yield gap in a tropical Island. Field Crops Research, 2021, vol. 274, p. 108326. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108326 [↩]

Corrections

If you see mistakes or want to suggest changes, please create an issue on the source repository.

Reuse

Text and figures are licensed under Creative Commons Attribution CC BY-SA 4.0. Source code is available at https://gitlab.cirad.fr/mathias.christina/script_report/-/tree/master/2023_Report_MOSICAS_Sugarcane_yield_diagnostic, unless otherwise noted. The figures that have been reused from other sources don't fall under this license and can be recognized by a note in their caption: "Figure from ...".