

## Colloque Scientifique 50<sup>e</sup> Anniversaire FOFIFA

*Regards croisés sur la recherche agricole d'hier, aujourd'hui et demain pour le développement durable de Madagascar*



# UTILISATION DE BIOCHARS RICHES EN SILICE POUR LA PROTECTION DES CULTURES CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS : POTENTIEL ET PROCESSUS

RATNADASS Alain, RANDRIAMANANTSOA Richard, ANDRIANANTOANDRO Aina,  
RANDRIANARIVELO Frédéric, GONTHIER-PAYET Océane, RASAMIMANANA Andry,  
HUSSON Olivier, MEHDI Ahmad, NAPOLI Alfredo & RAVAOMANARIVO Lala

**11, 12 et 13 juin 2025, FOFIFA Ampandrianomby, Antananarivo, Madagascar**



Financé par  
l'Union Européenne



PRÉFET  
DE LA RÉGION  
RÉUNION  
Liberté  
Égalité  
Fraternité





# Introduction (1/3)

- Insectes ravageurs des cultures, menaces pour sécurité alimentaire îles SOOI, e.g.:
  - puceron jaune de la canne (PJC) *Sipha flava* (canne, céréales, Poacées fourragères) ;
  - chenille légionnaire d'automne (CLA) *Spodoptera frugiperda* (80 spp végétales, en particulier maïs) ;
  - noctuelle *Helicoverpa armigera* (plusieurs cultures vivrières et maraîchères, dont Fabacées).
- Insecticides de synthèse efficaces mais besoin alternatives durables :
  - Moins d'impact sur santé humains & écosystèmes
  - Intelligentes face à changements climatiques
  - S'inscrivant dans bioéconomie circulaire





## Colloque Scientifique 50<sup>e</sup> Anniversaire FOFIFA

*Regards croisés sur la recherche agricole d'hier, aujourd'hui et demain pour le développement durable de Madagascar*

# Introduction (2/3)

- Biochars riches en silice ("sichars") = solution prometteuse :
  - effets positifs biochars *s.l.* sur :
    - sols (structure, caractéristiques physicochimiques, rétention eau)
    - environnement *s.l.* (décontamination sols & eaux, séq. C : réduction émissions GES).
  - effet régulateur SiO<sub>2</sub> des sichars sur bioagresseurs, via différents processus
  - biomasses riches en SiO<sub>2</sub> = ressource abondante en Vakinankaratra (balle riz, rafles maïs, pailles orge...).
  - développement pyrolyseur artisanal par CEFFEL.
- Evaluation sichars de balle de riz en vue de généralité :
  - 2 insectes coupeurs-broyeurs + 1 piqueur-suceur ;
  - 2 céréales accumulatrices SiO<sub>2</sub> + 1 légumineuse faiblement accumulatrice SiO<sub>2</sub> & fixatrice N ;
  - disponibilité modèles prédictifs pour mesure paramètres électrochimiques par spectroscopie proche infra-rouge (SPIR) sur feuilles

**Ratnadass A, Llandres AL, Goebel FR, Husson O, Jean J, Napoli A, et al. (2024)** Potential of silicon-rich biochar (Sichar) amendment to control crop pests and pathogens in agroecosystems: A review. *Sci. Total Environ*, 910.



**Rasamimanana A, Andrianantenaina R (2021)** Plus d'alternative à l'utilisation excessive d'engrais chimique afin d'améliorer durablement la fertilité de sol : essai de fabrication de biochar à partir de balle de riz et test de son efficacité sur la culture de tomate. *J Agroécologie*, 12, 109-114.

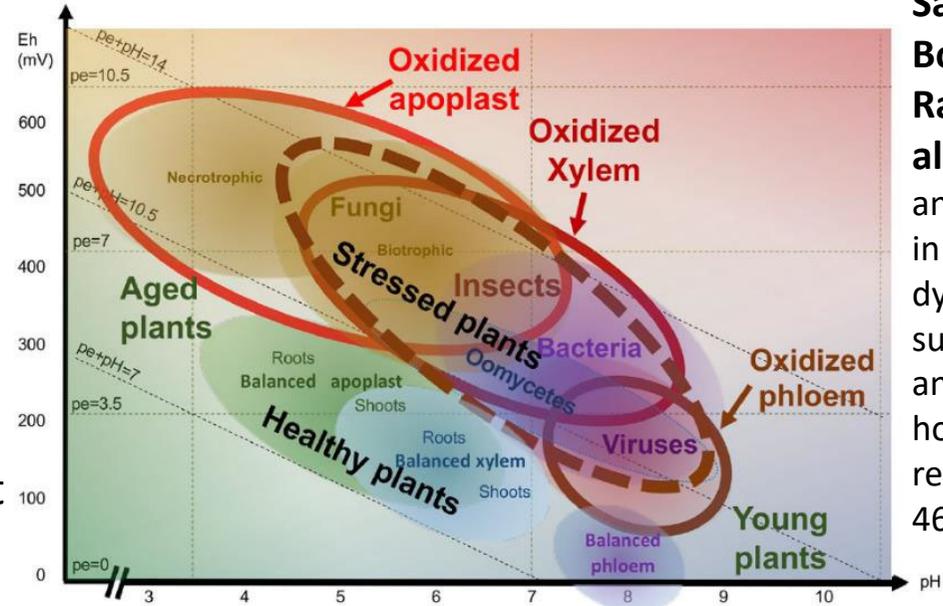


## Colloque Scientifique 50<sup>e</sup> Anniversaire FOFIFA

*Regards croisés sur la recherche agricole d'hier, aujourd'hui et demain pour le développement durable de Madagascar*

# Introduction (3/3)

- Interactions entre bioagresseurs & systèmes sol-plante-microorganismes régulées par processus d'oxydo-réduction (Eh) et d'acidification-alcalinisation (pH).
- Plantes oxydées plus digestibles pour ravageurs nécrotrophes *s.l.* ; piqueurs-suceurs (hémibiotrophes *s.l.*) préférant aliment alcalin.
- Voie de l'homéostasie électrochimique largement ignorée car mesures potentiel redox non fiables en conditions aérobies.
- Progrès métrologiques récents permettant mesure facile des paramètres électrochimiques sur plantes par SPIR avec scanners portatifs Senseen® & modèles prédictifs fondés sur algorithmes de régression corrigés par IA.
- Modèle prédictif existant pour maïs, en cours de développement pour soja & sorgho.



**Husson O, Sarthou JP, Bousset L, Ratnadass A et al. (2021)** Soil and plant health in relation to dynamic sustainment of Eh and pH homeostasis: A review. *Plant Soil* 466: 391-447.



**Cousin P, Husson O, Richardoz M, Reing S (2022)** Measuring plant stress to design and steer agroecological systems: The grape vine example. *Acta Hort*, 1355, 415-422.

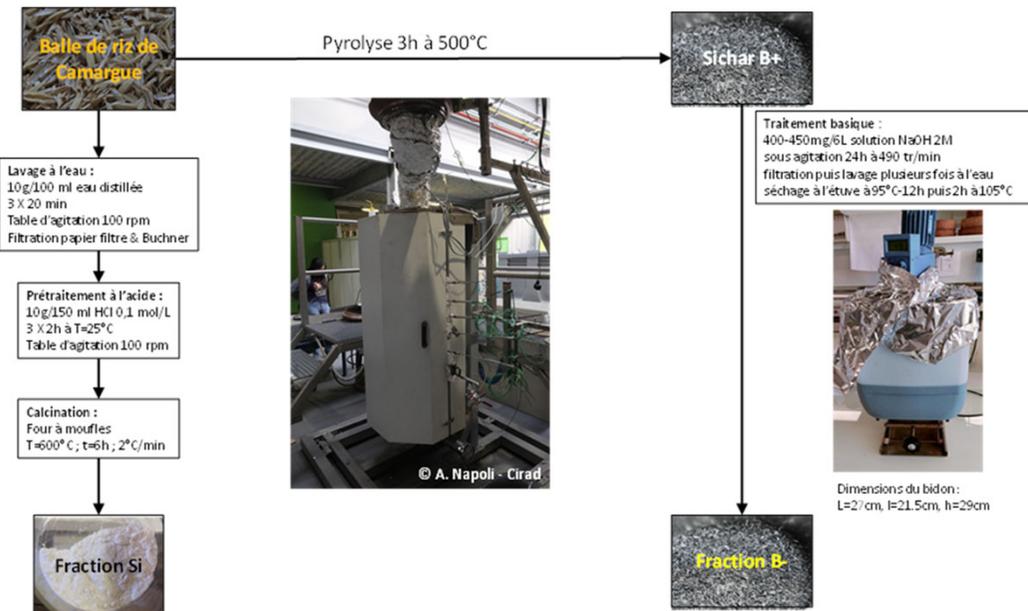


## Colloque Scientifique 50<sup>e</sup> Anniversaire FOFIFA

Regards croisés sur la recherche agricole d'hier, aujourd'hui et demain pour le développement durable de Madagascar

# Méthodologie (1/2)

- Expérimentations en pots (sols ferrallitiques) sous abris resp. :
  - au 3P (labellisé IBISA) à Saint-Pierre (La Réunion) pour PJC/sorgho
  - au Dépt Entomologie/Université Antananarivo pour CLA/maïs
  - au CRR FOFIFA-Antsirabe (Madagascar) pour *H. armigera*/soja.
- Dispositifs BCR à 6 reps & 4 traitements + témoin :
  - **BA** : 1% sichar artisanal CEFFEL balle riz Antsirabe ;
  - **B+** : 1% sichar cond° contrôlées CIRAD/BioWooEB balle riz Camargue ;
  - **B-** : 0,775% de B+ dont SiO<sub>2</sub> extraite par voie chimique après pyrolyse ;
  - **Si** : 0,225% de SiO<sub>2</sub> pure extraite à froid de balle riz Camargue

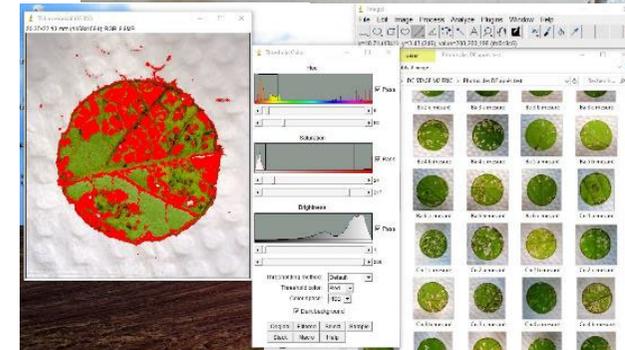
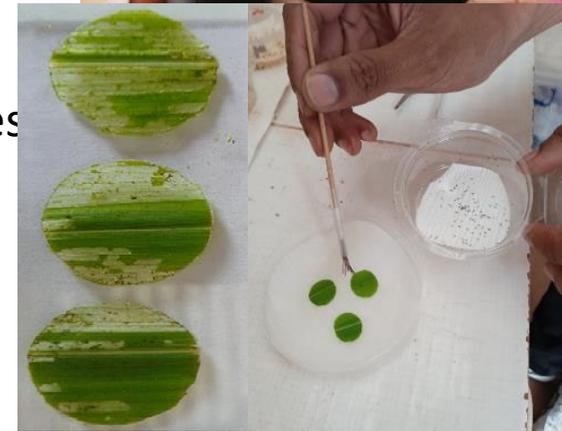




# Méthodologie (2/2)

## Observations & mesures :

- pH & Eh par SPIR avec spectromètre Senseen® NIR-1700 sur face supérieure des feuilles (stade V6) de chacune des espèces
- Infestations artificielles au labo, sur 3 disques foliaires (DF) diam. 15mm en boîtes Pétri, avec confinement 72h de resp. 3 adultes aptères PJC et 3 larves néonates CLA & *H. armigera*/DF (ex élevages de masse)
- Comptage effectifs PJC ;
- Mesure largeur capsules céphaliques CLA ;
- Pesée groupée PJC & *H. armigera* ;
- Dégâts CLA & *H. armigera* sur DF = % s<sup>2</sup> consommée (ImageJ) ;
- Pesée partie aérienne des plantes avant floraison ;
- Analyse teneur Si & N, resp. :
  - Laboratoire d'analyse des eaux, sols & plantes du CIRAD (US Analyses, CIRAD, Montpellier, France) pour sorgho
  - Laboratoire de pédologie du FOFIFA (Ampandrianomby/Antananarivo, Madagascar) pour soja.





## Colloque Scientifique 50<sup>e</sup> Anniversaire FOFIFA

Regards croisés sur la recherche agricole d'hier, aujourd'hui et demain pour le développement durable de Madagascar

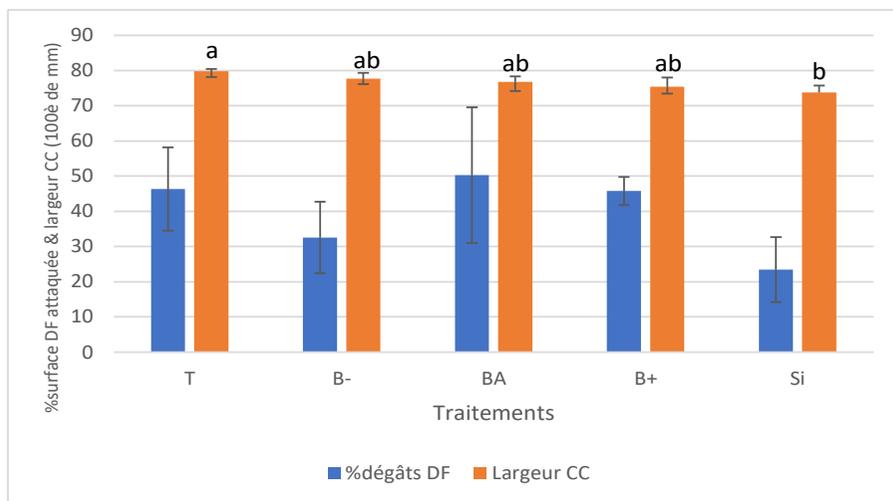
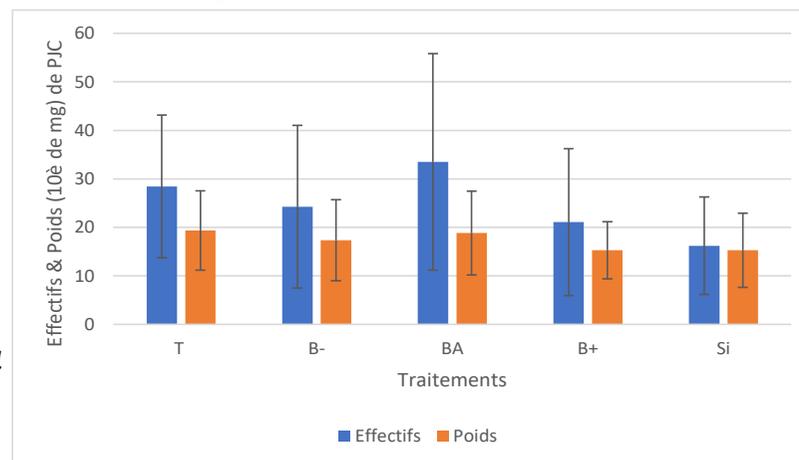
# Résultats & interprétations (1/3)

Effets sur ravageurs & leurs dégâts :

### Effectifs & poids totaux PJC/sorgho

Tests K-W NS : Effectifs :  $P=0,239$  ; Poids :  $P=0,864$

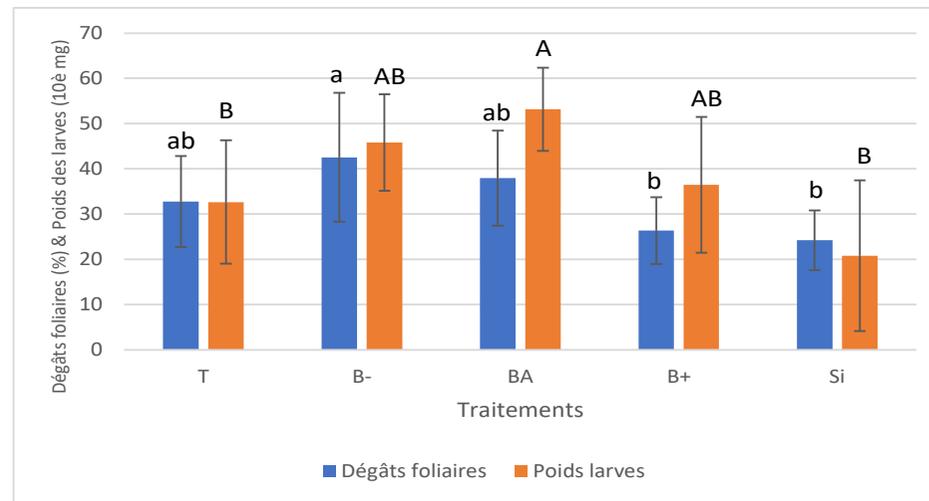
Corrélation \*\* :  $R$  Pearson =  $0,884$  ;  $P = 0,001$



### Dégâts (% s<sup>2</sup> consommée)/DF maïs & largeur CC larves CLA

ANOVAs dégâts NS :  $P=0,096$  ; largeur CC \* :  $P=0,020$

Corrélation NS :  $R$  Pearson =  $0,391$  ;  $P = 0,150$



### Dégâts (% s<sup>2</sup> consommée)/DF soja & poids larves *H. armigera*

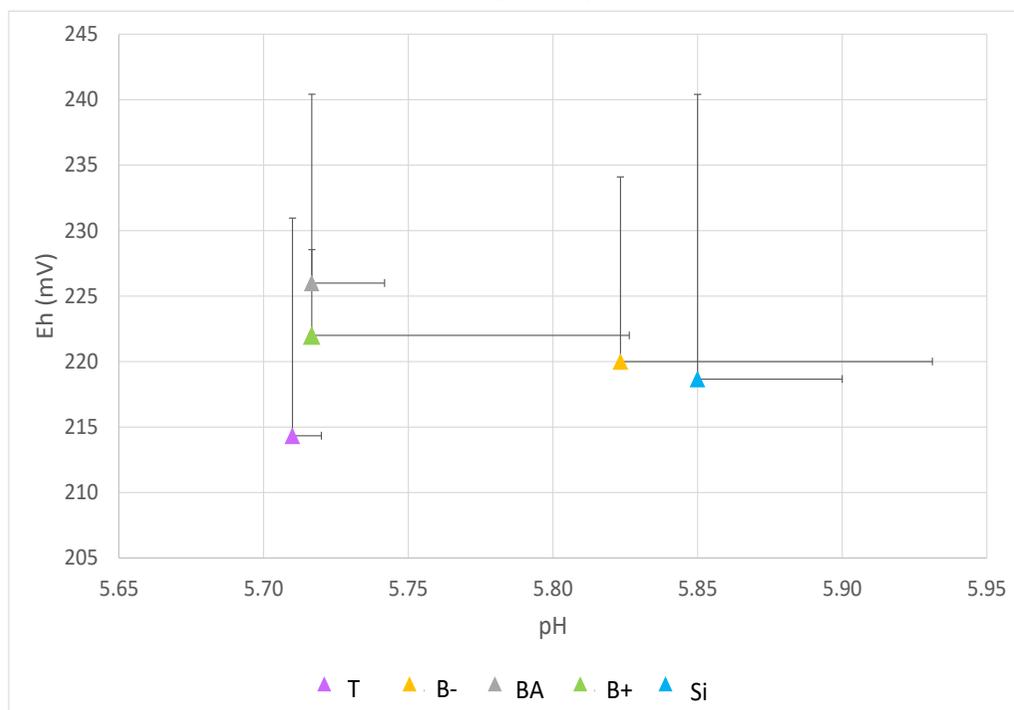
ANOVAs dégâts \*\* :  $P=0,003$  ; poids larves \* :  $P=0,020$

Corrélation \*\* :  $R$  Pearson =  $0,596$ ,  $P = 0,001$



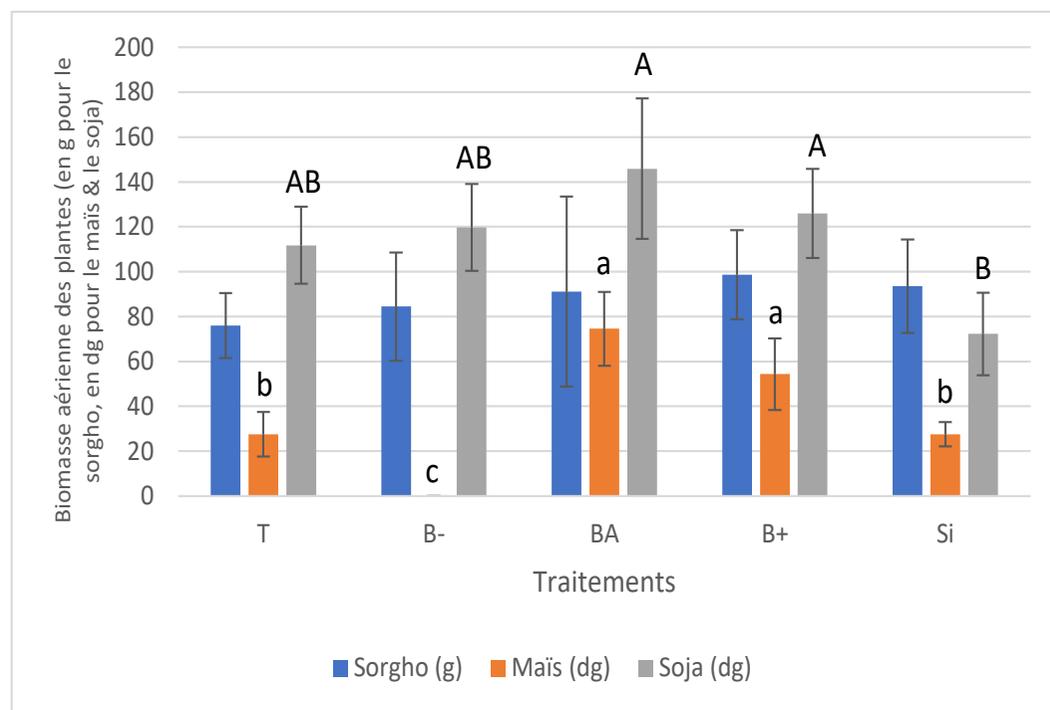
## Résultats & interprétations (2/3)

### Effets sur plantes (1/2) :



### Positionnement des traitements sur maïs sur la matrice Eh-pH (cf. Husson et al., 2021)

Test K-W pH NS :  $P=0,177$  ; ANOVA Eh NS :  $P=0,915$



### Biomasses aériennes des plantes

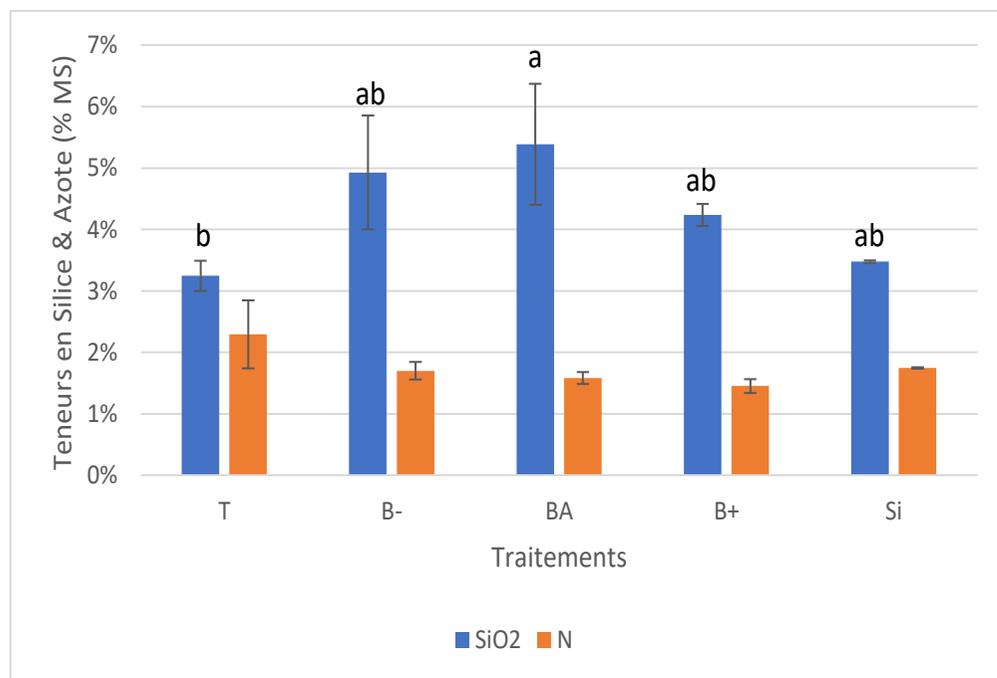
ANOVAs sorgho NS :  $P=0,195$  ; maïs \*\*\* :  $P<0,0001$  ;

Test K-W soja \*\* :  $P=0,002$



## Résultats & interprétations (3/3)

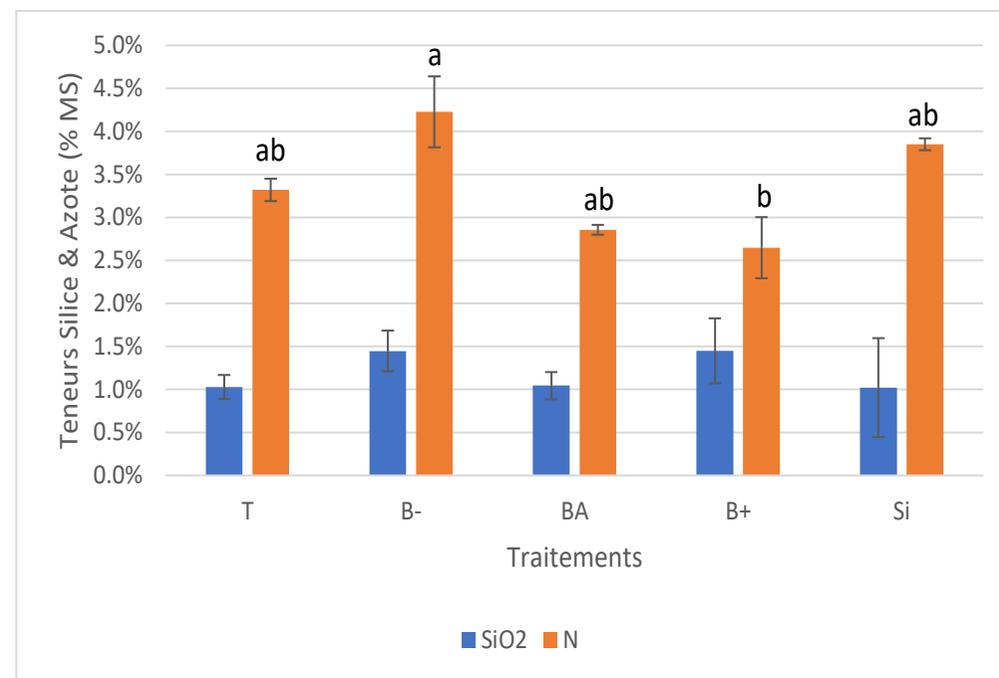
Effets sur plantes (2/2) :



**Teneurs en SiO<sub>2</sub> & N du sorgho avant floraison**

ANOVAs %SiO<sub>2</sub> \* :  $P=0,035$  ; %N NS :  $P=0,220$

Corrélation NS :  $R$  Pearson =  $-0,528$  ;  $P = 0,117$



**Teneurs en SiO<sub>2</sub> & N du soja avant floraison**

ANOVAs %SiO<sub>2</sub> \* :  $P=0,050$  ; %N NS :  $P=0,172$

Corrélation NS :  $R$  Pearson =  $0,031$  ;  $P = 0,933$



## Conclusions & Recommandations (1/2)

- Les sichars **BA** et **B+** ont favorisé le développement des 3 plantes.
- **B-** a négativement affecté le développement du seul maïs.
- **Si** a négativement affecté le développement du seul soja.
- Aucun traitement n'a affecté le PJC.
- **Si** et **B+** ont défavorisé les deux noctuelles.
- **B-** et **BA** ont défavorisé la CLA, mais favorisé *H. armigera*.
- Sur maïs, tous les apports ont oxydé les plantes, plus les sichars **BA** et **B+** que **B-** et **Si**.
- **BA** a significativement augmenté la teneur en SiO<sub>2</sub> du sorgho, alors qu'aucun effet des traitements n'a été observé sur soja.
- Seul **B-** a eu un effet (négatif) sur la teneur en N du soja.
- Résultats « intuitifs » au vu typologies plantes & ravageurs.
- Sorgho confirmé comme fortement accumulatrice de SiO<sub>2</sub>
- Soja confirmé comme fixatrice de N & modérément accumulatrice de SiO<sub>2</sub>.



## Colloque Scientifique 50<sup>e</sup> Anniversaire FOFIFA

*Regards croisés sur la recherche agricole d'hier, aujourd'hui et demain pour le développement durable de Madagascar*

# Conclusions & Recommandations (2/2)

- Pour les 3 « pathosystèmes », besoin répétition mesures sur un 2<sup>nd</sup> "cycle" avec re-semis dans mêmes pots, pour détermination effets résiduels traitements.
- Sur maïs, nécessité reconduction de l'essai en meilleures conditions de culture (Re : paramètres électrochimiques) et pour analyses chimiques.
- Pour sorgho & soja, besoin attendre développement modèles prédictifs pour traduction courbes d'absorbance enregistrées en valeurs d'Eh & pH.
- Mesures concomitantes paramètres électrochimiques avec méthodes conventionnelles et par SPIR en cours au Bénin (IRC) pour paramétrage scanner Senseen<sup>®</sup> NIR-1700 pour sorgho, soja & cotonnier.
- En vue de généralité, pathosystèmes « noctuelle *H. armigera*/cotonnier » & « puceron noir *Aphis gossypii*/cotonnier » particulièrement pertinents pour compléter spectre étudié.
- Besoin confirmation résultats études en pots par études au champ, dans un 1er temps en station expérimentale, e.g. à Madagascar sur maïs, soja et haricot, sous infestation naturelle de ravageurs, pour mesures de rendement et études coût-avantage du sichar de balle de riz d'Antsirabe.
- Attente des résultats d'analyses physico-chimiques complètes de ce sichar en vue amélioration éventuelle processus de pyrolyse.



## Colloque Scientifique 50<sup>e</sup> Anniversaire FOFIFA

*Regards croisés sur la recherche agricole d'hier, aujourd'hui et demain pour le développement durable de Madagascar*

# Merci pour votre attention

## Remerciements à :

- Bailleurs
  - Projet Desira Dinaamicc
  - DPP Santé-Biodiv (PO FEDER 21-27)
  - Projet FCR-Biochars
- Personnel technique
  - Plateforme 3P (labellisé IBiSA) : Marie-Ludders Moutoussamy ; Didier Fontaine
  - CRR FOFIFA/Antsirabe : Herlin Rakotosolofo
- Laboratoire d'analyse des eaux, sols & plantes du CIRAD (US Analyses, CIRAD, Montpellier) : Marie Tella
- Laboratoire de pédologie du FOFIFA (Ampandrianomby/Antananarivo) : Alfa Mananirina Harinaivo Donat



Financé par  
l'Union Européenne



PRÉFET  
DE LA RÉGION  
RÉUNION  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

