



Étude des facteurs épidémiologiques de la bactériose à stries foliaires translucides causée par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* au Burkina Faso

Sylvain Zougrana^{1,2,3}, Issa Wonni^{1,2*}, Kadidia Koita^{2,3}, Szurek Boris⁴

¹Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²Laboratoire Mixte International, Observatoire des agents Phytopathogènes en Afrique de l'Ouest, Biodiversité-Biosécurité (LMI PathoBis), 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

³Université Joseph KI-ZERBO, École doctorale sciences et Technologie, Laboratoire Biosciences, Equipe Phytopathologie et Mycologie tropicale, 03 BP.7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

⁴Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Plant Health Institute of Montpellier (PHIM), 911, Av. Agropolis BP 64501 34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Auteur correspondant : wonnissa@gmail.com

Submitted on 20th October 2021. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st December 2021
<https://doi.org/10.35759/JABs.168.1>

RESUME

Objectifs : L'étude a pour objectif d'évaluer l'incidence de la bactériose à stries foliaires translucides (BLS) causée par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) dans les systèmes de riziculture irriguée et de bas fond, d'analyser la présence et/ou absence des effecteurs de type III des souches de l'agent pathogène et d'identifier les adventices hôtes.

Méthodologie et résultats : 32 sites rizicoles comprenant neuf périmètres irrigués et 23 bas-fonds ont été surveillés respectivement en 2019 et 2020. La variété TS2 a été recensée comme la plus cultivée dans les deux écologies, cependant, elle a été la plus sensible au BLS avec une incidence foliaire pouvant atteindre 100% sur certains sites. Par ailleurs, les adventices symptomatiques identifiés étaient toutes des Poacées. L'analyse des effecteurs de type III des souches de *Xoc*, a révélé la présence de trois groupes génétiques dont le groupe I, le plus dominant, représente 86% des échantillons testés.

Conclusion et application des résultats : La bactériose à stries foliaires translucides est une maladie émergente au Burkina Faso depuis sa première description en 2009. Les études antérieures ont révélé la présence de la maladie sur les principaux sites irrigués et une importante diversité génétique des souches de l'agent pathogène. Cependant, les données sur sa prévalence en fonction des écologies rizicoles et des variétés cultivées à l'échelle du pays, n'étaient pas connues. Toutefois, notre étude révèle la présence de la maladie sur l'ensemble des principaux sites irrigués et bas fond du Burkina Faso, avec une forte incidence de la maladie observée dans les plaines irriguées. La connaissance de la distribution spatiale de la bactériose à stries foliaires et des hôtes adventices, permet de recommander les pratiques culturales appropriées, dont l'utilisation de semences saines, la gestion des mauvaises herbes et l'utilisation de variétés telle que la variété FKR19, dans les zones fortement infestées. Le suivi spatio-temporel des populations de l'agent

pathogène, permettra de rechercher des génotypes de riz résistants adaptés à la diversité des souches.

Mots clés : Riz, Bactériose à stries foliaires translucides, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, Incidence, effecteurs de type III

Study of epidemiological factors of bacterial leaf streak caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* in Burkina Faso

ABSTRACT

Objectives: The objectives of the study were to assess the incidence of bacterial leaf streak (BLS) caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) in irrigated and lowland rice systems, to analyze the presence and or/absence of type III effector into *Xoc* strains and to identify weed hosts. **Methodology and results:** In 2019 and 2020, 32 rice-growing sites were monitored comprising nine irrigated areas and 23 rice-growing lowlands. TS2 variety was identified as the most cultivated rice variety in the two ecologies, but very susceptible to BLS with a foliar incidence of up to 100% in some irrigated rice-growing areas. In addition, symptomatic weeds that are all *Poacea* were identified. The analysis of type III effectors of *Xoc* strains, revealed the presence of three genetic groups of which group I was the most dominant, represents 86% of the tested samples.

Conclusion and application of findings: Bacterial leaf streak caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* has been an emerging disease in Burkina Faso since its first description in 2009. Previous studies have revealed the presence of the disease in major irrigated sites and significant strains diversity. However, data on its prevalence according to rice growing ecologies and varieties grown at national scale are not known. However, the study reveals the presence of the disease on all the main irrigated and lowland sites of Burkina Faso, with a high incidence observed in the irrigated sites. Knowledge of the spatial distribution of bacterial leaf streak and weed hosts, allows to recommend appropriate cultural practices, including the use of healthy seeds, weed management and the use of varieties such as FKR19, in areas with high disease pressure. Spatial and temporal monitoring of the pathogen populations, will allow to search resistant genotypes adapted to the pathogen diversity.

Key words: Rice, Bacterial Leaf Streak, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, Incidence, Type III effector

INTRODUCTION

La bactériose à stries foliaires translucides du riz causé par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) a été décrite pour la première fois en 1918 aux Philippines (Ou, 1972). Elle est présente dans plusieurs autres pays d'Asie, d'Afrique et d'Océanie (Singh *et al.*, 1980; Notteghem, 1982; Moffett et Croft, 1983; Ou, 1985; Awoderu *et al.*, 1991; Sigeo, 1993 cité par Wonni, 2013). Cette maladie constitue avec la pyriculariose, la panachure jaune du riz et la bactériose vasculaire, les principales causes de pertes de production du riz en

Afrique. Mew *et al.* (1987) indiquent que des pertes de rendements peuvent varier de 0 à 17% en fonction de la variété et des conditions climatiques. En Inde, des pertes de rendement de 5-30% dues au BLS ont été signalées par Opina et Exconde (1971). Les hôtes intermédiaires, les débris de plantes infectées, les semences, constituent des sources primaires d'inoculum des souches de *Xoc* (Ou, 1985; Mew *et al.* 1993). La dissémination de la bactériose est favorisée par les facteurs climatiques dont les plus déterminants sont

l'eau à travers la pluie, l'irrigation et les inondations, l'humidité relative ambiante, le vent et la température dont l'optimum est compris entre 25 et 30 °C (Mukoo *et al.* 1957 ; Watanabe, 1966 ; Ou, 1985 ; Mew *et al.*, 1993). L'agent pathogène pénètre dans la feuille principalement par les hydathodes et les stomates et/ou par les blessures, se multiplie dans la cavité stomacale et colonise les espaces intercellulaires du parenchyme (Ou, 1985 ; Nino -Liu *et al.*, 2006). Les premiers symptômes sont de petites stries transparentes et aqueuses, qui peuvent s'allonger dans les conditions environnementales très favorables, avec souvent la présence d'exsudats bactériens à la surface des feuilles. A un stade avancé de la maladie, les feuilles deviennent brunes et se fanent (Ou, 1985 ; Nyvall, 1999). Au Burkina Faso, la maladie a été signalée pour la première fois en 2009 dans les grandes plaines rizicoles de la vallée du Kou, Sourou et Karfiguela (Wonni *et al.*, 2011). Elle a été ensuite observée dans presque toutes les zones de riziculture irriguée. Les pertes de rendement n'ont pas été évaluées jusqu'à nos jours, bien que plusieurs champs présentaient des incidences foliaires très élevées. En effet, d'importantes informations ont été générées,

MATERIEL ET METHODES

Sites d'études : L'étude a été conduite dans deux zones agroécologiques, à savoir la zone sud-soudanienne et nord soudanienne du Burkina Faso. Au cours de l'étude, 32 sites ont été prospectés dans ces deux zones agroécologiques répartis dans sept régions administratives dont neuf sites irrigués et 23 bas fonds rizicoles (Figure 1). Parmi ces sites, quatre sites irrigués et 11 bas-fonds sont situés en zone sud soudanienne; contre cinq sites irrigués et 12 bas-fonds en zone nord soudanienne. Les plaines irriguées prospectées, ont une superficie variant de 500

d'une part, sur la structure, la variabilité biologique et moléculaire de l'agent pathogène (Zao *et al.*, 2012 ; Wonni *et al.*, 2014 ; Poulin *et al.*, 2015) et d'autre part, sur les sources de résistance (Wonni *et al.*, 2015, 2016). Les travaux de Barro *et al.* (2021) ont montré une forte prévalence du BLS en riziculture irriguée, mais aussi la dominance en termes d'adoption et la sensibilité de la variété TS2 par rapport aux autres variétés homologuées. En effet, cette étude a été réalisée respectivement dans trois sites irrigués et bas-fonds dans les Hauts Bassins et les Cascades appartenant à une même zone agroécologique du type sud soudanien. L'étude vise à évaluer la distribution spatiale et l'incidence du BLS à l'échelle nationale, notamment sur les grands sites irrigués et bas-fonds, qui fournissent plus de la moitié de la production nationale en riz. En outre, l'analyse des effecteurs *xopAJ* et *xopW* et l'identification des adventices hôtes permettront de comprendre la structure des souches de *Xoc* en fonction des zones de production et des variétés cultivées, toute chose qui facilitera l'élaboration de méthodes de lutte adaptées aux conditions de culture locale du riz.

à 2250 ha, tandis que les bas fonds ont une superficie allant de 50 à 100 ha. Ils sont caractérisés par l'alternance d'une saison pluvieuse qui dure 4 à 5 mois et d'une saison sèche. La zone sud soudanienne est caractérisée par une température moyenne annuelle de 25 °C et une pluviométrie annuelle qui fluctue entre 900 et 1100 mm (FAO, 2004), contre 600 et 900 mm en zone nord soudanienne avec une température moyenne annuelle de 28,7 °C (Kabore *et al.*, 2017). Ces zones abritent les systèmes de production les plus diversifiés du pays (Bado, 2002).



Figure 1 : Sites prospectés

Choix des parcelles et inventaire de variétés cultivées : Dans les sites irrigués, les parcelles retenues ont été distantes entre elle de 200 m, contre 100 m dans les bas-fonds. Les variétés cultivées sur chacune des parcelles retenues ont été identifiées à travers des informations collectées auprès des producteurs desdites parcelles, mais aussi les chefs d'exploitations des différents sites en charge de la distribution des semences et appuis conseils. En plus des variétés, les informations sur la taille des exploitations ont été collectées.

Évaluation de l'incidence du BLS : Cinq carrés de sondage de 4 m² ont été placés suivant les diagonales dans chacune des parcelles retenues. L'évaluation a consisté à compter le nombre de pied de riz infecté de BLS sur le nombre total de pied de riz par carré de sondage au stade tallage maximale. L'incidence a été calculée suivant la formule suivante :

$$I = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{X} * 100 \right). \quad (1)$$

n: nombre de répétition ; xi: nombre de plant malade par carré de sondage et X: nombre total de plant de riz par carré de sondage

Dans le but de comprendre la distribution du BLS au sein des parcelles infectées, une étude

de dispersion a été effectuée. Elle a consisté à l'observation des différentes formes d'infection des parcelles dans les différents sites. L'incidence de la maladie selon le stade phénologique des variétés de riz a été évaluée.

Évaluation de la fréquence d'observation du BLS en fonction des variétés : Sur chaque site prospecté, la fréquence d'observation du BLS a été évaluée dans chaque parcelle retenue en fonction de la variété cultivée. Elle a consisté, pour un site donné, à faire le rapport entre le nombre de parcelles avec une même variété infectée de BLS sur le nombre total de parcelles observées.

Inventaire des adventices infectés de BLS : Afin de déterminer la gamme d'hôtes potentiels de *Xoc*, nous avons au cours des prospections, inventoriés les adventices présentant des symptômes typiques de BLS. Les observations ont porté sur les mauvaises herbes y compris les repousses de riz, au sein et en bordure des parcelles ; mais aussi le long des canaux d'irrigation. Les échantillons symptomatiques ont été prélevés et ramenés au laboratoire pour le diagnostic de *Xoc* par multiplex PCR développée par Lang *et al.* (2010), et ce, directement à partir de la

suspension des feuilles symptomatiques. Ensuite, cette même suspension a été infiltrée dans les feuilles de la variété de riz FKR62N, sensible au BLS, pour vérifier et confirmer la présence de *Xoc*.

Analyse des effecteurs de type III : Les études de Wonni *et al.* (2014), ont permis de regrouper les souches africaines de *Xoc*, en trois groupes sur la base de la présence/absence des effecteurs de type III que sont *xopAJ* et *xopW* et des séquences *gyrB*. Pour comprendre la dynamique évolutive des souches de *Xoc*, la présence/absence des effecteurs *xopAJ* et *xopW* ont été amplifiés par PCR en utilisant des amorces spécifiques selon la méthode décrite par Hajri *et al.* (2009, 2011). Les séquences des effecteurs *xopAJ* et *xopW* sont respectivement *xopAJ* Reverse: GCT CGC TGT GAG CAG CTA, *xopAJ* forward: ATG AAA AAC AAG ACA GAC ATT GCT et *xopW*-Forward:

GTGATGAAACCGAGCCACATCG; *xopW* Reverse: TCAACTGCCGCTACTGGAGGC.

RESULTATS

Inventaire des géotypes de riz cultivés :

L'étude a permis d'inventorier 14 variétés et cultivars de riz pouvant être répartis en trois groupes distincts :

- Le groupe de variétés inscrites au catalogue national composé des variétés TS2, FKR62N, FKR19, Orylux et FKR45N ;

- Le groupe de variétés non inscrites dans le catalogue, représenté uniquement par la variété Gambiaca ;

- Le troisième groupe est formé de cultivars traditionnels de riz avec le plus souvent des appellations locales, comprenant Damalé, Kiefagamalo, Tanfora, Miceni, Macorni, Corcarni, Samagrin et *Oryza glaberrima*.

En termes d'adoption, la variété TS2 est cultivée dans l'ensemble des sites des deux écologies, à l'exception du bas fond rizicole de Tengrela. Elle représente 65,87% des variétés

La PCR a été réalisée avec 25 µl d'un mélange contenant 5 µl de Master mix, 0,5 µl de chaque amorce, 14,5 µl d'eau distillée stérile et 5 µl de la suspension foliaire préparée à partir de 5 cm de fragment de feuille symptomatique, stérilisée et broyée dans 2 ml d'eau distillée. Les conditions d'amplification de l'effecteur *xopAJ* ont été (i) une dénaturation initiale à 95 °C pendant 5 mn, suivie de 28 cycles comprenant (ii) une dénaturation à 95 °C pendant 30s, (iii) une hybridation à 60 °C pendant 45s et (iv) une extension à 72 °C pendant 40s. L'effecteur *xopW* a été amplifié suivant le programme PCR multiplex *Xo* décrit par Lang *et al.* (2010). La réaction a été considérée comme positive si une seule bande claire avec la taille attendue (*xopAJ* 1500-2000 bp ; *xopW* 600 bp ou >1kb) est détectée sur le gel d'agarose à 1%.

Analyse statistique : Les données ont été saisies sur le logiciel Excel version 2013. Des box plot ont été construits avec les valeurs des incidences enregistrées sur les sites prospectés à l'aide du logiciel Statistica 7.1.

cultivées en riziculture irriguée contre 87,5% dans les bas-fonds. Elle est suivie de la variété FKR19 avec 16,22% en riziculture irriguée contre 2,47% en bas fond. La variété FKR62N, vient en troisième position avec 9,44% d'adoption en riziculture irriguée, pratiquement absente en bas fond. Quant aux variétés traditionnelles essentiellement produites en bas fond, elle présente moins de 10% des variétés cultivées. La variété FKR45N, adaptée à la riziculture pluviale stricte, a été cultivée par certains producteurs en bas fond. La variété Gambiaca, a été recensée dans les plaines rizicoles du Sourou et représente 28,66% des variétés cultivées (Figure 2). *Oryza glaberrima* est cultivé essentiellement en bas fond, et représente 0,1% des variétés cultivées dans cette écologie.

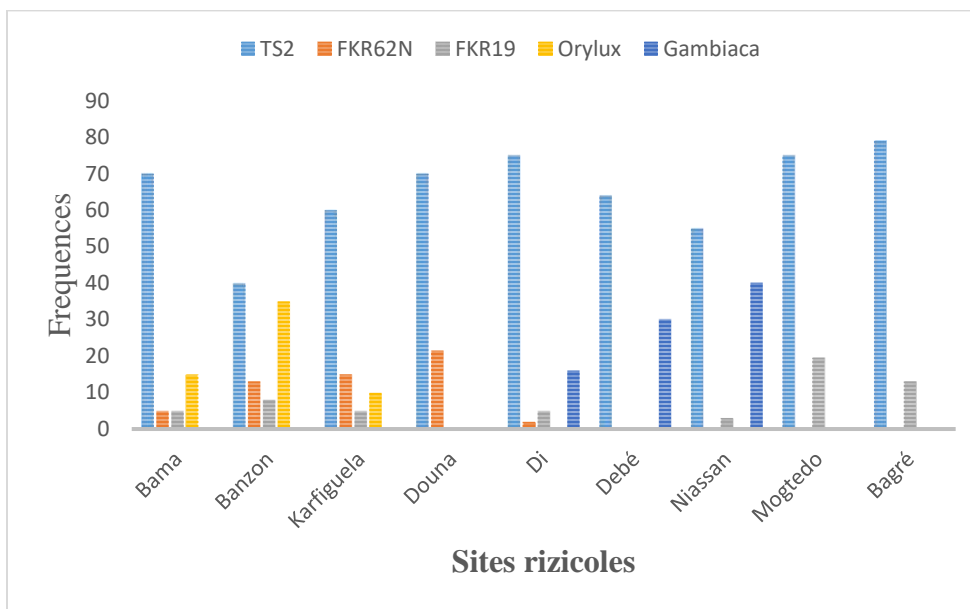


Figure 2 : Fréquence des variétés de riz cultivées en riziculture irriguée

Incidence et répartition de la bactériose à stries foliaires translucides : L'incidence du BLS varie en fonction des sites, de la variété et de la saison de culture.

✓ **A l'échelle site :** En riziculture irriguée, la variété FKR62N s'est montrée la plus infectée en termes de fréquence moyenne d'observation (71,16%), suivie de la variété TS2 (51,83%), Gambiaca (17,5%) et Orylux (12,76%) au cours des deux années d'évaluation. Quant à l'incidence du BLS, elle a été variable d'une année à une autre, indépendamment des variétés cultivées. En effet, certaines parcelles ont enregistré jusqu'à 100% d'incidence. Les plaines de la Vallée du

Kou, Di, Niassan et Mogtedo, emblavées principalement avec la variété TS2, ont été les plus infectées (Figure 3) quelle que soit la saison de culture avec respectivement des incidences médianes de 48,5%, 52,5%, 49,5% et 48,5% en 2019 ; et 58,5%, 81,5%, 60% et 70% en 2020. Par ailleurs, l'incidence a été variable entre les parcelles d'un même site et entre les variétés. Seules les parcelles emblavées avec la variété FKR19 n'ont pas enregistré de symptômes de BLS. Quel que soient le site et l'année, les variétés TS2 et FKR62N se sont montrées les plus sensibles avec respectivement des incidences médianes variant de 0,5 à 46% et 10 à 95% (Figure 4).

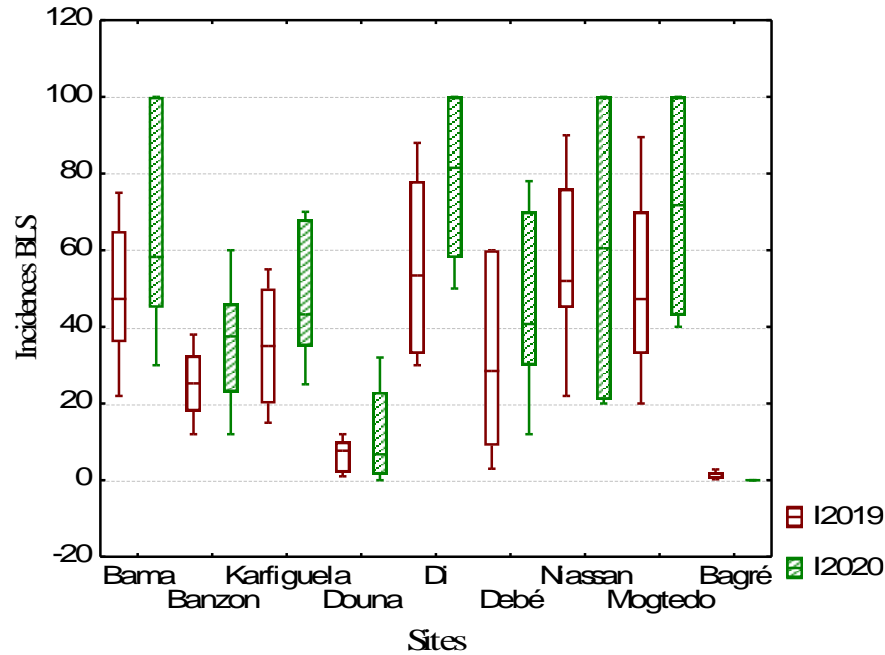


Figure 3 : Incidence du BLS selon les sites de riziculture irriguée

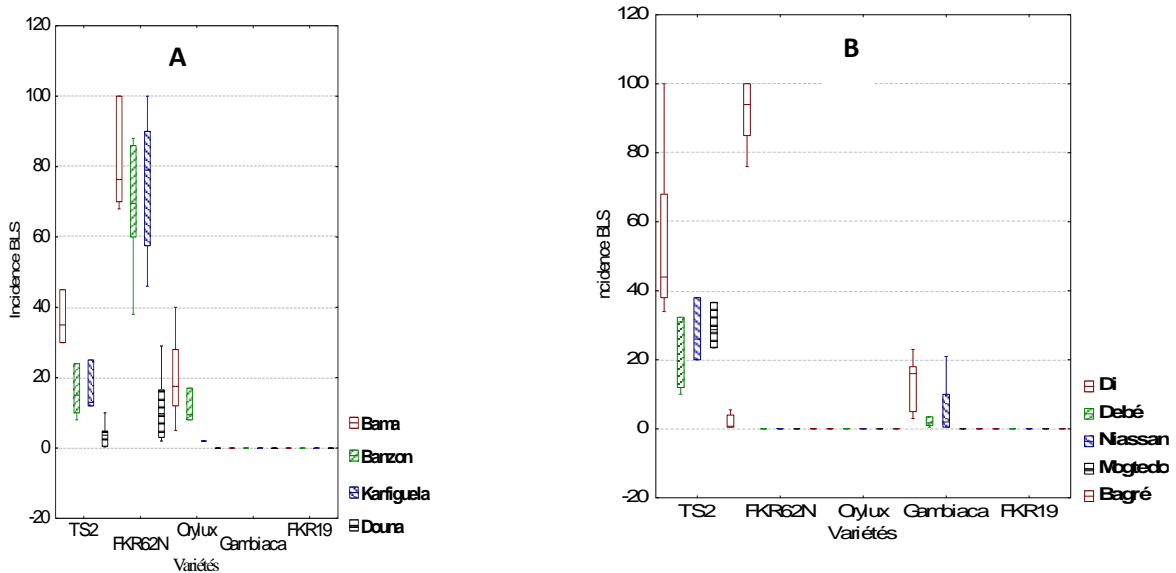


Figure 4: Incidence du BLS selon les variétés et les sites en riziculture irriguée
 A: Sites de la zone sud soudanienne ; B: Sites de la zone nord soudanienne

✓ **A l'échelle champ :** L'étude de la dispersion du BLS au sein des parcelles a permis d'observer quatre situations différentes : (1) une infection généralisée de la parcelle ; (2) des foyers éclatés au sein de la

parcelle ; (3) des plants infectés en bordure de parcelle et (4) un foyer isolé dans la parcelle (Figure 5). De façon générale, les infections sont localisées au niveau des bordures. Cette situation représente 55% des cas d'infection

observés, contre 11% de cas sous forme de foyers éclatés, 20% d'infection généralisée et 14 % de foyers isolés. Les infections en bordure de parcelles ont été plus observées sur les périmètres de Di, Niassan et Débé. Cependant, à la vallée du Kou, les infections

généralisées ont été observées contrairement aux autres sites irrigués où des infections localisées ont été observées. Par ailleurs, les infections généralisées ont été essentiellement observées sur les variétés TS2 et FKR62N.

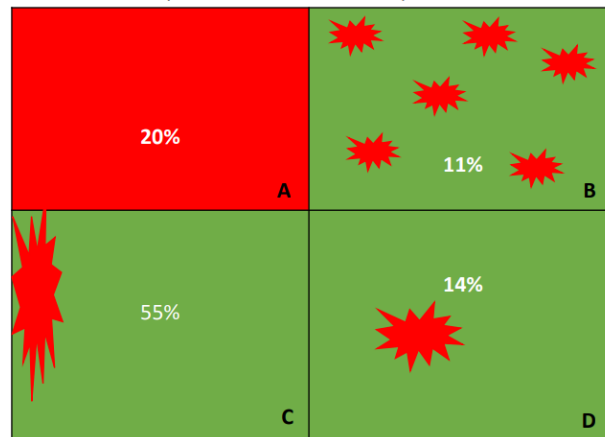


Figure 5: Répartition du BLS dans les parcelles infectées

A: Infection généralisée; **B:** Foyers éclatés dans la parcelle; **C:** Foyer localisé en bordure de parcelle; **D:** Foyer isolé

✓ **Selon le stade phénologique :** Sur le site de la vallée du Kou, l'incidence du BLS selon le stade phénologique du riz a été suivie. Le constat est que la maladie sévit à tous les stades de croissance du riz, allant du tallage à la maturité (Figure 6). Cependant, la phase de

reproduction est la plus critique, où 40% des parcelles infectées ont été enregistrées. Par contre, les stades de remplissage (6%) et de maturité (3%) se sont révélés les moins sensibles au BLS.

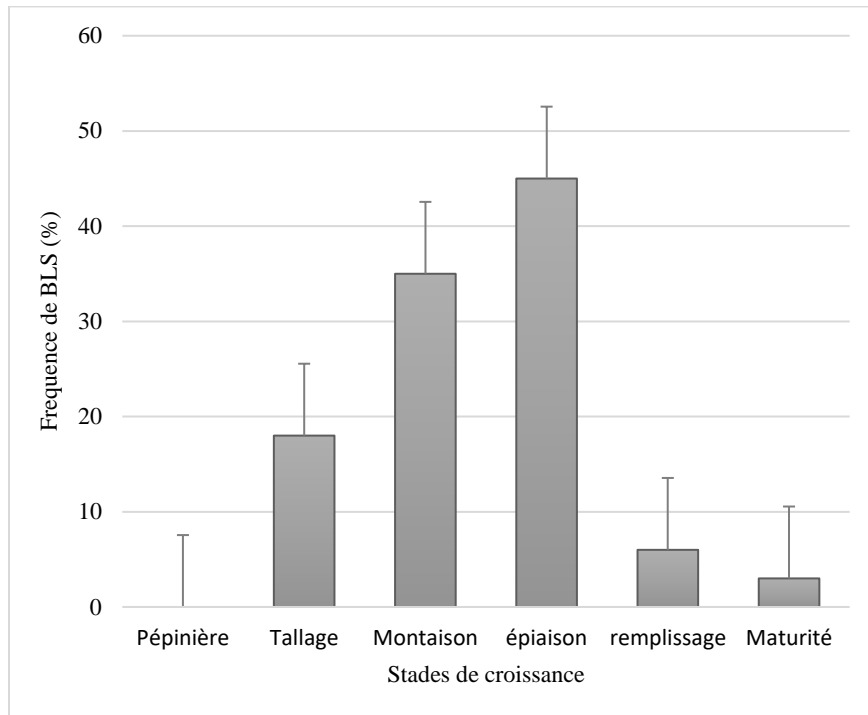


Figure 6 : Incidence du BLS selon les stades de développement du riz à la vallée du Kou

Adventices hôtes de *Xoc* : Au cours des prospections, des feuilles symptomatiques de BLS ont été identifiées et collectées sur des adventices. Il s'agit essentiellement de *Oryza longistaminata*, *Paspalum vaginatum*, *Paspalum polystachyum*, *Echinochloa colona* à Di et Niassan ; et *Sacciolepis africana* sur la plaine de Douna. Cependant, un fort peuplement de l'ensemble de ces adventices a été observé sur les périmètres rizicoles du Sourou par rapport aux autres sites.

Analyse des effecteurs de type III : Le criblage des deux effecteurs par PCR, a permis d'amplifier un fragment unique de *xopW* dans

tous les échantillons de BLS, mais à des tailles variables selon l'échantillon. Les résultats montrent que les effecteurs *xopAJ* et *xopW* sont variablement présents dans les échantillons issus des sites irrigués à l'exception de ceux de Bagré. Par ailleurs, *xopAJ* est totalement absent au sein des échantillons collectés en bas-fonds. Ainsi, 48% des échantillons ont une insertion de 1050 bp et 26% ont été positifs pour la présence de *xopAJ*. Cependant, la présence simultanée de *xopAJ* et *xopW* avec une insertion de 1050 bp à partir d'un même échantillon ($xopAJ + xopW >$) n'a pas été observée.

DISCUSSION

Variétés de riz cultivées : A l'issue des prospections phytosanitaires effectuées sur deux années consécutives sur les principaux sites rizicoles du Burkina Faso, nous avons inventorié 14 variétés de riz cultivées. Il s'agit de cinq variétés améliorées homologuées et neuf géotypes de riz dont les appellations diffèrent en fonction des sites. Les plaines irriguées et les bas-fonds sont majoritairement

dominés par la variété améliorée TS2 faisant d'elle la variété la plus adoptée. Le rendement de la TS2 (6-7t/ha), sa qualité nutritionnelle et la valeur marchande pourraient militer à son adoption. Le fort taux d'adoption de cette variété homologuée dans l'enquête confirme les travaux de Traoré et al. (2015) qui ont montré que la TS2 était la plus cultivée au Burkina Faso. La variété Gambiaca, non

homologuée au Burkina Faso, est cultivée essentiellement au Sourou et serait introduite par les producteurs à partir du Mali, pays frontalier avec la commune de Di. En effet, au Sourou, les pertes de rendement dues aux oiseaux pourraient justifier l'utilisation de la variété Gambiaca qui possède des feuilles paniculaires qui couvrent les épis empêchant l'invasion par les oiseaux.

Incidence du BLS variable en fonction de l'écologie rizicole : L'incidence du BLS est variable selon le type de riziculture ; mais aussi au sein des parcelles d'un même site. Les travaux de N'Guessan *et al.* (2001) sur le RYMV en Afrique de l'ouest indiquent que ces variations pourraient s'expliquer d'une part, par le niveau de sensibilité des variétés cultivées, et d'autre part, par les fluctuations de la pression des vecteurs de la maladie. En outre, la diversité phénotypique des souches de *Xoc* (Wonni *et al.* 2014) pourrait être à l'origine de cette variabilité inter site. Le passage des outils de travail, les manipulations pendant la transplantation pourraient provoquer des blessures favorisant l'infection. Les plus fortes prévalences du BLS ont été enregistrées dans les plaines rizicoles irriguées de l'allée du Kou, Mogtédou, Karfiguela et Sourou. Ces résultats confortent celles de Wonni *et al.* (2011, 2014), qui ont signalé la présence du BLS sur ces différents sites. Cependant, dans les bas-fonds rizicoles, l'incidence du BLS a été très faible. En effet, la pratique de la culture intensive du riz sur les plaines irriguées, avec l'utilisation des variétés améliorées et des engrais minéraux azotés serait à l'origine de la forte prévalence du BLS dans cette écologie (Huber et Thompson, 2007). En outre, avec la double ou triple culture en écologie irriguée au cours d'une même saison, l'agent pathogène peut survivre dans les semences, les débris végétaux, les adventices, les repousses ; et par la suite être transmis au riz cultivé (Ou, 1985 ; Mew *et al.*, 1993). Par contre, dans les bas-fonds, les pratiques paysannes, notamment la jachère, les

rotations culturales, l'utilisation des variétés traditionnelles et de la fumure organique, seraient favorables à la protection de la culture contre les agents pathogènes.

Variabilité du niveau de sensibilité des variétés : De l'ensemble des variétés améliorées inventoriées dans les deux écologies agricoles, seule la variété FKR19 a été indemne de la bactériose à stries foliaires translucide. Les travaux de Wonni *et al.* (2016) et Zougrana *et al.* (non publié) ont montré que la FKR19 est résistante au BLS en conditions contrôlées et au champ. Cependant, les variétés TS2 et FKR62N respectivement les plus cultivées, se sont montrées sensibles avec des incidences foliaires pouvant atteindre 100% en riziculture irriguée. Des tests de résistance variétale conduits sur les plaines irriguées de la vallée du Kou et Di ont confirmé la sensibilité de ces deux variétés (Données non publiées). Cependant, ces variétés sont modérément sensibles en riziculture de basfond, certainement dû à une faible quantité d'inoculum de l'agent pathogène dans cette écologie et aux pratiques culturales. En outre, dans les bas fonds, des associations entre la TS2 et les variétés traditionnelles, toutes exemptes de BLS ont été observées. Cette association pourrait être à l'origine d'une diminution du taux d'inoculum de l'agent pathogène. En effet, plusieurs études ont démontré l'effet des associations de culture sur la réduction des maladies microbiennes (Zhu et Morel, 2019).

Distribution du BLS au sein d'une même parcelle : A l'échelle du champ, l'étude de la répartition de la bactériose à stries foliaires translucides a montré que les infections sont fréquemment observées sous forme de foyers en bordure des parcelles. Cela pourrait s'expliquer par la proximité des plantes de riz avec les adventices hôtes abondamment présents en bordure des parcelles. Les infections généralisées, bien que moins importantes que les infections en bordures de parcelle, seraient certainement liées à l'action

du vent, des insectes vecteurs et de l'homme. Mohiuddin *et al.* (1976) et Murty et Devadath (1981) ont signalé que la maladie peut être transmise et disséminée par *Leptocorisa acuta* et *Nephotettix virescens*, insectes présents dans les écologies rizicoles. Les travaux de Berthe (2016) ont montré que les espèces *Oryza longistaminata*, *Penissetum* sp, *Brachiaria lata* et *Paspalum vaginatum* sont les réservoirs de *Xoc* souvent rencontrés en bordure et au sein de la parcelle. En outre, *Oryza longistaminata* qui serait l'une des sources principales de *Xoc* selon Wonni *et al.* (2014), est maintenue en bordure des parcelles sur certaines plaines rizicoles pour matérialiser leur limite. Ainsi, elle pourrait servir de niche pour les potentiels insectes vecteurs. Les foyers éclatés seraient le fait d'infection secondaire par les insectes vecteurs et le vent comme indiquée par Bradbury (1986), Ou (1985) et Mew (1993).

Les adventices, réservoirs potentiels de *Xoc* : Cinq espèces d'adventices diagnostiquées sur la base de la présence des symptômes de BLS et confirmées par les tests du pouvoir pathogène et PCR multiplex ont été identifiées comme réservoirs de *Xoc*. Il s'agit de *Oryza longistaminata*, *Paspalum vaginatum*, *Paspalum polystachyum*, *Echinochloa colona* et *Sacciolepis africana* appartenant toutes à la famille des *Poaceae*. Ces résultats corroborent ceux de Berthe (2016) qui ont obtenu des infections de BLS en conditions d'inoculation artificielle de ces mêmes espèces d'adventices. Ces résultats mettent en évidence l'importance des adventices dans le maintien et la dissémination du BLS. En effet, leur rôle comme sources d'inoculum primaire dans le développement épidémiologique du BLS a été rapporté par Wonni *et al.* (2014).

Incidence du BLS selon le stade phénologique du riz : L'étude des relations

entre le développement du BLS et les stades phénologiques des variétés de riz cultivées dans les conditions naturelles, a révélé une variation de la fréquence d'infection. Cette fréquence est élevée au stade montaison et épiaison quelle que soit la variété. Il est donc probable que les vecteurs aient un choix préférentiel pour le riz à la phase de reproduction. Cette préférence s'expliquerait par une production abondante des sucres qui attirent la présence des insectes. Au stade de maturité, la plante acquiert une résistance naturelle due à la sénescence, d'où une faible fréquence de la maladie observée.

Analyse des effecteurs de type III : L'analyse révèle que sur 231 échantillons testés, 200 échantillons ont été caractérisés par une absence de *xopAJ* et d'IS dans *xopW* ; et serait donc d'origine « African from Bagré » du groupe III selon Wonni *et al.* (2014). En effet, à l'exception d'un échantillon, tous les autres échantillons de Bagré appartiennent à ce groupe. Cependant, *xopAJ* et *xopW* avec IS sont présents dans toutes les souches asiatiques. De façon intéressante, aucun échantillon dans cette étude, n'a amplifié à la fois *xopAJ* et *XopW* avec une IS. Par ailleurs, 4% des échantillons ont amplifié *xopAJ* et *xopW* sans IS, et serait du groupe I, considérée comme des souches d'origine Afrique-Asie. Enfin, un quatrième groupe non défini par Wonni *et al.* (2014) est composé de souches sans *xopAJ*, et avec IS dans *xopW* et représente 9% des échantillons testés. Les groupes identifiés sont tous présents sur les sites de Di, Niassan et Karfiguela, où les plus importantes incidences du BLS ont été observées. Les résultats confirment ceux de Wonni *et al.* (2014) qui ont montré que le site de Karfiguela abrite la plus importante diversité des *Xoc*. Cette grande diversité des effecteurs ne serait pas liée aux sites et aux variétés.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de faire l'état des lieux des variétés de riz cultivées, de la distribution et de l'incidence de la bactériose à stries foliaires translucides du riz dans les plaines irriguées et bas fond au Burkina Faso. Les plaines du Sourou et de la vallée du Kou, qui sont des grandes zones de production ont été les sites les plus infectés par la bactériose à stries foliaires contrairement à la plaine de Bagré. Il ressort de cette étude que la variété TS2 est la plus adoptée par les producteurs aussi bien en riziculture irriguée qu'en bas fond. Cependant, l'incidence du BLS

REMERCIEMENTS

Cette étude a pu être réalisée grâce aux soutiens financiers de l'Institut de Recherche

enregistrée sur la TS2 constitue une menace pour la production du riz au Burkina Faso. Par ailleurs, la variété FKR19, la plus cultivée après la variété TS2, et identifiée résistante contre la bactériose, constitue un espoir pour l'amélioration variétale. L'étude montre la présence de quatre groupes génétique de *Xoc* sur la base de la présence/absence des effecteurs *xopAJ* et *xopW*. Toutefois, l'utilisation des semences saines et la lutte contre les adventices identifiées comme hôtes réservoirs, permettront de limiter l'infection et la dissémination du BLS.

pour le développement (IRD) et la Fondation Internationale pour la Science (IFS).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Awoderu VA, Bangura N, John VT, 1991. Incidence, distribution and severity of bacterial diseases on rice in West Africa. *Trop Pest Manag* 37, 113-117.
- Bado BV, 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat du troisième (3ème) cycle, Université Laval du Québec ; p. 148
- Barro M, Kassankogno IA, Wonni I, Sérémé D, Somda I, Kaboré KH, Béna G, Brugidou C, Tharreau, D, Tollenaere C, 2021. Spatiotemporal Survey of Multiple Rice Diseases in Irrigated Areas Compared to Rainfed Lowlands in the Western Burkina Faso. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-21-0579-RE>
- Berthe HT, 2016. Evaluation des potentiels hôtes de la bactériose à stries foliaires translucides en conditions d'inoculation artificielle avec les souches de *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzicola*. Mémoire de fin de cycle, Centre Polyvalent de Matourkou, Bobo Dioulasso, Burkina Faso
- Bradbury JF, 1986. Guide to Plant Pathogenic Bacteria. Wallingford CAB International.
- FAO, 2004. Étude de la situation et de l'évolution des systèmes de vulgarisation et d'animation forestière en Afrique Sahélienne. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy
- Hajri A, Brin C, Zhao S, David P, Feng JX, Koebnik R, Szurek B, Verdier V, Boureau T, Poussier S, 2011. Multilocus sequence analysis and type III effector repertoire mining provides new insights into the evolutionary history and virulence of *Xanthomonas oryzae*. *Mol Plant Pathol* 13: 288-302.
- Hajri A, Brin C, Hunault G, Lardeux F, Lemaire C, Manceau C, Boureau T, Poussier S 2009. A repertoire for repertoire hypothesis: repertoires of type three effectors are candidate

- determinants of host specificity in *Xanthomonas*. *PLoS One* 4, e6632.
- Huber DM, Thompson IA, 2007. Nitrogen and plant disease. In: L. E. Datnoff, W. H. Elmer, D. M. Huber (Eds.), Mineral nutrition and plant disease. APS Press, Saint Paul, MN, USA. pp. 31-44.
- Kabore B, Kam S, Ouedraogo GWP, Bathiebo, DJ, 2012. Etude de l'évolution climatique au Burkina Faso de 1983 à 2012 : cas des villes de Bobo Dioulasso, Ouagadougou et Dori. *Arabian Journal of Earth Sciences*, Vol.4 (2017) - Issue 2: 50-59. www.asrongo.org/doi:2.2017.4.2.50
- Lang JM, Hamilton JP, Diaz MGQ, Van Sluys MA, Burgos MAG, Vera Cruz CM, Buell CR, Tisserat NA, Leach JE, 2010. Genomics-based diagnostic marker development for *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and *X. oryzae* pv. *oryzicola*. *Plant Dis* 93, 311-319.
- Mew TW, 1987. Current status and future prospects of research on bacterial blight of rice. *Annu. Rev Phytopathol* 25, 359-382.
- Mew TW, Alvarez AM, Leach JE, Swings J, 1993. Focus on bacterial blight of rice. *Plant Dis. Rep* 77, 5-1.
- Moffett M, Croft B, 1983. *Xanthomonas* : In Plant bacterial diseases. A diagnostic guide (Eds P Fahy, G Persley), Academic Press: Sydney.
- Mohiuddin MS, Rao YP, Mohan SK, Verma JP, 1976. Role of *Leptocorisa acuta* Thun. in the spread of bacterial blight of rice. *Curr. Sci* 45, 426-42
- Mukoo H, Kusaba T, Watanabe M, Tabei H, 1957. Several related to the occurrence of bacterial leaf blight disease of rice. *Proc. Kanto-Tosan Plant Prot. Soc* 4, 7-8.
- Murty VST, Devadath S, 1981. Studies on the transmission and survival of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* through insects. *Indian Phytopathol* 34, 162-163.
- N'Guessan P, Pinel A, Sy A, Ghesquière A, Fargette D, 2001. Distribution, pathogenicity and interactions of two strains of rice yellow mottle virus in forested and savanna zones of West Africa. *Plant Dis.* 85: 59 - 64.
- Nino-Liu DO, Ronald PC, Bogdanove AJ, 2006. *Xanthomonas oryzae* pathovars: model pathogens of a model crop. *Mol Plant Pathol* 7, 303-324.
- Nottingham JL, 1982. Breeding for disease resistance in upland rice in Africa. FAO-IITAMeeting on durable Resistance Breeding.
- Nyvall RF, 1999. Field crop diseases. Ames, Iowa: State University Press.
- Opina O, Exconde O, 1971. Assessment of yield loss due to bacterial leaf streak of rice. *Phytopathol* 7, 35-39.
- Ou SH, 1972. Rice Diseases (Kew, Surrey: Commonwealth Mycological Institute).
- Ou SH, 1985. Rice Diseases. 2nd Ed. Commonwealth Mycological. Instt. Kew. England, 247-256.
- Poulin L, Grygiel P, Magne M, Gagnevin L, Rodriguez RLM, Forero SN, Zhao S, El Rafii M, Dao S, Tekete C, Wonni I, Koita O, Pruvost O, Verdier V, Vernière C, Koebnik R, 2015. New Multilocus Variable-Number Tandem-Repeat Analysis Tool for Surveillance and Local Epidemiology of Bacterial Leaf Blight and Bacterial Leaf Streak of Rice Caused by *Xanthomonas oryzae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(2), 688-698. <https://doi.org/10.1128/AEM.02768-14>.
- Singh DV, Banerjee AK, Kishun R, Abidi AB, 1980. Effect of bacterial leaf streak on the quantitative and qualitative characters of rice. *Indian J. Mycol. Plant Pathol.* 10, 67-68.

- Traoré A, Traore K, Traore O, Bado B, Nacro BH, Sedogo MP, 2015. Caractérisation des systèmes de production à base de riz pluvial strict dans les exploitations agricoles de la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(6): 2685-2697.
- Watanabe M, 1966. Studies on the strains of *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson, the causal bacterium of the bacterial leaf blight or rice plant. *Bull. Fac. Agric. Tokyo Univ. Agric. Technol* 10, 1-51.
- Wonni I, 2013. Les bactérioses du riz dues aux *Xanthomonas oryzae* au Burkina Faso : diversité et identification de sources de résistance adaptées. Thèse de Doctorat unique, Université Montpellier II. Montpellier, France, 64p, 256p.
- Wonni I, Cottyn B, Detemmerman L, Dao S, Ouedraogo L, Sarra S, Tekete C, Poussier S, Corral R, Triplett L, Koita O, Koebnik R, Leach J, Szurek B, Maes M, Verdier V, 2014. Analysis of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* population in Mali and Burkina Faso reveals a high level of genetic and pathogenic diversity. *Phytopathology*, 104 :520-531.
- Wonni I, Djedatin G, Ouedraogo L, Verdier V, 2015. Evaluation of rice germplasm against bacterial leaf streak disease reveals sources of resistance in african varieties. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, (6) : 312.
- Wonni I, Hutin M, Ouédraogo L, Somda I, Verdier V, 2016. Evaluation of Elite Rice Varieties Unmasks New Sources of Bacterial Blight and Leaf Streak Resistance for Africa. *J. Rice Res*, (4): 162.
- Wonni I, Ouedraogo L, and Verdier V, 2011. First report of bacterial leaf streak caused by *Xanthomonas oryzae* pv *oryzicola* on rice in Burkina Faso. *Plant Dis. Rep* 1, 72.
- Zhao S, Poulin L, Rodriguez RLM, Serna NF, Liu SY, Wonni I, Szurek B, Verdier V, Leach JE, He YQ, Feng JX, Koebnik R, 2012. Development of a Variable Number of Tandem Repeats Typing Scheme for the Bacterial Rice Pathogen *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*. *Phytopathology*, 102(10), 948-956. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-12-0078>
- Zhu S, Morel JB, 2019. Molecular mechanisms underlying microbial disease control in intercropping. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 32, 20–24.