



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Etude de la distribution géographique, de la prévalence et de l'effet du chancre bactérien des agrumes causés par *Xanthomonas citri* pv. *citri* au Burkina Faso

Kevin Ben Fabrice ZERBO^{1,2}, Issa WONNI^{1*}, Florence YAMEOGO^{1,2} et Irénée SOMDA²

¹Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique/Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/LMI PathoBios ; 01 BP 910 Bobo Dioulasso 01, Burkina Faso.

²Université NAZI BONI, Clinique des Plantes, 01 BP1091, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

*Corresponding author; E-mail: wonniissa@gmail.com

Received: 27-04-2022

Accepted: 24-08-2022

Published: 31-10-2022

RESUME

Les vergers agrumicoles burkinabè sont sous une forte pression du chancre bactérien des agrumes causé par *Xanthomonas citri* pv. *citri*. Cependant, nos connaissances sur cette maladie restent embryonnaires (uniquement first report en 2012). Cette étude a pour objectif de combler le manque d'informations tangibles sur la prévalence de la maladie. Des prospections et collectes de données ont été réalisées dans les vergers et auprès des producteurs dans les régions des Hauts Bassins, du Centre Ouest et du Centre sud, afin de connaître la répartition géographique, l'incidence et la sévérité de la maladie. Les résultats révèlent que le chancre bactérien sévit aussi bien dans les pépinières que dans les zones de production avec des incidences variant de 50 à 90%. En outre, toutes les espèces d'agrumes en production sont sensibles avec des incidences variables selon les sites et oscillant entre 25-80%. Les pertes de rendements en fruits à l'hectare, induites spécifiquement par cette bactériose, ont varié de 18,45% à 90,8% selon les espèces, avec le pamplemoussier et le tangelo qui se sont révélées très sensibles. Ces résultats indiquent qu'il est impératif de mettre en place une stratégie de lutte efficace et durable, afin de booster la filière agrumicole au Burkina Faso

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mot clés : *Citrus* sp, chancre bactérien-bactériose, incidence, sévérité, pertes dues.

Study of the geographical distribution, prevalence and effect of citrus bacterial canker caused by *Xanthomonas citri* pv. *citri* in Burkina Faso

ABSTRACT

Burkinabe citrus orchards are under strong pressure from citrus bacterial canker caused by *Xanthomonas citri* pv. *citri*. However, our knowledge of this disease remains embryonic (only first report in 2012). This study aims to fill the lack of real information on the disease prevalence. Surveys and data collection were carried out in orchards and among producers in the Hauts Bassins, Cascades and Centre-Sud regions in order to assess the geographical distribution, incidence and severity of the disease. Our results show that bacterial canker is prevalent in all production areas with incidences varying from 50 to 90% depending on the production sites. Moreover, all produced citrus species are susceptible with incidences varying from 25 to 80%. The fruit losses

per hectare induced by bacterial canker, varied from 18.45% to 90.8% according the citrus species; with grapefruit and tangelo proving to be very sensitive. results indicate that it is imperative to implement an effective and sustainable control strategy to increase the citrus production in Burkina Faso.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Citrus sp; bacterial canker, incidence, severity, losses induced,

INTRODUCTION

Le Burkina Faso dispose d'un potentiel important en matière de production fruitière estimée à 653 189 tonnes sur une superficie d'environ 615 067 ha (PDCFL, 2017). Elle a généré un revenu de plus de 18 milliards de francs CFA avec une exportation de plus de 250 000 tonnes de fruits (DGESS/MAAH, 2018). Cette production fruitière en pleine expansion est dominée par la mangue avec une production annuelle comprise entre 160.000 et 200.000 tonnes (APROMAB, 2019 cité par Drabo et al., 2022), suivie de l'anacarde et des agrumes.

Au Burkina Faso, la production des agrumes a connu une croissance significative depuis les années 80 à nos jours. Ainsi, la production agrumicole est estimée à 42 875 tonnes d'agrumes au cours de la campagne 2019/2020 (PDCFL, 2017). La production attendue d'ici 2022 est estimée à environ 50 000 tonnes. Les agrumes constituent des sources de revenus pour les ménages et des apports nutritionnels de qualité, notamment pour leur richesse en éléments minéraux, en vitamines et en fibres. Au Burkina Faso, la production ne couvre pas la demande du marché local. Pourtant, les conditions écologiques dans plusieurs régions du Burkina Faso, notamment la Boucle du Mouhoun, le Sud-Ouest, les Hauts Bassins, le Centre sud, les Cascades et le Centre ouest (PDCLF, 2017), sont favorables au développement des agrumes. La faible production au Burkina Faso peut être liée à l'action conjuguée de plusieurs facteurs d'ordre organisationnel, technique ou parasitaire. En effet, à l'instar des autres spéculations, la production agrumicole est sujette à d'énormes pressions parasitaires qui limitent considérablement son expansion (Ouédraogo, 2002). Ainsi, nous avons la pression exercée par les insectes (Guira et al., 2009 ; Vayssieres et al., 2010 ; Fayama, 2019),

le développement des champignons phytopathogènes (FAO, 2003 ; Dianda, 2018 ; Dianda, 2020), l'émergence des virus et les bactéries (FAO, 2003 ; ANSES, 2019). Depuis quelques années effectivement, le secteur agrumicole burkinabè est confronté à une maladie dévastatrice qu'est le chancre bactérien des agrumes (CBA) (Juhasz et al., 2013).

Le CBA est l'une des phytobactérioses majeures des cultures agrumicoles dans le monde (Graham et al., 2004). La bactérie responsable, actuellement dénommée *Xanthomonas citri* pv. *citri* (*Xcc*), a une gamme d'hôtes très large dans la famille des Rutacées (CABI, 2021). Les conséquences néfastes du chancre bactérien sur l'agrumiculture sont multiples. Sur les espèces et cultivars sensibles, elle occasionne une baisse du rendement et de la qualité des fruits, ainsi qu'une défoliation partielle ou totale des arbres. La maladie a également un fort impact indirect car son statut d'agent pathogène de quarantaine fait d'elle un frein à l'exportation des fruits (Young et al., 2008 ; Bounou, 2020). Ce pathogène bactérien, qui provient probablement d'Asie (Ollitrault et al., 2012), s'est maintenant répandu presque partout dans le monde. Au cours de la première décennie du 21^{ème} siècle, le CBA a été signalé dans plusieurs pays d'Afrique dont le Sénégal (Leduc et al., 2011) et le Mali (Traoré et al., 2008). Ensuite, il a été observé au Burkina Faso (Juhasz et al., 2013), en Côte d'Ivoire, en Ethiopie, au Soudan, en Somalie, en Tanzanie, à la Réunion et à l'île Maurice (Abubaker et al., 2016 ; CABI/EPPO, 2014 ; Derso et al., 2009). Par la suite, il a été signalé au Comores et au Bénin (Grygiel et al., 2014 ; Zombré et al., 2015).

Au Burkina Faso, le chancre bactérien des agrumes demeure une sérieuse menace à la production agrumicole et le manque d'information tangible sur la maladie et sa

prévalence dans ledit pays reste fractionnaire pour envisager un moyen de lutte adéquat et durable. Toutefois, les superficies agrumicoles sont en forte extension d'année en année.

La présente étude vise à évaluer l'incidence et la sévérité du chancre bactérien des agrumes ainsi que les pertes de rendements qu'il induit afin de contribuer à l'amélioration de la production des agrumes au Burkina Faso.

MATERIEL ET METHODES

Zones d'études

L'étude a été conduite dans trois régions administratives du Burkina Faso qui sont par excellence les principales zones de production fruitière. Sept sites ont été prospectés en raison d'un verger par site. Il s'agit des sites de Kodéni, Orodara et Koloko dans la région des Hauts Bassins, le site de Lou dans la région du Centre ouest, les sites de Lilbouré, de Timboué et de Dayasmnere dans la région du Centre sud (Figure 1). Tous ces sites appartiennent à deux zones agroécologiques du Burkina Faso selon le découpage de Guinko et Fontès (1995). Il s'agit de la zone nord-soudanienne dont la pluviométrie annuelle est comprise entre 700 et 900 mm, et la zone sud soudanienne avec une pluviométrie annuelle de 900 à 1200 mm.

Les sites ont été choisis sur la base de l'importance de la production des agrumes et de la diversité des espèces d'agrumes qui y sont produites. En outre, ces sites sont accessibles.

Deux prospections de terrain ont été réalisées au cours de l'année 2020. Une première prospection a été effectuée vers la fin de la saison des pluies (Octobre-Novembre). Cette période correspond à la période de forte installation du chancre bactérien. Une deuxième prospection a été réalisée pendant la période de forte maturation des fruits à partir du mois de Décembre. Au cours de toutes ces prospections, l'incidence et la sévérité du CBA ont été évaluées aussi bien sur les fruits que sur les feuilles.

Évaluation de l'incidence et de la sévérité du CBA

Evaluation de l'incidence

L'incidence du CBA a été évaluée dans deux environnements, à savoir au champ et en pépinière.

Au champ : L'évaluation de l'incidence du CBA au champ a été faite sur les feuilles et sur les fruits.

❖ Incidence foliaire

Elle a porté sur 15 à 30 pieds de chaque espèce d'agrumes choisie de façon aléatoire suivant les diagonales. La présence ou l'absence de la maladie a été notée visuellement en se basant sur les symptômes caractéristiques du chancre sur les feuilles.

Le taux d'incidence a été calculé en faisant le rapport entre le nombre de pieds symptomatiques et le nombre total de pieds inspectés, suivant la formule de Cooke (2006).

$$\text{Incidence foliaire (\%)} = \frac{\text{Nombre de pieds symptomatiques}}{\text{Nombre total de pieds}} \times 100$$

❖ Incidence sur les fruits

Elle a porté sur un échantillon de 20 à 40 fruits/pied ont été observés et choisis au hasard sur un total de 15 pieds. Dans l'objectif d'avoir un échantillon représentatif, l'évaluation a été faite sur les côtés (nord, est, ouest et sud) de la couronne de chaque pied en raison de 5 à 10 fruits par côté. Ainsi, l'incidence moyenne sur fruits a été calculée selon la formule de Cooke (2006).

$$\text{Incidence sur fruit (\%)} = \frac{\text{Nombre de fruits symptomatiques}}{\text{Nombre total de fruits}} \times 100$$

En pépinière : Au sein des pépinières de production et de vente des plants d'agrumes, l'incidence du CBA a été évaluée en faisant le rapport entre le nombre total de plants symptomatiques sur le nombre total de plants par espèce d'agrumes.

Les données ont été collectées sur les plants des espèces d'agrumes disponibles au sein des pépinières prospectées.

Evaluation de la sévérité du CBA

La sévérité du CBA a été évaluée sur les feuilles et sur les fruits.

La sévérité foliaire a été évaluée sur 80 feuilles et sur les fruits, elle a été évaluée sur un total de 40. Les feuilles et les fruits ont été choisis de façon aléatoire à raison de 20 feuilles et 10 fruits sur chaque côté de la couronne. Au total 20 pieds sur la diagonale du verger ont été choisis. Pour l'annotation, l'échelle visuelle de 1 à 9 de Moral et Trapero (2009) présentée dans le Tableau 1 a été utilisée.

L'indice de sévérité a été calculé selon la formule de Galanihe et al. (2010) comme suit :

$$\text{Indice de Sévérité (\%)} = (\sum (N_i \times S_i) / (N_t \times 9)) \times 9$$

Avec N_i : nombre de feuille/fruit dans la classe de sévérité i , i allant de 1 à 9 ; S_i : numéro de la classe de sévérité ; N_t : nombre total de feuille/fruit observés

Entretien avec les producteurs

Un entretien a été réalisé avec les producteurs propriétaires des vergers de tous sites prospectés à l'aide d'un questionnaire. Les informations collectées ont porté sur le nombre d'années de production, l'âge des plants, les différentes espèces d'agrumes produites, les rendements par pied et à l'hectare, les principales maladies, la reconnaissance du CBA, les prix de vente.

Collecte de données dans les vergers

Sur la base de l'accessibilité de sites et des moyens financiers disponibles, deux vergers, dont le verger de Kodéni et le verger de Koloko ont été suivis en 2020 et en 2021, allant de la période d'apparition des premiers symptômes du CBA sur les fruits jusqu'à la récolte. Les données sur l'incidence, la sévérité et les rendements fruits ont été collectées. Également, différents rendements ont été estimés ainsi que les pertes qui en découlent. Ces données ont été couplées à celles recueillies à la suite des enquêtes.

Dans chaque verger, des échantillons de feuilles, de fruits ont été prélevés et étiquetés avec les inscriptions mentionnant la date, la zone de collecte, les coordonnées géographiques, l'espèce d'agrumes. Les échantillons sont déposés dans une glacière et amenés au laboratoire pour l'isolement de l'agent pathogène.

Isolement

Les échantillons ont été lavés à l'eau de robinet désinfectés dans une solution d'eau de javel 1% pendant 1 mn, ensuite à l'éthanol (75%), enfin, rincés correctement avec l'eau distillée stérilisée. Pour chaque échantillon, des fragments de feuilles présentant les jeunes

symptômes de taches nécrotiques ont été découpés en petits morceaux et placés dans du sachet de marque BIOREBA pour être broyés. Le broyat a été suspendu dans 1 ml d'eau distillée stérile et laissé au repos pendant 30 mn pour libérer les bactéries. A l'aide d'une anse en platine, la suspension a été prélevée, étalée sur un milieu de culture préparé à partir de Levure à 7g/l, Peptone à 7 g/l, Glucose à 7 g/l et Agar à 18 g/l (LPGA) dans des boîtes de Petri puis incubés pendant 48 à 72 h à 28°C. Les boîtes ont été ensuite inspectées et les colonies bactériennes suspectées ont été purifiées sur le milieu LPGA, identifiées et conservées (Golmohammadi et al., 2007). L'identification de l'agent pathogène a été complétée par des tests PCR.

Rendements

Les rendements « normaux » ont été évalués à partir de la production estimée en kg par pieds d'espèces d'agrumes ne présentant aucun symptôme visible sur les fruits. Ce rendement par pied est par la suite extrapolé sur le nombre total de pied moyen à l'hectare qui était estimé à 198.

Estimation des pertes moyennes de rendement de production

Deux paramètres ont été considérés. Il s'agit :

- des pertes dues à la chute des fruits présentant des chancres (Figure 2A) ;
- des pertes dues aux fruits infectés sur arbre, pouvant réduire la valeur marchande (Figure 2B).

A partir de la nature des dégâts, les pertes moyennes de rendement (kg/ha) au champ (**PRDH**) et à l'exportation des fruits (**PRDexp**) ont été calculées (Formules 1 et 2) en s'inspirant de la formule modifiée de Houndahouan et al. (2018). Pour ce faire, trois facteurs ont été déterminés. Il s'agit de :

- Rendement moyen (kg/ha) de fruits sans attaque (**RSc**). Il est déterminé en partant du rendement moyen en fruits de 5 à 10 pieds non infectés, extrapolé sur le nombre de pieds moyen total à l'hectare ;
- Rendement moyen de production (kg/ha) de fruits chutés avec des chancres et incommerceables (**QFi**). Il a été évalué en

quantifiant les fruits chutés comportant des chancres au sein de l'ensemble des fruits chutés par pied d'agrumes.

- Rendement moyen de production (kg/ha) de fruits vendables présentant des chancres (**Rac**) a été évalué en quantifiant les fruits présentant des chancres, mais commercialisables sur le marché local. Il a été évalué sur 5 à 10 pieds et extrapolée sur le nombre moyen de pied à l'hectare.

$$PRDH = RSc - QFI (1)$$

$$PRDexp = RSc - Rac (2)$$

Analyses statistiques

Les données collectées ont été analysées avec le logiciel XLSTAT. Le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%, a été utilisé pour la séparation des moyennes de l'incidence, de la sévérité de la maladie, des pertes en rendement et en valeur monétaire. Les histogrammes ont été construits avec le logiciel EXCEL.

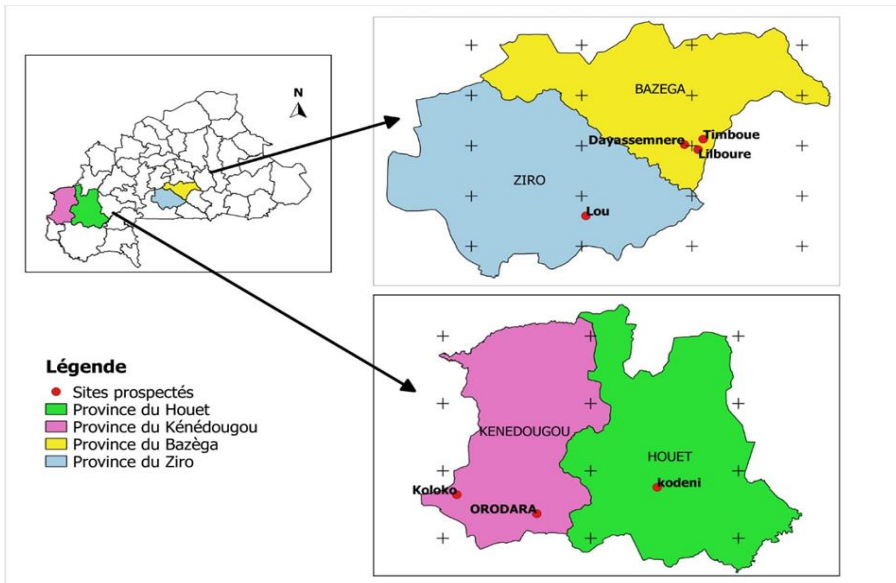


Figure 1 : Carte de localisation des sites de prospection.

Tableau 1 : Echelle de notation de la sévérité.

Classe de Sévérité	Degré d'infection de la surface de la plante (Fruits ou feuilles)
1	Pas de symptôme
2	1 à 4 %
3	5 à 9%
4	10 à 19 %
5	20 à 29 %
6	30 à 44%
7	45 à 59 %
8	60 à 75%
9	Plus de 75%

(Moral et Trapero, 2009)



Figure 2 : Dégâts engendrés par le chancre bactérien.
A : Chute de fruits présentant des chancres due à Xcc ; B : Fruits chancreux sur arbre.

RESULTATS

Superficie moyenne occupée par espèce d'agrumes

Les superficies moyennes exprimées en pourcentage, occupées par les espèces d'agrumes dans les différents sites de production sont présentées dans le Tableau 2. Il ressort que six espèces d'agrumes sont produites dans les bassins agrumicoles ; à savoir le tangelo, le citronnier, l'oranger, le clémentinier, le mandarinier et le pamplemoussier. Ainsi, le tangelo occupe 51,9% des superficies d'agrumes sont occupées par l'espèce *Citrus reticulata* × *Citrus Paradisi*, 24,8% sont occupées par l'espèce *Citrus lemon* ; 21,1% par *Citrus sinensis* et 19,7% par *Citrus maxima* qui est produit exclusivement dans la province du Bazèga. Les espèces qui occupent les plus faibles superficies sont, *Citrus reticulata* avec 6% et *Citrus clémentina* avec 3,1%. Ces deux espèces sont produites seulement dans les bassins de production du Kéné Dougou

Distribution géographique du CBA

La distribution de l'incidence du chancre bactérien des agrumes dans les principales zones de production d'agrumes est représentée par la Figure 3. Elle révèle la présence du CBA dans tous les vergers d'agrumes prospectés. Cependant, son incidence varie en fonction des sites de production. Ainsi, l'incidence du chancre bactérien a dépassé 90% dans la province du Bazèga ; elle a oscillé entre 70 et 89% dans les

provinces de Ziro et Houet, et elle est < 70% dans le Kéné Dougou.

Les incidences du CBA

Incidence foliaire au champ

La Figure 4 montre l'incidence foliaire du CBA exprimée en pourcentage suivant les différentes espèces d'agrumes en fonction de la collecte. L'analyse de variance effectuée à cet effet révèle alors des différences significatives entre les espèces au seuil de 5%. Ainsi en moyenne, les espèces les plus sensibles sont le tangelo, le citronnier et le pamplemoussier qui enregistrent 100% d'incidence dans tous les vergers prospectés où elles sont produites. A l'opposé, l'espèce la moins sensible est le clémentinier avec 20% d'incidence. Quant au mandarinier et l'oranger, ils expriment statistiquement les mêmes incidences d'environ 48%.

Incidence foliaire en pépinière

En pépinière, les résultats de l'incidence du CBA sont donnés par la Figure 5. L'analyse de variance montre des différences significatives entre les espèces au seuil de 5%. Il ressort ainsi des espèces produites que l'espèce tangelo est la plus sensible avec une incidence de plus de 90% quel que soit le site. Le pamplemoussier qui est retrouvé uniquement dans les pépinières à Kombissiri a présenté une incidence de 75,6%. L'espèce volkameriana produite à Orodara a présenté une incidence de 72,6%. Les plus fortes incidences du CBA sur l'oranger ont été notées

dans les pépinières de Orodara et de Sapouy avec un taux de plus de 60%.

Incidence sur fruits

La distribution de l'incidence du CBA sur les fruits des différentes espèces d'agrumes par site est représentée par la Figure 6. L'analyse de variance montre des différences significatives entre les espèces au seuil de 5%. Sur l'ensemble des sites d'étude, il ressort en moyenne que les espèces de tangelo et pamplemousse présentent les taux d'infection des fruits les plus élevés. Le site de Lou a enregistré le plus fort taux de l'ordre de 96,6%. L'espèce tangelo est suivi du citron, dont la plus forte incidence a été enregistrée à Kodéni (80%). Le niveau d'attaque des fruits du pamplemoussier est statistiquement identique dans les sites où il est produit. En effet, il est autant sensible que le tangelo. Quant aux autres espèces, l'analyse statistique montre en moyenne un taux d'attaque des fruits respectivement de 45,12%, 31% et 24,3% pour l'orange, la mandarine et la clémentine.

Les niveaux de sévérité du CBA

Sévérité foliaire

L'indice de sévérité foliaire du CBA calculé révèle des différences significatives entre les espèces d'agrumes par site (Figure 7). Il ressort de l'analyse du graphique que la distribution de la sévérité du CBA chez l'espèce tangelo est sensiblement identique dans tous les sites prospectés ; ladite sévérité ayant varié de 18 à 21%. Par ailleurs, en moyenne l'espèce tangelo partage la même sévérité avec le pamplemoussier, le citronnier et l'oranger. L'indice de sévérité le plus faible a été enregistré chez le clémentinier (< 10%).

Sévérité sur fruits

La Figure 8 montre la représentation graphique des indices de sévérité du CBA sur les fruits des espèces d'agrumes par site. L'analyse de variance effectuée au seuil de 5% montre une distribution statistiquement différente entre les espèces d'agrumes en

fonction des sites. Ainsi, en moyenne la sévérité est plus importante avec 33% au sein de l'espèce de pamplemoussier comparativement aux autres espèces. La sévérité moyenne est cependant identique chez le citronnier et le tangelo soit environ, 25%, bien qu'elle soit variable d'un site à un autre. La plus forte sévérité sur le citronnier a été enregistrée dans le site de Lou soit 32% et la plus forte sévérité chez le tangelo a été enregistrée dans le site de Kodéni soit 31%. Par ailleurs, les plus faibles indices de sévérité moyen ont été obtenus avec le clémentinier et le mandarinier soit 10%.

Pathogènes associés aux symptômes collectés

L'isolement à partir des échantillons chancreux, a permis d'obtenir des colonies bactériennes du genre *Xanthomonas* et l'identification par PCR a conclu qu'il s'agissait de *Xanthomonas citri* pv. *citri*. La Figure 9 illustre les manifestations et les impacts du CBA sur les fruits du pamplemoussier, du tangelo et du citronnier ainsi que des chutes de fruits chancreux.

Incidence du CBA sur le rendement moyen en fruits

La Figure 10 montre les pertes de rendements moyens en fruits des espèces d'agrumes selon leur qualité sanitaire. Les résultats montrent une différence significative entre les différents rendements. Le tangelo, l'oranger, le citronnier et le pamplemoussier, en absence de chancre bactérien, ont enregistré respectivement un rendement moyen de 10 195 kg/ha, 18 437,5 kg/ha, 29 893,75 kg/ha et 58 735,35kg /ha. Cependant, avec les mêmes espèces, en cas d'attaque, les pertes de rendement enregistrées au champ sont respectivement de 28,6%, 29,5%, 18,45% et 49,23%. Par ailleurs, à l'exportation, elles sont respectivement de 89,3%, 60%, 79,6% et 90,8%.

Tableau 2 : Superficie moyenne (%) par espèce d'agrumes produite.

Provinces	Sites	Tan	Citron	Orange	Clé	Man	Pam
Houet	Kodéni	50,12	30,8	19,08	-	-	-
KénéDougou	Orodara	48,3	23,6	17,9	3,5	6,7	-
	Koloko	51,1	10,8	30,2	2,8	5,3	-
Ziro	Lou	50,9	31,6	17,5	-	-	-
	Lilbouré	52,7	29,4	-	-	-	17,9
Bazega	Timboué	53,8	27,9	-	-	-	18,3
	Dayasmneré	57	20,1	-	-	-	22,9
	Moyenne	51,9	24,8	21,1	3,1	6	19,7

- : non produite ; Tan : Tangelo ; Clé : Clémentine ; Man : Mandarine ; Pam : Pamplemousse

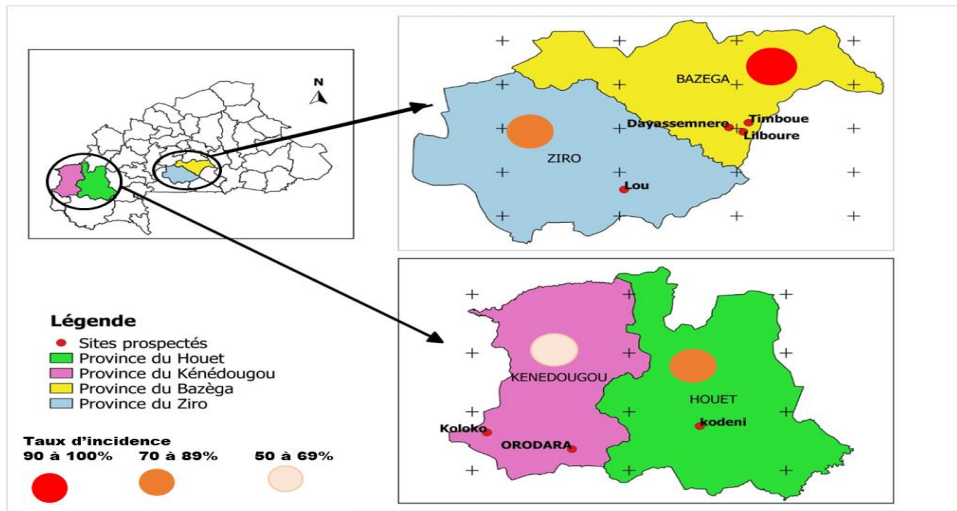


Figure 3 : Distribution géographique et incidence du CBA dans les zones agrumicoles.

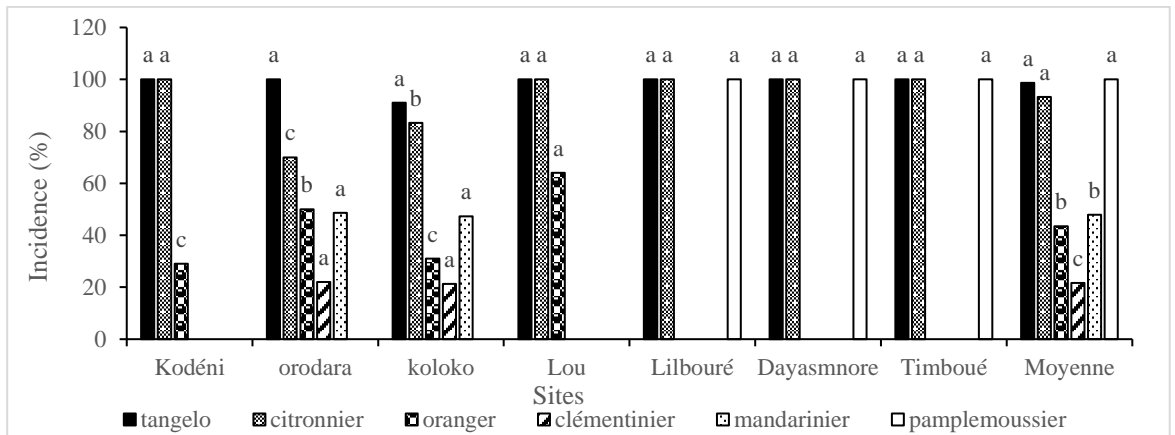


Figure 4 : Incidence foliaire du CBA en fonction des espèces d'agrumes et des sites de production.

Les valeurs suivies d'une même lettre au-dessus des histogrammes ayant le même motif ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student-Newman-Keuhl.

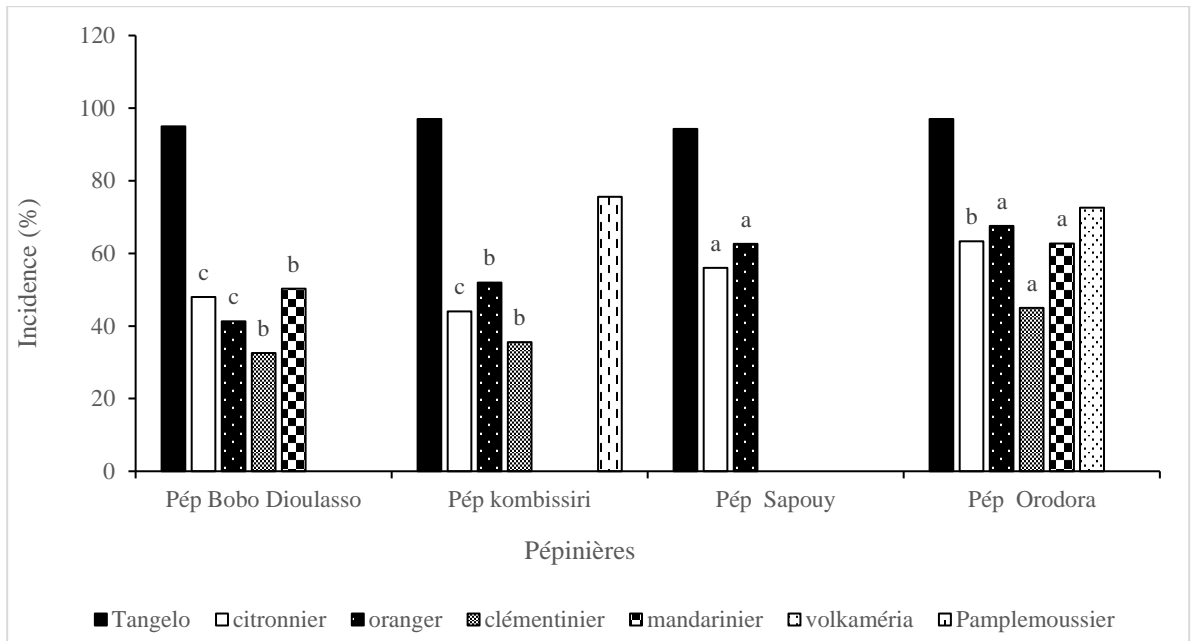


Figure 5 : Incidence du CBA en pépinières.

Les valeurs suivies d'une même lettre au-dessus des histogrammes ayant le même motif ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student-Newman-Keuhl.

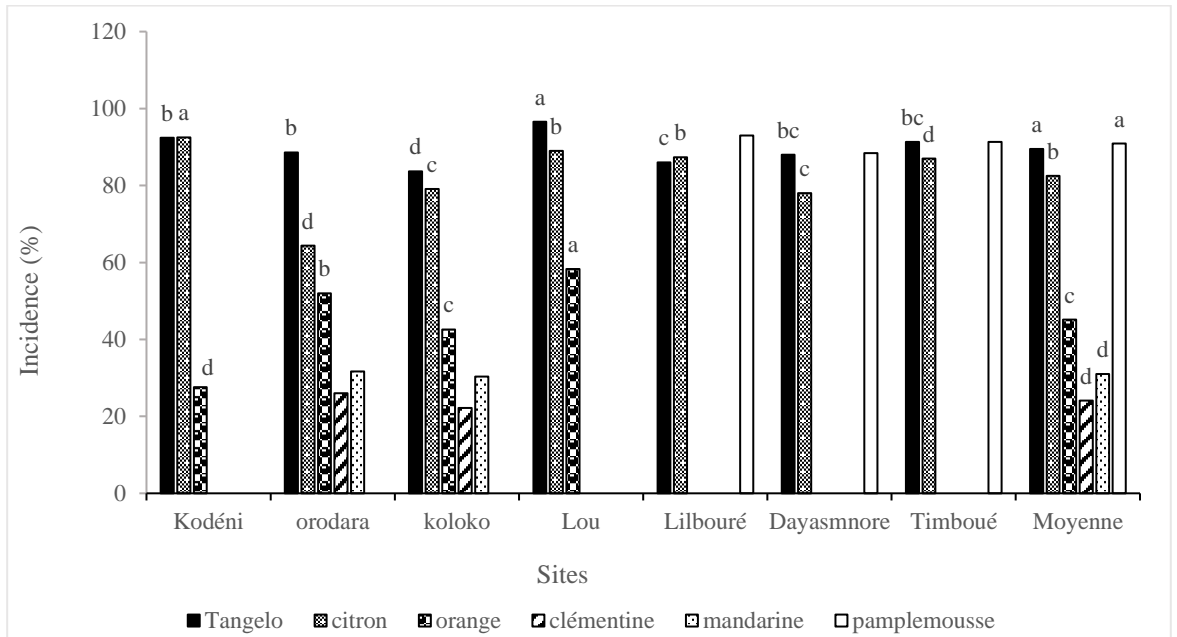


Figure 6 : Incidence du CBA sur les fruits des espèces d'agrumes par site.

Les valeurs suivies d'une même lettre au-dessus des histogrammes ayant le même motif ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student-Newman-Keuhl.

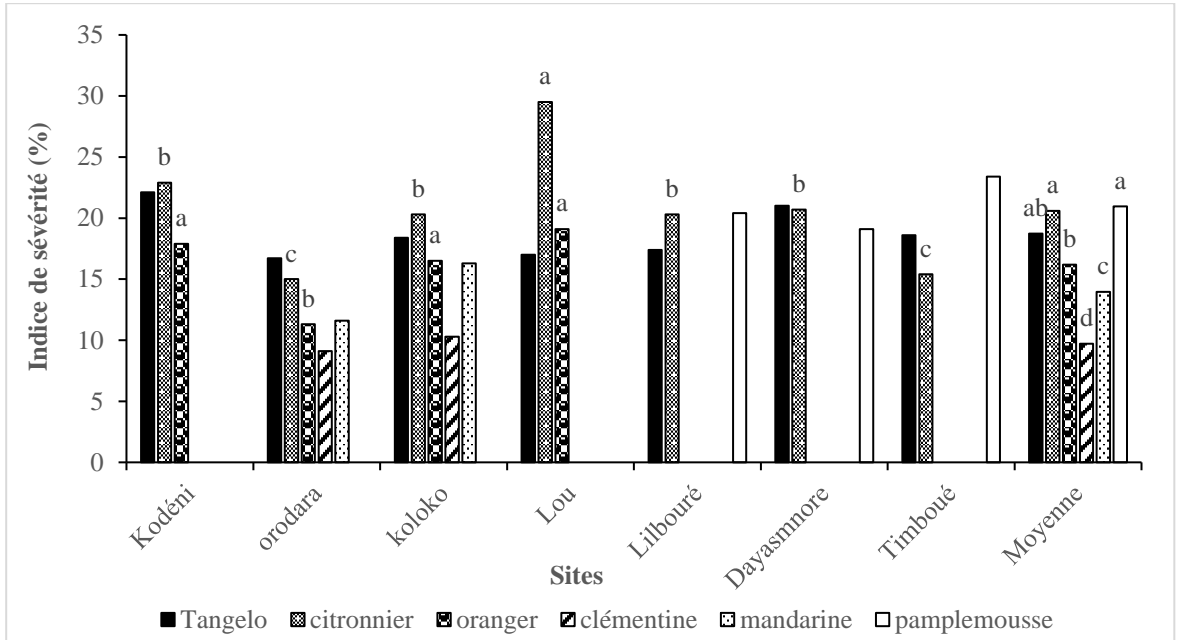


Figure 7 : Indice de sévérité foliaire du CBA par site.

Les valeurs suivies d'une même lettre au-dessus des histogrammes ayant le même motif ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student-Newman-Keulh.

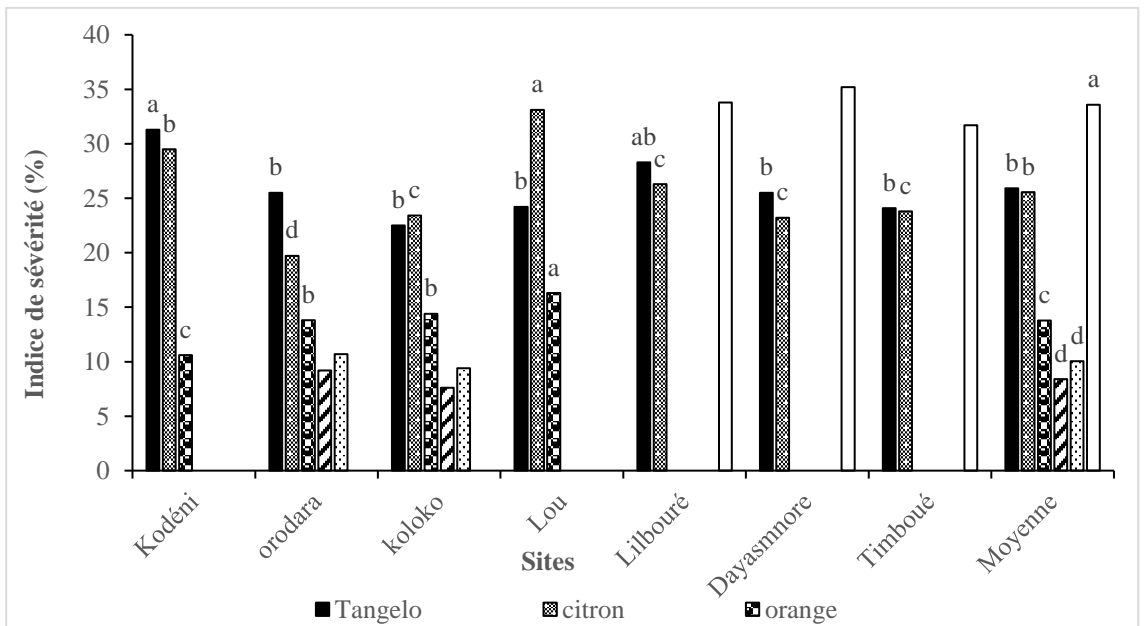


Figure 8 : Indice de sévérité du CBA sur les fruits des espèces d'agrumes par site.

Les valeurs suivies d'une même lettre au-dessus des histogrammes ayant le même motif ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student-Newman-Keulh.



Figure 9: Manifestations et effets du chancre bactérien des agrumes sur quelques espèces.
Source : ZERBO (2021).

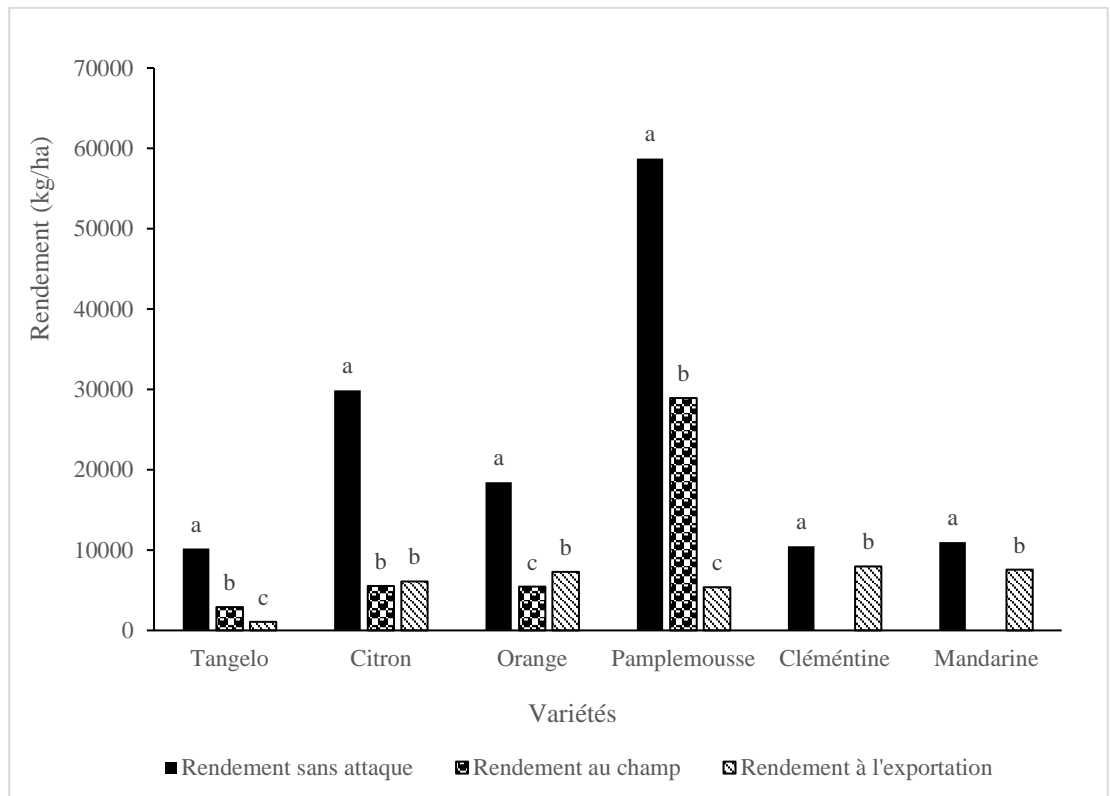


Figure 10 : Rendement moyen en fruits des espèces d'agrumes et pertes induites par le chancre bactérien.

Les valeurs suivies d'une même lettre au-dessus des histogrammes ayant le même motif ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student-Newman-Keulh.

DISCUSSION

L'agrumiculture burkinabè est confrontée au chancre bactérien des agrumes une bactériose causée par *X. citri* pv. *citri*. Il constitue un facteur limitant pour la production des agrumes. Cette étude a été initiée dans le but de combler le manque d'information sur sa prévalence et sa distribution au Burkina Faso.

Les espèces d'agrumes produits

Six espèces d'agrumes ont été couramment observées dans les zones de production. Il s'agit du tangelo, du citronnier, de l'oranger, du pamplemoussier, du clémentinier et du mandarinier. En termes d'occupation de superficie, le tangelo demeure de loin l'espèce la plus produite occupant 51,9% des superficies agrumicoles. Sa forte production serait liée à la forte demande des consommateurs à cause de ses caractéristiques organoleptiques. En effet, les tangelos sont connus pour leur capacité à aider à la perte de poids, à renforcer le système immunitaire, peuvent réduire le risque de certains types de cancer, abaisser la tension artérielle, réduire l'inflammation, améliorer la santé digestive, risque d'asthme, entre autres (Mahmoud et al., 2019).

Les citronniers occupent la seconde place avec 24,8% de superficie. En effet, le citron est produit partout au Burkina Faso, parfois dans les domiciles, en dehors des vergers qui assurent la plus importante production. La production est corrélée à la consommation. Cet engouement grandissant pour la production du citron serait lié à ses vertus thérapeutiques notamment la présence des flavonoïdes qui constituent un atout majeur pour le maintien de la santé. Selon Kidik Pouka et al. (2015), cette substance permettrait de lutter contre les intoxications, la constipation, les calculs rénaux, les maladies cardiovasculaires etc. De plus, le jus de citron est fortement apprécié par les populations. Une part de cette production est exportée notamment vers le Sénégal.

Les orangers occupent la troisième place. Cette faible proportion serait due notamment à la présence permanente des oranges venus des pays voisins sur les marchés locaux. Les coûts d'opportunités sont

largement en faveur des fruits importés selon les producteurs.

Distribution du CBA

Les résultats montrent que le CBA est présent dans toutes les grandes zones de production d'agrumes prospectées. C'est le même constat qui ressort des travaux de Juhasz et al. (2013) au cours de la première description de la maladie au Burkina Faso. En effet des symptômes du chancre bactérien ont été observés sur tous les sites visités dans les provinces de la Comoé, du Houet et du KénéDougou.

Ces fortes prévalences dans les zones de production seraient liées à l'action conjuguée de plusieurs facteurs dont les caractéristiques agroécologiques à savoir les précipitations, les températures, les vents etc. En effet, il ressort que les sites à forte production d'agrumes sont localisés dans des zones où les précipitations varient entre 700 mm à 1000 mm, et les températures minimales et maximales variant de 25°C à 33°C au cours de l'année (frclimatedata-org ; Burkina Faso). Ainsi, selon Kumar et al. (2019), la conjugaison de températures élevées et de pluies augmente la vulnérabilité des agrumes au chancre bactérien. Il ressort des études sur les épidémies du CBA menées par Graham et al. (2004), que des températures comprises entre 20 et 35°C, avec un optimum autour de 30°C associées à une humidité libre étaient propice à l'infection et au développement de la maladie du CBA. De plus, il ressort que la dissémination du CBA et son incidence sont liées directement à la pluie soufflée par le vent à des vitesses supérieures à 8m/sec (Gottwalds, 2002 ; Pruvost et al., 2002). La forte prévalence du CBA serait également liée à l'échange du matériel végétal. En effet, des études ont montré que la dissémination de la maladie à longue distance est principalement liée au transfert de matériel végétal infecté (Pruvost, 2021). La forte incidence du CBA dans les pépinières soutiennent cette affirmation. Ainsi, le niveau de contamination des zones de production est corrélé au niveau d'infection des plants en pépinière destinés à être plantés dans les sites de production. En outre, la mobilité du matériel de plantation infecté comme les greffons, les

plantules de portes greffées ou encore les plants greffés d'une zone à un autre constaté lors des enquêtes favoriserait la dissémination de l'inoculum bactérien de *Xcc*. La forte infection des pépinières serait également liée au système d'irrigation qui se fait par aspersion. En effet comme l'explique Pruvost et al. (2002), l'irrigation aérienne aggrave le développement spatial et temporel de la maladie en raison de la dispersion par éclaboussures de l'agent pathogène, et suscite de grandes inquiétudes dans les pépinières produisant de jeunes arbres exempts de chancres.

Prévalence du CBA

Toutes les espèces d'agrumes produites au Burkina Faso sont sensibles au CBA avec des niveaux de sensibilité variable et ce en fonction des zones de production.

Les résultats montrent que le tangelo, le pamplemoussier et le citronnier ont été les plus sensibles au CBA avec un taux d'incidence supérieur à 80%, un niveau de sévérité compris entre 20-30%. L'oranger à un taux d'incidence de 45% et un taux de sévérité de 13,75%. Le clémentinier et le mandarinier ont statistiquement la même incidence, 24% et le même degré de sévérité environ 10%. Cette variabilité de la sensibilité au sein des espèces pourrait s'expliquer par leur origine géographique de production et de leur taxonomie.

La variabilité des niveaux de sensibilité des différentes espèces d'agrumes au chancre bactérien a été rapportée par de nombreux chercheurs et les résultats de la présente étude ont été approuvés. Ainsi, Escalon (2013), la plupart des cultivars d'agrumes commercialisés sont très sensibles au CBA avec des différences de sensibilité entre les cultivars. Il existe de très grandes différences dans la sensibilité des divers *Citrus* au CBA ; mais ces différences peuvent varier d'une région à l'autre. Burhan et al. (2007), Mustafa et al. (2015), ont examiné plusieurs cultivars d'agrumes pour leur résistance au chancre des agrumes causé par *Xanthomonas citri* pv. *citri*. Il ressort de leurs travaux que l'oranger et le mandarinier sont modérément sensibles à sensibles tandis que le citronnier et le pamplemoussier sont sensibles. De même,

pour Graham (2004), parmi les cultivars et les porte-greffes d'agrumes, le chancre asiatique des agrumes est le plus sévère sur le pamplemousse, certaines oranges douces, le lime mexicain (Key) et les hybrides d'orangers trifoliés utilisés comme porte-greffes. Ces cultivars se sont avérés très difficiles, voire impossibles à cultiver de manière rentable en présence du chancre des agrumes dans les climats subtropicaux et tropicaux humides. En outre, les zones de production au Burkina Faso présentent des conditions climatiques pouvant favoriser l'expression du CBA. En outre, les pépinières utilisées dans ces sites, sont pour la plupart infectées, ce qui favoriserait le maintien et la propagation de la maladie. Aussi, il faut noter que les producteurs ne disposent d'aucun moyen de lutte contre le CBA, toute chose favorable au maintien de la maladie avec d'importantes pertes de production comme mentionnées dans notre étude.

Conclusion

La bactériose des citrus causée par *Xanthomonas citri* pv. *citri* constitue un problème sérieux au Burkina Faso. De ce fait, les recherches effectuées sur la distribution géographique, la prévalence et l'impact de la maladie constituent une avancée significative dans l'approfondissement de nos connaissances sur cette bactériose. Elles ont abouti à des résultats très intéressants en ce sens qu'aucune des espèces de citrus rencontrées au Burkina Faso ne résistent à la maladie (leur sensibilité varie entre 25-80%). La maladie peut entraîner une baisse de rendement de l'ordre de 80% et aucun moyen de lutte n'est préconisé pour la contrôler. Ainsi, cet article ouvre de bonnes perspectives de recherche sur la bactériose des citrus notamment les possibilités de contrôle de la maladie. L'étude de la variabilité génétique de l'agent pathogène pourrait être un des thèmes de recherche future sur le chancre bactérien des agrumes au Burkina Faso. De plus, le renforcement des capacités des responsables de vergers d'agrumes devient une nécessité. En conclusion ce manuscrit nous paraît intéressant pour la communauté scientifique nationale et internationale mais aussi et surtout pour les producteurs d'agrumes du Burkina Faso.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs du présent manuscrit déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt ni pour le travail ni pour les données obtenues.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) Farako-Bâ, au Laboratoire Mixte Internationale Observatoire des Agents Phytopathogènes en Afrique de l'Ouest : Biodiversité et Biosécurité (LMI PathoBios) et au Laboratoire Clinique des Plantes de l'Université Nazi BONI (UNB).

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

ZKBF et YF ont participé à l'élaboration du protocole, aux travaux de laboratoire et à la rédaction du manuscrit. WI a proposé le thème et encadré le travail. WI et IS ont assuré la supervision scientifique de l'ensemble des travaux et à la correction du manuscrit.

REFERENCES

- Abubaker MYA, Abu Dibar OAB, Elhassan SM, Yousif NME. 2016. First report of citrus bactériel canker disease in lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) in Gadaref State- Eastern Sudan. *Agriculture and Biology Journal of North America*, **7**(5): 254-274. DOI: 10.5251/abjna.2016.7.5.254.265
- ANSES. 2019. Analyse du risque phytosanitaire pour la maladie du huanglongbing pour l'Union européenne. Rapport d'expertise collective. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire Alimentation, environnement travail, Saisine n° « 2016-SA-0235 », 278p.
- Bounou BI, Salifou A. 2020. Attaque du chancre bactérien des agrumes sur des pieds de tangelos de pamplemoussier et de citronnier dans la commune de Youri (département de Say). *VegNote*, **1**(1). *Clinique des plantes*. Bioengineering and Agri-business consulting, disponible sur <https://www.csan-niger.com/chancre-bactérien-agrumes-niger-Xanthomonas-axonopodis pv. citri.php>
- Burhan M, Sahi ST, Ahmad S. 2007. Screening of citrus cultivars for source of resistance against citrus canker under field conditions. *Pak. J. Bot.*, **39**(5): 1867-1871.
- CABI, 2021. Invasive species compendium *Xanthomonas citri* (citrus canker). Disponible sur <https://www.cabi.org/isc/datasheet56921>
- CABI/EPPO, 2014. *Xanthomonas citri subsp citri* distribution map, distribution maps of plants diseases, No october. Wallingford, UK: CABI, map 11p.
- Cooke BM. 2006. Disease assessment and yield loss. In *The Epidemiology of Plant Diseases*, I Cooke B, Jones D, Kaye B (eds). Springer: Netherlands, Dordrecht; 43-80. DOI: http://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6_2
- Derso E, Vernière C, Pruvost O. 2009. First report of *Xanthomonas citri* pv. *citri* A* causing citrus canker on Lime in Ethiopia. *Plant Dis.* **93** (2) : 203-203. DOI. <http://doi.org/10.1094/PDIS-93-2-0203B>
- DGESS/MAAH, 2018. Stratégie de développement des filières agricoles au Burkina Faso 2019-2023. Direction Générale des Etudes et des Statistiques Sectorielles/Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques, 76p
- Dianda ZO, Wonni I, Zombré C, Traoré O, Séréme D, Boro F, Ouédraogo I, Ouédraogo SL, Sankara P. 2018. Prévalence du dessèchement du manguier et évaluation de la fréquence des champignons associés à la maladie au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, **126** : 12686-12699. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v126i1.6>
- Dianda OZ, Wonni I, Diana F, Traoré O, Zombré CT, Borro F. 2020. In vitro efficacy of some plant aqueous extracts against two species of Lasiodiplodia associated to mango decline in Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **14**(8): 2699-2712. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i8.4>
- Drabo C, Sanou J, Nikiema Z, Dao A, Sawadogo M. 2022. Évaluation agronomique en pépinière de deux

- variétés de manguiers polyembryonnées utilisées comme porte-greffes au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **16**(2): 618-627. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.9>
- Escalon A. 2013. Evolution et spécialisation du pouvoir pathogène de *Xanthomonas citri* pv. *citri* : rôle des effecteurs de type 3. Thèse de Doctorat, Université de La Réunion, Saint-Denis France, 258p.
- FAO. 2003. Comité des produits : problèmes phytosanitaires du secteur des agrumes et politiques de lutte. Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et l'agriculture. Treizième session, la havane (cuba), 15p.
- Fayama MS. 2019. Fluctuation des populations des mouches des fruits inféodées aux agrumes et évaluation de leurs dégâts dans les provinces du Houet et du KénéDougou. Mémoire de fin de cycle de formation En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'agriculture Burkina Faso (Bobo Dioulasso), 67p.
- Galanihe LD, Jayasundera MUP, Vithana A, Asselaarachchi N, Watson GW. 2010. Occurrence, distribution and control of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae), an invasive alien pest in Sri Lanka. *Trop. Agri. Res. Ext.*, **13**(3) : 81-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.4038/tare.v13i3.3143>.
- Golmohammadi M, Cubero J, Peñalver J, Quesada JM, López MM, Llop P. 2007. Diagnosis of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, causal agent of citrus canker, in commercial fruits by isolation and PCR-based methods. *Journal of Applied Microbiology*, **103**(6): 2309-2315. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03484.x>
- Gottwald TR, Graham JH, Schubert TS. 2002. Citrus canker: the pathogen and its impact. *Plant Health Progress*. DOI: 10.194/PHP-2002-0812-RV
- Graham JH, Gottwald TR, Cubero J, Achor DS. 2004. *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*: factors affecting successful eradication of citrus canker. *Mol. Plant Pathol.* **5**: 1-15.
- Grygiel P, Seny-County A, Boyer C, Boyer K, Vernière C, Pruvost O, Hamza AA, 2014. First report of *Xanthomonas citri* pv. *citri* pathotype a causing Asiatic citrus canker in Grande Comore and Anjouan. Journal article. *Plant Disease*, **98**(12): 1739-1740. DOI : 10.1094/PDIS-06-14-0624-PDN.
- Guinko S, Fontès J. 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Toulouse : Ministère de la coopération française (France) ; 71p.
- Guira M, Kambou G, Otoïdobia LC, Ouedraogo L. 2009. Fiche technique oranger. INERA. APIPAC. 2p.
- Houndahouan DET, Zannou A, Sikirou R, Adomou A, Zinsou V, Boukari S, N'djolossè K. 2018. Les pertes économiques dues à l'antracnose de l'anacardier au Bénin. *European Scientific Journal*, **14** (15) : 1857-7431. DOI: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p127>
- Juhász CC, Leduc A, Vernière C, Pruvost O, Wonni I, Ouedraogo L. 2013. First report of *Xanthomonas citri* pv. *citri*. Causing Asiatic Citrus Canker in Burkina Faso. *Plant Disease*, **97**(12): 1653. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-06-13-0600-PDN>
- Kidik-Pouka M, Ngene JP, Ngoule CC, Ottou PM, Ndjib RC, Dibong SD, Mpondo EM. 2015. Caractérisation des plantes médicinales à flavonoïdes des marchés de Douala (Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(3): 1494-1516. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.32>
- Kumar A, Rawal R, Kumar A, Kumar N, Verma DK, Talukdar D. 2019. *Xanthomonas citri*: The Pathogen of Citrus Canker Disease and its Management Practices. In *Microbiology for Sustainable Agriculture, Soil Health, and Environmental Protection*. Apple Academic Press; 189-222.

- Leduc A, Vernière C, Boyer C, Vital K, Pruvost O, Niang Y, Rey JY. 2011. First report of *Xanthomonas citri* pv. *citri* pathotype A causing asiatic citrus canker on grapefruit and mexican lime in Senegal. *Plant Disease* **95** (10): 1311. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-11-0217>
- Mahmoud AM, Hernandez Bautista RJ, Sandhu M, Hussein OE. 2019. Beneficial effects of citrus flavonoids on cardiovascular and metabolic health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 19p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/5484138>
- Moral J, Trapero A. 2009. Assessing the susceptibility of olive cultivars to anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease*, **93**: 1028-1036. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-10-1028>
- Mustafa M, Imran M, Azeem M, Riaz A, Afzal M. 2015. Commercial citrus cultivars resistance evaluation and management to canker disease. *Int. J. Agril. Res.*, **6**(6) : 1-9.
- Ollitrault P, Terol J, Garcia-Lor A, Berard A, Chauveau A, Froelicher Y, Belzille C, Morillon R, Navarro L, Brunel D, Talon M. 2012. SNP mining in *C. clementina* BAC end sequences; transferability in the Citrus genus (*Rutaceae*), phylogenetic interference and perspectives for genetic mapping. *Bmc Genomic*, **13**. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-13>
- Ouedraogo SN. 2002. Etude diagnostique des problèmes phytosanitaires du manguier (*Mangifera Indica* L.) de l'oranger (*Citrus Sinensis* (L) Osbeck) et du Mandarinier (*Citrus reticulata* Blanco) dans la province du Kéné Dougou. Mémoire d'Ingénieur en Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo (Burkina Faso), 69p.
- PDCLF, 2017. Rapport de situation de référence : Phase finale 2018-2022 Projet de Développement des Cultures Fruitières et des Légumes. Burkina Faso, 96p.
- Pruvost O, Boher C, Brocherieux C, Nicole M, Chiroleu F. 2002. Survival of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* in leaf lesions under subtropical environmental conditions and simulated splash dispersal of inoculum. *Phytopathology*, **92**: 336-346.
- Pruvost O, Richard D, Boyer K, Javegny S, Boyer C; Chiroleu F, Grygiel P, Parvedy E, Robène I, Maillot-Lebon V, Hamza A, Lobin KK, Naiken M, Vernière C. 2021. Diversity and Geographical Structure of *Xanthomonas citri* pv. *citri* on Citrus in the South West Indian Ocean Region. *Microorganisms*, **9**: 945. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050945>
- Traore YN, Ngoc LBT, Vernière C, Pruvost O. 2008. First report of *Xanthomonas citri* causing citrus canker in Mali. *Plant Dis.*, **92**: 977-977. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-6-0977B>
- Vayssières JF, Adandonon A, Sinzogan A, Korie S. 2010. Diversity of fruit fly species (Diptera: Tephritidae) associated with citrus crops (*Rutaceae*) in southern Benin in 2008-2009. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **4**(6): 1881-1897.
- Young JM, Park DC, Sheaman MH, Fargier E. 2008. A multilocus sequence analysis of the genus *Xanthomonas*. *Syst Appl Microbiol.*, **31**: 366-377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2008.06.004>
- Zombré C, Sankara BC, Ouedraogo SL, Wonni I, Pruvost O, Boyer C, Vernière C, Adandonon A, Vayssière JF, Ahohuendo BC. 2015. First report of *Xanthomonas citri* pv. *mangiferaeindicae* causing Mango bacterial canker on *Mangifera indica* L. in Benin. *Plant Disease*, **99**(12): 1854. DOI: <https://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis>