

Réponse au stress salin de quelques cultivars de gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) produits au Bénin au stade jeune plant



RÉSUMÉ

Objectifs : Le stress salin est un facteur abiotique qui présente des effets négatifs sur la croissance et la production des plantes. L'objectif de la présente étude est de déterminer le niveau relatif de résistance à la salinité de sept cultivars de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) que sont Keleya, Icrisat, Lima, Sahari, Kirikou, Yodana et Clemson.

Méthodologie et résultats : Pour ce faire, des solutions de différentes concentrations de NaCl de 0, 30, 60, 90 et 120 mM ont été utilisées pour arroser des plantes de gombo de 20 jours pendant deux semaines dans un dispositif complètement randomisé avec quatre répétitions. L'effet du sel s'est traduit par une diminution de la croissance des plantes pour tous les paramètres de croissance pris en compte avec une différence significative entre les cultivars. Les réductions engendrées par le sel ont été moins fortes chez les cultivars Yodana et Clemson avec les indices de tolérance au sel les plus élevés alors que les réductions ont été plus fortes chez les cultivars Keleya et Kirikou avec les indices de tolérance au sel les plus faibles.

Conclusions et applications des résultats : La salinité a provoqué une diminution de la croissance de tous les cultivars étudiés au niveau de tous les paramètres de croissance considérés avec une différence de comportement entre les cultivars. Les cultivars Yodana et Clemson sont les plus résistants tandis que Keleya et Kirikou sont les plus sensibles. Des études complémentaires sont nécessaires pour déterminer les mécanismes physiologiques impliqués dans le comportement des cultivars. A ce stade des travaux, les cultivars Yodana et Clemson peuvent être conseillés aux producteurs des zones affectées par la salinité.

Mots clés : Salinité, croissance de la plante, cultures maraîchères, gombo, indice de tolérance au sel.

Response to salt stress of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) cultivars produced in Benin at young plant stage

ABSTRACT

Objective: Salt stress is an abiotic factor that has negative effects on plant growth and production. The objective of this study is to determine the relative salinity resistance level of seven okra cultivars, which are Keleya, Icrisat, Lima, Sahari, Kirikou, Yodana and Clemson

Methodology and results: Solutions of different NaCl concentrations of 0, 30, 60, 90 and 120 mM were used to irrigate 20 days old okra plants grown in pots for two weeks in a fully randomized device with four replications. The effect of salt resulted in a decrease in plant growth for all growth parameters taken into account with significant difference among cultivars. The decreases caused by salt were lower in cultivars Yodana and Clemson, which showed the highest salt tolerance indices while the growth reductions were greater in cultivars Keleya and Kirikou, which presented also the lowest salt tolerance indices.

Conclusion and applications of results: Salinity caused a decrease in the growth of all the cultivars studied whatever the growth parameter considered with a difference among cultivars behavior. Cultivars Yodana and Clemson were the most salt resistant while Keleya and Kirikou were the most susceptible. At this stage of the work, cultivars Yodana and Clemson can be recommended to growers in areas affected by salinity.

Key words: Salinity, plant growth, vegetables, okra, salt tolerance index.

Abréviations :

CRH : Croissance relative en hauteur des plants

CRLR : Croissance relative en longueur des racines

CRNF : Croissance relative du nombre de feuilles

CRMFPA : Croissance relative de la Masse fraîche de la partie aérienne

CRMFPR : Croissance relative de la Masse fraîche de la partie racinaire

CRMSPA : Croissance relative de la Masse sèche de la partie aérienne

CRMSPR : Croissance relative de la Masse sèche de la partie racinaire

INTRODUCTION

Le stress salin est l'un des stress environnementaux majeurs qui réduisent la production agricole à travers le monde (Abdel-Latef *et al.*, 2010 ; Stoetzel *et al.*, 2014 ; Diack *et al.*, 2015). A l'échelle mondiale, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel (Sheng *et al.*, 2008 ; R'him *et al.*, 2013) dont 3.8 % sont situés en Afrique (Manchanda et Garg, 2008 ; Rahim-Guealia *et al.*, 2017). Cette surface ne cesse d'augmenter en raison des mauvaises pratiques agricoles (Camara *et al.*, 2018), de l'augmentation du niveau de la mer (Munns, 2005) et de la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (Zaman-Allah *et al.*, 2009). La salinité influence de nombreuses processus

morphologiques, physiologiques et biochimiques, y compris la germination des graines, la croissance et le développement des plantes, l'absorption de l'eau et l'absorption des éléments minéraux (Willenborg *et al.*, 2004 ; Mahajan et Tuteja, 2005; Faghire *et al.*, 2011). La réponse au stress dépend de l'espèce, de la variété/cultivar, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (Akram *et al.*, 2002 ; Mallek-Maalej *et al.*, 2004 ; Akinci *et al.*, 2004 ; Ashraf, 2009). La production végétale dans les zones salines dépend en grande partie de la réussite de la germination, de la levée, de la phase de croissance et de l'efficacité de la phase reproductrice (Bhattacharjee, 2008). La réponse des plantes

à l'augmentation de la concentration de NaCl dépend de l'espèce (Lakra *et al.*, 2006 ; Chukwu et Okpe, 2006 ; Gandonou *et al.*, 2012). De plus, au sein d'une même espèce donnée, une variation substantielle de la sensibilité au sel peut apparaître chez les cultivars/variétés comme cela a été rapporté chez l'amarante (Wouyou *et al.*, 2016; 2017) ; le piment (Kpinkoun *et al.*, 2018) ; la tomate (Kinsou *et al.*, 2019; 2020), le chou (Gouveitcha *et al.*, 2020) et le riz (Prodjinoto *et al.*, 2018 ; Irakoze *et al.*, 2020). L'identification des cultivars/variétés et des génotypes tolérants aux sels, capables de minimiser les effets dépressifs de la salinité sur les rendements, permettrait certainement d'améliorer la production agricole des zones touchées par la salinité. Les cultures maraîchères, sont aujourd'hui des denrées stratégiques pour non seulement juguler l'insécurité alimentaire, mais également pour contribuer à la réduction des importations de certains de ces produits légumiers. Le gombo (*Abelmoschus esculentus*) est un légume des régions tropicales et subtropicales de la famille des Malvaceae dont pratiquement toutes les parties sont consommées. Les fruits frais de gombo sont utilisés comme légume, les racines

et les tiges sont utilisées pour nettoyer le jus de canne (Chauhan, 1972) et les feuilles et les tiges sont utilisées pour fabriquer des fibres et des cordes (Jideani et Adetula, 1993). Au Bénin, le gombo est considéré comme un légume traditionnel (Achigan-Dako *et al.*, 2010) faisant partie des cultures maraîchères de grande consommation les plus cultivées notamment dans les zones urbaines et péri-urbaines (FAO, 2015). Ainsi, comme les autres cultures maraîchères, le gombo est confronté à des stress biotiques et abiotiques. Une bonne partie de la zone de production du gombo est située au Sud-Bénin où la salinité du sol et de l'eau d'irrigation constituent de véritables problèmes entravant la production des cultures dans plusieurs zones (Gandonou et Abou, 2018). Cependant, il n'existe pratiquement aucune donnée scientifique sur les effets de la salinité sur la croissance des cultivars de gombo produits au Bénin et sur leur niveau relatif de résistance à la salinité. La présente étude a été initiée pour combler cette insuffisance à travers la détermination du niveau relatif de résistance à la salinité de quelques cultivars de gombo produits au Bénin.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal : Sept (07) cultivars de gombo (Keleya, Icrisat, Lima, Sahari, Kirikou, Yodana et Clemson) ont été utilisées dans cette étude. Les semences des cultivars Keleya et Icrisat ont été acquis auprès du Sous-Programme Cultures Maraîchère (S-PCM) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), et les semences des autres cultivars ont été achetées auprès de la Société « BENIN SEMENCES ».

Méthodologie :

Conditions expérimentales : Les travaux ont été réalisés à l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)/ Abomey-Calavi, (République du Bénin) de Juillet à Août 2019 dans une serre ayant présenté une

température de 26°C/22°C jour/nuit avec de la lumière naturelle et une humidité relative de 55%. Les conditions de culture ainsi que celles d'application du stress salin ont été les mêmes que celles utilisées par Kpinkoun *et al.* (2019).

Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental a été de type factoriel à deux facteurs en randomisation complète avec comme premier facteur les cinq (05) traitements salins (T0= 0 mM ; T1= 30 mM ; T2= 60 mM ; T3= 90 mM et T4= 120 mM de NaCl) et comme 2ème facteur les sept (07) cultivars de gombo (Keleya, Icrisat, Lima, Sahari, Kirikou, Yodana et Clemson) avec quatre répétitions.

Évaluation de l'expérimentation : Les paramètres de croissance utilisés pour l'évaluation de l'expérimentation ont été les mêmes que ceux utilisés par Kpinkoun *et al.* (2019) à l'exception de la surface foliaire, et ont été déterminés dans les mêmes conditions que celles décrites par ces auteurs. Il s'agit de la hauteur des plantes, du nombre de feuille, des masses fraîche et sèche des parties aérienne et racinaire de même que la longueur de la racine. L'indice de tolérance au sel (ITS) est

calculé pour chaque cultivar et pour chaque paramètre de croissance pris en compte selon la formule adaptée de celle de Tabatabaei *et al.* (2012).

Analyses statistiques : Les effets des cultivars et des concentrations de sel ont été analysés grâce à l'analyse de la variance (ANOVA) à un ou deux facteurs selon le cas. La comparaison des moyennes a été faite avec le test de Student, Newman et Keuls (SNK) grâce au logiciel "JMP Pro 12" (SAS Institute, 2015).

RESULTATS

Comportement global des sept cultivars de gombo vis-à-vis du stress salin : L'effet du stress salin a été significatif pour l'ensemble des paramètres de croissance pris en compte avec une différence significative entre les cultivars (Tableau 1). Les analyses statistiques ont également révélé une interaction

significative entre les deux facteurs pour l'ensemble des paramètres considérés à l'exception du nombre de feuilles. Ainsi, on peut comparer les concentrations de NaCl entre elles pour chacun des cultivars séparément.

Tableau 1 : Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs pour différents paramètres de croissance de sept cultivars de gombo (Keleya, Icrisat, Lima, Sahari, Kirikou, Yodana et Clemson) cultivés au Bénin en présence de différentes concentrations de NaCl.

Paramètres	Stress	Cultivars	Interaction (Stress x Cultivars)
CRH	56,8964***	35,4584***	2,5592**
CRNF	7,6632***	2,9978*	0,5236 ^{ns}
CRMFPA	105,0306***	78,6567***	3,4027***
CRMSPA	65,6484***	30,2256***	2,2209*
CRLR	100,2255***	123,1024***	4,6003***
CRMFPR	169,1006***	78,1647***	5,1339***
CRMSPR	136,9888***	125,4589***	4,2135***

Les valeurs de F sont données pour les effets des facteurs suivants : stress (présence de NaCl dans le milieu), variétés et l'interaction entre le stress et les variétés.

*** : différence très hautement significative à $p= 0,001$; ** : différence hautement significative à $p= 0,01$ * : différence significative à $p= 0,05$; ^{ns} : différence non significative.

Effet du NaCl sur la croissance des plantes :

L'effet du NaCl se traduit par une diminution de la hauteur des plantes (fig. 1). La figure 2 révèle que la salinité a entraîné une diminution de la croissance en hauteur chez l'ensemble des cultivars avec une réponse variable suivant le cultivar. La diminution est significative ($p \leq 0,001$) à partir de 30 mM de NaCl, chez les cultivars Lima et Kirikou alors qu'elle est

significative ($p \leq 0,01$) à partir de 90 mM de NaCl chez les cultivars Keleya et Icrisat. Chez les trois autres cultivars Sahari, Yodana et Clemson, la diminution n'est significative ($p \leq 0,05$) qu'à 120 mM de NaCl. Ainsi, les cultivars Sahari, Yodana et Clemson ont été les moins affectés tandis que Lima et Kirikou ont été les plus affectés. Les cultivars Keleya et Icrisat ont présenté un comportement

intermédiaire. L'effet de la salinité s'est également traduit par une réduction de croissance du nombre de feuilles qui n'est significative ($p \leq 0,01$) que pour le cultivar Keleya. Ainsi, le cultivar Keleya a été le plus affecté par la salinité comparativement aux six autres cultivars (figure 3). De même, une réduction significative de la masse fraîche de la partie aérienne a été observée chez l'ensemble des cultivars sous l'effet de la salinité avec une réponse variable suivant le cultivar (figure 4). Chez les cultivars Keleya,

et Kirikou, la réduction est significative ($p \leq 0,001$) à partir de 30 mM de NaCl. Chez les cultivars Icrisat, Lima et Sahari, la réduction observée est significative ($p \leq 0,05$) à partir de 60 mM de NaCl alors que chez les cultivars Clemson et Yodana la réduction de croissance est significative ($p \leq 0,01$) à partir de 90 mM de NaCl. Ainsi, les cultivars Clemson et Yodana ont été les moins affectés tandis que Keleya et Kirikou ont été les plus affectés. Les cultivars Icrisat, Lima et Sahari ont présenté un comportement intermédiaire.

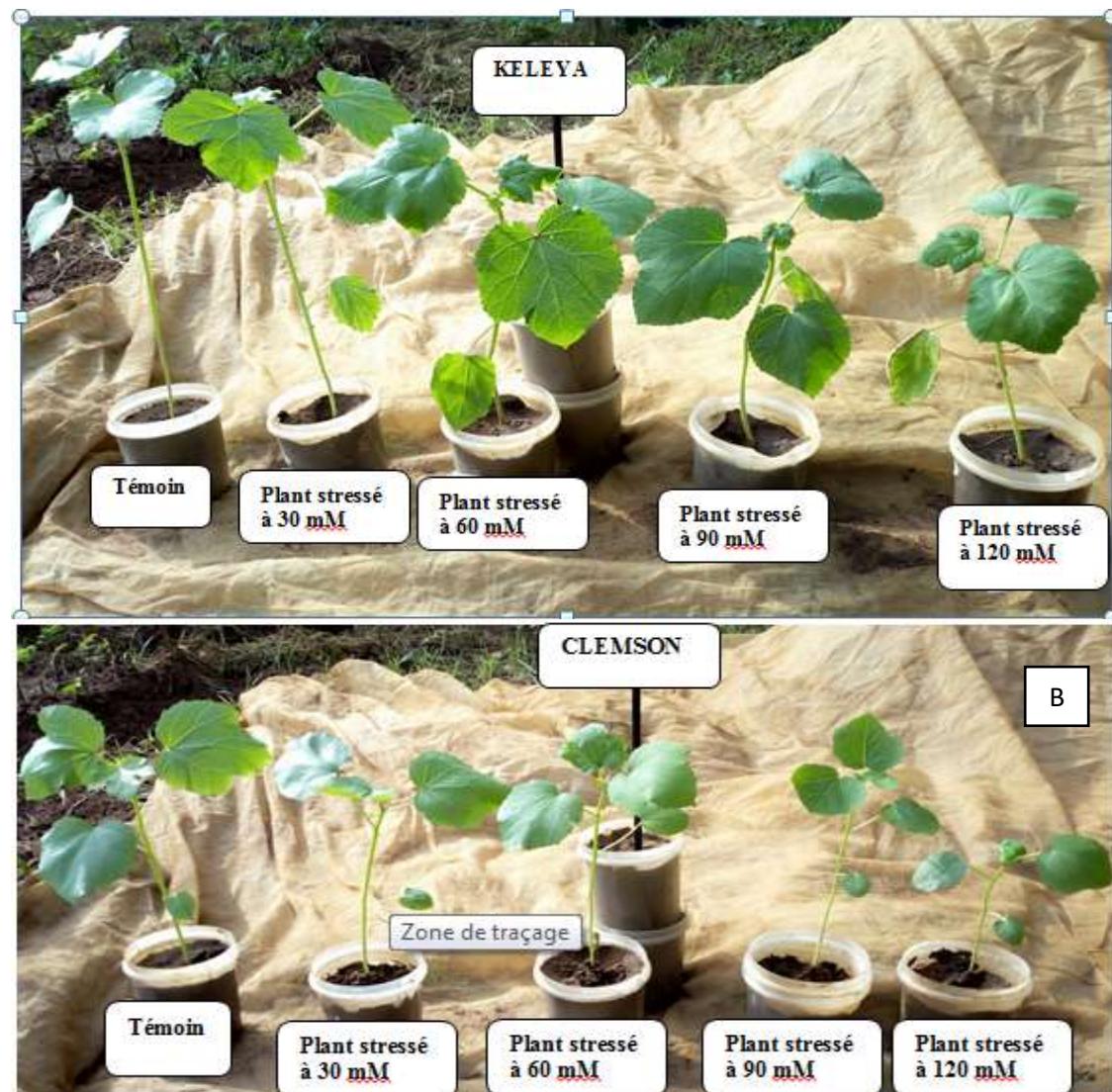


Figure 1 : Plants de gombo après deux semaines d'exposition à différentes concentrations de NaCl : (A) cultivar Keleya ; (B) cultivar Clemson

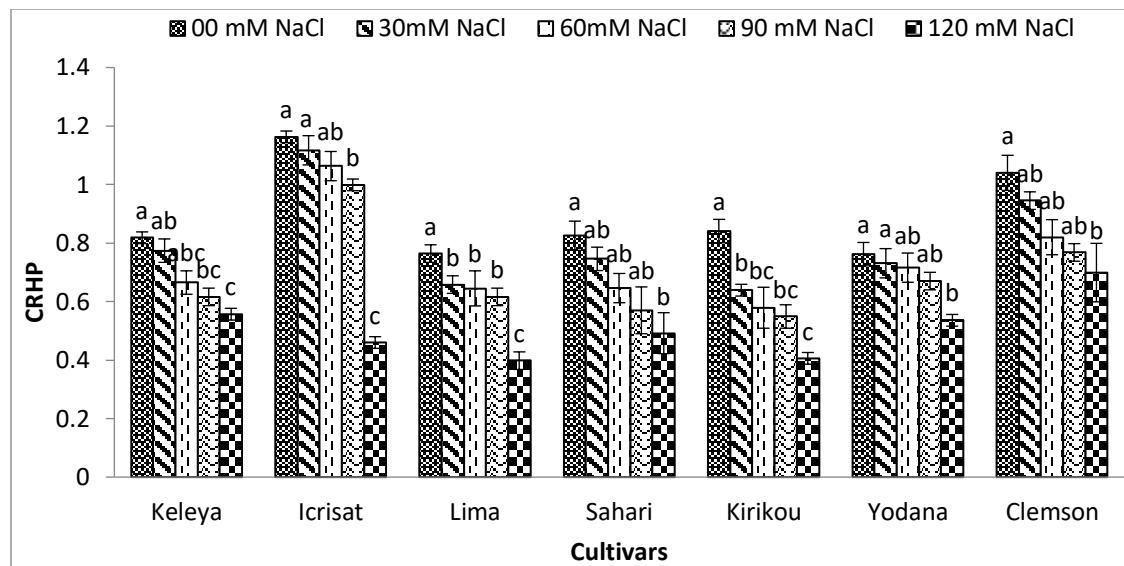


Figure 2 : Effet du NaCl sur croissance en hauteur des plantes de sept cultivars de gombo (n= 4 ; la barre verticale correspond à l'erreur standard).

Les moyennes portant des lettres différentes au sein du même cultivar sont significativement différentes au seuil de 5%.

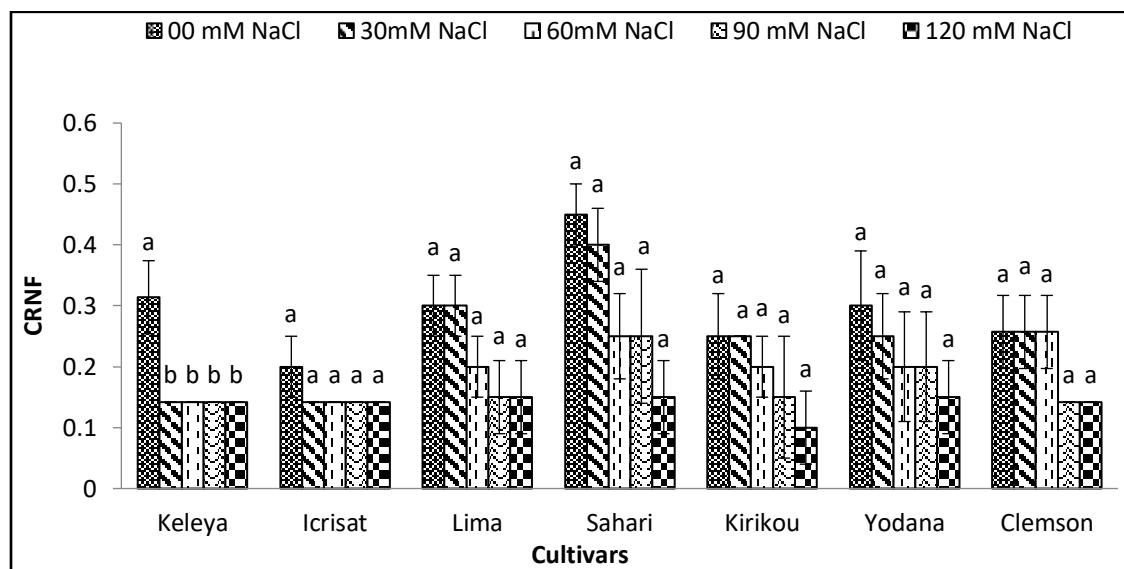


Figure 3 : Effet du NaCl sur croissance du nombre de feuille des plantes de sept cultivars de gombo (n= 4 ; la barre verticale correspond à l'erreur standard).

Les moyennes portant des lettres différentes au sein du même cultivar sont significativement différentes au seuil de 1%.

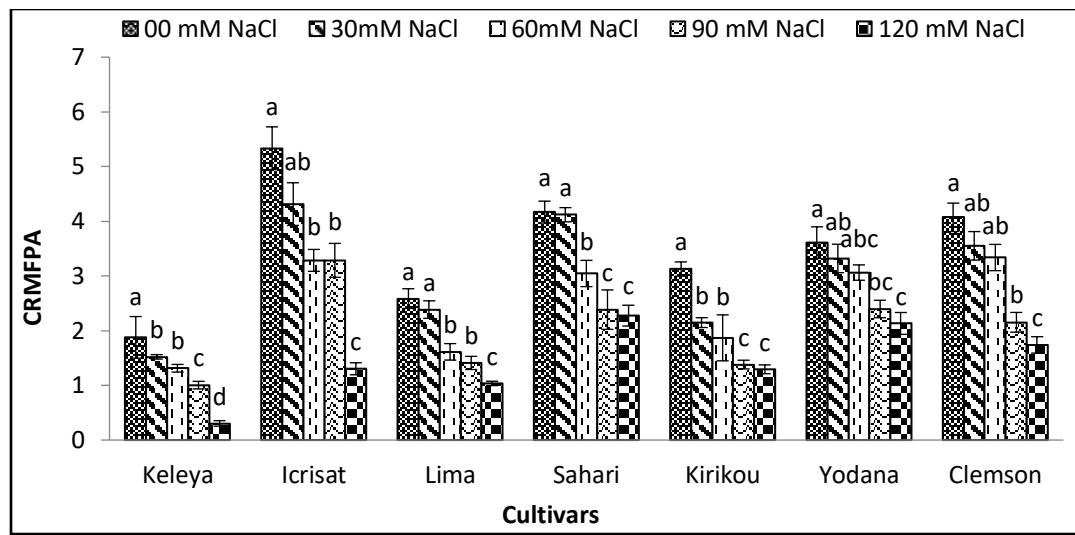


Figure 4 : Effet du NaCl sur la croissance de la masse fraîche de la partie aérienne (CRMFPa) des plantes de sept cultivars de gombo (n= 4 ; la barre verticale correspond à l'erreur standard). *Les moyennes portant des lettres différentes au sein du même cultivar sont significativement différentes au seuil de 5%.*

L'effet du stress salin s'est traduit par une réduction significative de la masse de matière sèche de la partie aérienne chez l'ensemble des cultivars avec une réponse variable suivant le cultivar (figure 5). Chez le cultivar Kirikou, la réduction est significative ($p \leq 0,001$) à partir de 30 mM de NaCl. Chez les Keleya, Icrisat, Lima et Sahari, la réduction observée est significative ($p \leq 0,05$) à partir de 60 mM de

NaCl alors que chez les cultivars Clemson et Yodana la réduction de croissance est significative ($p \leq 0,05$) uniquement à 120 mM NaCl. Ainsi, les cultivars Clemson et Yodana ont été les moins affectés tandis que Kirikou a été le plus affecté. Les cultivars Keleya, Icrisat, Lima et Sahari ont présenté un comportement intermédiaire.

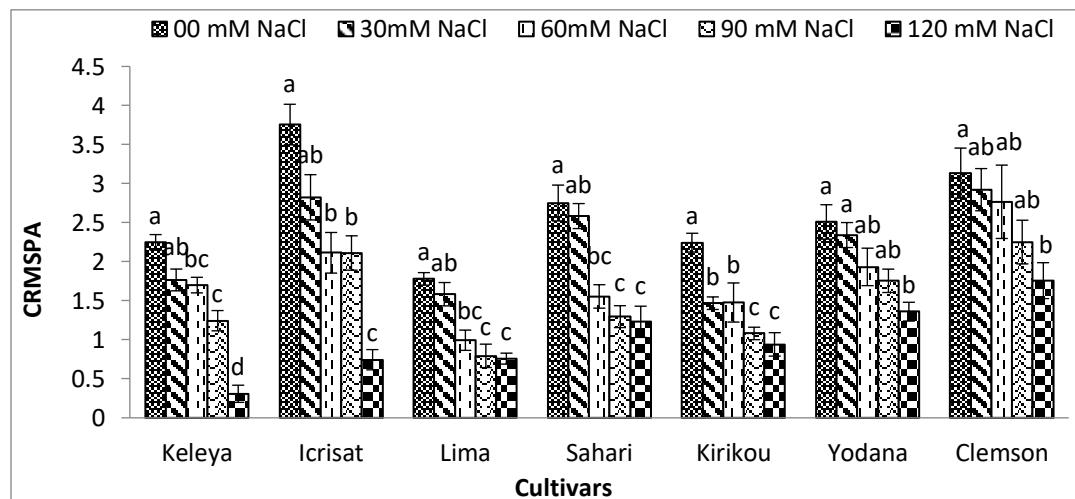


Figure 5 : Effet du NaCl sur la croissance de la masse sèche de la partie aérienne (CRMSPA) des plantes de sept cultivars de gombo (n= 4 ; la barre verticale correspond à l'erreur standard). *Les moyennes portant des lettres différentes au sein du même cultivar sont significativement différentes au seuil de 5%.*

L'effet du stress salin s'est traduit par une réduction significative de la longueur des racines chez l'ensemble des cultivars avec une réponse variable suivant le cultivar (figure 6). Chez les cultivars Icrisat, Clemson et Sahari, la réduction est significative ($p \leq 0,001$) à partir de 30 mM de NaCl. Chez les Keleya et Kirikou, la réduction observée est significative ($p \leq 0,01$) à partir de 60 mM de NaCl alors que chez le cultivar Lima la réduction de

croissance est significative ($p \leq 0,001$) à 90 mM NaCl. Chez le cultivar Yodana, la réduction de la croissance est significative ($p \leq 0,05$) uniquement à 120 mM de NaCl. Ainsi, le cultivar Yodana a été le moins affecté tandis que les cultivars Icrisat, Clemson et Sahari ont été les plus affectés. Les cultivars Keleya, Lima et Kirikou ont présenté un comportement intermédiaire.

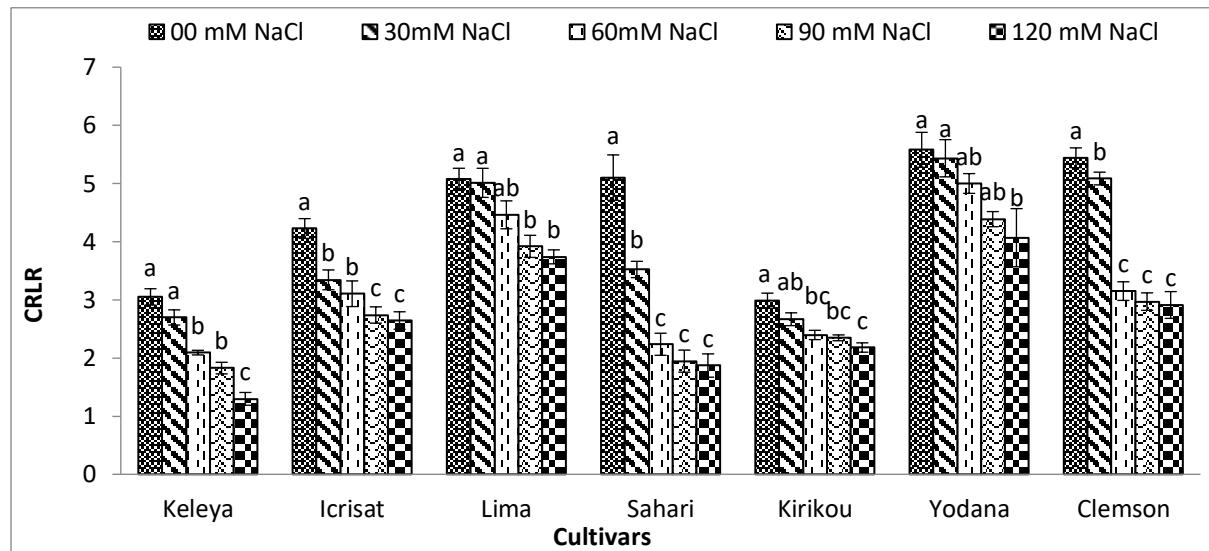


Figure 6 Effet du NaCl sur la croissance de la longueur des racines (CRLR) des plantes de sept cultivars de gombo ($n=4$; la barre verticale correspond à l'erreur standard).

Les moyennes portant des lettres différentes au sein du même cultivar sont significativement différentes au seuil de 5%.

L'effet du stress salin se traduit par une réduction significative de la masse de matière fraîche des racines chez l'ensemble des cultivars avec une réponse variable suivant le cultivar (figure 7). Chez les cultivars Icrisat, Lima, Kirikou, Yodana et Clemson, la réduction est significative ($p \leq 0,01$) à partir de 30 mM de NaCl. Chez le cultivar Sahari, la réduction observée est significative ($p \leq 0,05$) à

partir de 60 mM de NaCl alors que chez le cultivar Keleya, la réduction de croissance est significative ($p \leq 0,01$) à partir de 90 mM NaCl. Ainsi, le cultivar Keleya a été le moins affecté tandis que Icrisat, Lima, Kirikou, Yodana et Clemson ont été les plus affectés. Le cultivar Sahari a présenté un comportement intermédiaire.

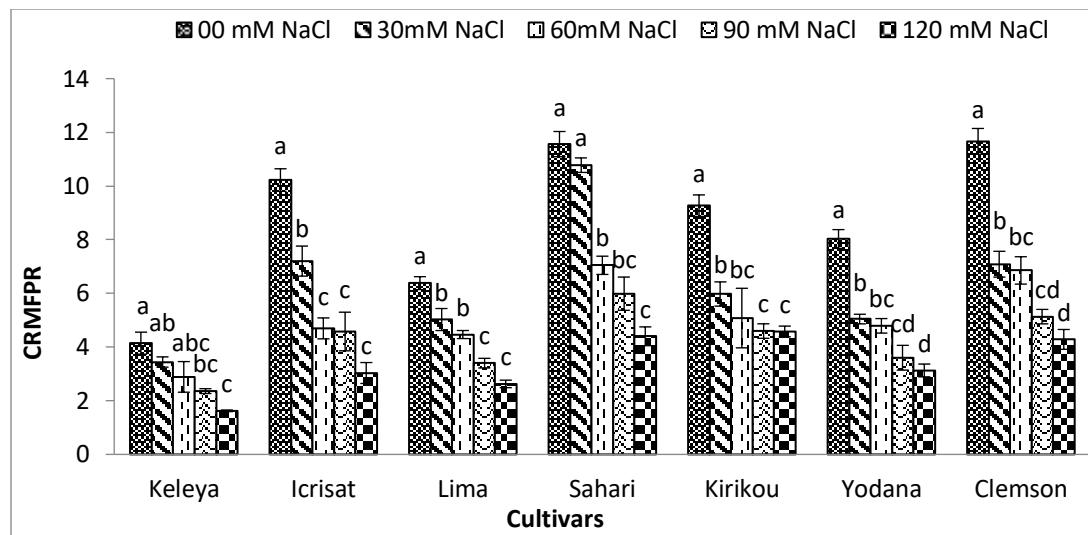


Figure 7 : Effet du NaCl sur la croissance de la masse fraîche des racines (CRMFPR) de sept cultivars de gombo ($n= 4$; la barre verticale correspond à l'erreur standard).

Les moyennes portant des lettres différentes au sein du même cultivar sont significativement différentes au seuil de 5%.

L'effet du stress salin s'est traduit par une réduction de la masse de matière sèche des racines chez l'ensemble des cultivars avec une réponse variable suivant le cultivar (figure 8). Chez les cultivars Keleya et Yodana, la réduction est significative ($p \leq 0,001$) à partir de 30 mM de NaCl alors que chez les cultivars Icrisat, Lima, Sahari, Kirikou et Clemson, la

réduction observée est significative ($p \leq 0,001$) à partir de 60 mM de NaCl Ainsi, les cultivars Keleya et Yodana ont été les plus affectés comparativement aux cinq autres cultivars. Ainsi, Clemson a subi la plus faible réduction de CRMSPR sous l'effet du NaCl tandis que les réductions ont été plus fortes chez Lima et Yodana.

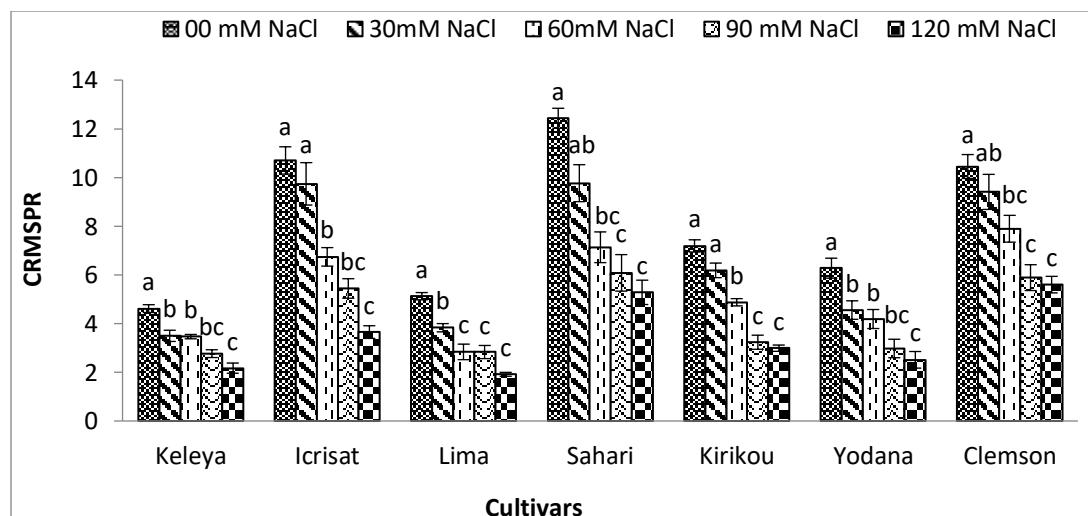


Figure 8 : Effet du NaCl sur la croissance de la masse sèche des racines (CRMSPR) de sept cultivars de gombo ($n= 4$; la barre verticale correspond à l'erreur standard).

Les moyennes portant des lettres différentes au sein du même cultivar sont significativement différentes au seuil de 1%.

Les cultivars Clemson et Yodana ont présenté les meilleures réponses en termes de croissance pour cinq des sept paramètres de croissance évalués tandis que le cultivar Keleya n'a présenté une meilleure réponse que pour un seul paramètre de croissance suivi par Kirikou et Lima qui ont présenté une meilleure réponse pour deux paramètres de croissance. Les cultivars Sahari et Icrisat ont présenté une réponse intermédiaire.

Indice de tolérance au sel (ITS) des cultivars : Les sept cultivars de gombo ont présenté des indices de tolérance aux sels variables en fonction des paramètres de croissance (Tableau 2). Toutefois, la différence entre les ITS n'est significative ($p \leq 0,05$) que pour quatre (4) paramètres de croissance sur les sept (7) évalués à savoir : hauteur de la plante, matière fraîche de la partie aérienne,

matière sèche de la partie aérienne et longueur des racines. Le cultivar Yodana a présenté l'indice le plus élevé pour tous les quatre paramètres et Clemson pour un des quatre paramètres (matière sèche de la partie aérienne). Les deux cultivars ne présentent pour aucun des paramètres l'indice le plus faible. Par contre, le cultivar Kirikou présente les ITS les plus faibles pour deux des quatre paramètres (hauteur de la plante, matière fraîche de la partie aérienne) et pour aucun des paramètres l'ITS le plus élevé. Les cultivars Keleya, Icrisat et Sahari présentent l'ITS le plus faible pour un des quatre paramètres et pour aucun des paramètres l'ITS le plus élevé. Le cultivar Lima quant à lui présente l'ITS le plus élevé pour un seul (longueur des racines) des quatre paramètres et l'ITS le plus bas pour aucun des paramètres.

Tableau 4 : Indice de tolérance au sel (ITS) de sept (07) cultivars de gombo (Keleya, Icrisat, Lima, Sahari, Kirikou, Yodana et Clemson) pour différents paramètres de croissance en conditions de salinité

Cultivars	Paramètres							
	CRHP	CRNF	CRMFPA	CRMSPA	CRLR	CRMFPR	CRMSPR	
Keleya	0,796±0,03 ^{ab}	0,454±0,04 ^a	0,526±0,05 ^b	0,555±0,06 ^b	0,650±0,04 ^b	0,626±0,06 ^a	0,643±0,03 ^a	
Icrisat	0,783±0,05 ^{ab}	0,714±0,09 ^a	0,568±0,05 ^b	0,523±0,05 ^b	0,698±0,02 ^{ab}	0,478±0,04 ^a	0,598±0,05 ^a	
Lima	0,757±0,04 ^{ab}	0,694±0,14 ^a	0,622±0,05 ^{ab}	0,581±0,05 ^b	0,844±0,03 ^a	0,609±0,04 ^a	0,558±0,03 ^a	
Sahari	0,746±0,05 ^{ab}	0,586±0,10 ^a	0,711±0,05 ^a	0,613±0,06 ^b	0,468±0,03 ^c	0,610±0,05 ^a	0,572±0,04 ^a	
Kirikou	0,643±0,03 ^b	0,700±0,16 ^a	0,540±0,04 ^b	0,558±0,04 ^b	0,800±0,02 ^{ab}	0,539±0,03 ^a	0,603±0,04 ^a	
Yodana	0,873±0,04 ^a	0,659±0,14 ^a	0,746±0,03 ^a	0,727±0,04 ^a	0,845±0,04 ^a	0,514±0,02 ^a	0,570±0,04 ^a	
Clemson	0,780±0,04 ^{ab}	0,802±0,16 ^a	0,666±0,05 ^{ab}	0,775±0,07 ^a	0,648±0,04 ^b	0,501±0,03 ^a	0,689±0,04 ^a	
Prob>F	0,0367	0,6244	0,02	0,0235	<,0001	0,0734	0,3995	

Les moyennes avec des lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes à un seuil de 5%.

DISCUSSION

Effet de la salinité sur la croissance des plantes : Le sel a induit clairement une réduction de croissance aussi bien au niveau de la partie aérienne qu'au niveau de la partie racinaire chez tous les cultivars testés. Cet effet est général chez les glycophytes (Gandonou *et al.*, 2012 ; Alaoui *et al.*, 2013 ; Hussain *et al.*, 2017 ; Wouyou *et al.*, 2017 ; Prodjinoto *et al.*, 2018 ; Irakoze *et al.*, 2020) ; Selon Zhu (2001),

la réduction de croissance de l'appareil végétatif aérien sous stress abiotique permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour atténuer le stress avant que le déséquilibre de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles. Pour Ben-Ahmed *et al.* (2008), la réduction de la croissance semble être associée à une forte accumulation de Na^+ dans la plante.

En prenant en compte les trois (03) paramètres étudiés en même temps au niveau de la partie aérienne et de la partie racinaire à savoir : hauteur plante/longueur des racines, masse de matière fraîche et sèche, on peut observer que l'effet du stress est significatif pour tous les cultivars et parfois à partir de la petite concentration de NaCl utilisée. Ces résultats suggèrent que les deux parties (aérienne et racinaire) de la plante sont affectées pratiquement dans la même proportion par le stress salin. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Gandonou et Skali-Senhaj (2015) sur la canne à sucre ; Ould-Mohamdi et al. (2011) et Kinsou et al. (2020) sur la tomate ; Qin et al. (2013), Ratnakar et Rai (2013), Amukali et al. (2015), Lavini et al. (2016), Wouyou et al. (2017) et Gandonou et al. (2018) sur l'amarante ; Niu et al. (2010) et Kpinkoun et al. (2019) sur le piment et Agbossékpé (2020) sur le basilic africain. Par ailleurs, il est bien établi que le stress salin agit sur la croissance des plantes de trois manières : à travers les effets osmotiques, à travers la toxicité spécifique des ions salins et/ou à travers les perturbations nutritionnelles (Odjegba et Chukwunwike, 2012). Il est donc logique de supposer que les réductions de croissance observées chez les différents cultivars de gombo testés sont dues à l'un ou l'autre ou encore à la combinaison de deux ou de ces trois facteurs. D'autres études complémentaires permettront de déterminer

laquelle composante du stress salin est la plus nocive pour *Abelmoschus esculentus*.

Résistance des cultivars à la salinité : Chez les plantes, il est bien connu que, pour les espèces végétales, il existe une variation substantielle de la sensibilité au sel chez les cultivars/variétés de la même espèce (Lutts et al., 1995 ; Wei et al., 2003 ; Gandonou et al., 2012). Nos résultats confirment ces travaux antérieurs pour car une différence significative a été observée entre la réponse des cultivars d'*Abelmoschus esculentus* testés. Les cultivars Yodana et Clemson ont présenté les meilleurs comportements vis-à-vis de la salinité en termes de croissance et les ITS les plus élevés pour trois (03) paramètres de croissance ; de ce fait, ils sont considérés comme les cultivars les plus résistants à la salinité parmi les sept (07) testés. Par contre, les cultivars Keleya et Kirikou présentent les pires comportements vis-à-vis de la salinité et les ITS les plus faibles pour deux paramètres. Seul Keleya présente l'ITS 1 le plus élevé pour un seul paramètre. Les deux cultivars Keleya et Kirikou sont ainsi considérés comme les plus sensibles. Les cultivars Icrisat, Lima, Sahari présentent un comportement intermédiaire. Ainsi, il existe une variabilité de la résistance relative au stress salin chez les cultivars de *Abelmoschus esculentus* cultivés au Bénin au stade de jeunes plants.

CONCLUSION

Cette étude a révélé que la salinité a réduit la croissance des jeunes plants chez l'ensemble des cultivars de gombo. Parmi les sept cultivars testés, les cultivars Yodana et Clemson sont les plus résistants, tandis que les cultivars Keleya et Kirikou sont les plus sensibles. Des études complémentaires sont

nécessaires pour déterminer les mécanismes physiologiques impliqués dans le comportement des cultivars. A ce stade des travaux, les cultivars Yodana et Clemson peuvent être conseillés aux producteurs des zones affectées par la salinité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Projet d'Appui au Développement du Maraîchage au Bénin

(PADMAR/ProCaR) pour le financement des travaux.

RÉFÉRENCES

- Achigan-Dako EG, Pasquini MW, Assogba-Komlan F, N'danikou S, Dansi A, Ambrose-Oji B, 2010. Traditional Vegetables in Benin. INRAB/ CENAP. Cotonou, Bénin, p. 286.
- Abdel-Latef AA, 2010. Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. Cereal Res. Comm., (38): 43-55.
DOI: <https://doi.org/10.1556/CRC.38.2010.1.5>
- Agbossékpé F, 2020. Effet de la salinité sur la germination, la croissance des plantes et l'accumulation des ions chez le basilic (*Ocimum gratissimum* L.), Mémoire de Master en Gestion et Production Végétale et Semencière, École de Gestion et de Production Végétale et Semencière, Université Nationale d'Agriculture (Bénin), p. 79.
- Akinci IE, Akinci S, Yilmaz K, Dikici H, 2004. Response of eggplant varieties (*Solanum melongena*) to salinity in germination and seedling stages. New Zealand Journal of Crop Horticultural Science, (32): 193-200. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140671.2004.9514296>
- Akram M, Hussain M, Akhtar S, Rasul E, 2002. Impact of NaCl salinity on yield components of some wheat accession/ variety. International Journal of Agriculture and Biology, (4): 156-158. DOI: <https://doi.org/10.1560/8530/2002/04-1-156-158>
- Alaoui MM, El-Jourmi L, Ouarzane A, Lazar S, El-Antri S, Zahouily M, Hmyene A, 2013. Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. J. Mater. Environ. Sci., 4 (6) : 997-1004.
- Amukali O, Obadoni BO, Mensah JK, 2015. Effects of different NaCl concentrations on germination and seedlings growth of *Amaranthus hybridus* and *Celosia argentea*. Afr. J. Env. Sci. Technol., 9(4) : 301-306. DOI : <https://doi.org/10.5897/AJEST2014.1819>
- Ashraf M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnol. Adv., (27): 84-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.003>
- Ben-Ahmed H, Manaa A, Zid E, 2008. Tolérance au sel de *Setaria verticillata* L. Poaceae à cycle court. Comptes Rendus Biologies, (331) : 164-170. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2007.12.002>
- Bhattacharjee S, 2008. Triadimef on pretreatment protects newly assembled membrane system and causes up-regulation of stress proteins in salinity stressed *Amaranthus lividus* L. during early germination. J. Env. Biol., 29 (5): 805-810.
- Camara B, Sanogo S, Cherif M, Kone D, 2018. Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). Journal of Applied Biosciences, (124): 12424-12432. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v124i1.4>
- Chauhan DVS, 1972. Vegetable production in India (3 rd ED). Ram Prasad and sons, Agra, India.
- Chukwu LO, Okpe HA, 2006. Differential response of *Tilapia guineensis* fingerlings to inorganic fertilizer under various salinity regimes. Journal of Environmental Biology, (27): 687-690.
- Diack M, Diop T, Ndiaye R, 2015. Restoration of Degraded Lands Affected by

- Salinization Process Under Climate Change Conditions : Impacts on Food Security in the Senegal River Valley, In : Lal R, Singh BR, Mwaseba-Dismas L, Kraybill D, Hansen DO, Eik LO (Eds.), Sustainable Intensification to Advance Food Security and Enhance Climate Resilience in Africa. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London: 275-288. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09360-4_14
- Faghire M, Bargaz A, Farissi M, Palma F, Mandri B, Lluch C, Tejera-García NA, Herrera-Cervera JA, Oufdou K, Ghoulam C, 2011. Effect of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculated with rhizobial strains isolated from the Haouz region of Morocco. *Symbiosis*, (55) : 69-75. DOI : <https://doi.org/10.1007/s13199-011-0144-0>
- FAO, 2015. Atelier de validation des manuels et fiches techniques sur les principales cultures maraîchères du pays que sont : la tomate, le piment, l'oignon, la carotte, le chou, la laitue, Grande morelle (Gboma), l'amarante, le Basilique africain (Tchayo) et la vernonia (Amavivè) élaborés par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) du 21 au 23 Avril.
- Gandonou CB, Abou Y, 2018. Evaluation de la qualité de l'eau, de la dynamique saline de référence et des effets visibles de la salinité sur les cultures sensibles dans la zone d'intervention du projet : Saison pluvieuse. Rapport d'activité, projet PADMAR-Bénin.35 p.
- Gandonou CB, Gnancadja SL, Abrini J, Skali-Senhaji N, 2012. Salinity tolerance of some sugarcane (*Saccharum* sp.) cultivars in hydroponic medium. International Sugar Journal, 114(1359): 190-196.
- Gandonou CB, Prodjinoto H, Zanklan SA, Wouyou AD, Lutts S, Montcho DH, Assogba-Komlan F, Mensah ACG, 2018. Effects of salinity stress on growth in relation to gas exchanges parameters and water status in amaranth (*Amaranthus cruentus*). International Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 10 (3): 19-27. DOI: <https://doi.org/10.5897/IJPPB2018.0280>.
- Gandonou CB, Skali-Senhaji N, 2015. Sugarcane (*Saccharum* sp.) salt tolerance at various developmental levels. In : Chakraborty U, Chakraborty B, Editors. *Abiotic Stresses in Crop Plants*, CABI Publishing, United Kingdom.
- Gouveitcha BG, Montcho-Hambada KD, Zanklan SA, Wouyou AD, Gandonou GCB, 2020. Évaluation de la résistance à la salinité chez trois variétés de chou (*Brassica oleracea*) cultivées au Bénin au stade germination. *Journal of Applied Biosciences*, (147): 15140-15150. DOI: <https://doi.org/10.35759/JABs.v147.7>.
- Hussain S, Zhang JH, Zhong C, Zhu LF, Cao XC, Yu SM, Hu JABJJ, Jin QJ, 2017. Effects of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16 (11): 2357-2374. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61608-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61608-8)
- Irakoze W, Prodjinoto H, Nijimbere S, Rufyikiri G, Lutts S, 2020. NaCl and Na₂SO₄ salinities have different impact on photosynthesis and yield-related parameters in rice (*Oryza sativa* L.). *Agronomy*, 10:864. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040864>

- <https://doi.org/10.3390/agronomy10060864>.
- Jideani VA, Adetula HO, 1993. The potential of okra seed flour for weaning foods in West Africa. *Ecol. Food Nutr.* (29) : 275-283. DOI: <https://doi.org/10.1080/03670244.1993.9991311>
- Kinsou E, Montcho D, Zanklan SA, Kpinkoun JK, Komlan FA, Mensah ACG, Gandonou CB, 2019. Salt Resistance of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivars Produced in Benin at Germination Stage. *International Journal of Plant and Soil Science*, 28 (2): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2019/v28i230102>.
- Kinsou E, Mensah A, Montcho-Hambada DK, Zanklan, SA, Wouyou A, Kpinkoun JK, Assogba-Komlan F, Gandonou CB, 2020. Response of seven tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars produced in Benin to salinity stress at young plant stage. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 7 (8): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcrbp.2020.708.001>.
- Kpinkoun JK, Zanklan AS, Assogba-Komlan F, Mensah CGA, Montcho D, Kinsou E, Gandonou GB, 2019. Évaluation de la résistance à la salinité au stade jeune plant de quelques cultivars de piment (*Capsicum* spp.) du Benin. *Journal of Applied Biosciences*, (133): 13561-13573. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v133i1.8>
- Kpinkoun JK, Zanklan SA, Montcho D, Kinsou E, Komlan FA, Mensah ACG, Wouyou AD, Gandonou CB, 2018. Response of Chili Pepper (*Capsicum* spp.) Cultivars Cultivated in Benin to Salt Stress at Germination Stage. *International Journal of Plant and Soil Science*, 23 (3): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2018/42118>.
- Lark N, Mishra SN, Singh DB, Pushpin CT, 2006. Exogenous putrescine effect on cation concentration in leaf of *Brassica junco* seedlings subjected to Cd and Pb along with salinity stress. *Journal of Environmental Biology*, (27): 263-269.
- Lavinia A, Polenta C, d'Andria R, Riccardi M, 2016. Effects of saline irrigation on yield and qualitative characterization of seed of an amaranth accession grown under Mediterranean conditions. *J. Agric. Sci.*, 154 (5): 858-869. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859615000659>
- Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J, 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*, (46): 1843-1852. Mahajan S, Tuteja N, 2005. Cold salinity and drought stresses. An overview *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444 (2): 139-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2005.10.018>
- Manchanda G, Garg N, 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiol. Plant.*, (30) : 595-618. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0173-3>
- Mallek-Maalej E, Boulasnem F, Ben-Salem M, 2004. Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cahiers Agriculture*, (12): 153-159.
- Munns R, 2005. Genes and salt tolerance: Bringing them together. *Plant Physiology*, (167): 645-663. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>

- Niu G, Rodriguez DS, Starman T, 2010. Response of bedding plants to saline water irrigation. *Hort Science.*, 45 (4): 628-636.
DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTS/CI.45.4.628>
- Odjegba VJ, Chukwunwike IC, 2012. Physiological responses of *Amaranthus hybridus* L. under salinity stress. *Indian Journal of Innovations and Developments*, 1(10): 742-748.
- Ould-Mohamdi M, Bouya D, Ould-Mohamed SA, 2011. Étude de l'effet du stress salin (NaCl) chez deux variétés de tomate (Campbell 33 et Mongal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (3): 860-900.
DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i3.72171>
- Prodjinoto H, Gandonou C, Lutts S, 2018. Screening for salinity tolerance of *Oryza glaberrima* Steud. *Seedlings. African Journal of Agricultural Research*, 13 (12): 561-573. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12654>
- Qin L, Goo S, Ai W, Tang Y, Cheng Q, Chen G, 2013. Effect of salt stress on growth and physiology in amaranth and lettuce: Implications for bio regenerative life support system. *Adv. Space Res.*, (51): 476-482.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.09.025>
- Rahim-Goalie H, Belkhodja M, Reguiegyssaad HA, Babou FZ, 2017. Water and physiological responses of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) under saline stress grown on a bentonized substrate. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9 (3): 1395-1412.
DOI: <https://doi.org/10.4314/jfas.v9i3.10>
- Ratnakar A, Rai A, 2013. Effect of NaCl salinity on β - carotene, thiamine, riboflavin and ascorbic acid contents in the leaves of *Amaranthus polygamous* L. var. PusaKirti. *Octa Journal of Environmental Research*, 1 (3): 211-216.
- R'him T, Tlili I, Hnan I, Ilahy R, Benali A, Jebari H, 2013. Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Applied Biosciences*, (66): 5060-5069. <https://doi.org/10.4314/jab.v66i0.95004>
- SAS Institute, 2015. "JMP Pro 12". User Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sheng M, Tang M, Chan H, Yang B, Zhang F, Huang Y, 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*, (18): 287-296.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-008-0180-7>
- Stoetzel E, Campmas E, Michel P, Bougariane B, Ouchoua B, Amani F, El-Hajraoui MA, Nespolet R, 2014. Context of modern human occupations in North Africa: Contribution of the Témara caves data. *Quaternary International*, (320): 143-161. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.05.017>
- Tabatabaei SA, Ranjbar GH, Anagholi A, 2012. Evaluation of physiological indices of salinity tolerance in forage Sorghum (*Sorghum bicolor*) lines. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (2): 305-308.
- Wei W, Bilsborrow EP, Hooley P, Fincham AD, Lombi E, Forster PB, 2003. Salinity induced differences in growth, ion distribution and partitioning in barley between the cultivar Maythorpe and its derived mutant Golden Promise. *Plant and Soil*, (250): 183-191. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024314318000>

<https://doi.org/10.1023/A:1022832107999>

Willenborg CJ, Gulden RH, Johnson EN, Shirtliffe SJ, 2004. Germination characteristics of polymer-coated canola (*Brassica napus* L.) seeds subjected to moisture stress at different temperatures. *Agronomy journal*, (96): 786-791.

Wouyou A, Gandonou CB, Montcho D, Kpinkoun J, Kinsou E, Assogba-Komlan F, Gnancadja SL, 2016. Salinity Resistance of Six Amaranth (*Amaranthus* sp.) Cultivars Cultivated in Benin at Germination Stage. *International Journal of Plant and Soil Science*, 11(3): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2016/25892>.

Wouyou A, Gandonou CB Assogba-Komlan F, Montcho D, Zanklan SA, Lutts S, Gnancadja SL, 2017. Salinity Resistance of Five Amaranth (*Amaranthus cruentus*) Cultivars at Young Plants Stage. *International Journal of Plant and Soil Science*, 14 (3): 1-13. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/31611>

Zaman-Allah M, Sifi B, L'Taief B, El-Aouni M, 2009. Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13 (1) : 113-119.

Zhu JK, 2001. Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci.*, (6) : 66-71. DOI : [https://doi.org/10.1016/s1360-1385\(00\)01838-0](https://doi.org/10.1016/s1360-1385(00)01838-0).