



Effets du traitement des plants de riz (*Oryza sativa* L.) au chlorure de sodium sur la synthèse et accumulation des sucres totaux et des composés phénoliques ethano-solubles dans les feuilles et racines.

GOGBEU Seu Jonathan^{1*}, YAPO Sopie Edwige-Salomé¹, GORE Bi Boh Nestor², AYOLIE Koutoua¹, KOUASSI N'Dri Jacob¹, NACANABO Rasmane¹, DOGBO Denezon Odette³, KOUADIO Yatty Justin¹

1 : Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

2 : Laboratoire de Génétique, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

3 : Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, Université Nangui Abrogoua, Cote d'Ivoire. * :

Auteur correspondant : e-mail : jgogbeu@yahoo.fr, contact : (+225)48626426 (Côte d'Ivoire)

Original submitted in on 22nd November 2018. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st March 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v135i1.4>

RESUME

Objectif : Ce travail a été réalisé pour évaluer la capacité du riz (*Oryza sativa* L.) à élaborer des stratégies d'acclimatation au stress salin en prenant la teneur des feuilles et racines en sucres totaux et composés phénoliques comme références. Ces composés sont synthétisés au cours du stress abiotique chez la plupart des plantes.

Méthodologie et Résultats : Les plants de 7, 60 et 90 jours des variétés *Zouhn-kinmin* et *Kpeulia* ont été traités au NaCl 5 ou 10 gL⁻¹, et le dosage à 0, 1, 2, 3 et 4^{ème} jours après traitement. Les résultats indiquent une quantité importante de sucres totaux avec 5 gL⁻¹ de NaCl chez les plants de *Zouhn-kinmin* de 60 jours [562,83 (feuilles) et 222,83 (racines) µg Glucose gMF⁻¹]. Chez *Kpeulia*, l'accumulation a été maximale avec 10 gL⁻¹ de NaCl. Chez ces variétés, la synthèse des phénols a été forte dans les feuilles et racines des plants de 90 jours avec NaCl 5 gL⁻¹.

Conclusion et Application des résultats : La teneur en sucres totaux et en composés phénoliques exprimée chez ces deux variétés montre que la variété *Zouhn-kinmin* serait plus tolérante au stress salin pendant la phase végétative et la variété *Kpeulia* à la phase de reproduction. Pour l'étude donc du comportement des plants de riz au taux souvent élevé dans le sol des engrais mal appliqués, le NaCl peut être utilisé.

Mots clés : *Oryza sativa*, stress salin, sucres totaux, composés phénoliques

ABSTRACT

Objective: This work was done to evaluate ability of rice (*Oryza sativa* L.) to develop salt stress acclimation strategies by taking leaf and root content of total sugars and phenolic compounds as references. These compounds are synthesized during abiotic stress in most plants

Methodology and Results: Plants of 7, 60 and 90 days of *Zouhn-kinmin* and *Kpeulia* varieties were treated with NaCl 5 or 10 gL⁻¹, and dosage at 0, 1, 2, 3 and 4 days after treatment. Results indicate a significant amount of total sugars with 5 gL⁻¹ of NaCl in *Zouhn-kinmin* plants of 60 days [562.83 (leaves) and 222.83

(roots) μg Glucose gMF^{-1}]. In *Kpeulia*, accumulation was maximal with 10 gL^{-1} of NaCl. In these varieties, phenol synthesis was strong in leaves and roots of 90-day-old plants with NaCl 5 gL^{-1} .

Conclusion and Application of results: Total sugar and phenol compound content expressed in these two varieties shows that Zouhn-kinmin variety is more tolerant of salt stress during vegetative phase and *Kpeulia* variety in reproductive phase. For study of the behavior of rice plants at the often high rate in the soil of poorly applied fertilizers, NaCl can be used.

Keywords: *Oryza sativa*, salt stress, total sugars, phenolic compounds

INTRODUCTION

La salinisation des sols affecte aujourd'hui le tiers des terres agricoles et constitue un facteur limitant de la production (Drevon *et al.*, 2001). Elle peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation des parcelles avec de l'eau de mauvaise qualité et/ou l'utilisation de certains engrais (Bartels et Nelson, 1994 ; Rubio *et al.*, 1995). L'effet de la salinité se manifeste généralement chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires ; ce qui affecte négativement la productivité végétale (Khan *et al.*, 1997 ; Tafforeau, 2002 ; Ashraf et Harris, 2004). La tolérance au sel chez la plante est fonction de l'espèce, du génotype, de l'âge et de l'état physiologique des organes (El Mekkaoui, 1990). En Côte d'Ivoire, les problèmes souvent rencontrés pour la culture de riz pluvial sont liés principalement à la persistance des contraintes abiotiques dont la sécheresse, la toxicité ferreuse et la salinité des sols. La riziculture pluviale qui est la plus importante en termes de culture de riz, fournit environ 90% de la production nationale et 80% de la production de paddy (Ouattara, 2011).

MATERIEL ET METHODES

Dispositif expérimental et traitement des plants de riz : Les plants de riz (*Oryza sativa* L.) âgés de 7, 60 et 90 jours ont été utilisés. Ces plants proviennent des variétés traditionnelles *Kpeulia* et *Zouhn-kinmin*) cultivées à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Pour l'obtention des plants, les semis ont été réalisés dans des pots en plastique contenant 10 kg de substrat formé de sol et de feuilles mortes des sous-bois. Les grains ont été déposés à 3 cm de profondeur et les pots ont été placés sous-ombrière et arrosés régulièrement avec de l'eau selon la capacité au champ. Pour chaque variété, les plants ont été répartis en 3 blocs de 30 plants selon les âges. Chaque bloc est composé de 2 sous-blocs de

Cette production demeure cependant faible eu égard à la demande en consommation. Chez les plantes de façon générale, l'acclimatation des espèces est liée à la synthèse et à l'accumulation d'un certain nombre de composés entre autres les sucres totaux et les composés phénoliques. Les sucres totaux sont des éléments carbonés primaires synthétisés et exportés dans toute la plante lors de la photosynthèse (Najdim *et al.*, 2008). Sous stress de sécheresse et salin, les réserves amylacées sont progressivement utilisées suite à leur conversion rapide en saccharose, inhibant ainsi la synthèse de l'amidon (Geigenberger *et al.*, 1997). Quant aux composés phénoliques, plusieurs études ont montré que leur synthèse pendant les conditions de stress participe à la résistance ou l'acclimatation des plantes (Clériveret *et al.*, 2013). La présente étude a eu pour objectif d'évaluer la teneur des feuilles et des racines en sucres totaux et composés phénoliques chez deux variétés de riz pluvial cultivées à l'Ouest de la Côte d'Ivoire sous l'influence du chlorure de sodium.

15 plants selon la concentration de NaCl (5 et 10 gL^{-1}) ; soit un total de 90 plants a été utilisé pour une variété. Pour étudier l'influence du stress salin, les plants ont été traités avec une solution NaCl 5 gL^{-1} ou 10 gL^{-1} . Aux différents âges, l'apport d'eau a été interrompu et l'arrosage a été effectué avec la solution NaCl selon la capacité au champ. Au jour 0, 1, 2, 3 et 4 après arrosage, les feuilles et les racines des plants ont été récoltées pour l'extraction et le dosage des sucres totaux et phénols.

Quantification des sucres totaux des feuilles et racines de riz : L'extraction des sucres totaux a été faite par broyage de 1 g de racines ou de feuilles

fraîches dans 5 mL d'éthanol 80 % (v/v). Le broyat obtenu a été centrifugé à 10000 tours.min⁻¹ pendant 30 min à 4 °C. Le surnageant a été recueilli et le culot a été repris dans 3 mL du solvant et traité dans les mêmes conditions précédentes. Les deux surnageants additionnés ont constitué l'extrait et servi au dosage des sucres totaux. Le dosage des sucres totaux a été fait selon la méthode de Dubois *et al.* (1956). Une quantité de 0,2 mL de phénol 5% (v/v) a été ajoutée à 0,2 mL d'extrait. Ce mélange a été complété à 1 mL avec de l'eau distillée auquel on a ajouté 1 mL d'acide sulfurique concentré 96% (v/v). Après une incubation de 5 min dans un bain à 100 °C, le milieu réactionnel a été refroidi à l'obscurité pendant 30 min. La quantité de sucres totaux a été évaluée au spectrophotomètre à 480 nm contre un témoin ne contenant pas d'extrait. Elle est estimée à l'aide d'une courbe étalon réalisée avec une solution de glucose (200 µg mL⁻¹) et exprimée en microgramme de glucose par gramme de matière fraîche (µg Glucose gMF⁻¹).

Estimation des composés phénoliques éthano-solubles des feuilles et racines du riz : L'extraction des composés phénoliques a été faite selon la méthode de Gogbeu *et al.* (2012). Une masse de 5 g de feuilles ou de racines fraîches a été broyée en présence de 5 mL d'éthanol 80 % (v/v). Le broyat obtenu a été centrifugé à 3000 tours.min⁻¹ pendant 12 min. Après

centrifugation, le surnageant a été récupéré et ajusté à 10 mL avec de l'éthanol 80 % (v/v). Cet extrait a été utilisé pour le dosage des composés phénoliques éthano-solubles. Le dosage a été fait selon la méthode de Singleton en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (Ragae *et al.*, 2012). Pour ce faire, 0,8 mL de bicarbonate de sodium (Na₂CO₃) 7,5 % (m/v) a été ajouté à 0,2 mL d'extrait phénolique. Après 5 min d'incubation à 25 °C, 1 mL du réactif de Folin-Ciocalteu 0,5 N a été ajouté. Le mélange réactionnel a été homogénéisé puis incubé pendant 30 min à 28 °C à l'obscurité. La lecture de l'absorbance a été faite au spectrophotomètre à 765 nm contre un témoin ne contenant pas d'extrait phénolique. La quantité de phénols contenus dans l'extrait phénolique a été estimée à l'aide d'une courbe d'étalonnage réalisé avec l'acide gallique (100 mg L⁻¹) et exprimée en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière fraîche (mg AG gMF⁻¹).

Analyse statistique des données : Les données recueillies ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à un ou deux critères de classification en utilisant le logiciel SPSS 11.5 au seuil de 5 %. Lorsque P ≤ 5%, la différence est dite significative. Les groupes homogènes sont alors déterminés par la méthode de Duncan.

RESULTATS

Comparaison de la teneur initiale des sucres totaux et des composés phénoliques dans les feuilles et racines des variétés *zouhn-kinmin* et *kpeulia* : La teneur en sucres totaux des organes a été plus importante dans les feuilles que les racines excepté les plants de 90 jours de la variété *zouhn-kinmin* (Tableau 1). Toutefois, les feuilles de *kpeulia* ont été plus riches en sucres totaux que celles de *zouhn-kinmin*. Cette teneur a augmenté avec l'âge des plants. De 214,50 µg Glucose gMF⁻¹ chez les plants de 7 jours, elle a atteint 460,17 µg Glucose gMF⁻¹ au bout de 90 jours de semis. Dans les racines par contre, ce sont les plants de *zouhn-kinmin* qui ont synthétisé le plus de sucres totaux. Chez ce dernier, la teneur a diminué avec l'âge des plants. Initialement de 175,33 µg Glucose gMF⁻¹ dans les plants de 7 jours, elle a diminué pour atteindre

la valeur de 70,66 µg Glucose gMF⁻¹ au 90^{ème} jour après semis, soit une diminution de plus de 100 µg Glucose gMF⁻¹. Quant à la teneur en composés phénoliques des feuilles, elle a évolué de la même manière chez les deux variétés (Tableau I). Au fur et à mesure que l'âge des plants a augmenté, la quantité de phénols a augmenté également. Les feuilles des plants de 7 jours de la variété *zouhn-kinmin* ont été plus riches (0,81 mg AG gMF⁻¹) par rapport à la variété *kpeulia* (0,46 mg AG gMF⁻¹). Mais, lorsque l'âge a augmenté, ce sont les plants de la variété *kpeulia* qui ont synthétisé et accumulé le plus de phénols. Par contre dans les racines, chez la variété *zouhn-kinmin*, la teneur a augmenté jusqu'au 60^{ème} jour avant de diminuer ; alors qu'elle a diminué au 60^{ème} jour et augmenté après chez la variété *kpeulia*.

Tableau 1 : Evolution de la teneur en sucres totaux (μg Glucose gMF^{-1}) et composés phénoliques (mg AG gMF^{-1}) dans les feuilles et racines des plants de riz de différents âges

Composés biochimiques	Organes	Âges des organes (jour)	Variété de riz	
			Zouhn-kinmin	kpeulia
Sucres totaux	Feuilles	7	198,66 \pm 01,66b	214,50 \pm 00,83a
		60	232,00 \pm 16,66c	418,67 \pm 00,00b
		90	43,66 \pm 00,83a	460,17 \pm 18,17b
	Racines	7	175,33 \pm 08,33c	50,30 \pm 05,00b
		60	104,83 \pm 10,83b	76,50 \pm 09,16c
		90	70,66 \pm 00,00a	55,33 \pm 15,00a
Composés phénoliques	Feuilles	7	0,81 \pm 0,40a	0,46 \pm 0,02a
		60	1,53 \pm 0,17b	2,04 \pm 0,50b
		90	1,75 \pm 0,02b	2,53 \pm 0,09b
	Racines	7	0,71 \pm 0,02a	1,26 \pm 0,61c
		60	2,37 \pm 0,17b	0,56 \pm 0,09a
		90	0,49 \pm 0,02a	0,95 \pm 0,61b

Pour chaque organe et composé biochimique, les valeurs suivies de la même lettre alphabétique dans une colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan

Effet du traitement de la variété Zouhn-kinmin au NaCl sur la synthèse des sucres totaux dans les feuilles et racines : La teneur en sucres totaux chez la variété Zouhn-kinmin a varié avec l'âge des plants, le type d'organes et la durée du traitement. Dans les plants témoins, la teneur en sucres totaux a été importante dans les feuilles et racines des plants de 7 et 60 jours (Tableau 2). Toutefois, les plus fortes valeurs ont été enregistrées chez les plants de 60 jours pour les feuilles et, les plants de 7 jours pour les racines. Lorsque les plants ont été traités au NaCl, la synthèse et l'accumulation des sucres totaux ont également varié en fonction des organes et du temps de traitement. Dans les feuilles et racines des plants traités au NaCl 5 gL^{-1} , l'accumulation maximale a été enregistrée au 4^{ème} jour [les feuilles des plants âgés de 7 jours (260,33 μg Glucose gMF^{-1}) et 60 jours (562,83 μg Glucose gMF^{-1})], au 2^{ème} et 4^{ème} jours pour les racines des plants de 7 (104,50 μg Glucose gMF^{-1}) et 60 jours (222,83 μg Glucose gMF^{-1}). Quant aux plants âgés de 90 jours, les valeurs maximales ont été enregistrées au 3^{ème} jour de traitement aussi bien dans

les feuilles que dans les racines. Avec 10 gL^{-1} de NaCl, pour les plants âgés de 7 jours, la teneur des sucres totaux a diminué durant l'expérimentation dans les racines par rapport aux témoins. Par contre, dans les feuilles au 3^{ème} jour, de la valeur initiale de 198 μg Glucose gMF^{-1} , elle est passée à 354 μg Glucose gMF^{-1} . Quant aux plants de 60 et 90 jours, dans les feuilles, les valeurs maximales ont été enregistrées respectivement au 1^{er} (462 μg Glucose gMF^{-1}) et au 2^{ème} (292 μg Glucose gMF^{-1}) jours. Dans les racines, c'est au 4^{ème} (les plants âgés de 60 jours) et au 1^{er} (les plants âgés de 90 jours) jours que l'accumulation des sucres totaux a été maximale. D'une manière générale, c'est dans les feuilles que la synthèse et l'accumulation des sucres totaux ont augmenté avec le temps de traitement. Toutefois, la forte synthèse des sucres totaux a été enregistrée dans les feuilles et racines des plants traités au NaCl 5 gL^{-1} par rapport à ceux traités au NaCl 10 gL^{-1} . Ces valeurs se retrouvent chez les plants de 60 jours [feuilles (562,83 μg Glucose gMF^{-1}) et racines (222,83 μg Glucose gMF^{-1})].

Tableau 2 : Effet de chlorure de sodium sur la synthèse et l'accumulation des sucres totaux (μg Glucose gMF^{-1}) dans les feuilles et les racines des plants de riz de la variété *Zouhn-kinmin*

Organes	NaCl (gL^{-1})	Ages (jours)	Temps après application de NaCl (jours)				
			témoin	1	2	3	4
Feuilles	5	7	198,66 \pm 01,66b	238,66 \pm 18,33b	241,16 \pm 09,16b	259,50 \pm 27,50b	260,33 \pm 35,00b
		60	232,00 \pm 16,66c	522,00 \pm 23,33c	348,66 \pm 11,66c	468,66 \pm 05,00c	562,83 \pm 22,50c
		90	43,66 \pm 00,83a	81,16 \pm 07,50a	119,50 \pm 10,83a	179,50 \pm 00,83a	158,66 \pm 06,66a
	10	7	198,66 \pm 01,66b	246,16 \pm 14,16b	274,50 \pm 14,16a	354,50 \pm 07,50c	341,16 \pm 14,16c
		60	232,00 \pm 16,66c	462 \pm 60,00c	382,83 \pm 04,16c	332,00 \pm 16,66b	257,83 \pm 99,16a
		90	43,66 \pm 00,83a	189,50 \pm 12,50a	292,83 \pm 14,16b	261,16 \pm 14,16a	262,00 \pm 15,00b
Racines	5	7	175,33 \pm 08,33c	75,33 \pm 05,00a	104,50 \pm 25,83b	81,16 \pm 34,16a	58,66 \pm 05,00b
		60	104,83 \pm 10,83b	92,00 \pm 03,33b	132,00 \pm 16,66c	176,16 \pm 04,16c	222,83 \pm 00,83c
		90	70,66 \pm 00,00a	101,16 \pm 14,16c	48,66 \pm 05,00a	142,83 \pm 45,83b	38,66 \pm 01,66a
	10	7	175,33 \pm 08,33c	122,00 \pm 38,33b	81,16 \pm 00,83a	121,16 \pm 34,16b	111,16 \pm 04,16a
		60	104,83 \pm 10,83b	97,00 \pm 23,33a	114,50 \pm 04,16c	123,66 \pm 28,83b	133,66 \pm 03,33c
		90	70,66 \pm 00,00a	142,83 \pm 05,83c	102,00 \pm 25,00b	84,50 \pm 00,83a	126,16 \pm 24,16b

Pour chaque organe et concentration NaCl, les valeurs suivies de la même lettre alphabétique dans une colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan

Teneur en sucres totaux des feuilles et racines de la variété *kpeulia* traitée au NaCl : Chez la variété *Kpeulia*, la quantité de sucres totaux a varié avec l'âge et le type d'organes ainsi que la durée du traitement des plants de riz au NaCl (Tableau 3). Dans les feuilles des plants témoins, les plus grandes valeurs ont été enregistrées chez les plants âgés de 90 jours, suivi des plants de 60 jours. Par contre dans les racines, l'accumulation a été plus importante chez les plants de 60 jours suivis de ceux de 90 jours. Lorsque ces différents plants ont été traités au NaCl, la synthèse et l'accumulation des sucres totaux ont varié selon l'âge et la durée de traitement. Dans les feuilles et les racines après traitement au NaCl 5 gL⁻¹, l'accumulation maximale de sucres totaux a été enregistrée respectivement au 1^{er} (feuilles des plants âgés de 60 jours) et 4^{ème} jours (les feuilles des plants âgés 7 jours) et, au 1^{er} et 3^{ème} jours respectivement pour les racines des plants âgés de 60 et 7 jours. Quant aux plants âgés de 90 jours, les valeurs maximales ont été enregistrées

au 2^{ème} jour de traitement aussi bien dans les feuilles que dans les racines. Lorsque les plants ont été traités au NaCl 10 gL⁻¹, pour les plants âgés de 7 jours, une légère accumulation des sucres totaux a été observée que dans racines au 2^{ème} (64 µg Glucose gMF⁻¹) jour. Quant aux plants âgés de 60 et 90 jours, l'accumulation des sucres totaux dans les feuilles a été maximale respectivement au 4^{ème} (588 µg Glucose gMF⁻¹) et 2^{ème} (1704 µg Glucose gMF⁻¹) jours. Dans les racines, c'est au 2^{ème} jour que l'accumulation des sucres totaux a été maximale avec 167 (plants âgés de 60 jours) et 159 (plants âgés de 90 jours) µg Glucose gMF⁻¹. Chez la variété *Kpeulia*, la synthèse des sucres totaux a été forte dans les feuilles et racines des plants ayant subi un traitement au NaCl 10 gL⁻¹ par rapport à ceux ayant subi un traitement au NaCl 5gL⁻¹. Au niveau des quantités de sucres totaux synthétisés dans les feuilles et racines quel que soit la concentration de NaCl utilisée, le temps d'échantillonnage et l'âge du matériel végétal, la différence a été significative ($p \leq 0,05$).

Tableau 3 : Effet de chlorure de sodium sur la synthèse et l'accumulation des sucres totaux (μg Glucose gMF^{-1}) dans les feuilles et les racines des plants de riz de la variété *kpeulia*

Organes	NaCl (g L^{-1})	Ages (jours)	Temps après application de NaCl (jours)				
			témoin	1	2	3	4
Feuilles	5	7	214,50 \pm 00,83a	59,50 \pm 07,50a	95,33 \pm 00,00a	222,00 \pm 11,66a	228,67 \pm 63,33a
		60	418,67 \pm 00,00b	542,00 \pm 23,33b	377,00 \pm 21,66b	353,67 \pm 53,33b	297,83 \pm 12,50c
		90	460,17 \pm 18,17b	447,00 \pm 10,33c	528,68 \pm 61,66c	349,50 \pm 09,17b	307,00 \pm 78,33b
	10	7	214,50 \pm 00,83a	99,50 \pm 00,83a	140,33 \pm 21,61a	99,50 \pm 02,50a	98,66 \pm 11,66a
		60	418,67 \pm 00,00b	505,33 \pm 61,66b	436,17 \pm 02,50b	363,67 \pm 26,66b	587,83 \pm 25,83b
		90	460,17 \pm 18,17b	775,33 \pm 88,33c	1704,50 \pm 185,33c	1535,33 \pm 288,33c	462,00 \pm 76,66c
Racines	5	7	50,30 \pm 05,00b	52,00 \pm 05,00a	55,33 \pm 01,66b	113,66 \pm 06,66c	60,33 \pm 05,00b
		60	76,50 \pm 09,16c	122,83 \pm 19,16c	72,00 \pm 11,66b	72,83 \pm 00,83a	42,00 \pm 01,66a
		90	55,33 \pm 15,00a	76,16 \pm 02,50b	122,83 \pm 27,50c	84,50 \pm 12,50b	81,16 \pm 27,50c
	10	7	50,30 \pm 05,00a	48,66 \pm 08,33a	63,66 \pm 01,66a	40,33 \pm 00,00a	37,00 \pm 01,66a
		60	76,50 \pm 09,16b	97,00 \pm 01,66b	167,00 \pm 01,66b	97,83 \pm 15,83b	95,33 \pm 13,33c
		90	55,33 \pm 15,00c	133,66 \pm 16,66c	159,50 \pm 07,50b	103,67 \pm 05,00b	76,16 \pm 04,16b

Pour chaque organe et concentration NaCl, les valeurs suivies de la même lettre alphabétique dans une colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan

Synthèse et l'accumulation des composés phénoliques éthano-solubles dans les feuilles et racines des plants de *Zouhn-kinmin* traités au NaCl : La teneur des composés phénoliques a varié avec l'âge des organes des plants de riz (Tableau 4). Dans les feuilles, les plus grandes valeurs ont été enregistrées chez les plants âgés de 60 et 90 jours. Par contre dans les racines, ce sont les plants âgés de 60 jours qui ont enregistré une quantité importante de composés phénoliques. Lorsque les plants ont été traités au NaCl, la synthèse et l'accumulation des composés phénoliques ont varié en fonction des organes et du temps d'échantillonnage. Ainsi, après traitement des plants au NaCl 5 gL⁻¹, dans les feuilles et racines des plants âgés de 7 jours, l'accumulation des composés phénoliques a été maximale respectivement au 3^{ème} (2,15 mg AG gMF⁻¹) et 4^{ème} (0,38 mg AG gMF⁻¹) jours. Toutefois, cette teneur dans les racines a été inférieure à celle du témoin. Quant aux plants âgés de 60 et 90 jours, l'accumulation des composés phénoliques a été maximale dans les feuilles au 4^{ème} (2,61) et 2^{ème} (2,38) jours. Dans les racines, cette concentration a entraîné une baisse

d'accumulation des phénols exceptés le 3^{ème} jour pour les plants âgés de 90 jours. Avec 10 gL⁻¹ de NaCl, dans les plants âgés de 7 jours, l'accumulation des composés phénoliques a baissé dans les racines par rapport au témoin avec une faible accumulation au 4^{ème} (0,49 mg AG gMF⁻¹) jour. Par contre dans les feuilles, d'une valeur initiale de 0,80 mg AG gMF⁻¹, l'accumulation des composés phénoliques a été maximale au 3^{ème} jour avec 1,12 mg AG gMF⁻¹. Quant aux plants âgés de 60 et 90 jours, l'accumulation des composés phénoliques a été maximale dans les feuilles au 1^{er} (2,44 mg AG gMF⁻¹) et 3^{ème} (2,69 mg AG gMF⁻¹) jours et dans les racines au 1^{er} (1,32 mg AG gMF⁻¹) jour pour les plants de 90 jours. Cette teneur est restée inférieure à celle du témoin pour les racines des plants âgés de 60 jours. En effets, les fortes teneurs en composés phénoliques ont été obtenues qu'au niveau des feuilles et racines des plants âgés de 90 jours traités avec 5 gL⁻¹ de NaCl. L'analyse statistique effectuée a montré que la teneur en composés phénoliques au cours de l'expérimentation a varié considérablement en fonction des temps d'échantillonnage ($p < 0,05$).

Tableau 4 : Effet de chlorure de sodium sur la synthèse et l'accumulation des composés phénoliques (mg AG gMF⁻¹) dans les feuilles et les racines des plants de riz de la variété *Zouhn-kinmin*

Organes	NaCl (gL ⁻¹)	Ages (jours)	Temps après application de NaCl (jours)				
			témoin	1	2	3	4
Feuilles	5	7	0,81 ± 0,40a	1,76 ± 0,07b	0,95 ± 0,11a	2,15 ± 0,09a	1,74 ± 0,07a
		60	1,53 ± 0,17b	1,43 ± 0,39a	1,21 ± 0,06a	2,55 ± 1,58a	2,61 ± 0,80b
		90	1,75 ± 0,02b	1,81 ± 0,83b	2,38 ± 0,03b	2,90 ± 0,03a	1,79 ± 0,73a
	10	7	0,81 ± 0,40a	1,03 ± 0,01a	1,02 ± 0,04a	1,12 ± 0,03a	0,82 ± 0,03a
		60	1,53 ± 0,17b	2,44 ± 1,01b	2,02 ± 0,50b	1,41 ± 0,12a	1,12 ± 0,17b
		90	1,75 ± 0,02b	1,13 ± 0,27a	1,37 ± 0,63a	2,69 ± 0,25b	1,79 ± 0,03c
Racines	5	7	0,71 ± 0,02b	0,10 ± 0,07a	0,11 ± 0,30a	0,31 ± 0,09a	0,38 ± 0,06a
		60	2,37 ± 0,17c	1,32 ± 0,01b	0,73 ± 0,28b	1,41 ± 0,07b	1,96 ± 0,24b
		90	0,49 ± 0,02a	0,72 ± 0,18c	1,06 ± 0,33c	1,55 ± 0,02b	0,54 ± 0,02a
	10	7	0,71 ± 0,02b	0,33 ± 0,10a	0,11 ± 0,02a	0,28 ± 0,01a	0,49 ± 0,06a
		60	2,37 ± 0,17c	0,90 ± 0,06b	1,51 ± 0,36c	1,25 ± 0,05b	1,54 ± 0,03b
		90	0,49 ± 0,02a	1,32 ± 0,36c	0,92 ± 0,36b	0,53 ± 0,12a	0,59 ± 0,07a

Pour chaque organe et concentration NaCl, les valeurs suivies de la même lettre alphabétique dans une colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan

Effets du traitement des plants de la variété *Kpeulia* au NaCl sur la synthèse des composés phénoliques dans les feuilles et racines : L'analyse du tableau 5 montre que la teneur des organes en composés phénoliques a varié avec le temps de traitement et l'âge des organes des plants de riz. Dans les feuilles des plants témoins, les plus grandes valeurs ont été enregistrées dans les plants âgés de 90 jours, suivi des plants âgés de 60 jours. Par contre, dans les racines, ce sont les plants âgés de 7 et 90 jours qui ont enregistré une quantité importante de composés phénoliques. Lorsque ces plants ont été traités au NaCl, la synthèse et l'accumulation des composés phénoliques ont varié également en fonction des organes et du temps d'échantillonnage. Après traitement au NaCl 5 gL⁻¹, dans les feuilles et racines des plants âgés de 7 jours, l'accumulation maximale a été enregistrée respectivement au 3^{ème} (1,75 mg AG

gMF⁻¹) et 1^{er} (1,44 mg AG gMF⁻¹) jours. Quant aux plants âgés de 60 et 90 jours, dans les feuilles, l'accumulation maximale des composés phénoliques a été enregistrée respectivement au 1^{er} (4,13 mg AG gMF⁻¹) et 4^{ème} (3,75 mg AG gMF⁻¹) jours. Concernant les racines, l'accumulation a été maximale au 2^{ème} jour. Avec 10 gL⁻¹ de NaCl, pour les plants âgés de 7 jours, l'accumulation des composés phénoliques dans les feuilles et les racines a été maximale respectivement au 4^{ème} et 2^{ème} jours. En ce qui concerne les plants âgés de 60 et 90 jours, les feuilles ont enregistré une accumulation maximale de composés phénoliques respectivement au 4^{ème} (2,50 mg AG gMF⁻¹) et 1^{er} (3,08 mg AG gMF⁻¹) jours. Par contre dans les racines, la teneur maximale a été enregistrée au 2^{ème} jour. D'une manière générale, les teneurs les plus élevées ont été obtenues dans les feuilles et racines des plants âgés de 90 jours avec les traitements 5 gL⁻¹ de NaCl.

Tableau 5 : Effet de chlorure de sodium sur la synthèse et l'accumulation des composés phénoliques (mg AG gMF⁻¹) dans les feuilles et les racines des plants de riz de la variété *kpeulia*

Organes	NaCl (gL ⁻¹)	Ages (jours)	Temps après application de NaCl (jours)				
			témoin	1	2	3	4
Feuilles	5	7	0,46 ± 0,02a	0,54 ± 0,04a	0,75 ± 0,16a	1,75 ± 0,50a	1,51 ± 0,72a
		60	2,04 ± 0,50b	4,13 ± 0,47c	2,41 ± 0,24b	2,23 ± 0,81b	2,13 ± 0,19b
		90	2,53 ± 0,09b	3,45 ± 0,72b	2,93 ± 0,27c	3,22 ± 0,21c	3,75 ± 0,09c
	10	7	0,46 ± 0,02a	1,11 ± 0,21a	1,03 ± 0,61a	0,71 ± 0,03a	1,29 ± 0,35a
		60	2,04 ± 0,50b	1,88 ± 0,14b	2,11 ± 0,77b	1,33 ± 0,00b	2,50 ± 0,88b
		90	2,53 ± 0,09b	3,08 ± 0,37c	2,91 ± 0,15c	2,76 ± 0,39c	2,88 ± 0,84b
Racines	5	7	1,26 ± 0,61c	1,44 ± 0,29b	0,69 ± 0,14a	0,80 ± 0,14a	0,71 ± 0,21c
		60	0,56 ± 0,09a	0,87 ± 0,41a	1,62 ± 0,70b	0,49 ± 0,02b	0,30 ± 0,01a
		90	0,95 ± 0,61b	0,97 ± 0,04a	1,58 ± 0,15b	0,76 ± 0,00a	1,32 ± 0,41b
	10	7	1,26 ± 0,61c	0,38 ± 0,15a	2,16 ± 0,45c	1,41 ± 0,28b	0,66 ± 0,07a
		60	0,56 ± 0,09a	0,88 ± 0,15b	1,02 ± 0,35a	0,99 ± 0,11a	0,32 ± 0,01b
		90	0,95 ± 0,61b	0,72 ± 0,13b	1,67 ± 0,33b	1,00 ± 0,08a	1,52 ± 0,12c

Pour chaque organe et concentration NaCl, les valeurs suivies de la même lettre alphabétique dans une colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan

DISCUSSION

Le traitement des plants avec des molécules élicitrices induit l'activation d'une série de réactions métaboliques. Celles-ci conduisent à la mise en place des mécanismes d'acclimatation qui sont entre autres, la synthèse et l'accumulation de composés solubles. En effet, dans les mécanismes d'acclimatation des plantes, la compartimentation vacuolaire ou l'exclusion des ions toxiques ont été largement évoqués par plusieurs auteurs (Blumwald *et al.*, 2004 ; Munns et Tester, 2008). Pour ces auteurs, le surplus du sodium dans le cytoplasme est rejeté vers l'apoplasme ou encore au cloisonnement des ions Na⁺ et Cl⁻ au niveau cellulaire et intracellulaire pour éviter leurs concentrations élevées dans le cytoplasme en particulier dans les cellules de mésophile. Ce mécanisme contribue ainsi au maintien de la croissance cellulaire en conditions de stress salin (Sairam et Tyagi, 2004). Chez le riz (*Oryza sativa* L), le traitement des plants au chlorure de sodium (NaCl) a conduit à la synthèse et à l'accumulation des sucres totaux et des composés phénoliques dans les feuilles et les racines. Dans les plants témoins, la teneur en sucres totaux a été importante chez la variété *Kpeulia*. En fonction des organes, après traitement des plants, la teneur des sucres totaux a varié selon le temps d'échantillonnage. Les fortes valeurs ont été enregistrées plus dans les feuilles que dans les racines. Ces valeurs se sont retrouvées chez les plants de 60 jours. La présence des sucres totaux dans les feuilles à une quantité importante par rapport aux racines est sûrement liée à l'intensité photosynthétique dans cette partie de la plante. En effet, les feuilles des plants contiennent plus de chlorophylles, donc les produits de la photosynthèse seraient plus élevés à cet endroit. Or, les sucres totaux font partir des produits de la photosynthèse. De même, Sebane (2015) a observé dans son étude sur le pourpier de mer (*Atriplex halimus*) une forte accumulation des sucres totaux dans les feuilles que dans les racines en condition de stress salin. L'augmentation de la synthèse et de l'accumulation des sucres totaux dans ces organes laissent croire qu'ils jouent un rôle dans l'acclimatation du riz au stress salin. En effet, plusieurs auteurs ont montré que les sucres totaux renforçaient le contenu du cytoplasme, ce qui augmenterait la pression osmotique de la cellule par rapport au milieu extérieur (El Midaoui *et al.*, 2007). Ce phénomène permet à la plante de réaliser l'osmose facilement. La baisse de la quantité des sucres totaux à un moment de la vie de la plante montre que les sucres totaux sont mobilisés comme substrats dans des voies

métaboliques. D'une manière générale, c'est à 5 gL⁻¹ de NaCl qu'une augmentation importante de la quantité des sucres totaux a été obtenue. Pour des auteurs Hassan *et al.* (2008) qui ont travaillé sur l'orge (*Hordeum vulgare* L.) et Regueragui (2005) sur la tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la teneur en sucres augmente avec l'augmentation de la concentration du sel dans le milieu. C'est ce qui explique cette teneur légèrement importante par rapport aux plants témoins. Mais à 10 gL⁻¹, hormis les plants de riz de 90 jours de la variété *Kpeulia* cette concentration a créé un effet inhibiteur sur la synthèse des sucres totaux chez le riz. La teneur des sucres totaux a varié cependant selon les variétés et les organes de riz. Ces mêmes observations ont été évoquées par Ottow *et al.* (2005) et Zerrad *et al.* (2006). Dans cette étude, les plants de 60 jours seraient à leur activité végétative maximale, ce qui pourrait expliquer la quantité de sucres totaux plus importante à ce niveau. En ce qui concerne la quantité de composés phénoliques dans les feuilles et les racines, elle a été plus importante chez la variété *Kpeulia* que la variété *Zouhn-kinmin*. Lorsque le stress a été appliqué par le traitement des plants au NaCl, la quantité des composés phénoliques a également augmenté. Les composés phénoliques participent à la rigidification cellulaire par le renforcement des parois cellulaires (Majourhat et Baaziz, 2004). Certains de ces composés sont sollicités dans d'autres voies de biosynthèse. La chute de la quantité des composés phénoliques à un moment donné de l'expérimentation montre que d'autres protéines enzymatiques utilisent ces composés. En effet, les travaux réalisés par Gogbeu *et al.* (2012) sur le manioc ont montré que les polyphénoloxydases utilisaient les composés phénoliques comme substrat. De même, les études réalisées par Dogbo *et al.* (2008) chez la même plante ont montré que les teneurs des composés phénoliques variaient avec le temps après élicitation à l'acide salicylique. Les peroxydases et les polyphénoloxydases seraient sûrement à la base de la diminution de cette quantité (Hiraga *et al.*, 2001 ; Dogbo *et al.*, 2008). Selon Grant et Lamb (2006), la capacité d'une espèce végétale à résister aux microorganismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques. Cette quantité importante de phénols dans les organes de riz contribuerait donc à l'acclimatation de la plante au stress salin. Au vue de la quantité de sucres totaux et de phénols synthétisés, la variété *Zouhn-kinmin* serait plus tolérante au stress salin du stade 7 jours jusqu'au 60^{ème} jour de la vie

végétative et la variété *Kpeulia* de la 60^{ème} jour à la

phase de reproduction (90^{ème} jour).

CONCLUSION

La réponse des variétés *Zouhn-kinmin* et *Kpeulia* au stress salin a montré que ces plants de riz synthétisent des sucres totaux et des composés phénoliques dans les feuilles et racines. Cependant, ces effets varient en fonction de l'intensité du stress et de la variété. La variété *Zouhn-kinmin* s'est montrée tolérante au stress

salin à la phase végétative, alors que la variété *Kpeulia* tolère le sel à la phase de reproduction. Pour l'étude du comportement des plants de riz au taux souvent élevé dans le sol des engrais mal appliqués, le NaCl peut être utilisé pour mimer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ashraf M. and Harris., 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science.*, 166: 3-6.
- Bartels D. and Nelson D., 1994. Approaches to improve stress tolerance using molecular genetics. *Plant Cellular Environment*, 17: 659- 667.
- Blumwald E., Grover A. and Good A.G., 2004. Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities. « New directions for a diverse planet ». In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 September-1 October, Brisbane, Australia. www.cropscience.org.au.
- Dogbo D.O., Békro-Mamyrbekova J.A., Békro Y-A., Sié R.S., Gogbeu S.J. et Traoré A. (2008). Influence de l'acide salicylique sur la synthèse de la phénylalanine ammonia-lyase, des polyphénoloxydases et l'accumulation des composés phénoliques chez le manioc (*Manihot esculenta* Crantz). *Science & Nature*, 5(1): 1-13.
- Drevon J.J., Saadallah K., Hajji M. and Abdelly C., 2001. Genotypic variability for tolerance to salinity of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Agronomy*, 21: 675-682.
- Dubois M., Gilles K., Hamilton J., Rebers P. and Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28 (3): 350-356.
- El Mekkaoui M., 1990. Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*T. durum* Desf.) et l'orge (*H. vulgare* L.) : Recherche de tests précoces de sélection. Thèse en Science Agronomique., Université de Nice Sophia, Montpellier, 191p
- El Midaoui M., Benbella M., Aït Houssa A., Ibriz M. et Talouizte A., 2007. Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.). *Revue HTE*, 136: 29-34.
- Geigenberger P., Reimholz R., Geiger M., Merlo L., Canale V. and Stitt M., 1997. Resolution of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term water deficit. *Planta*, 201: 502 -518.
- Gogbeu S.J., Dogbo D.O., Zohouri G.P., N'Zué B. and Bekro-Mamyrbekova J.A., 2012. Induction of polyphenoloxidases activities and phenolic compounds accumulation in cells and plants elicited of cassava (*Manihot esculenta* Cranz). *Journal of Scientific Research and Reviews*, 1(1): 7-14.
- Hassan I., Della L. A., Belkhdja M. et Kaid-Harche M., 2008. Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research*, 23 (1): 61-69.
- Hiraga S., Sasaki K., Ito H., Ohashi Y. and Matsui H., 2001. A Large Family of Class III Plant Peroxidases, *Plant Cell Physiology*, 42(5): 462-468.
- Khan M.A., Hamid A., Salahuddin A. B.M., Quasem A. and Karim M.A., 1997. Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Oryza sativa*). *Journal Agronomy and Science*, 149- 161.
- Majourhat K. et Baaziz M., 2004. Diversité et caractéristiques des peroxydases foliaires du palmier dattier. Congrès international de biochimie, Marrakech, Maroc, 153-156.
- Munns R. and Tester M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651- 681.
- Munns R. and Termaat A., 1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of plant Physiology*, 13(1): 143- 160.

- Najdim B., El jaafari S., jlibène M. et Jacquemin J.M., 2008. Application des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. *Biotechnologie Agronomie, Société et Environnement*, 1 : 17- 35.
- Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M., Kangasjarvi J., Jiang X. and Polle A., 2005. *Populus euphratica* Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops Leaf Succulence under Salt Stress. *Plant Physiology*, 139. 1762-1772.
- Ouattara Z.F., 2011. Analyse de la compétitivité du riz local en Côte d'Ivoire. Rapport du PRESAO, (3), 8p.
- Ragaei S., Abdel-Hal E.S.M. and Noaman K., 2012. Antioxydant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, 98 : 32-38.
- Regueragui A., 2005. Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le couple tomate-Verticillium : Conséquences physiologiques et impact sur la bio protection des tomates contre la verticilliose. Thèse de doctorat. Université Mohammed V. Agdal. Rabat, Maroc, 100-103.
- Rubio F., Gassmann W. and Schroeder J.L., 1995. Sodium driven potassium uptake by the plant potassium transporter HKT1 and mutations conferring salt tolerance. *Science*, 270: 1660-1663.
- Sairam R.K. and Tyagi A., 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curriculum of Science*, 86: 407- 421.
- Sebane R.F., 2015. Action combine de la salinité et de l'acide salicylique sur les réponses biochimiques de deux espèces : *Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Master Science de la Vie et de la Terre, Université d'ORAN, ALGERIE, 49 p.
- Tafforeau M., 2002. Etude des phases précoces de la transduction des signaux environnementaux chez le lin : une approche protéomique. Thèse de doctorat en Biochimie végétale. Université de Rouen. France. 255p.
- Zerrad W., Hillali S., Mataoui B.S., Elantri E. et Elhmyene A., 2006. Etude des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Lebanese Science Journal*, 9 : 27- 36