



Accumulation des sucres dans les tiges et les feuilles de différentes variétés de tournesol exposées à l'environnement salin

OUAZZANI Chadia^{1*} et MOUSTAGHFIR Abdellah²

1 : Laboratoire de Biochimie et de Biologie Moléculaire, Faculté de Médecine et de Pharmacie Rabat, Université Mohammed -V de Rabat, Maroc ;

2 : Laboratory of Research of Odontological Biomaterials and Nanotechnology. Faculté de Médecine Dentaire Rabat, Université Mohammed -V de Rabat, Maroc.

*Auteur correspondant : e-mail : ouazcom@yahoo.fr

Original submitted in on 31st August 2020. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st October 2020
<https://doi.org/10.35759/JABs.154.7>

RESUME

Introduction : Au Maroc, les périodes de sécheresse sont nombreuses et ont des conséquences néfastes sur la production agricole. Le tournesol est une plante oléagineuse très affectée par la sécheresse. Les plantes oléagineuses représentent 75 % de la consommation d'huiles au Maroc.

Objectif : Dans les conditions de culture d'environnement salin, l'analyse des taux de sucres extraits à partir des tiges et des feuilles permet de révéler la corrélation de l'augmentation ou l'absence d'accumulation des sucres simples et la tolérance ou la sensibilité à la salinité.

Méthodologies et résultats : La culture de différentes variétés commerciales d'origine France et Maroc de tournesol révèle des pourcentages de diminution comprises entre 0% et 38 % et entre 0 % et 60 % respectivement dans l'environnement de NaCl 60 mM et de NaCl 120 mM chez les différentes variétés étudiées. Les rapports de la teneur des sucres extraites des tiges et des feuilles dans les conditions de NaCl 60 mM par rapport à la teneur sucres témoins et ceux de la teneur des sucres dans les conditions de NaCl 120 mM par rapport à la teneur des sucres témoin sont compris entre 1,042 et 1,50 et entre 1,88 et 2,16 respectivement chez les différentes variétés étudiées.

Conclusion et Application des résultats : Ces variétés présentent une variabilité de la tolérance et la sensibilité. 2 variétés de tournesol (AG5640 et MK 3790) présentent une tolérance à l'environnement, 2 variétés de tournesol (Natil et Cliosol) présentent une tolérance modérée et 6 variétés (Santaffe, ORO 9, Albena, Santos, Florinne et Fleury) sont sensibles. Chez ces variétés étudiées l'accumulation de sucres simples dans les feuilles et les tiges dans l'environnement salin pourrait contribuer au maintien de l'équilibre osmotique au niveau cellulaire dans des conditions de déshydratation. D'autres études basées sur l'identification des paramètres génétiques et physiologiques permettront un criblage précoce de plantes adaptées à des contraintes liées aux stress salin et hydrique et classer les différentes variétés selon leur tolérance aux stress salin.

Mots clés : Sélection tournesol, stress salin, tiges, feuilles, sucre.

ABSTRACT

Introduction: In Morocco, periods of drought are numerous and have negative consequences on agricultural production. Sunflower is an oilseed plant that very affected by drought. Oil plants represent 75% of oil consumption in Morocco.

Objective: Under conditions of cultivation in a saline environment, analysis of the levels of sugars extracted from stems and leaves reveals the correlation of the increase or absence of accumulation of simple sugars and the tolerance or sensitivity to salinity.

Methodologies and results: The cultivation of different commercial varieties of French and Moroccan origin of sunflower in a saline environment reveals percentages decrease in the fresh weight ranging between 0% and 38% and 0% and 60% respectively in the environment of 60 mM and 120 mM of NaCl in the different varieties studied. The ratios of the content of sugars extracted from the stems and leaves under the conditions of 60 mM NaCl conditions compared to the control sugar content and those of the content 120 mM NaCl conditions compared to the control sugar content are between 1.042 and 1.50 and between 1.88 and 2.16 respectively in the different varieties studied.

Conclusion and Application of results: These varieties exhibit variability in tolerance and susceptibility. 2 varieties (AG5640 and MK 3790) show environmental tolerance, 2 varieties (Natil and Clisol) show moderate and 6 varieties (Santaffe, ORO 9, Albena, Santos, Florinne et Fleury) are susceptible. In these varieties studied, the accumulation of simple sugars in leaves and stems in the saline environment could help maintain osmotic balance at the cellular level under dehydrated conditions. Further studies based on the identification of genetic and physiological parameters will allow an early screening of plants screening of plants adapted to constraints linked to salt and water stress to classify the different varieties according to their tolerance to salt stress.

Keywords: Sunflower selection, salt stress, stems, leaves, sugars

INTRODUCTION

Les plantes subissent l'action de divers stress liés à l'effet du climat selon lequel subsistent des températures extrêmes, basses et élevées. La sécheresse peut être causée par un environnement salin, le manque d'eau, des radiations et des concentrations salines; la salinité, la température et la lumière sont les principaux facteurs qui limitent le développement des plantes dans les régions arides ou semi arides, par leur influence sur l'absorption de l'eau et de certains ions toxiques ou non la plante (FAO,2015). Les effets du stress hydrique ont des répercussions sur la croissance et le développement des plantes liées à la réduction de la photosynthèse, de la division cellulaire en relation avec les déséquilibres hormonaux qui se sont installés (acide abscissique, cytoquinines). L'ensemble de ces phénomènes aboutissent à une diminution de qualité et quantité de productions végétales (Benaceur *et al.*, 2001, Ould Mohamdi *et al.*, 2011). Face à ces stress, les plantes développent plusieurs mécanismes de tolérance à la sécheresse salinité. L'échappement consiste à

réaliser le cycle pendant la période favorable telle que la précocité, la dormance et la plasticité du développement. L'évitement de déshydratation permettant eu maintien du potentiel hydrique élevé dans la plante est réalisé par un maintien des quantités d'eau consommées ou une réduction des pertes d'eau par un ajustement osmotique, élasticité membranaire. La tolérance à la déshydratation consiste en un ensemble d'aptitude à résister aux effets d'un faible potentiel hydrique (résistance mécanique, dégradation membranaire. Dans des conditions de déshydratation L'équilibre osmotique cellulaire est maintenu par l'accumulation d'osmolytes (Bray *et al.*, 2000). Chez le blé, traité par le sodium azide, des mutants de Tritium ont été identifiés pour leur grande aptitude à l'eau liée au niveau des feuilles, (Rascio *et al.*, 1999). Chez les graminées et le tournesol les fructanes ont été étudiés en relation avec l'ajustement osmotique (Hincha *et al.*, 2006). Les fructanes sont cités, comme étant impliqués dans la résistance aux stress environnementaux tels que

le froid et la sécheresse (Vijn *et al.*, 1999). Au Maroc, le tournesol est la principale oléagineuse annuelle et représente un pourcentage de 15 % de la production totale d'huile. Il couvre avec les autres espèces oléifères, moins de 30 % des besoins. Le Maroc est tributaire des conditions climatiques lesquelles les périodes pluvieuses sont peu fréquentes. Les superficies cultivées de tournesol au Maroc sont 2,5 % de la superficie totale des plantes oléagineuses. Le principal facteur limitant l'eau disponible pour l'irrigation du tournesol entraîne des conséquences sur le ralentissement du progrès économique. Beaucoup d'études ont été faites pour la création de variétés de tournesol face à la résistance aux agents pathogènes (phomopsis et mildiou) tout en gagnant sur la productivité et la teneur en huile (Vear *et al.*, 2003). Par contre, les variétés de tournesol tolérantes à l'environnement salin n'ont pas été sélectionnées. Les essais effectués au préalable ont permis de donner des résultats variables liés à la contrainte de l'expérimentation dans les conditions moins astreignant (irrigation d'appoint, terrains profonds) (Jouffret *et al.*, 2008). La sélection végétale a

permis d'augmenter la production agricole et l'amélioration de la qualité technologique ou nutritionnelle des récoltes. La présente étude a eu pour objectif d'analyser les caractéristiques agronomiques de différentes variétés de tournesol commerciales d'origine France et des variétés locales d'origine Maroc cultivées dans les conditions normales et celles de différents environnements salins. Les marqueurs moléculaires liés à la tolérance à la salinité chez le tournesol à partir de matériel génétique constitué de populations d'hybrides ont été étudiés. La variabilité de la teneur des sucres solubles extraits des feuilles et des tiges des plantules suite à la réponse à l'adaptation des plantules durant la croissance dans différents environnements salins a été évaluée. L'amélioration de génotypes résistants aux contraintes de l'environnement représente un grand défi aux sélectionneurs de tournesol. La recherche de marqueurs génétiques et physiologiques corrélés à l'adaptation d'un stress hydrique et salin permet l'identification précoce des différentes variétés de tournesol selon leur tolérance à l'environnement salin.

MATERIEL ET METHODES

Matériel : Douze variétés de tournesol commerciales d'origine France et Maroc sont représentées sur le tableau 1.

Tableau 1 : Liste des différentes variétés de tournesol

Variété	Origines	Caractéristiques
AG 5640	Agri Genetics, LG Seeds Semences Limagrain	Hybride
Albena	RM PrograinGénétique, France / IWS, Bulgaria	Hybride simple précoce
Cliosol	France	Hybride
DK3790	Gallix RAGT, France / GKI, Hongrie/ Dekalb, U.S.A.	Hybride
Euroflor	Rustica Semences, France / Sigco, U.S.A	Hybride simple tardif
Fleury	AS 477 ASGROW	Hybride
Florine	AS 440 ASGROW	Hybride
Karima Oro 9	I.N.R.A MAROC	Population précoce
Peredovik Vniimk	Russie	Population
Santiago	Hilleshög-NK, France / ICCPT, Rumania	Hybride simple demi précoce
Santaffe	France	Hybride
SH 26	Semillas Pacifico Espagne	Hybride trois voies

Culture des semences des différentes variétés de tournesol : Les graines ont été rincées avec l'eau distillée additionnée de NaOCl et mises en culture dans des bacs contenant du sable terreau (tourbe) et du solprovenant de la région de Rabat. Les plantules témoins sont arrosées avec l'eau d'assainissement urbain. Les plantules conditionnées à l'environnement salin sont irriguées avec la solution de NaCl 60 mM et 120 mM.

Méthodes

Détermination des poids frais des plantules de tournesol : La moyenne des poids frais de 6 plantules de tournesol témoins et celles cultivées sous l'environnement salin est déterminée aux différents stades de développement des plantules pendant la durée de 40 jours.

Extraction des sucres à partir des feuilles et des tiges : 0,1 gr de feuilles et de tiges sont prélevées séparément à partir des plantules témoins et celles cultivées dans l'environnement salin 60 mM et 120 mM. Après rinçage à l'eau du robinet additionné de NaOCl,

les feuilles sont additionnées de 2 ml de tampon Tris pH 8,6, cystéine 0,2 %, albumine 0,1 %, polyvinylpyrrolidone 1 % et β -mercaptoéthanol 0,1 mM et broyées dans un mortier à 4°C. Après centrifugation et élimination des débris cellulaires le surnageant est récupéré et est additionné de 2 ml d'éthanol et chauffé à 80°C pendant ½ h. Après centrifugation, le surnageant contenant les sucres réducteurs est récupéré et conservé pour le dosage des sucres solubles (Conroy *et al.*, 1988).

Dosage des sucres solubles : Le dosage des sucres est effectuée par la méthode de Cooper *et al.*, 1970. Une fraction de 100 μ l des extraits de sucres est additionnée de 5 ml de la solution d'orthotolidine. Après chauffage pendant 8 min à 100°C, les solutions sont refroidies et l'absorbance de la coloration obtenue est déterminée à la longueur d'onde de 630 nm. Les concentrations de glucose des extraits des tiges et des feuilles sont déterminées à partir d'une courbe d'étalonnage de glucose.

RESULTATS

Variation des poids frais des différentes variétés de plantules de tournesol cultivées dans un environnement salin

Tableau 2 : Variation des pourcentages de diminution des poids frais (PF) (gr) des plantules de tournesol cultivées dans un environnement de NaCl 60 mM et 120 mM par rapport à celles cultivées dans un environnement témoin (abs de NaCl). T : témoin. 1 : NaCl : 60 mM . 2 : NaCl 120 MM.

Variété	DuréeAjout NaCl	Total croissance (jours)	T	NaCl 60 mM	NaCl 120 mM	PF % ¹	PF % ²
Santaffe	25	40	1,18	0,7	0,5	28	48
ORO 9	25	40	1,3	0,62	0,4	37	60
AG 5640	30	50	1,2	1,2	1,2	0	0
Albena	25	31	1,38	1,2	1,00	40	19
Florinne	21	31	1,42	1,2	0,9	17	39

Tableau 3 : Variation des pourcentages de diminution des poids frais (gr) des plantules de tournesol cultivées dans un environnement de NaCl 60 mM et 120 mM par rapport à celles cultivées dans un environnement témoin (absence de NaCl).

Variété	Durée Stress	Total croissance (jours)	Poids Frais			PF %	PF %
			T	NaCl 60 mM	NaCl 120 mM		
Santiago	30	43	1,5	1,1	1,2	33	25
MK 3790	30	50	1,30	1,59	0,91	0	20
Cliosol	30	43	0,94	0,91	0,58	3	38
Santos	30	50	2,40	2,08	1,51	13	37
Natil	26	43	1,44	1,21	1,13	16	21,5
Fleury	26	43	1,94	1,53	1,40	21	28

La variabilité des poids frais durant la croissance des plantules des différentes variétés de tournesol (Tableau n°2) cultivées dans l'environnement de NaCl 60 mM révèle un pourcentage de diminution des poids frais de 28 %, 37 %, 0%, 0% et 17 % respectivement chez les variétés Santaffe, Oro 9, AG 5640, Albenna et Florinne. Les variétés AG 5640 et Albenna présentent une tolérance à l'environnement salin NaCl 60 mM par rapport aux variétés Santaffe, Oro 9 et Florinne. Dans l'environnement de NaCl 120 mM, les pourcentages de diminution des poids frais sont 48%, 60%, 0%, 19% et 39% respectivement chez les variétés Santaffe, Oro 9, AG 5640, Albenna et Florinne. La variété AG 5640 présente une tolérance à l'environnement salin par rapport aux autres variétés étudiées. La variété Albenna présente une tolérance à l'environnement salin 120 mM par rapport aux variétés Santaffe, ORO9 et Florinne. Les variétés Santaffe, Oro9 et Florinne présentent une forte

sensibilité à l'environnement NaCl 120 mM. La croissance des plantules de tournesol durant 50 jours (tableau 3) cultivées dans l'environnement de NaCl 60 Mm révèlent des diminutions de poids frais de 34 %, 0%, 3%, 30 %, 16 % et 21 % respectivement chez les variétés Santiago, MK 3790, Clisol, Santos, Natil et Fleury. Les variétés Clisol et MK 3790 sont tolérantes à l'environnement de NaCl 60 Mm par rapport aux variétés Natil, Santos, Santiago et Fleury. A l'environnement de NaCl 120 Mm, les pourcentages de diminutions des poids frais sont 25 %, 30 %, 38 %, 37 %, 21 % et 28 % respectivement chez les variétés Santiago, MK 3790, Clisol, Santos, Natil et Fleury. La variété MK 3790 présente une sensibilité modérée à l'environnement de NaCl 120 Mm par rapport aux variétés Santiago, Clisol, Santos, Natil et Fleury.

Variation de la teneur en sucres extraits à partir des tiges et des feuilles

Tableau 4 : Rapport (R) des teneurs en sucres extraites à partir des tiges (1) de plantules de tournesol cultivées dans l'environnement de NaCl 60 mM et 120 mM par rapport aux teneurs des sucres des tiges témoins cultivées en absence de NaCl.

Variété	Teneur sucres des tiges gr/gr poids frais			R NaCl 60 mM	R NaCl 120 mM
	Témoin	NaCl 60 mM	NaCl 120 mM		
MK 3790 (1)	0,27	0,35	0,52	1,50	2,16
Santiago (1)	0,174	0,23	0,4	1,38	2,47
Clisol (1)	0,33	0,35	0,62	1,042	1,88

Tableau 5 : Rapport (R) des teneurs en sucres des Feuilles (2) des plantules de Tournesol cultivées dans l'environnement NaCl 60 mM et 120 mM par rapport aux teneurs des sucres des feuilles des plantules cultivées en absence de NaCl.

Variété	Teneur sucres des feuilles (gr)/gr poids frais			NaCl 60 mM R	NaCl 120 mM R
	Témoin	NaCl 60 mM	NaCl 120 mM		
Santos (2)	0,34	-	1,14	-	3,38
Natil(2)	0,35	-	2,24	-	6,46
AG 5640 (2)	0,52	0,66	0,53	1,26	1,021
SH 26 (2)	0,4	0,51	0,46	2,46	1,15
Peredowich	0,44	0,80	0,78	1,81	1,77
Albena	0,44	0,606	0,98	1,37	2,22

Les rapports de la teneur des sucres tiges NaCl 60 mM par rapport à la teneur des sucres tiges témoins sont 1,50, 1,38, 1,042 respectivement chez les variétés Santiago, MK 3790 et Cliosol (tableau 4). Les rapports de la teneur des sucres tiges NaCl 120 Mm par rapport à la teneur des sucres tiges témoin sont 2,16, 2,47 et 1,88 respectivement chez les variétés Santiago, MK 3790 et Cliosol. Les différentes variétés répondent par l'augmentation de la teneur en sucres dans les conditions de l'environnement salin. Les rapports de la teneur des sucres extraits à partir des tiges chez les variétés Santiago, MK 3790 et Natil cultivées dans l'environnement de NaCl 120 mM par rapport à la teneur des sucres tiges cultivées dans les conditions témoins sont plus élevés par rapport à ceux des conditions de l'environnement de NaCl 60 mM. L'augmentation de la teneur en sucres présente une variabilité chez les différentes variétés étudiées. La teneur en sucres extraites dans les tiges chez la variété Cliosol présente une légère augmentation dans l'environnement de NaCl 60 mM par rapport à la teneur en sucres extraites dans l'environnement en absence de NaCl. Cette variété présente une variabilité de la réponse de la teneur en sucres liée à l'adaptation à la salinité par rapport aux variétés Santiago et MK 3790. Les variétés MK 3790 et Santiago présentent une teneur en sucres extraites à partir des tiges plus élevés par rapport à la teneur en sucres des tiges témoins. Les deux variétés MK 3790 et Santiago présentent une augmentation modérée de la teneur en sucres liée à l'adaptation à l'environnement salin. Les rapports des teneurs des sucres extraits des

feuilles NaCl 60 mM par rapport à la teneur des sucres feuilles témoins sont 1,26, 2,46, 1,81 et 1,37 respectivement chez les variétés AG 5640, SH 26, Peredowich et Albena (tableau 5). Les rapports des teneurs de sucres feuilles NaCl 120 mM par rapport à la teneur des sucres feuilles témoin sont 1,021, 1,15, 1,77 et 2,22 respectivement chez les variétés AG 5640, SH 26, Peredowich et Albena. Les rapports des teneurs des sucres des feuilles NaCl 120 Mm par rapport à la teneur des sucres feuilles témoin sont 3,38 et 6,46 respectivement chez les variétés Santos et Natil. Le rapport de la teneur en sucres feuilles NaCl 60 mM par rapport à la teneur des sucres feuilles témoin de la variété SH 26 est plus élevé par rapport à celui des variétés AG5640, Peredowich et Albena. Le rapport de la teneur en sucres des feuilles NaCl 120 Mm par rapport à la teneur des sucres feuille témoin des variétés Natil et Santos est plus élevé par rapport à celui des variétés AG 5640, SH 26, Peredowich et Albena. La variété AG 5640 ne présente pas d'augmentation de sucres extraits dans les feuilles prélevées dans les conditions d'environnement de NaCl 60 mM et 120 mM par rapport à la teneur en sucres extraits à partir des feuilles dans les conditions témoins. La variété MK 3790 présente une meilleure tolérance à la croissance à dans les conditions de l'environnement de NaCl 60 mM et a un rapport de sucres dans les tiges plus élevé par rapport à celui des variétés Santiago et Natil. La variété AG5640 a une faible augmentation de sucres dans l'environnement 60 mM et 120 Mm et présente une tolérance à la croissance dans l'environnement salin.

DISCUSSION

La salinité, la présence de concentration élevée en chlorure de sodium limite la culture des variétés de Tournesol. Les différentes variétés étudiées présentent une variabilité liée à la sensibilité ou la tolérance à la salinité. Les variétés tolérantes à la salinité sont d'origine France AG 5640 et hybride simple (Albena) présentent une tolérance à la salinité supérieure à celles des variétés populations d'origine Maroc, la population Russe (Vear *et al.*, 2011). La variété hybride simple demie précoce Santiago et la variété Santaffe présentent une forte sensibilité aux concentrations de NaCl 60 et 120 mM. Les variétés Natil et Fleury présentent une sensibilité modérée à l'environnement salin de NaCl 60 mM et 120 mM. Les répercussions des stress sur les plantes dépendent du stade développement du mode de culture et du climat (Maury *et al.*, 2011). Les réductions des poids frais au cours de la croissance des plantules de Tournesol dans l'environnement salin 120 Mm sont plus élevées par

rapport celles de l'environnement 60 mM. Les travaux d'Aziadekey *et al.*, (2014) ont révèlé la réduction des caractères agromorphologiques chez une lignée de Niébé cultivé dans un environnement de stress hydrique pendant une période de 16 jours. Dans les conditions de culture d'environnement salin, l'analyse des taux de sucres extraits à partir des tiges et des feuilles révèle une corrélation entre la réponse à la plante par l'augmentation ou l'absence d'accumulation des sucres simples lié à la tolérance à la salinité et la sensibilité à la salinité chez les variétés AG 5640, Albena et Cliosol au cours de la croissance des plantules de tournesol. Le rapport de la teneur en sucres tiges NaCl 120 mM par rapport à la teneur des sucres tiges témoins est plus élevé par rapport à celui des sucres tiges NaCl 60mM des sucres témoin. Chez les feuilles cette augmentation n'est pas observée chez les différentes variétés étudiées. Chez la variété SH 26 la teneur est diminuée, chez la variété Pederowich elle est peu modifiée.

L'accumulation faible des sucres simples dans les feuilles et la corrélation à la tolérance à l'environnement salin chez la variété AG 5640 pourrait être liée à un mécanisme d'ajustement osmotique différent par rapport aux autres variétés étudiées. Aux stress de NaCl 120 mM, le taux de sucres extraits des tiges est plus élevé par rapport aux taux de sucres extraits des tiges conditionnées aux stress 60 mM. Les mécanismes d'adaptation aux contraintes hydriques présentent une variabilité génétique chez les espèces cultivées. Ces résultats révèlent la grande diversité des géotypes de tournesol face à leur comportement dans un environnement salin (Maury *et al.*, 2011). La réduction de la production végétale sous l'influence d'un environnement salin caractérisée par les modifications morphologiques, physiologiques et biochimiques a été mise en évidence par différents auteurs (Tafforeau, 2002, Ashraf *et al.*, 2004). L'étude de Gogbeu *et al.*, 2019 a révélé la teneur en sucres au niveau des feuilles ne dépassant pas l'âge de 90 jours plus élevée par rapport à celle des racines de la variété zouhn-kinmin (Gogbeu

et al., 2019). Une accumulation de fructanes est également observée en réponse à la déshydratation chez de nombreuses espèces. Ces derniers jouent un rôle déterminant avec le saccharose dans l'ajustement osmotique, et aussi au niveau de la protection des membranes (Hinchae *et al.*, 2007). Les molécules osmoprotectantes jouent le rôle de stabilisation membranaire (Folkert *et al.*, 2001). La réponse à l'adaptation chez les plantes à la salinité s'accompagne de nouvelles voies métaboliques. Ces mécanismes installent la compartimentation vacuolaire ou l'exclusion des ions toxiques (Blumwald *et al.*, 2004, Munns *et al.*, 2008). L'excès du sodium dans le cytoplasme est expulsé vers le compartiment extra cellulaire ou au cloisonnement des ions Na⁺ et Cl⁻ au niveau cellulaire et intracellulaire pour éviter l'augmentation de leurs concentrations dans le cytoplasme et des cellules de mésophile. La teneur en sucres augmente avec l'augmentation de la concentration du sel dans le milieu (Gogbeu *et al.* 2019).

CONCLUSION

Ces résultats révèlent la grande diversité des géotypes de tournesol face à leur comportement dans un environnement salin. Deux variétés commerciales présentent une tolérance à l'environnement salin total, deux variétés présentent une tolérance modérée et six variétés sont très sensibles par rapport à douze variétés étudiées. La synthèse d'osmolytes permet le maintien de l'équilibre osmotique cellulaire dans les conditions de stress salin. La grande variabilité caractérisée chez les

différentes espèces de tournesol étudiées constitue des outils de sélection de géotypes adaptés aux stress salins. D'autres études basées sur l'investigation des facteurs agronomiques, génétiques et physiologiques permettront de distinguer la variabilité des plantes adaptées aux contraintes liées aux stress salin et hydrique et de classer les différentes variétés selon leur tolérance aux stress salins.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ashraf M., Harris P. J. C., 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166: 3-6. DOI: [10.1016/j.plantsci.2003.10.024](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024)
- Aziadekey M., Atayi A., Odah A., Magamana A. E., 2014. Etude de l'influence du stress hydrique sur deux lignées de niébé. *European Scientific Journal*. vol.10, No.30 : 328-338.
- Benaceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Medahi M., Selmi M., 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, 12 (3): 167- 174.
- Blumwald E., Grover A., Good A.G., 2004. Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities. «New directions for a diverse planet». *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, 26 September – 1 October, Brisbane, Australia.[CDROM]. Web site www.cropscience.org.au.
- Bray E. A., Bailey-Serre J., Weretilnyk E., 2000. Responses to abiotic stresses. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. (eds B B Buchnau, W. Gruissem R. L. Jones, pp.1158-1203. *American Society of Plant Physiologists*, Rockville, MD.
- Conroy J.P., Virgona J.M., Smillie R.M., Barlow E.W., 1988. Influence of drought acclimation and CO₂ enrichment on osmotic adjustment and chlorophyll a fluorescence of sunflower during drought. *Plant Physiology* 86, 1108-1115.
- Cooper G. R. and McDaniel V. 1970. The determination of glucose by the ortho-toluidine method (filtrate and direct procedure). *Standard Methods of clinical chemistry*. 61:159-170.

- FAO, 2015. État des ressources en sols du monde résumé technique, <http://www.fao.org/3/ai5126f.pdf>
- Folkert A. H., Golovina E. A., Buintik J., 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in plant science* 6 (9): 431-438. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(01\)02052-0](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(01)02052-0).
- Gogbeu S. J. , Yapo S. E. S., Gore B. B. N., Ayolie K, Kouass IN'Dri J., Nacanabo R., Dogbo D. O., Kouadio Y. J., 2019. Effets du traitement des plants de riz au chlorure de sodium sur la synthèse et accumulation des sucres totaux et des composés phénoliques ethano-solubles dans les feuilles et racines. *Journal of Applied Bioscience*, 135: 13775 – 13787 <https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/186360>.
- Hincha D.K., Popova A.V., Cacula C., 2006. "Effects of sugars on the stability and structure of lipid membranes during drying", A. Leitmannova Liu ed., *advances in planar lipid bilayers and liposomes*, Elsevier, Amsterdam, 3: 189-217. DOI: [10.1016/S1554-4516\(05\)03006-1](https://doi.org/10.1016/S1554-4516(05)03006-1).
- Hincha D.K., Livingston D.P., Premakumar R., Zuther E., Obel N., Cacula C., Heyer A.G. 2007. "Fructans from oat and rye: composition and effects on membrane stability during drying", *Biochimica and Biophysica Acta*, 1768, 1611-1619. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2007.03.011>
- Jouffret P., Vogrincic C., 2008. Description des freins et enjeux de production de tournesol, colza et soja à l'horizon 2009-2012 dans le Sud-Ouest. Rapport interne CETIOM, 27 p.
- Maury P., Langlade N., Grieu P., Rengel D., Sarrafi A., Debaeke P., Vincourt P. 2011. Ecophysiologie et génétique de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. *Innovations Agronomiques*. 14, 123-138.
- Munns R., Tester M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1): 651-681. DOI: [10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911](https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911).
- Ould Mohamdi M., Bouya D., Ould Mohamed Salem A., 2011. Etude 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: [10.4314/ijbcs.v5i3.72171](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i3.72171)
- Rascio A., Russo M, Platani C., Giampaolo Ronga G., Di Fonzo N., 1999. Mutants of durum wheat with alterations in tissue affinity for strongly bound water. *Plant Science*. 144 (1): 25-34. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00053-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00053-9)
- Shawquat Md., Hamid A., Salahuddin A.B. M., Quasem A. 2008. Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Oryza sativa*). *Journal Agronomy and Crop Science*: 179(3): 149-161. DOI: [10.1111/j.1439-037X.1997.tb00511.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1997.tb00511.x).
- 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.
- Vear F., Bony Y., Joubert G., Tourvieille de Labrousche D., 2003. 30 years of sunflower breeding in France. *OCL*, 10 (1):66-73. DOI: [10.1051/ocl.2003.0066](https://doi.org/10.1051/ocl.2003.0066)
- Vear F., Muller M.H., 2011. Progrès variétal chez le tournesol : l'apport des ressources génétiques au sein du genre *Helianthus* *Innovations Agronomiques*, 14 : 139-150.
- Vijn I, Smeekens S. 1999. Fructan: more than a reserve carbohydrate. *Plant Physiology*. 120(2): 351–360. DOI: [10.1104/pp.120.2.351](https://doi.org/10.1104/pp.120.2.351)