

IMPACTS DE LA DESHYDRATATION ET DE LA REHYDRATATION SUR LE METABOLISME CELLULAIRE DES PLANTS DE *Parkinsonia aculeata* L.

BENADJAOUD A. ⁽¹⁾ et AÏD F. ⁽²⁾

- ⁽¹⁾ Faculté des Sc. de la Nat. et de la Vie
Université Abderrahmane MIRA, 06000 Béjaïa - Algérie
- ⁽²⁾ Labo. de Biol. des Populations et des Organismes
Fac. des Sc. Biologiques, U.S.T.H.B., N° 32 El Alia,
Bab-Ezzouar, Alger - Algérie

Adresse e-mail : ali.benadjaoud@laposte.net
N° Téléphone : 213 021 24 79 51
N° Télécopie : 213 021 24 72 17

RESUME

Des plants de *Parkinsonia aculeata* L. sont déshydratés par arrêt d'arrosage pendant treize jours, puis réhydratés. Les feuilles des plants témoins et stressés sont analysées tous les deux jours depuis l'arrêt d'arrosage et après 6, 24, 48 et 72 heures après réhydratation. La teneur relative en eau décline de près de 20 % durant la déshydratation, et regagne sa valeur maximale après six heures seulement de réhydratation. La perte graduelle en eau des feuilles est de moitié moins importante au niveau des feuilles des plants stressés par rapport aux feuilles des plants témoins. Les feuilles des plants déshydratés montrent des teneurs relativement élevées en proline, sucres solubles et en amidon qui diminuent très rapidement après la levée du stress. Les plants de *Parkinsonia aculeata* L. surmontent donc l'effet du stress hydrique par une mise en place d'un système capable de retenir l'eau à l'échelle cellulaire par un ajustement osmotique.

Mots clés : Déshydratation, réhydratation, *Parkinsonia aculeata* L., statut hydrique foliaire, ajustement osmotique.

اثر التجفيف و التمييه على الميتابوليزم الخلوي لنباتات

Parkinsonia acuelata L.

ملخص

لقد تم تجفيف نباتات *Parkinsonia acuelata* L. بتوقيف السقي لمدة 13 يوما . بعد هذه المدة المذكورة ، اعيد تمييه هذه الأخيرة بالماء .

في الحقيقة ، توبيعت هذه التجربة بتحليل كيميائية لأوراق *Parkinsonia acuelata* L. الشاهدة و النموذجية و هذا كل يومين منذ توقيف السقي. لكن بعد عملية التمييه كانت تقام التحاليل بعد 6، 24، 48، و 72 ساعة .

لقد لوحظ من هذه التطبيقات أن الماء في اوراق نباتاتنا المعنية ينقص بنسبة 20 % أثناء التجفيف و الذي يسترجع قيمته العظمى بعد 6 ساعات فقط من التمييه .

كما لوحظ كذلك أن الفقدان التدريجي للماء في أوراق *Parkinsonia acuelata* L. النموذجية يمثل نصف الكمية في الأوراق المجففة الشاهدة .

أخيرا لوحظ من التحاليل الكيميائية أنه بعد التجفيف ، أوراق نباتات *Parkinsonia acuelata* L. تحتوي على كميات معتبرة من البرولين، السكريات المنحلة و النشاء والتي تنقص بسرعة بعد التمييه .

أخيرا ، نستطيع أن نستنتج أن نباتات *Parkinsonia acuelata* L. تقاوم الجفاف بفضل وجود نظام خلوي مرافق قادر على حفظ الماء بطريقة الأسموز .

كلمات المفتاح : تجفيف، تمييه، نظام أسموزي مرافق.

ABSTRACT

Plants of *Parkinsonia aculeata* L. were dehydrated by withholding water during 13 days, and rehydrated afterwards. Leaves of control and stressed plants were analysed every two days from the beginning of stress and after 6, 24, 48 and 72 hours from the rehydration. The relative water content declines at about 20 % during dehydration and leaves regained their maximal value only after 6 hours of rehydration. The relative water loss of leaves is half less important at the level stressed leaves than the unstressed ones. The leaves of dehydrated plants showed relatively increased amounts of proline, soluble sugars and starch, which will diminish rapidly after rehydration. The plants of *Parkinsonia aculeata* L. avoid the effect of water stress by a system able to detain water by osmotic adjustment.

Key words: Dehydration, rehydration, *Parkinsonia aculeata* L., foliar hydric state, osmotic adjustment.

INTRODUCTION

Les plantes adaptées à la sécheresse manifestent des réponses variées entre la fuite (*escape*), l'évitement (*avoidance*) et la tolérance du stress hydrique. La fuite du stress est propre aux espèces éphémères, qui bouclent leur cycle de développement en un temps très court. Les plantes qui évitent la sécheresse ont la faculté de réduire la perte d'eau et/ou d'élever leur capacité d'absorber l'eau grâce à un système racinaire profond, un faible indice de surface foliaire et une sensibilité des stomates aux moindres variations du potentiel hydrique. Les espèces tolérantes développent en outre, un mécanisme d'ajustement osmotique par les solutés compatibles, qui participent au maintien de la turgescence cellulaire (BRAY, 1997).

Parkinsonia aculeata L. (*Caesalpinaceae*) est un arbuste épineux, rencontré naturellement dans les savanes désertiques, où la température moyenne annuelle dépasse 25°C. La germination rapide de ses graines aux hautes températures (25 et 27°C) et lorsque l'humidité est suffisamment disponible, offre de meilleures chances d'établissement et de survie pour cette espèce (BENADJAOUD et Aïd, 2004). Néanmoins, en période de sécheresse, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. sont confrontés aux conditions adverses du milieu, dont le manque d'eau et les fortes températures. Durant cette période, les plants surmontent l'effet du stress hydrique en développant des mécanismes d'adaptation. L'objectif de la présente étude est de comprendre par quels mécanismes ces plants survivent au déficit hydrique.

MATERIEL ET METHODES

Les graines de *Parkinsonia aculeata* L. proviennent du site de l'arboretum de la station régionale de l'Institut National de Recherche Forestière de Tamanrasset. Après scarification mécanique, les graines sont mises à germer à l'obscurité et à 27°C (BENADJAOUD et AÏD, 2004). Les plants de quatre jours sont repiqués dans des pots contenant du terreau, à raison de trois plants par pot. L'arrosage est quotidien durant cinq semaines pour permettre aux plants de développer quatre feuilles.

Un premier lot de plants de cinq semaines d'âge est quotidiennement arrosé par 20 ml d'eau par pot (plants témoins). Un second lot est soumis à un arrêt d'arrosage pendant treize jours (plants déshydratés), puis réhydraté par 20 ml d'eau par jour et par pot (plants réhydratés). Les quatre premières feuilles sont prélevées (plants témoins et

déshydratés) pour les différentes études, tous les deux jours depuis le premier jour de l'expérimentation jusqu'au treizième jour. Les prélèvements des quatre premières feuilles des plants réhydratés s'effectuent après 6, 24, 48 et 72 heures de levée du stress.

La teneur relative en eau (TRE) et la perte graduelle en eau (PGE) sont étudiées à partir des quatre feuilles d'un plant par la méthode de Clarke et MCCAIG (1982a et b)

La proline est extraite par du méthanol à partir des quatre feuilles sèches d'un individu. Sa teneur est déterminée par la méthode de BATES et al., (1973). Sa densité optique est mesurée à $\lambda = 515$ nm au spectrophotomètre UV-1240 Shimadzu.

Les sucres solubles et l'amidon soumis à une hydrolyse acide sont extraits trois fois par de l'éthanol à 80 % bouillant, à partir des quatre feuilles fraîches d'un individu. Leur quantité est déterminée par la méthode de McCREADY et al. (1950). Leur densité optique est mesurée à $\lambda = 630$ nm au spectrophotomètre UV-1240 Shimadzu.

RESULTS

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur la TRE

La TRE des feuilles d'un plant de *Parkinsonia aculeata* L. quotidiennement arrosé est de $81,79 \pm 1$ %. Celle des plants stressés est identique à la TRE des plants témoins, du moins durant les cinq premiers jours de l'arrêt d'arrosage, puis diminue graduellement du cinquième jusqu'au neuvième jour du stress, d'un peu moins de 1,4 % par jour de déshydratation. Cette diminution journalière devient plus marquée (2,7 %) entre le neuvième et le treizième jour d'arrêt d'arrosage (Fig. 1).

La TRE augmente rapidement après six heures seulement de réhydratation. La différence entre TRE des plants réhydratés et celle des plants témoins s'estompe complètement après 48 heures de levée du stress (Fig. 1).

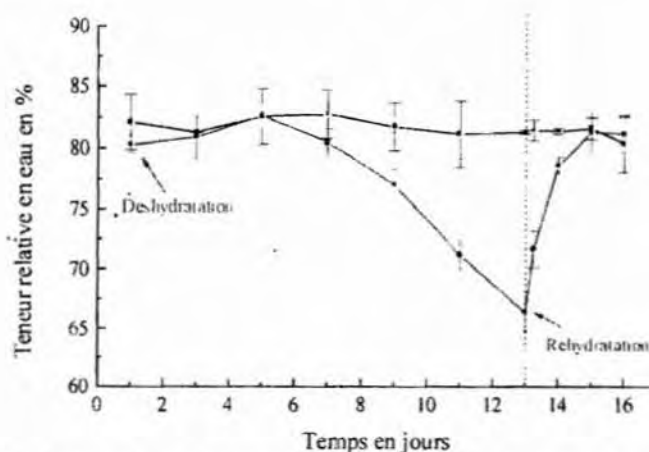


Figure 1 : Evolution de la teneur relative en eau des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la teneur relative en eau est donnée en % et représente la moyenne de trois expérimentations).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur la PGE

La PGE assimilée à une transpiration résiduelle des quatre feuilles d'un plant de *Parkinsonia aculeata* L. quotidiennement arrosé est de $1 \cdot 10^{-3} \text{ g.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$. Celle des plants stressés diminue rapidement dès le troisième jour après application de la contrainte hydrique. Cette diminution s'amplifie au fur et à mesure que l'amplitude du stress augmente (Fig. 2).

Après réhydratation, la PGE augmente rapidement et rattrape la valeur des plants témoins après 72 heures de levée du stress (Fig. 2).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur le taux de proline

La quantité en proline des feuilles de plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L. reste identique durant les onze premiers jours de croissance, puis amorce une baisse régulière jusqu'au seizième jour de croissance.

Celle des plants stressés est quasiment identique à celle des plants témoins durant les cinq premiers jours de la déshydratation ($2,7 \pm 0,06 \text{ mg.}100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS), puis augmente régulièrement de $0,2 \text{ r.g.}100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS par jour de déshydratation entre le cinquième et le treizième jour de l'arrêt d'arrosage (Fig. 3).

Dès réhydratation, la quantité en proline diminue rapidement durant les six premières heures de levée du stress, pour atteindre $2,16 \pm 0,1$ $\text{mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS après 72 heures de réhydratation (Fig. 3).

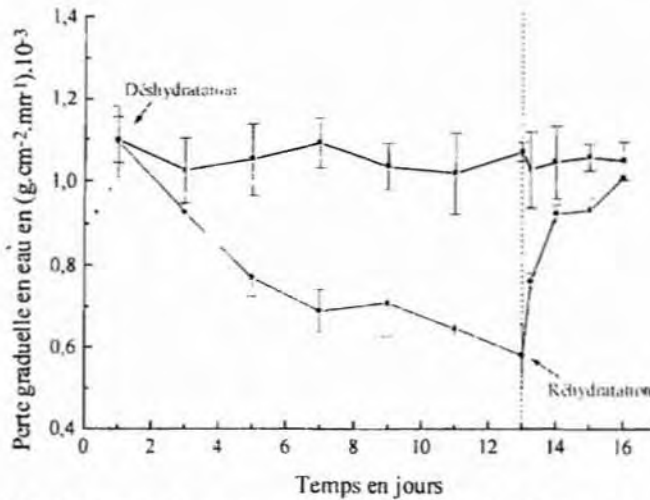


Figure 2 : Evolution de la perte graduelle en eau des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la perte graduelle en eau est donnée en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{mn}^{-1} \cdot 10^{-3}$ et représente la moyenne de trois expérimentations).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur le taux de sucres solubles

La quantité en sucres solubles des feuilles des plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L. fluctue peu durant toute la durée de l'expérimentation. Celle des plants stressés est identique à celle des plants témoins durant les cinq premiers jours de l'arrêt d'arrosage, puis augmente de $1,25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS par jour d'arrêt d'arrosage entre le cinquième et le onzième jour de stress. Cette teneur est par ailleurs, deux fois plus importante au onzième jour de l'arrêt d'arrosage comparé à la valeur du témoin correspondant. Du onzième au treizième jour de déshydratation, la quantité en sucres solubles augmente fortement. Elle passe de $14,32$ à $26,50 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS, soit une élévation journalière de $6,09 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS (Fig. 4).

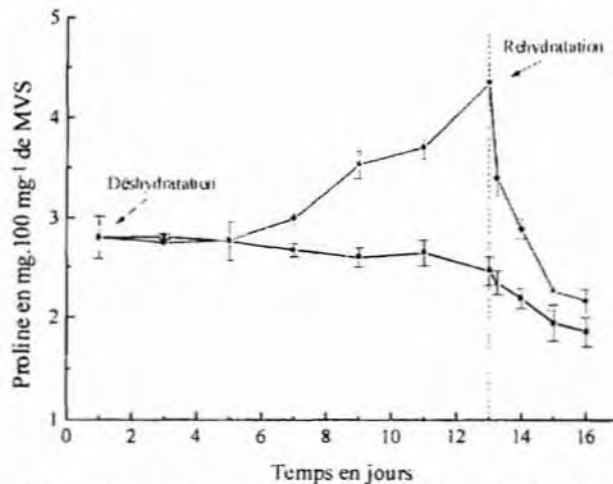


Figure 3 : Evolution de la quantité en proline des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la quantité en proline est donnée en mg.100 mg^{-1} de MVS et représente la moyenne de trois expérimentations)

Après réhydratation, une diminution peu marquée pendant les six premières heures est observée. Cette diminution s'accroît au bout de 24 heures de réhydratation, où l'on regagne la même teneur en sucres solubles que celle observée chez les plants témoins (Fig. 4).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur le taux d'amidon

La teneur en amidon observée dans les feuilles des plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L. est de $2,07 \pm 0,32 \text{ mg.100 mg}^{-1}$ de MVS durant toute l'expérimentation (Fig. 5). Chez les plants stressés, la quantité d'amidon est similaire à celle des plants témoins, du moins durant les cinq premiers jours de déshydratation, puis augmente régulièrement de $0,81 \text{ mg.100 mg}^{-1}$ de MVS par jour de déshydratation entre le cinquième et le onzième jour de l'arrêt d'arrosage. Entre le onzième et le treizième jour du stress, la teneur en amidon augmente peu ($6,96 \pm 0,43$ à $7,51 \pm 0,36 \text{ mg.100 mg}^{-1}$ de MVS).

Lors de la réhydratation, la diminution de la quantité d'amidon est très rapide. Elle passe de $7,51$ à $4,59 \text{ mg.100 mg}^{-1}$ de MVS après seulement six heures de levée du stress, puis avoisine la quantité moyenne observée chez les plants témoins, 24 heures après réhydratation (Fig. 5).

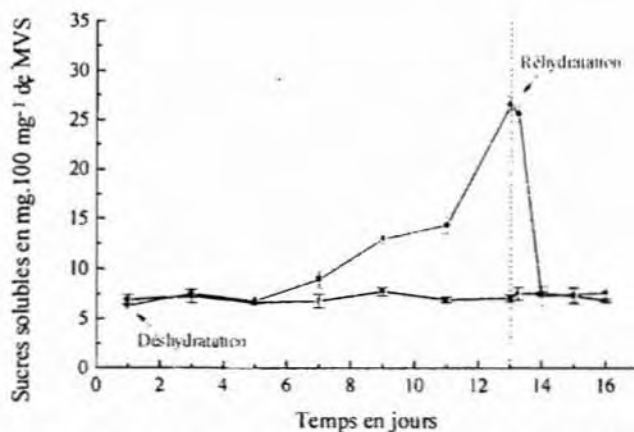


Figure 4 : Evolution de la quantité en sucres solubles des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la quantité en sucres solubles est donnée en mg.100 mg⁻¹ de MVS et représente la moyenne de trois expérimentations)

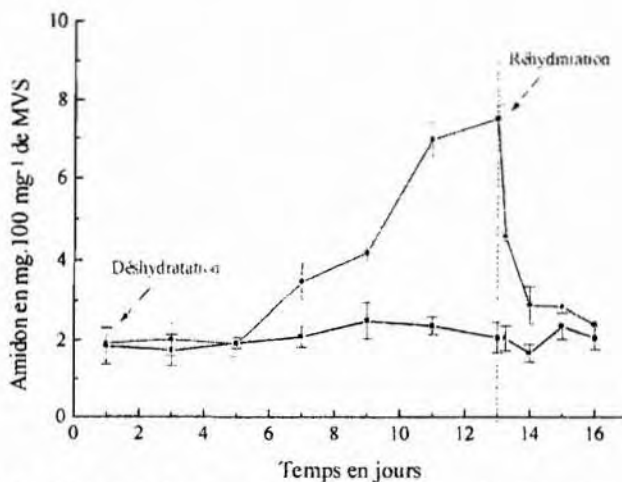


Figure 5 : Evolution de la quantité en amidon des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la quantité en amidon est donnée en mg.100 mg⁻¹ de MVS et représente la moyenne de trois expérimentations).

DISCUSSION

La TRE des feuilles des plants de *Parkinsonia aculeata* L. commence à diminuer du cinquième au neuvième jour de l'arrêt d'arrosage de 1,4 % par jour de déshydratation. Cette diminution est proche de celle des espèces plus particulièrement adaptées aux conditions de sécheresse comme *Poa pratensis* L. et *Festuca arundinacea* Schreb., dont la baisse journalière est de 1,58 % pendant les sept premiers jours de déshydratation (FU and HUANG, 2001). Lorsque l'intensité du stress devient plus élevée, la diminution de la TRE des feuilles de *Parkinsonia aculeata* L. est de 18,80 % au treizième jour du stress. Elle est près de deux fois moins importante que la diminution (39,56 %) enregistrée dès le dixième jour de l'arrêt d'arrosage dans les feuilles de *Nicotiana tabacum* L. cv. *Petit Havana*, espèce sensible à la sécheresse (REY et al, 2000).

En conditions de déshydratation, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. présentent une capacité de sauvegarde d'une quantité appréciable d'eau au niveau de leurs feuilles. Un des principaux mécanismes qui permet d'amoindrir une diminution conséquente de la TRE est la capacité de rétention de l'eau. Ainsi, en réponse au stress hydrique, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. sont capables de diminuer très rapidement leur PGE, dès le troisième jour de l'application de cette contrainte, avant même une diminution de leur TRE. Par ailleurs, lorsque l'intensité du stress devient plus importante, les plants sont capables de réduire encore plus leur transpiration résiduelle, puisque la PGE des plants stressés représente au treizième jour de l'arrêt d'arrosage, la moitié de la PGE des plants témoins.

La capacité de rétention de l'eau est d'autant plus grande que l'indice de surface foliaire est faible (NOGUES and BAKER, 2000). La surface foliaire moyenne des quatre premières feuilles d'un plant de *Parkinsonia aculeata* L. est de $11,095 \pm 1,23 \text{ cm}^2$. Les feuilles sont petites et leur surface foliaire est faible, ceci concourt à une réduction des surfaces transpirantes et favorise une conservation de l'eau. Dès la réhydratation, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. recouvrent rapidement les conditions de turgescence cellulaire et par conséquent augmentent leur pouvoir transpiratoire.

Dans les feuilles des plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L., la teneur en proline libre fléchit à partir du onzième jour de l'expérimentation. Le niveau en proline libre dépend étroitement de l'âge des feuilles, celles qui sont nouvellement formées sont caractérisées par une teneur en proline plus importante que celle des feuilles adultes (ROOSENS et al, 1998). Au niveau des plants stressés, la quantité de proline n'amorce une élévation qu'au moment de la diminution de la TRE et l'augmentation est proportionnelle à

l'intensité du stress. Plusieurs rapports signalent d'ailleurs, une corrélation entre l'accumulation de la proline et la réponse des plantes aux conditions de sécheresse (CHEN et al, 1995 ; TYAGI et al, 1999 ; YOSHIBA et al, 1999). Après la réhydratation, la quantité en proline chute substantiellement dans les feuilles des plants de *Parkinsonia aculeata* L. Cette diminution s'explique par une mobilisation de la proline pour les besoins de la reprise de la croissance après la levée du stress (TYAGI et al, 1999 ; YOSHIBA et al, 1999).

En réponse aux conditions de déshydratation, les feuilles de *Parkinsonia aculeata* L., accumulent également des sucres solubles.

L'accumulation des sucres est très usuelle en situation de déficit hydrique (PELLESCHI et al, 1997 ; DU et al, 1998 ; KLEINES et al, 1999). Elle résulte sans nul doute, de la conséquence d'une réduction de la translocation vers les autres organes stressés du végétal (PELLESCHI et al, 1997) et d'une synthèse spécifique (STRAND et al., 2000). Cette accumulation semble par ailleurs, se faire indépendamment de la dégradation de l'amidon. En effet, entre le cinquième et le onzième jour de déshydratation est observé une accumulation d'amidon et de sucres solubles. C'est seulement entre le onzième et le treizième jour de déshydratation, que la quantité en sucres solubles augmente fortement et qu'en parallèle, la quantité en amidon n'augmente que très légèrement. Il paraît donc, que les feuilles de *Parkinsonia aculeata* L., accumulent à la fois des sucres solubles et de l'amidon en réponse aux conditions d'arrêt d'arrosage. Dès que l'intensité du stress augmente, la vitesse d'accumulation des sucres solubles est plus grande que celle de l'amidon.

Après six heures seulement de réhydratation, la quantité en sucres solubles des plants de *Parkinsonia aculeata* L., se maintient dans les mêmes proportions que celle enregistrée au treizième jour de l'arrêt d'arrosage ; l'amidon, par contre chute fortement. Les plants de *Parkinsonia aculeata* L., semblent mobiliser une plus grande quantité en sucres solubles afin d'éviter au niveau foliaire une plasmolyse subite dès la réhydratation et permettre ainsi, le maintien intact de l'état de l'ajustement osmotique. Après 24 heures de réhydratation, la diminution de la quantité en sucres solubles est remarquable, retrouvant rapidement la valeur moyenne en sucres solubles des plants témoins. Parallèlement, la diminution de la quantité d'amidon est importante, mais un peu plus étalée dans le temps. Cette diminution coïncide avec la mobilisation des glucides (sucres solubles et amidon) pour les besoins de la reprise de la croissance, notamment au niveau des organes affectés par les effets de la contrainte hydrique (FERRARIO-MERY et al, 1998).

CONCLUSION

Durant l'application d'un stress hydrique par un arrêt d'arrosage, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. montrent une suite séquentielle d'événements dépendants de l'intensité du stress appliqué.

Durant les premiers jours de l'application de la contrainte hydrique, la teneur relative en eau est constante et les processus métaboliques de synthèse demeurent inchangés. Le seul fait notable est la diminution de la perte graduelle en eau. Les plants de *Parkinsonia aculeata* L. ressentent le manque d'eau dans leur milieu environnant, en déclenchant rapidement, dès le troisième jour de l'application de la contrainte hydrique, un mécanisme de réduction de la transpiration résiduelle.

Une légère diminution de la teneur relative en eau, induit très rapidement une mise en place d'un système capable de réguler les échanges de l'eau. Ce système se traduit par une capacité de rétention de l'eau qui se situe à deux niveaux. Le premier, se traduit par une perte graduelle en eau encore plus faible, qui ne nécessite pas de dépense énergétique. Le second niveau consiste en une mise en place graduelle d'un système de résistance orienté vers une accumulation d'osmolytes tels que la proline et les sucres solubles. Ce système nécessite une dépense énergétique et une régulation génique (INGRAM AND BARTELS, 1996).

A ce stade, la diminution de la teneur relative en eau limite peu le déroulement des divers processus du métabolisme cellulaire. Au contraire, l'accumulation des sucres solubles se déroule indépendamment de la dégradation de l'amidon, puisque la teneur de l'amidon augmente. Cet accroissement des sucres solubles et de l'amidon reflète l'établissement d'une balance positive entre les processus anabolique et catabolique et témoigne d'une capacité plus grande à surmonter la contrainte appliquée.

Une diminution plus importante de la TRE, lorsque l'intensité du stress est plus grande, stimule encore plus les mécanismes de rétention de l'eau et intensifie les processus de l'osmorégulation par une plus importante accumulation de proline et de sucres solubles. Ces derniers peuvent également conférer un rôle protecteur aux protéines natives du cytoplasme et aux membranes cellulaires (HOEKSTRA et al, 2001).

La levée du stress déclenche une absorption d'eau rapide par les plants de *Parkinsonia aculeata* L. Les teneurs en proline, sucres solubles et amidon décline inversement à l'élévation de la TRE pour atteindre très rapidement un niveau légèrement supérieur au témoin. Ces osmolytes (glucides et proline) sont des sources d'énergie, de carbone et d'azote et sont abondamment utilisés par la plante dès la levée du stress (CLIFFORD et al, 1998).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATES L.S., WALDREN RP, TEARE I.D. 1973.-** Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39, 205 - 207.
- BENADJAOUD A., et AÏD F. 2004.-** Effets de quelques traitements physico-chimiques et de la température sur la faculté germinative des graines de *Parkinsonia aculeata* L. *Annales de l'Institut National Agronomique – El-Harrach* 25, 19 - 30.
- BRAY EA. 1997.-** Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science* 2, 48 - 54.
- CHEN H, KUANG B, WANG J., 1995.-** Studies on selection and characterization of a stress-tolerant sugarcane cell line. *Journal of Biotechnology* 11, 93 - 99.
- CLARKE M.J., MCCAIG T.N., 1982a.-** Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *Crop Science* 22, 503 - 506.
- CLARKE M.J., MCCAIG T.N., 1982b.-** Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 62, 571 - 578.
- CLIFFORD S.C., ARNDT S.K., CORLETT J.E., JOSHI S., SANKHLA N., POPP M., JONES H.G., 1998.-** The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* Lamk. *Journal of Experimental Botany* 49, 967 - 977.
- DU Y.C., NOSE A., WASANO K., UCHIDA Y., 1998.-** Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C₄ pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 25, 253 - 260.
- FERRARIO-MERY S., VALADIER M.H., FOYER C.H., 1998.-** Overexpression of nitrate reductase in tobacco delays drought-induced decreases in nitrate reductase activity and mRNA. *Plant Physiology* 117, 293 - 302.
- FU J, HUANG B., 2001.-** Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany* 45, 105 - 114.
- HOEKSTRA F.A., GOLOVINA E.A., BUITINK J., 2001.-** Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science* 6, 431-438.

- INGRAM J., BARTELS D., 1996.-** The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 47, 377 - 403.
- KLEINES M., ELSTER R.C., RODRIGO M.J., BLERVACQ A.S., SALAMINI F., BARTELS D., 1999.-** Isolation and expression analysis of two stress-responsive sucrose-synthase genes from the resurrection plant *Cratogeomys plantagineum* Hochst. *Planta* 209, 13 - 24.
- McCREADY R.M., GUGGOZ J., SILVERIA V., OWENSH S., 1950.-** Determination of starch and amylose in vegetables. *Annals of Chemistry* 22, 1156 - 1160.
- NOGUÉS S., BAKER N.R., 2000.-** Effects of drought on photosynthesis in mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany* 51, 1309 - 1317.
- PELLESCHI S., ROCHER J.P., PRIOUL J.L., 1997.-** Effect of water restriction on carbohydrate metabolism and photosynthesis in mature maize leaves. *Plant, Cell and Environment* 20, 493 - 503.
- REY P., GILLET B., RÖMER S., EYMERY F., MASSIMINO J., PELTIER G., KUNTZ M., 2000.-** Over-expression of a pepper plastid lipid associated protein in tobacco leads to changes in plastid ultrastructure and plant development upon stress. *The Plant Journal* 21, 483 - 494.
- ROSENS N.H., THU T.T., ISKANDAR H.M., JACOBS M., 1998.-** Isolation of ornithine- δ -aminotransferase cDNA and effect of salt stress on its expression in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 117, 263 - 271.
- STRAND.A., ZRENNER R., TREVANION S., STITT M., GUSTAFSSON P., GARDESTRÖM P., 2000.-** Decreased expression of two key enzymes in the sucrose biosynthesis pathway, cytosolic fructose-1,6-bisphosphatase and sucrose phosphate synthase, has remarkably different consequences for photosynthetic carbon metabolism in transgenic *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 23, 759 - 770.
- TYAGI A., SANTHA I.M., MEHTA S.L., 1999.-** Effect of water stress on proline content and transcript levels in *Lathyrus sativus*. *Indian Journal of Biochemical and Biophysical* 36, 207-210.
- YOSHIBA Y., NANJO T., MIURA S., YAMAGUCHI-SHINOZAKI K., SHINOZAKI K., 1999.-** Stress responsive and developmental regulation of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase 1 (P5CS1) gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 261, 766 -772.