

**Zeitschrift:** Botanica Helvetica  
**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft  
**Band:** 91 (1981)  
  
**Artikel:** Rétablissement de l'équilibre hydrique de Mesembryanthemum crystallinum L. suite à un traitement salin  
**Autor:** Ruess, B. / Eller. B.M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64304>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Rétablissement de l'équilibre hydrique de *Mesembryanthemum crystallinum* L. suite à un traitement salin.

par B. Ruess et B. M. Eller

Institut für Pflanzenbiologie  
Universität Zürich

Manuscrit reçu le 30 avril 1981

## Introduction

*Mesembryanthemum crystallinum* L. (Mesembryanthemaceae Fenzl) est en mesure de changer son métabolisme du type Calvin ( $C_3$ ) au type «Crassulacean Acid Metabolism» (CAM) par suite d'une adjonction de NaCl au milieu radicellaire (Winter et von Willert 1972). Depuis cette découverte, toute une série de recherches ont tenté d'approfondir la connaissance du mécanisme inducteur du changement de métabolisme (revues par Winter et Luetge 1976, 1979). Il s'est avéré qu'une solution de chlorure de sodium n'agit pas spécifiquement en tant que sel mais induit le changement par un effet d'osmolarité (Winter 1973a, 1973b). Un climat aride (Winter 1973b) ou une réduction de l'absorption de l'eau par baisse de sa température ou par réduction de sa teneur en oxygène (Winter 1974a, 1974b) induit également le changement de métabolisme par suite du stress hydrique résultant.

Le dénominateur commun des recherches effectuées jusqu'à présent est certe la mise en relief de l'importance du potentiel hydrique comme facteur inducteur. Le travail effectué par Winter et Luetge (1979) relève le peu de recherches portant sur le bilan hydrique de *M. crystallinum*. Si le problème crucial demeure de quelle manière l'osmolarité des feuilles influe sur l'appareil enzymatique, la question d'évaluer le changement du bilan hydrique demeure actuelle. Le présent rapport aborde ce problème en se basant sur la mesure simultanée des deux données les plus importantes du bilan hydrique, à savoir la transpiration et l'absorption de l'eau chez *M. crystallinum*, traitée sans sel et à la suite d'un important choc salin.

## Matériel et méthodes

Les plantes, obtenues à partir de graines, ont été cultivées en serre à une température de  $23 \pm 6^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $60 \pm 10\%$ . A l'âge de deux mois, elles ont été transférées dans une enceinte climatisée (Weiss, Gießen, Z 1200E/0 JU-P) et soumises à un rythme de 12:12 h. La température dans l'enceinte est de  $20^\circ\text{C}$ , l'humidité relative de 80 % et l'éclairement lumineux de 14 Klx.

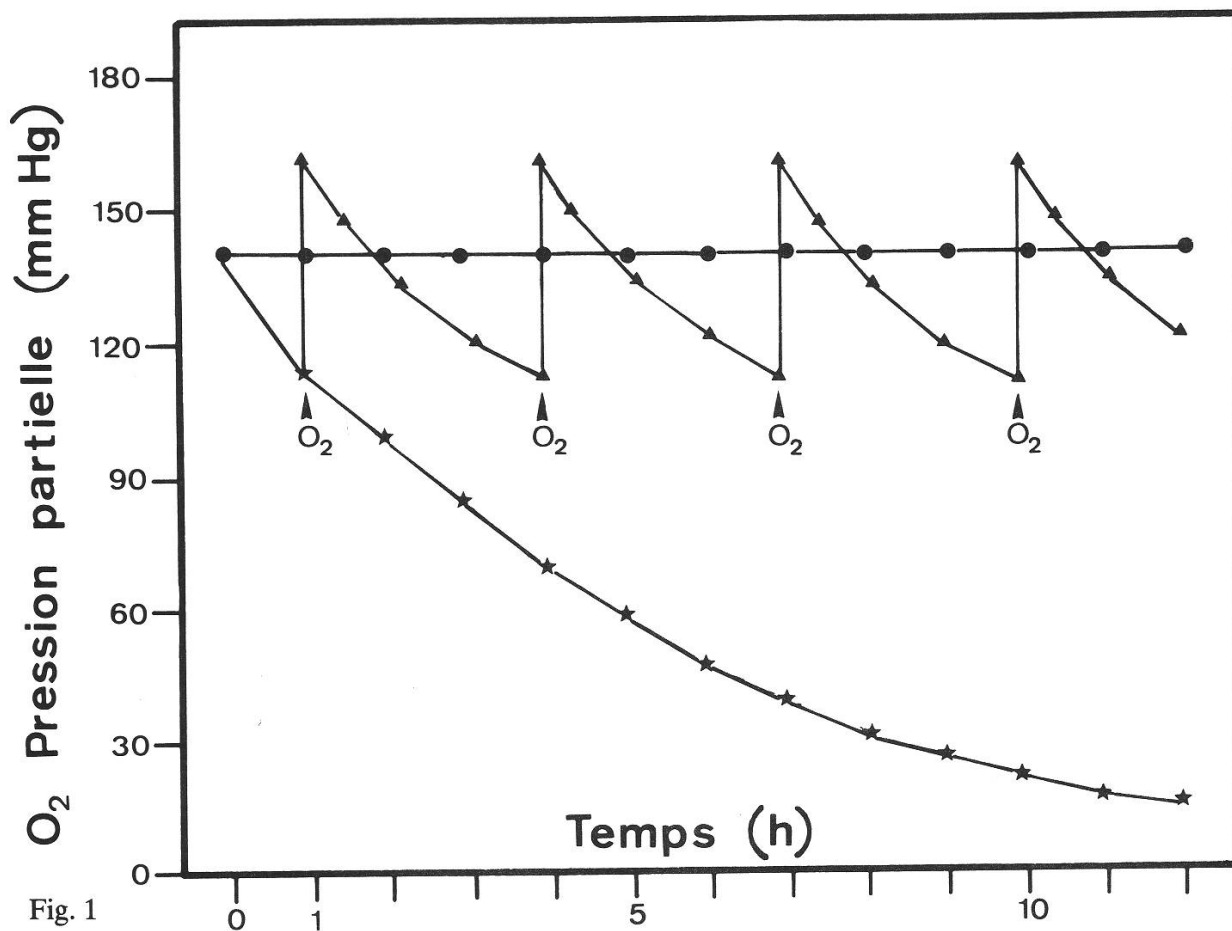


Fig. 1

Courbes de la pression partielle d'oxygène dans l'eau du potomètre.

●—●—● Droite obtenue par aération continue, ★—★—★ Courbe sans aération, ▲—▲—▲ Courbe obtenue en reliant le potomètre toutes les 3 h à une bouteille d'oxygène durant 30 s. (Flux 200 ml/min).

Suite à une adaptation d'au moins une semaine aux nouvelles conditions climatiques, les plantes ont été placées dans un potomètre permettant une mesure simultanée de la transpiration et de l'absorption de l'eau. Le potomètre utilisé a été conçu spécialement pour de petites plantes et permet la lecture de faibles absorptions de l'ordre de  $1 \mu\text{l}$  (Brunner et Eller 1975). Le potomètre repose durant l'expérience sur une balance (Mettler, Greifensee, P 163N) avec une précision de mesure de 1 mg. Après quelques jours d'adaptation au milieu hydrique, les plantes présentent un bilan hydrique stationnaire. A ce stade le remplacement de la solution aqueuse par une solution saline ( $350 \text{ mmol/l NaCl}$ ) est effectué.

La température de l'eau du potomètre est enregistrée à l'aide d'un thermomètre à résistance Pt-100. Pour un éclairage lumineux de 25 Klx, l'échauffement de l'eau du potomètre due à la radiation est de  $2^\circ\text{C}$ . le potomètre est recouvert de papier aluminium afin de ne point dépasser la valeur mentionnée. La nuit, la température de l'eau est équilibrée avec celle du milieu ambiant.

La teneur en oxygène de l'eau du potomètre est mesurée à l'aide d'un analyseur physiologique à gaz (Beckman, modèle 160). Au cours de la phase nocturne, le potomètre est aéré, afin de maintenir une quantité suffisante d'oxygène dans l'eau. Durant la phase diurne, le potomètre est relié à une bouteille d'oxygène toutes les trois heures, pour une durée de 30 s. La valeur de la pression partielle d'oxygène est maintenue de cette manière entre 110 et 160 mm Hg (fig. 1). L'aération de l'eau du potomètre durant la phase nocturne permet de maintenir constante la pression partielle d'oxygène dans l'eau (fig. 1). Cette pression est de 140 mmHg, avec un flux d'air de 150 ml/min. Suite à une phase nocturne sans aération, la pression partielle d'oxygène décroît considérablement et atteint la valeur de 14 mmHg. Le jour, l'abaissement est de 50 mmHg en l'espace de trois heures. A ce

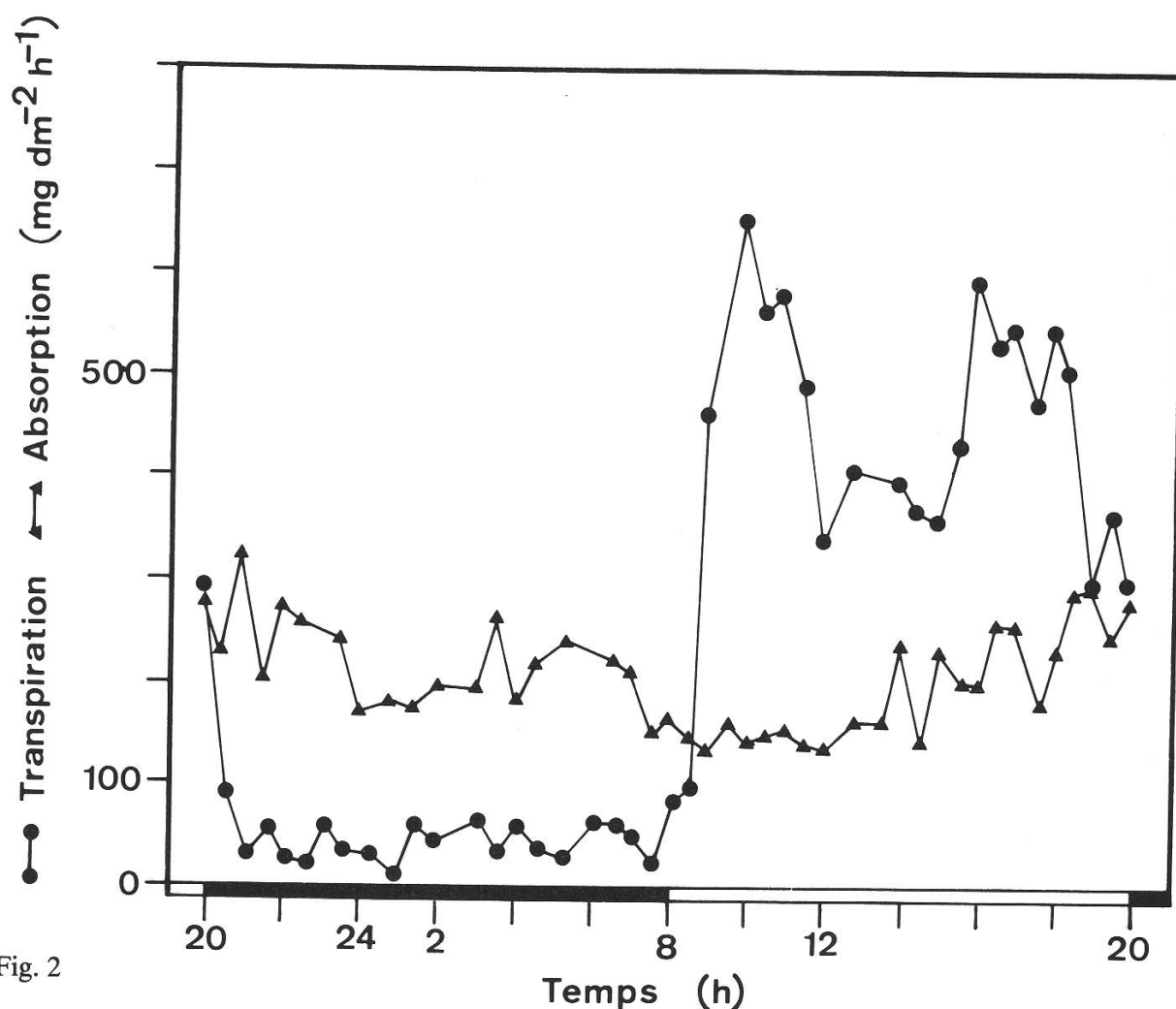


Fig. 2

Transpiration et absorption de l'eau de *Mesembryanthemum crystallinum* L. non traitée au sel (plante témoin)

Température: 20 °C, humidité relative 80 %, éclairage lumineux: 14Klx. (nuit: 20 h à 8 h).

stade, le fait de relier le potomètre durant 30 s à une bouteille d'oxygène, permet d'atteindre à nouveau la valeur initiale. Ceci est effectué quatre fois par jour. L'aération la nuit et cet apport d'oxygène le jour, ont permis de maintenir tout le long des expériences, les valeurs de la pression partielle d'oxygène entre 110 et 160 mmHg.

La vitesse du vent due à la ventilation continue dans l'enceinte climatisée atteignait 0,08m/s au niveau de la plante. Cette grandeur, mesurée à l'aide d'un anémomètre à fil chaud (Fuess, Berlin) témoigne d'un cas de convection naturelle.

L'osmolarité des feuilles, grandeur directement liée au bilan hydrique, a été déterminée à la fin des expériences, à l'aide d'un osmomètre (Vogel, Giessen, Tp 3B).

## Résultats

La plante témoin (sans traitement salin) *M. crystallinum*, présente un comportement hydrique en équilibre (fig. 2). La transpiration faible la nuit (moyenne: 60 mg dm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) s'élève le jour à une valeur de 650 mg dm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> pour connaître à midi, une dépression passagère telle qu'il est observé chez beaucoup de xérophytes. La nuit comme le jour, l'absorption de l'eau demeure pratiquement sur un même niveau constant. Le bilan hydrique

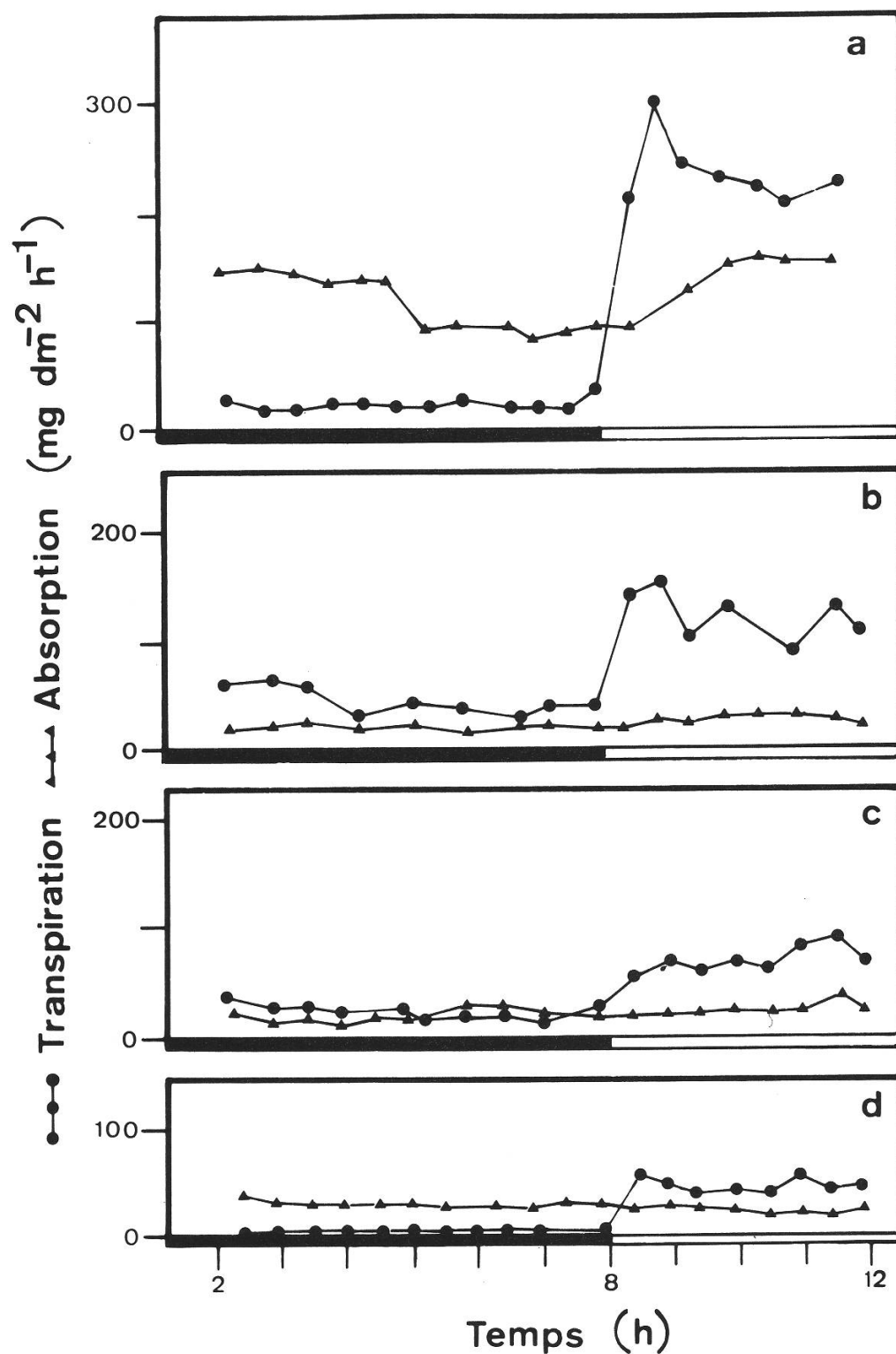


Fig. 3

Action d'une solution saline sur le comportement hydrique de *Mesembryanthemum crystallinum* L.

a: Plante non traitée au sel et adaptée aux conditions de l'enceinte climatisée.

Température: 18 °C. Humidité relative: 80 %, éclaircissement lumineux: 25 Klx (nuit: 20 h à 8 h).

b: Influence, le premier jour, sur la plante du remplacement de l'eau par une solution saline (350 mmol/l NaCl) effectué au début de la nuit précédente.

c: le deuxième jour.

d: Rétablissement de l'équilibre hydrique le cinquième jour et les jours suivants.

Tableau 1

	Intégration des courbes (mg dm <sup>-2</sup> )			Valeurs moyennes (mg dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )		
	T.	A.	B.	T.	A.	B.
Jour	5261	2388	2873	456	198	258
Nuit	760	2722	-1962	60	222	-162
Total	6021	5110	911	516	420	96

Comparaison du bilan hydrique de *Mesembryanthemum crystallinum* L. durant la phase nocturne et diurne.

Température: 20 °C, humidité relative: 80 %, éclairage lumineux: 14 Klx.

T = Transpiration, A = Absorption, B = Bilan.

négatif en fin de période diurne est compensé par un bilan positif en période nocturne. L'équilibre entre la transpiration et l'absorption ne se produit donc qu'en fin de phase nocturne. La valeur de la transpiration intégrée sur 24 h atteint 6021 mg dm<sup>-2</sup>, celle de l'absorption, 5110 mg dm<sup>-2</sup> (tab. 1). La différence est attribuable à des fluctuations quotidiennes inévitables, se compensant néanmoins à long terme. Des mesures effectuées ultérieurement avec la même plante le confirment. *M. crystallinum*, soumis seulement à un arrosage par l'eau, se trouve donc dans un état d'équilibre hydrique.

Le comportement hydrique d'une autre plante (fig. 3a) mesuré dans des conditions climatiques légèrement différentes (température 20 °C, humidité relative 80 %, éclairage lumineux 25 Klx) est également en équilibre. Afin de déterminer l'action d'une forte salinité sur le bilan hydrique de *M. crystallinum*, l'eau du potomètre est remplacée le soir par une solution de chlorure de sodium de 350 mmol/l. Dès le premier jour (fig. 3b), la solution saline conduit à une réduction considérable de l'absorption de l'eau. La valeur osmotique de la solution (700 mosm) excède celle des racines et s'oppose de ce fait, à l'absorption. La transpiration réagit rapidement au déficit hydrique et diminue dès le lendemain. Cet effet s'accroît davantage encore le second jour (fig. 3c) et le bilan hydrique tend à s'équilibrer. Enfin cinq jours après l'adjonction de sel, l'équilibre hydrique de *M. crystallinum* est rétabli (fig. 3d). Durant la phase nocturne, la transpiration devient pratiquement nulle. Le jour, elle s'adapte au niveau de l'absorption.

## Discussion

Le bilan hydrique d'une plante peut être évalué avec grande précision grâce à la mesure simultanée de la transpiration et de l'absorption de l'eau. Cette méthode potométrique permet en outre de déterminer les relations de causalité dans les variations quotidiennes du bilan hydrique. Une condition préalable néanmoins, est de maintenir la température et la teneur en oxygène constantes dans le milieu radicellaire. Ces deux facteurs influent largement sur le degré de l'absorption (Kramer 1949) et de ce fait aussi sur la courbe de la transpiration (Janes 1974). Brunner et Eller (1974) constatent chez *Piper betle* L., l'apparition de variations cycliques de la transpiration lorsque l'absorption

de l'eau est freinée par un manque d'oxygène. La non-aération et l'abaissement de la température sont d'ailleurs des méthodes utilisées (Winter 1974a, 1974b) pour induire chez *M. crystallinum* le changement de métabolisme du type  $C_3$  en CAM.

Ce changement de métabolisme a pu être induit soit par de fortes concentrations en sel (Winter et von Willert 1972, Winter 1973a) soit par des conditions climatiques arides (Winter 1973b). L'âge des plantes joue également un rôle déterminant. Un certain degré de CAM a pu être constaté chez des plantes âgées de quatre mois et demi, n'ayant pas été traitées au sel (von Willert et Kramer 1972, Winter 1973a). Ces plantes, néanmoins, possèdent de fortes concentrations d'ions  $Na^+$  et  $Cl^-$  dans leurs tissus. Il s'avère que le chlorure de sodium n'agit pas spécifiquement en tant que sel, mais induit le changement de métabolisme par suite de son influence sur l'osmolarité des feuilles (Winter 1973a, 1973b, 1974c, 1974d). Comme il ressort de ces observations, l'essentiel pour l'induction du métabolisme acide des crassulacées demeure donc le potentiel hydrique de la plante.

Le bilan hydrique de *M. crystallinum* en conditions climatiques modérées, est en équilibre (fig. 2). Le déficit hydrique durant la journée est compensé le long de la phase nocturne. L'absorption se maintient, la nuit comme le jour, pratiquement au même niveau et ceci en raison des caractéristiques physiologiques de la plante. Ce comportement hydrique explique les faibles valeurs de la teneur en eau des feuilles, mesurées en fin de journée par Winter (1974a) et l'augmentation de ces valeurs durant la phase nocturne.

Un apport subit de sel (350 mmol/l NaCl) conduit à une baisse de l'absorption de l'eau (fig. 3b), suivie d'une baisse de la transpiration. Le chlorure de sodium est connu pour produire chez des plantes non-halophytes, un effet similaire. Tant la photosynthèse (Boyer 1965) que la transpiration (Lagerwerff et Eagle 1962, Gale et al. 1967) se trouvent abaissées par suite de l'influence du NaCl. Ceci est connu également chez les halophytes (Adriani 1958, Webb 1966).

Des mesures effectuées dans le cadre de ces expériences ont montré qu'à la suite de deux semaines de traitement au sel, l'absorption de l'eau passait d'une valeur de  $24 \text{ mg dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  (fig. 3d) à  $48 \text{ mg dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Ce résultat confirme l'observation de Winter (1973a) selon laquelle *M. crystallinum* absorbe des ions  $Na^+$  et  $Cl^-$ . L'osmolarité dans les feuilles, qui était initialement de 511 mosm (plante témoin) atteint 995 mosm, à la suite de deux semaines de traitement au sel. Au bout de cinq semaines, des valeurs de l'ordre de 2000 mosm sont atteintes. De telles valeurs d'osmolarité, expliquent l'augmentation de l'absorption de l'eau mentionnée précédemment.

## Bibliographie

- Adriani M.J. 1958. Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. IV, Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 709-736.
- Boyer J.S. 1965. Effects of osmotic water stress on metabolic rates of cotton plants with open stomata. *Plant Physiol.* 40: 229-234.
- Brunner U. und Eller B.M. 1974. Öffnen der Stomata bei hoher Temperatur im Dunkeln. *Planta (Berl.)* 121: 293-302.
- Brunner U. und Eller B.M. 1975. Spontane Transpirationsänderungen unter konstanten Umgebungsbedingungen. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 85: 289-297.
- Gale J., Kohl H.C., Hagan R.M. 1967: Changes in the water balance and photosynthesis of onion, bean and cotton plants under saline conditions. *Physiol. Plantarum* 20: 408-420.



- Janes B.E. 1974: The effect of variations in root environment on root growth and resistance to flow of water in intact plants. In: Mechanisms of regulation of plant growth. Bialeski R.L. et al., (eds) Bulletin 12, Royal Society of New Zealand, Wellington, 379-385.
- Kramer P.J. 1949. Plant an soil water relationships. McGraw Hill, New York.
- Lagerwerff J.V., and Eagle H.E. 1962: Transpiration related to ion uptake by beans from saline substrates. Soil Sci. 93: 420-430.
- Webb K.L. 1966: NaCl effects on growth and transpiration in *Salicornia bigelovii* a salt-marsh halophyte. Plant and Soil 24: 261-268.
- Willert D.J. von und Kramer D. 1972: Feinstruktur und Crassulaceensäurestoffwechsel in Blättern von *Mesembryanthemum crystallinum* während natürlicher und NaCl-induzierter Alterung. Planta (Berl.) 107: 227-237.
- Winter K. 1973a: Zum Problem der Ausbildung des Crassulaceen-säurestoffwechsels bei *Mesembryanthemum crystallinum* unter NaCl-Einfluß. Planta (Berl.) 109: 135-145.
- Winter K. 1973b: CO<sub>2</sub>-Fixierungsreaktionen bei der Salzpflanze *Mesembryanthemum crystallinum* unter variierten Außenbedingungen. Planta (Berl.) 114: 78-85.
- Winter K. 1974a: Einfluß von Wasserstreß auf die Aktivität der Phosphoenolpyruvat-Carboxylase bei *Mesembryanthemum crystallinum* (L.) Planta (Berl.) 121: 147-153.
- Winter K. 1974b: Evidence for the significance of crassulaceen acid metabolism as an adaptive mechanism to water stress. Plant Sci. Letters 3: 279-281.
- Winter K. 1974c: NaCl-induzierter Crassulaceen-Säurestoffwechsel bei der Salzpflanze *Mesembryanthemum crystallinum*. Abhängigkeit des CO<sub>2</sub>-Gaswechsels von der Tag/Nacht-Temperatur und von der Wasserversorgung der Pflanzen. Oecologia (Berl.) 15: 383-392.
- Winter K. 1974d: CO<sub>2</sub>-Gaswechsel von an hohe Salinität adaptiertem *Mesembryanthemum crystallinum* bei Rückführung in glykisches Anzuchtmedium. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 86: 467-476.
- Winter K. and Lüttge U. 1976: Balance between C<sub>3</sub> and CAM pathway of photosynthesis. In: Water and plant life. Ecological Studies, Vol. 19. Lange O.L., Kappen L., Schulze E.D. (eds.). 323-332. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Winter K. und Lüttge U. 1979: C<sub>3</sub>-Photosynthese und Crassulaceen-Säurestoffwechsel bei *Mesembryanthemum crystallinum* L. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 92: 117-132.
- Winter K. und Willert D.J. von 1972: NaCl-induzierter Crassulaceen-Säurestoffwechsel bei *Mesembryanthemum crystallinum*. Z. Pflanzenphysiol. 67: 166-170.

## Résumé

La transpiration et l'absorption de l'eau de *Mesembryanthemum crystallinum* L. ont été mesurées à l'aide d'un potomètre à haute précision. Le remplacement de l'eau du potomètre par une solution saline (350 mmol/l NaCl) produit un déficit hydrique momentané dans la plante. L'équilibre hydrique ne se trouve rétabli à un niveau inférieur de transpiration et d'absorption, qu'après six jours.

## Zusammenfassung

Die Transpiration und die Absorption von Wasser durch *Mesembryanthemum crystallinum* L. wurde mittels eines Potometers mit hoher Auflösung gemessen. Nachdem das Wasser im Potometer durch eine Salzlösung (350 mmol/l NaCl) ersetzt wurde, zeigte sich bei *M. crystallinum* das erwartete momentane Wasserdefizit. Ein neues Gleichgewicht zwischen Transpiration und Wasseraufnahme auf einem tieferen Niveau wurde nicht vor sechs Tagen erreicht.



## Summary

Transpiration and water uptake by *Mesembryanthemum crystallinum* L. was measured by means of a high resolution potometer. After changing the potometer water content by a solution of 350 mmol/l NaCl a deficit in water uptake by *M. crystallinum* in respect to transpiration resulted. A new equilibrium between transpiration and water uptake at lower rates was established with a delay of six days.

B. Ruess et PD Dr. B. M. Eller  
Institut für Pflanzenbiologie  
Universität Zürich  
Zollikerstrasse 107  
CH-8008 Zürich