

**AFPP – 6<sup>e</sup> CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION  
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE  
LILLE – 21, 22 ET 23 MARS 2017**

**EVALUATION DE L'EFFET DE LA RESTRICTION HYDRIQUE SUR LA CHARGE VIRALE DU VIRUS DE LA  
RHIZOMANIE ET SUR LA CROISSANCE DE LA BETTERAVE SUCRIERE**

F. NOUAYTI <sup>1,2\*</sup>, A. TAHIRI <sup>1</sup>, I. MADANI <sup>2</sup>, A. BLENZAR <sup>2</sup>

1 Laboratoire de Phytopathologie, Département de Protection des Plantes et de l'Environnement,  
École Nationale d'Agriculture, BP S 40 Meknès, Maroc.

2 Laboratoire Environnement et Santé, Département de Biologie, Faculté des Sciences, BP 11201,  
Zitoune Meknès, Maroc.

\*fatimanouayti@gmail.com

**RÉSUMÉ**

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de la restriction hydrique sur la charge virale du virus des nervures jaunes nécrotiques de la betterave et sur la croissance de la betterave sucrière. Les résultats obtenus mettent en évidence un effet très marqué de la restriction hydrique sur la croissance de la betterave à sucre dans un sol infesté par la rhizomanie. Par ailleurs, nous avons pu constater qu'un effet additionnel semble être exercé par le virus des nervures jaunes nécrotiques de la betterave, *Beet Necrotic Yellow Vein Virus* (BNYVV) et la disponibilité de l'eau sur la croissance de la betterave sucrière. Le traitement 1 a eu la charge virale la plus élevée parallèlement à des valeurs moyennes pour tous les paramètres morphologiques étudiés. Toutefois, avec une charge virale faible et une humidité du sol moyenne, le traitement 2 a permis d'avoir les plantes les plus vigoureuses. Au contraire, pour le traitement 3, les plantules ont montré les valeurs les plus basses pour tous les paramètres morphologiques étudiés, malgré, la faible charge virale signalée dans le sol.

Mots-clés : *Beet Necrotic Yellow Vein Virus*, Rhizomanie, Betterave à sucre et Restriction hydrique.

**ABSTRACT**

**EVALUATION OF THE WATER STRESS EFFECT ON THE VIRAL LOAD OF BNYVV AND SUGAR BEET GROWTH**

The objective of the present study was to evaluate the effect of water restriction on the viral inoculum load and the growth of sugar beet. The results obtained showed a very marked effect of water restriction on sugar beet growth in contaminated soil by rhizomania. Furthermore, we found that an additional effect appears to be exercised by the *Beet Necrotic Yellow Vein Virus* (BNYVV) and the availability of water on the growth of the culture of sugar beet. The treatment 1 had the highest viral load in parallel with very low values for all morphological parameters studied. However, with low viral load and average soil moisture, treatment 2 allowed us to have the most vigorous plants. In contrast, in treatment 3, seedlings showed the lowest values for all morphological parameters studied despite the low viral load reported in the soil.

Keywords: *Beet Necrotic Yellow Vein Virus*, Rhizomania, Sugar beet and Water restriction.

## INTRODUCTION

L'eau est le composé le plus important dans une plante active et constitue plus de 80 % du tissu croissant. La quantité d'eau appliquée lors de l'irrigation, le temps et la méthode d'application de l'eau, ainsi que la qualité de l'eau d'irrigation sont importantes pour l'état sanitaire des plantes et leur rendement (Baker *et al.*, 1992).

Les plantes cultivées atteignent rarement leur potentiel génétique optimal pour le rendement en raison des limitations imposées par l'environnement. Une des limitations communes de l'environnement est le manque d'eau. Environ un tiers de toutes les terres potentiellement cultivables souffre d'approvisionnement inadéquat en eau. Les déficits d'eau affectent tous les aspects de la croissance des plantes. Les pertes de rendement dues à un déficit hydrique sont supérieures à ceux de toutes les autres causes combinées (Kramer et Turner, 1980). L'irrigation permet d'éviter le stress hydrique ; cependant son excès crée souvent d'autres problèmes. L'irrigation déséquilibrée gaspille l'eau, les nutriments, l'énergie et provoque la dégradation des sols par l'exploitation de l'eau et la salinisation. Une augmentation des maladies causées par les agents pathogènes transmis par le sol peut également résulter de l'irrigation excessive (Caprag, 1976 ; Biles *et al.*, 1992 ; Harveson et Rush, 1993 ; Cappaert *et al.*, 1994).

L'irrigation, par définition, vise à créer un environnement plus humide, favorisant ainsi le développement de certaines maladies (Caprag, 1976). De nombreuses maladies se développent plus rapidement dans les sols humides, en particulier lorsqu'il y a stagnation ou excès d'eau d'irrigation (Rush *et al.*, 1997). La saturation du sol est favorable à la germination et à la propagation de certains champignons pathogènes et offre un environnement propice pour les nématodes.

La betterave à sucre (*Beta vulgaris L.*) est l'une des cultures importantes dans l'économie agricole, elle est cultivée dans de nombreux pays, dont le Maroc.

La rhizomanie est une maladie virale qui affecte les feuilles et la racine de la betterave à sucre en constituant la menace la plus redoutable sur cette culture. Elle est causée par un virus, le *Beet Necrotic Yellow Vein Virus* (BNYVV), qui appartient au groupe des furovirus. Ce virus est transmis à la betterave par un champignon vecteur, le *Polymyxa betae* Keskin. La capacité de dispersion de cette maladie est aussi anarchique que rapide du fait que le champignon vecteur *Polymyxa betae* est naturellement présent dans le sol, et que la contamination s'effectue à travers la circulation des terres contaminées, les ruissellements d'eau et les résidus rejetés de la betterave sucrière (Hleibieh *et al.*, 2007).

En effet, dès sa découverte au Maroc en 2004, cette maladie ne cesse d'occasionner de lourds dégâts sur la production de la betterave à sucre (OEPP, 2005).

L'incidence et la gravité de la maladie peuvent être plus élevées lorsque l'irrigation est excessive. Les champs sont souvent trop irrigués, en se basant sur l'hypothèse que l'augmentation de la quantité d'eau d'irrigation permet d'accroître le rendement.

Toutefois, cette hypothèse est incorrecte lorsque les sols sont infestés par des pathogènes du sol. L'objectif de cette recherche était d'étudier l'effet de la restriction hydrique sur l'évolution de la charge du *Beet Necrotic Yellow Vein Virus* (BNYVV) dans le sol ainsi que sur la croissance de la betterave sucrière.

## MATERIELS ET METHODES

### Préparation du sol

Le sol utilisé dans cette étude a été prélevé à partir d'une parcelle de la ferme de l'ABT (l'Association des Betteraviers de Tadla) de Souk Sebt Beni Mellal. Il s'agit d'une parcelle connue pour son infestation par la rhizomanie. Le prélèvement des échantillons a été effectué selon les normes recommandées par la méthode officielle de détection du virus de la rhizomanie sur la betterave sucrière (Mathurin, 2007).

Les paramètres physicochimiques du sol ont été étudiés au laboratoire Ferti-conseil de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès pour déterminer sa texture et estimer sa capacité au champ.

D'après ces analyses, la teneur en argile dépassant 50 %, le sol est qualifié de texture argileuse. En plus, il est très pauvre en calcium et magnésium échangeables, moyennement riche en phosphore assimilable et très riche en potassium échangeable. Ce sol se caractérise également par un pH basique, une teneur moyenne en matière organique et faible en calcaire total. La salinité est également jugée faible. L'humidité à la capacité au champ (HCC) est assez importante (environ 37 %). C'est une valeur logique pour un sol argileux (> 50 % d'argile).

### **Matériel végétal**

#### **Organisation de l'essai**

18 pots ont été remplis chacun par 13 kg de sol infesté. Les pots du traitement témoin ont été remplis avec la même quantité de sol stérile (2 autoclavages à 120°C pendant 2 à 24h d'intervalle). Plusieurs graines de betterave à sucre (variété sensible, « Rizopoly ») ont été semées dans chaque pot.

L'essai a été conduit en deux phases :

- **Phase de pré-restriction hydrique** : tous les pots ont subi le même traitement, ils ont été placés dans une chambre de culture à une température de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , une humidité d'environ 50 % et une photopériode de 16 h. Les pots ont été maintenus à une même humidité correspondant à 100 % HCC. Après l'obtention des plantules à quatre feuilles, un démariage a été effectué en gardant cinq plantes par pot.
- **Phase de restriction hydrique** : après le démariage, la restriction hydrique a été appliquée en adoptant trois traitements différents.

**Tableau I** : traitements adoptés pour la phase de la restriction hydrique

Traitement	HCC	Pourcentage d'humidité
Traitement 1	100 % HCC	37 %
Traitement 2	75 % HCC	27.5 %
Traitement 3	50 % HCC	18.5 %

L'essai a été organisé selon un dispositif en blocs aléatoires et complets (DBAC) à un seul facteur : l'humidité du sol.

Les pots de l'essai ont été subdivisés en deux lots. Le premier lot a été analysé après un mois de restriction hydrique et le deuxième après deux mois.

#### **Mesures et observations**

Après 1 mois de la restriction hydrique, des mesures et des analyses ont été effectuées sur les pots réservés à cet effet. Le deuxième lot a été maintenu encore 1 mois supplémentaire.

##### **Mesures de l'évapotranspiration**

L'estimation de l'évapotranspiration : les pots ont été maintenus à l'humidité du sol correspondante. L'évapotranspiration a été estimée quotidiennement par la pesée des pots moyennant une balance électronique. L'écart du poids représente l'évapotranspiration des plantes.

##### **Mesures morphologiques**

**La surface foliaire** : un total de 811 feuilles (9 feuilles par plantes en moyenne) a été évalué. Des feuilles de chaque plante ont été étalées et ensuite prises en photo sur un fond blanc. Les photos numérisées ont été traitées avec le logiciel Mesurim (version 3.4) pour l'estimation de la surface foliaire.

**Le poids racinaire** : des pesées des racines ont été effectuées à l'aide d'une balance de précision juste après le dépotage. Le poids sec a été estimé après un séjour de 48h dans l'étuve à 80°C.

**Le poids foliaire** : des pesées de feuilles ont été effectuées à l'aide d'une balance de précision juste après le dépotage. Le poids sec a été estimé après un séjour de 48h dans l'étuve à 80°C.

##### **Les analyses virologiques**

Les échantillons ont été analysés par la technique DAS-ELISA. Le test DAS-ELISA a été effectué en utilisant un Kit DAS-ELISA (SEDIAG, France). Les étapes du test ont été réalisées conformément au protocole recommandé par le fournisseur du Kit. Chaque échantillon a été testé en deux répétitions. La lecture a été réalisée après des incubations de 1h et 2h avec un substrat pNPP (para-nitrophénylphosphate) à 37°C. La lecture des résultats a été effectuée à l'aide d'un lecteur ELISA BioTek ELx800 à 405 nm.

### 1. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées par le tableur Excel, version 2007 et le logiciel statistique SPSS, version 20.

### RESULTATS

Aucune différence significative n'a été observée pour toutes les variables étudiées entre les deux mois d'étude. Par conséquent, les données ont été combinées et analysées.

L'analyse statistique des échantillons après la restriction hydrique a montré un effet significatif de la restriction hydrique sur la densité optique obtenue par le test ELISA. Étant donné que la densité optique est proportionnelle à la charge virale, ces résultats permettent de conclure que cette charge est fortement influencée par l'humidité du sol. Toutes les variables dépendantes étaient significativement différentes entre les trois traitements d'irrigation, sauf le poids racinaire frais et sec (Tableau II).

Tableau II: Analyse de la variance (ANOVA); de la densité optique (D.O); du poids racinaire frais et sec; de la surface foliaire et du poids des feuilles (fraîches et sèches).

(Table II: Analysis of variance (ANOVA); of optical density (O.D); of root, fresh and dry weight; of leaves fresh and dry weight and leaves area).

	D.O	Poids racinaire frais (g)	Poids racinaire sec (g)	Poids foliaire frais (g)	Poids foliaire sec (g)	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )
<b>Mois</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Irrigation<sup>x</sup></b>	***	NS	NS	***	***	***
<b>Bloc</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS

x Humidité à la capacité au champ (HCC), 75% HCC, et 50% HCC.

\*\*\* = différences significatives à P=0,05. NS = pas de différences significatives.

L'analyse statistique des paramètres étudiés a permis d'observer des différences entre les traitements d'irrigation pour la surface foliaire, le poids frais et sec des feuilles et la densité optique (Tableau II).

Les betteraves cultivées à 75 % HCC avaient la plus grande surface foliaire et le poids des feuilles le plus élevé. Au contraire, pour le traitement 3 (50 % HCC), les plantules ont montré les valeurs les plus basses pour tous les paramètres morphologiques étudiés (tableau III). Le traitement 1 (100 % HCC) a eu la charge virale la plus élevée suivie du traitement 2 (75 % HCC) et du traitement 3 (Tableau III).

Ces résultats montrent que la gravité de la maladie de la rhizomanie est plus importante sur la betterave à sucre cultivée sous des irrigations excessives et modérées que sur celle cultivée sous des régimes d'irrigation de déficit. Le traitement qui permet la réduction de la charge du virus quand la betterave sucrière est cultivée dans un sol infesté par le BNYVV est le traitement 3 (50 % HCC), mais ce dernier ne permettra pas une meilleure croissance de la betterave.

Tableau III: Effet des différents traitements d'irrigation sur la densité optique (D.O) ; le poids frais et sec de la racine; le poids frais et sec des feuilles et sur la surface foliaire.

(Table III: Effect of irrigation treatment on optical density (O.D); root's fresh and dry weight; leaf's fresh and dry weight and leaf's area)

	D.O	Poids racinaire frais (g)	Poids racinaire sec (g)	Poids foliaire frais (g)	Poids foliaire sec (g)	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )
50% HCC	0,81a <sup>z</sup>	2,28 a	0,23 a	8,33 a	0,56 a	231,02 a
75% HCC	2,17 b	2.3 a	0,3 a	12,76 b	0,70 a	371,27 b
100% HCC	2,54 c	2,31 a	0,31 a	4,53 c	0,16 b	227,47 a

<sup>z</sup> moyennes suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes par le test Duncan à (P = 0,05).

## DISCUSSION

Une bonne gestion de l'irrigation est une des pratiques agronomiques les plus importantes pour obtenir des rendements rentables. Ceci est particulièrement vrai lorsque l'irrigation est effectuée dans les champs où sont présents des agents pathogènes transmis par le sol.

Les pertes de rendement peuvent être extrêmement élevées en présence du virus BNYVV. De plus, garder les champs trop humides est hautement favorable à la propagation et l'augmentation de la sévérité de la rhizomanie.

Plusieurs études ont été menées sur diverses cultures afin de déterminer l'effet de différents régimes d'irrigation sur le développement des maladies causées par des agents pathogènes du sol (Caprag, 1976; Ristaino et al., 1988 ; Biles et al., 1992; Harveson et Rush, 1993; Rush et Vaughn., 1993; Rush et al., 1997).

Les études bibliographiques ont mis en évidence la possibilité de gérer la dissémination et le développement du virus BNYVV dans le sol en agissant sur les pratiques d'irrigation. En effet, les zoospores du champignon *P. betae*, vecteur de cette maladie, sont capables de se déplacer d'une racine à l'autre par l'eau d'irrigation (Harveson et Rush, 1993; Sharifi et al., 2002).

Par ailleurs, la réduction de la quantité d'eau dans le sol influence négativement le niveau d'inoculum de *P. betae* (Piccinni et Rush, 2000).

Cette étude a été menée dans ce sens, pour évaluer l'effet de l'irrigation sur l'évolution de la charge de BNYVV dans le sol ainsi que sur la croissance de la betterave sucrière dans un sol infesté par la rhizomanie. Les résultats sont en général en accord avec les autres études dans lesquelles l'irrigation limitée a été utilisée pour lutter contre les maladies causées par des agents pathogènes du sol (Ristaino et al., 1988; Biles et al., 1992; Cappaert et al., 1992; Rush et Vaughn, 1993; Cappaert et al., 1994; Harveson et Rush, 2002).

Ces résultats mettent en évidence un effet très marqué de la restriction hydrique sur la croissance de la betterave à sucre dans un sol contaminé par la rhizomanie. Par ailleurs, nous avons pu constater qu'un effet additionnel semble être exercé par le virus BNYVV et la disponibilité de l'eau sur la croissance de la culture de la betterave sucrière. Le traitement 1 (100 % HCC) a eu la charge virale la plus élevée parallèlement à des valeurs moyennes pour tous les paramètres morphologiques étudiés. Toutefois, avec une charge virale faible et une humidité du sol moyenne (75 % HCC), le traitement 2 nous a permis d'avoir les plantes les plus vigoureuses. Au contraire, avec le traitement 3 (50 % HCC), les plantules ont montré les valeurs les plus basses de tous les paramètres morphologiques étudiés, malgré la faible charge virale signalée dans le sol. Ceci pourrait être expliqué par un manque d'eau. En d'autres termes, les plantes avaient besoin d'une quantité d'eau beaucoup plus importante pour leur développement.

Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Piccinni et Rush, en 2000. Dans leur étude menée dans des conditions contrôlées, Piccinni et ses collaborateurs ont montré qu'une humidité de 75 % HCC serait favorable pour la croissance de la betterave sucrière dans un sol contaminé par la

rhizomanie (Piccinni et Rush 2000). En somme, le traitement 2 (75 % HCC) avec une charge de BNYVV relativement faible a permis d'obtenir des plantes plus vigoureuses que celles conduites sous les traitements 1 (100 % HCC) et 3 (50 % HCC) et ce grâce à un effet additionnel de la charge virale et l'humidité du sol.

## CONCLUSION

En conclusion, la gestion de l'irrigation est une clé pour obtenir une croissance rentable de la betterave sucrière ainsi que le rendement, en présence de certains agents pathogènes du sol. Les producteurs qui irriguent leur betterave devraient porter une attention particulière à la planification de l'irrigation et à l'application de la quantité d'eau nécessaire pour produire de la betterave à sucre de bonne qualité sans perte de rendement.

L'adoption de l'humidité du sol 75 % HCC comme objectif d'irrigation pourrait assurer une bonne croissance de la betterave sucrière et contrôler la maladie de la rhizomanie dans le cadre d'une protection intégrée et respectueuse des ressources en eau.

Les stratégies d'irrigation déficitaire pourraient être considérées comme un nouveau moyen de gestion de la croissance afin d'améliorer la qualité des plantes et l'efficacité d'utilisation de l'eau avec une perte limitée de rendement.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Baker J.M., Wraith J. M., Dalton F. N., 1992. *Root function in water transport*. In: Hatfield J. L., Stewart B. A. *Limitations to Plant Root Growth*. Edition Springer, New-York, 53-72.

Biles C. L., Lindsey D. L., Liddell C. M., 1992. Control of Phytophthora root rot of chile peppers by irrigation practices and fungicides. *Crop protection*, 11, 3, 225-228.

Cappaert M. R., Powelson M. L., Christensen N. W., Crowe F. J., 1992. Influence of irrigation on severity of potato early dying and tuber yield. *Phytopathology*, 82, 12, 1448-1453.

Cappaert M. R., Powelson M. L., Christensen N. W., Stevenson W. R., Rouse D. I., 1994. Assessment of irrigation as a method of managing potato early dying. *Phytopathology*, 84, 8, 792-800.

Caprag D., 1976. The effect of irrigation on the occurrence of some important sugar beet pests in Yugoslavia and some other countries of South Eastern Europe. In 39. Winter Congress of the International Inst. for Sugar Beet Research, Bruxelles (Belgium), Feb 1976. IIRB Secretariat General, 10 rue de la Science.

Harveson R. M. & Rush C. M., 1993. An environmentally controlled experiment to monitor the effect of Aphanomyces root rot and rhizomania on sugar beet. *phytopathology-new york and baltimore then st paul*, 83, 1220-1220.

Harveson R. M., Rush C. M., 2002. The influence of irrigation frequency and cultivar blends on the severity of multiple root diseases in sugar beets. *Plant disease*, 86, 8, 901-908.

Hleibieh K., Peltier E., Klein A., Schirmer L., Schmidlin L., Covelli C., Ratti A., Legrève C., Bragard D. Gilmer, 2007. Etiologie de la rhizomanie de la betterave sucrière. *Virologie*, 11, 6, 409-421

Jamagne M., Bétrémieux R., Bégon J.C., Mori A., 1977. - Quelques données sur la variabilité dans le milieu naturel de la réserve en eau des sols. *Bulletin Technique d'Information*, 324-325, 627-641.

Kramer P. J., Turner N. C., 1980. Drought, stress, and the origin of adaptations. Adaptation of plants to water and high temperature stress., 7-20.

Mathurin J., 2007. Méthode officielle de détection du virus de la rhizomanie de la betterave sucrière partest biologique suivi du test ELISA.VS/04/06 version b, 1-18.

OEPP, 2005. Premier Signalement du Beet necrotic yellow vein benyvirus au Maroc. Service d'Information, 7, 11.

Piccinni G., Rush C. M. (2000). Determination of optimum irrigation regime and water use efficiency of sugar beet grown in pathogen-infested soil. *Plant disease*, 84, 10, 1067-1072.

Ristaino J. B., Duniway J. M. & Marois J. J. (1988). Influence of frequency and duration of furrow irrigation on the development of *Phytophthora* root rot and yield in processing tomatoes. *Phytopathology*, 78, 12, 1701-1706.

Rush C. M. & Vaughn K. M. (1993). Effect of irrigation, soil matric potential, and seed priming on sugar beet seed germination and damping-off caused by *Aphanomyces cochlioides*. *Phytopathology*, 83, 2, 202-206.

Rush C.M., Piccinni G. & Harveson R.M. (1997). Agronomic measures. Pages 243-282 in: *Environmentally Safe Approaches to Crop Disease Control*. N. A. Rehcigl and J.E. Rehcigl, eds. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Sharifi HA., Hosseinpour M., Rahn timer A.A., 2002. Effect of irrigation termination before harvest and late nitrogen application on sugar beet, yield and quality and root rot in Dezful. *Sugar Beet*, 17, 2), 86-98.