

BESOINS EN EAU ET EFFET D'UN STRESS HYDRIQUE MODERE SUR LA CROISSANCE ET LA PRODUCTION DE LA VIGNE DANS LA REGION DE MEKNES

Z. Messaoudi¹ et A. EL Fellah¹

Résumé

Ce travail a pour objectif d'estimer les besoins en eau d'irrigation de la vigne 'Merlot/R99', d'étudier l'effet du stress hydrique sur la croissance, le rendement en raisins et la qualité des moûts et de déterminer un seuil de différence de températures entre le feuillage et l'air ambiant ($T_{\text{feuillage}} - T_{\text{air}}$) susceptible d'être utilisé pour piloter les irrigations des vignobles de la région de Meknès. A cet effet, quatre régimes d'irrigation notamment 40, 60, 80 et 100%ETc (évapotranspiration de la culture) sont comparés selon un dispositif en blocs aléatoires complets.

Les besoins bruts en eau assimilés à l'ETc (Penman-Monteith) sont évalués à 524 mm pour la période allant de fin Mars à début Août. Quant aux besoins effectifs pour la même période, ils ne sont que de 156 mm. La méthode de Hargreaves peut être également utilisée pour estimer ces besoins d'une façon fiable. Le déficit hydrique permet de contrôler la vigueur des ceps en affectant négativement la surface foliaire et le diamètre des rameaux. Lorsque les quantités d'eau d'irrigation sont inférieures à 80% ETc, le rendement, le poids moyen de la grappe, le nombre de baies par grappe et le diamètre de la baie ainsi que l'acidité totale des moûts diminuent alors que la teneur en sucres des moûts augmentent. Le taux de nouaison, le nombre de grappes par cep, la longueur de la grappe et le pH, quant à eux, ne sont pas affectés. Vu que le régime d'irrigation 80%ETc constitue la consommation optimale en eau dans le cas de cet essai, l'irrigation peut être déclenchée dès que $T_{\text{feuillage}} - T_{\text{air}}$ du côté Est dépasse $+0.31^{\circ}\text{C}$.

Mots clés : Irrigation, stress hydrique, besoin en eau, évapotranspiration, vigne, croissance, production.

1. INTRODUCTION

L'eau constitue l'élément le plus vital pour la plante étant donné qu'il constitue la phase liquide dans laquelle tous les processus biochimiques de la plante ont lieu. Par conséquent, la disponibilité de l'eau en quantité suffisante dans le sol est primordiale. En plus, l'irrigation est apportée non seulement pour réaliser des rendements en raisins économiquement intéressants mais aussi pour épargner à la plante tout état de stress susceptible d'avoir des répercussions négatives sur la qualité de la production (Esteban et al., 1999 et Escolana et al., 2000).

Cependant et à cause de la sécheresse qui sévit de temps à autre dans les zones semi-arides telle que la région de Meknès, une gestion harmonieuse des ressources hydriques disponibles devient impérative. Cette gestion de l'irrigation dans les vignobles aura comme conséquences non seulement une économie des quantités d'eau utilisées mais également une amélioration de la production sur le plan qualitatif. En effet, un stress hydrique modéré garantit une haute qualité des raisins (Peterlunger, 2000). Il permet de réduire la compétition exercée par la végétation et la croissance racinaire en favorisant l'accumulation des nutriments et des carbohydrates dans les raisins (Comas et al., 2000; Bravdo, 1999; Hugué et Génard, 1998;

Williams et Matthews, 1990) et une réduction de l'acidité totale et le pH ainsi qu'une amélioration de la teneur en solides solubles totaux dans les raisins (Caspari et al., 1996).

Ce travail a été réalisé au cours de 2001 dans un vignoble de la région de Meknès dans un but d'estimer les besoins en eau et d'étudier l'effet d'un stress hydrique modéré sur les

paramètres de la végétation et de la production de la vigne dans la région de Meknès.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Vignoble

Ce travail a été conduit dans un vignoble âgé de 16 ans et complanté par 'Merlot/R99'. Le sol du vignoble est caractérisé par une texture sablo-argileuse, un pH de 8, un taux de matière organique de 1.73%, une teneur en calcaire total de 22.4%, une humidité à la capacité au champ de 21.17% et une humidité au point de flétrissement de 9%. Les ceps sont conduits en Guyot double palissé selon un seul plan vertical et à fil de fer unique. L'écartement est de 3 m entre les lignes de plantation et de 1.5 m entre les ceps sur une même ligne de plantation ; soit une densité de plantation de 2222 ceps/ha. La charge moyenne en bourgeons laissés à la taille est de 53328 bourgeon/ha. Le vignoble est irrigué au goutte à goutte à raison d'un goutteur pour deux ceps ; chaque goutteur a un débit de 12 l/heure.

2.2. Conduite de l'essai

L'essai a été conduit en blocs aléatoires complets à trois répétitions. Le facteur étudié est le régime d'irrigation appliqué aux ceps entre fin Mars et début Août. Quatre régimes d'irrigation, représentant chacun une fraction de l'évapotranspiration de la vigne (ETc), sont comparés. Ces régimes sont 40, 60 80 et 100%ETc. L'ETc est calculée selon l'équation 1 à l'aide du logiciel CropWat 7.0 (Smith, 2000).

$$ETc = Kc_{\text{ajusté}} * ET0 \quad \text{équation 1} \\ \text{avec}$$

$Kc_{\text{ajusté}}$: coefficient cultural de la vigne ajusté aux conditions de la région (Allen et al., 1998)

ET0: évapotranspiration de référence

1. Département Arboriculture-Viticulture, Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, B.P. S-40, Meknès 50000, Maroc
Contact: zerhoune@enameknes.ac.ma

calculée par décade selon la méthode de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) (équation 2)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{\mu_2(e_s - e_a)}{T + 273}}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)}$$

Equation 2

avec

ET_0 : Evapotranspiration de référence (mm/j)

R_n : Radiation nette de la surface de la culture (MJ/j.m²)

G : Densité du flux de chaleur du sol (MJ/j.m²)

T : Température journalière moyenne de l'air à 2 m de hauteur (°C)

μ_2 : Vitesse du vent à 2 m de hauteur (m/s).

e_s : Pression de vapeur à saturation (KP_a)

e_a : Pression de vapeur actuelle (KP_a)

$e_s - e_a$: Déficit de pression de saturation (KP_a)

Δ : Pente de la courbe de pression de vapeur

γ : Constante psychrométrique (KP_a/°C)

Les températures minimales et maximales ainsi que la pluviométrie sont recueillies au niveau du vignoble tandis que l'humidité de l'air ainsi que la vitesse du vent sont prélevées sur une station située à 36 Km du vignoble. Les autres paramètres notamment ceux de la radiation solaire sont dérivés des coordonnées (Nord 33°44,915', Ouest 5°34,935') et de l'altitude (650 m) de la parcelle de l'essai.

La dose brut d'irrigation (DBI, mm) est calculée selon l'équation 3.

$$DBI = ET_c - P_{\text{eff}} \quad \text{équation 3}$$

avec

ET_c : Evapotranspiration de la vigne (mm)

P_{eff} : Pluviométrie effective, 80% des pluies sont considérées effectives (Esteban et al., 1999)

La dose nette d'irrigation (DNI, mm) a été obtenue en tenant compte de l'efficacité du système d'irrigation adopté (90% pour la micro-irrigation), d'une part, et de la proportion du sol humectée par les goutteurs (0.3), d'autre part (équation 4).

$$DNI = DBI * 1.1 * 0.3 \quad \text{équation 4}$$

La durée de fonctionnement du système d'irrigation nécessaire pour apporter la dose nette d'irrigation (DI, heures et

minutes) est calculée selon l'équation 5.

$$DI = DNI / PG \quad \text{équation 5}$$

avec

DNI : dose nette d'irrigation (mm)

PG : pluviométrie des goutteurs (mm/heure)

2.3. Paramètres étudiés

2.3.1. Paramètres de croissance

Aux environs de la véraison, la surface foliaire moyenne ainsi que la surface de section moyenne du rameau ont été estimées à partir de 12 rameaux par parcelle élémentaire. Ces rameaux ont été choisis à raison de 2 rameaux par cep et parmi ceux situés entre le 4ème et le 6ème rang compté à partir de la base de la baguette. Les feuilles utilisées sont prélevées à partir du même point d'insertion opposé à la première grappe du rameau et la surface foliaire est mesurée à l'aide d'un planimètre (modèle 310 Area meter, Li-Cor, USA). Quant au diamètre du rameau, il a été mesuré à l'aide d'un pieds à coulisse de précision.

2.3.2. Paramètres de production

Le taux moyen de nouaison, le nombre moyen de grappe par cep, le poids moyen de la grappe, la longueur moyenne de la grappe, le nombre moyen de grappes par cep, le nombre moyen de baie par grappe, le poids moyen de 100 baies, le diamètre moyen de la baie ainsi que le rendement moyen par hectare ont été estimés. Par ailleurs, la teneur en sucres (°Brix) (réfractométrie), l'acidité totale (titrimétrie), le pH (pH -métrie) et l'acidité volatile (titrimétrie après distillation) des moûts ont été mesurés.

2.3.3. Température du feuillage

Vers le milieu de la troisième décade de juillet et pendant une journée à temps calme et à ciel clair et sans nuages, la température du couvert végétal des deux côtés Est et Ouest des ceps a été mesurée à l'aide d'un radio-thermomètre (Infra Trace, Type KM800S, France). A cet effet, 60 mesures ont été enregistrées à raisons de 60 mesures par parcelle élémentaire. La différence de températures entre le feuillage et l'air ($T_{\text{feuillage}} - T_{\text{air}}$) au niveau de chacune des parcelles élémentaires a été calculée.

2.3.4. Analyses statistiques des données

L'analyse de variance a été per formée en utilisant le logiciel 'SAS' (Statistical Analysis System, SAS Institute, ed. 1966, USA) pour tester l'effet du facteur du régime d'irrigation sur les différents paramètres étudiés. Le classement des moyennes a été effectué à l'aide du test de Newman et Keuls aux seuils de 1 et 5%.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Besoins en eau et évapotranspiration de la vigne (ET_c)

L'évapotranspiration de la vigne dans les D'une façon générale, cette augmentation s'explique par l'expansion foliaire et la demande climatique qui ont été élevées pendant le mois de juin. Si l'on tient compte des régimes d'irrigation appliqués dans les conditions de l'essai, l'apport total effectif en eau au cours de la saison de croissance a été de 62.14, 91.88, 121.62 et 151.36 mm respectivement pour les traitements 40, 60, 80 et 100%ET_c.

Par ailleurs, une corrélation très hautement significative (R=0.98) a été décelée entre l'ET₀ Penman-Monteith et l'ET₀ Hargreaves (équation 6).

$$ET_0 \text{ Penman-Monteith} = 1.168 + 0.608 * ET_0 \text{ Hargreaves}$$

équation 6

Ainsi, lorsque l'on ne dispose que des données relatives aux températures maximale, minimale et moyenne et à la radiation, l'ET₀ Hargreaves peut être utilisée pour estimer l'ET₀ Penman-Monteith.

3.2. Paramètres de croissance

Le régime d'irrigation a affecté d'une façon significative aussi bien la surface de section des rameaux que la surface foliaire de la vigne dans les conditions de l'essai (Tableau 2). Le traitement 100%ET_c a engendré la surface de section du rameau la plus grande tandis que celui de 40%ET_c a induit la vigueur la plus faible. Quant à la surface foliaire, deux groupes de traitements peuvent être distingués; les ceps ayant reçu 80 ou 100%ET_c ont développé des feuilles plus grandes par rapport à leurs homologues irrigués à 40 ou 60%ET_c.

Tableau 1. Evolution de la pluviométrie (P), l'évapotranspiration de référence (ET 0), du coefficient cultural (Kcajusté), de l'évapotranspiration de la vigne (ETc), des besoins bruts (DBI) et nets (DNI) en eau de la vigne 'Merlot/R99' dans la région de Meknès

| D cade | P(mm/d cade) | ET0 (mm/j) | Kcajust | Etc (mm/j) | DBI (mm/j) | DNI (mm/d cade) |
|--------------|--------------|------------|---------|---------------|---------------|-----------------|
| Mars 3 | 5.1 | 3.6 | 0.30 | 1.08 | 0.57 | 1.88 |
| Avril 1 | 0 | 4.7 | 0.33 | 1.55 | 1.55 | 5.12 |
| Avril 2 | 0 | 5.4 | 0.40 | 2.14 | 2.14 | 7.06 |
| Avril 3 | 0 | 4.7 | 0.48 | 2.25 | 2.25 | 7.43 |
| Mai 1 | 17 | 4.3 | 0.56 | 2.41 | 0.71 | 2.34 |
| Mai 2 | 6.8 | 5.5 | 0.64 | 3.49 | 2.81 | 9.27 |
| Mai 3 | 0 | 7.1 | 0.69 | 4.91 | 4.91 | 16.20 |
| Juin 1 | 0 | 8.0 | 0.70 | 5.62 | 5.62 | 18.56 |
| Juin 2 | 0 | 7.4 | 0.70 | 5.22 | 5.22 | 17.23 |
| Juin 3 | 0 | 8.0 | 0.70 | 5.62 | 5.62 | 18.55 |
| Juillet 1 | 0 | 6.9 | 0.70 | 4.83 | 4.83 | 15.94 |
| Juillet 2 | 0 | 7.2 | 0.70 | 5.05 | 5.05 | 16.67 |
| Juillet 3 | 0 | 6.5 | 0.67 | 4.32 | 4.32 | 14.26 |
| Oct 1 | 0 | 7.3 | 0.54 | 3.95 | 3.95 | 5.22 |
| Total | 28.9 | | | 524.41 | 495.51 | 155.69 |

Tableau 2. Effet du régime d'irrigation sur la surface de section moyenne du rameau (SSMR) et la surface moyenne foliaire (SMF) de la vigne 'Merlot/R99'

| Paramètre | Régime d'irrigation | | | |
|------------------------|---------------------|---------|--------|---------|
| | 40%ETc | 60%ETc | 80%ETc | 100%ETc |
| SSMR(mm ²) | *32.49c | 36.84bc | 38.71b | 47.40a |
| SMF (cm ²) | 101.95b | 109.45b | 131.8a | 145.11a |

* Pour un même paramètre, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents (Newman et Keuls, 5%).

3.3. Paramètres de production

Le régime d'irrigation a affecté le rendement en raisins et quelques unes de ses composantes notamment le poids moyen de la grappe, le nombre moyen de baies par grappe, le diamètre moyen de la baie et le poids moyen de cent baies (Tableau 3). Le régime d'irrigation 60%ETc a engendré des chutes respectives du rendement de l'ordre de 21 et 27% par rapport à 80%ETC et 100%ETC. Une diminution des apports d'eau d'irrigation de l'ordre de 20% n'a pas affecté ce paramètre. La diminution des rendements en raisins observée avec l'augmentation du stress hydrique s'explique surtout par la diminution concomitante engendrée au niveau du poids moyen de la grappe, du nombre moyen de baies par grappe et le

diamètre moyen de la baie. Par contre, le taux moyen de nouaison, le nombre moyen de grappes par cep ainsi que la longueur moyen de la grappe n'ont pas varié avec le régime d'irrigation appliqué (Tableau 3). L'absence d'effet du régime d'irrigation sur le taux de nouaison est surtout dû au fait que la formation des ébauches florales chez la vigne a généralement lieu avant le début des irrigations. De tel effet ne pourrait s'observer qu'à partir de la deuxième année de l'application des traitements.

3.4. Paramètres de qualité

Le régime d'irrigation a affecté la teneur en sucres (°Brix), l'acidité totale et l'acidité volatile mais pas le pH des moûts de raisins (Tableau 4). En effet, le °Brix a augmenté avec le déficit hydrique. L'acidité totale des moûts issus des ceps ayant reçu les traitements 80 ou 100%ETc était plus grande que celle obtenue chez les ceps irrigués selon 40 ou 60%ETc. Quant à l'acidité volatile de s moûts, elle semble être plus grande chez les moûts des raisins issus des ceps les plus stressés par rapport à ceux ayant reçu un autre régime d'irrigation plus confortable. Il semble donc que la diminution de la production engendrée par le déficit hydrique occasionne une augmentation appréciable aussi bien des teneurs en sucres que de l'acidité volatile ainsi qu'une diminution de l'acidité totale des moûts des raisins. En effet, une corrélation négative de l'ordre de 0.82 et 0.66 a été observée entre le rendement d'une part et le °Brix et l'acidité volatile d'autre part.

Tableau 3. Effet du régime d'irrigation sur le rendement, le taux de nouaison (TMN), le nombre moyen de grappes par cep (NMGC) et la longueur moyenne de la grappe (LMG), le poids moyen de la grappe (PMG), le nombre moyen de baies par grappe (NMBG), le diamètre moyen de la baie (DMB) et le poids moyen de cent baies (PMB) de la vigne 'Merlot/R99'

| Paramètre | Régime d'irrigation | | | |
|--------------------|---------------------|---------|---------|---------|
| | 40%ETc | 60%ETc | 80%ETc | 100%ETc |
| Rendement (Kg/cep) | *1.95c | 2.23b | 2.81a | 3.04a |
| TMN (%) | 27.14a | 26.45a | 27.08a | 26.82a |
| NMGC | 34.17a | 37.40a | 39.94a | 40.61a |
| LMG (mm) | 20.76a | 19.18a | 21.02a | 20.39a |
| PMG (g) | 56.95b | 59.51b | 72.55a | 75.18a |
| NMBG | 97.06b | 113.78b | 145.89a | 148.17a |
| DMB (mm) | 67.04c | 72.21bc | 78.54b | 85.70a |
| PMB (g) | 9.26c | 9.92b | 10.37a | 10.69a |

* pour un même paramètre, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents (Newman et Keuls, 5%)

Références Bibliographiques

Allen R. G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper n° 56.

Bravdo B. A. 1999. Irrigation of grapevines. Tulare County, Cooperative extension, California.

Caspari H. W., Neal S., Naylor A., Trought M. C. T. and Tannock S. 1996. Use of cover crops and deficit irrigation to reduce vegetative vigor of Sauvignon Blanc grapevines in humid climate. 4th international Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology, 16-20 July 1996, Rochester, New York, USA.

Comas L. H., Anderson L. J., Eissenstat D. M. and Lakso A. N. 2000. Patterns of root dynamics as influenced by pruning and irrigation in Concord grapevines. 6th International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology, 11-15 June, Heraklion, Greece.

Escolana J., Flexas J., Nadal M., Lampreave M., Lopez M., Zaballa O. Garcia -Escodero E. and Medrano H. 2000. Soil water effects on daily and seasonal sap flow and leaf transpiration in grapevines. 6th International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology, 11-15 June, Heraklion, Greece.

Esteban M. A., Villanueva M. J. and Lissarrague J. R. 1999. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation: sugars, organic acids and mineral elements. American Journal of Enology and Viticulture 50 (4): 20-23.

Huguet J. D. et Gnard M. 1998. Irrigation et qualité des fruits. Trait d'irrigation, des Techniques et documentation.

Peterlunger E., Sivilotti P., Celotti E. and Zironi R. 2000. Water stress and phenolic quality in Red Grapes. 6th International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology, 11-15 June, Heraklion, Greece.

Smith M. 2000. A computer program for irrigation planning and management: CropWat 7.0. FAO Irrigation and Drainage Paper n° 46 and 49.

Williams L. E. and Matthews M. A. 1990. Grapevine. In: Irrigation of agricultural Crops. Agronomy Monograph n° 30, eds. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Tableau 4. Effet du régime d'irrigation sur la teneur en sucre ($^{\circ}$ Brix), l'acidité totale (AT), le pH et l'acidité volatile (AV) des moûts de 'Merlot/R99'

| Paramètre | Régime d'irrigation | | | |
|--|---------------------|---------|---------|----------|
| | 40% ETC | 60% ETC | 80% ETC | 100% ETC |
| $^{\circ}$ Brix | *15.02c | 14.69bc | 14.22ab | 13.97a |
| AT (g H ₂ SO ₄ /l) | 4.40b | 4.97b | 5.67a | 5.90a |
| pH | 3.79a | 3.59a | 3.43a | 3.24a |
| AV (g H ₂ SO ₄ /l) | 0.19b | 0.10a | 0.11a | 0.09a |

* pour un même paramètre, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents (Newman et Keuls, 5%)

Tableau 5. Effet du régime d'irrigation sur la différence de température entre le feuillage et l'air ambiant (T feuillage-Tair) dans le vignoble de 'Merlot/R99'

| Côté | Régime d'irrigation | | | |
|---------|---------------------|---------|---------|----------|
| | 40% ETC | 60% ETC | 80% ETC | 100% ETC |
| Est | +2.94 | +1.84 | +0.31 | +0.31 |
| Ouest | -0.34 | -1.47 | -2.06 | -2.44 |
| Moyenne | +1.30 | +0.19 | -0.88 | -1.20 |

Quant à l'acidité totale des moûts, elle est corrélée positivement avec le rendement (R=0.90).

3.5. Différence de température (Tfeuillage-Tair)

La différence de température entre le feuillage et l'air (Tfeuillage-Tair) augmente avec la sévérité du déficit hydrique appliqué aux ceps (Tableau 5). Elle augmente de +0 à +2.94 °C et de -2.44 à -0.34 °C respectivement pour les côtés Est et Ouest de la plante. L'application d'un déficit hydrique engendre une fermeture concomitante des stomates réduisant ainsi les échanges gazeux entre la plante et l'air. Laquelle réduction se traduit par une accumulation de la chaleur dans les feuilles. En tenant compte des résultats portant sur la croissance végétative, les rendements et la qualité des moûts qui montrent que le régime d'irrigation 80%Etc constitue l'optimum de consommation en eau dans les conditions de cet essai, nous pouvons postuler que les irrigations peuvent être déclenchées dès que Tfeuillage-Tair du côté Est dépasse le seuil de +0.31°C.

4. CONCLUSION

Les résultats de ce travail montrent que les besoins nets en eau de la vigne dans les conditions de l'essai tels qu'ils sont déterminés par la méthode de Penman-

Monteith sont de l'ordre de 156 mm. La méthode de Hargreaves peut être utilisée pour estimer ces besoins dans le cas où une partie des données climatiques ne sont pas disponibles. Le déficit hydrique peut contrôler la croissance végétative en réduisant la vigueur de la plante à travers la réduction de la surface foliaire et le diamètre des rameaux. Cependant, une réduction des apports d'eau d'irrigation de plus de 40% par rapport à l'ETc de la vigne (Penman-Monteith) affecte la surface foliaire d'une façon sévère.

En affectant d'une manière négative le poids moyen de la grappe, le nombre moyen de baies par grappe et la croissance des baies, le déficit hydrique induit des rendements faibles par rapport à des situations de confort hydrique. Quant à la qualité de la production, une augmentation des teneurs en sucres ainsi qu'une diminution de l'acidité totale dans les moûts sont le résultats de l'application d'un stress hydrique aux ceps. La différence de températures entre les feuilles et l'air ambiant (Tfeuillage-Tair) peut constituer un outil pour piloter les irrigations dans les vignobles. A cet effet, la décision de procéder à une irrigation peut être prise dès que cet indice, mesuré du côté Est, dépasse +0.31°C.