

Évaluation spatiotemporelle de l'évapotranspiration réelle sur le bassin versant Lebna nord-est de la Tunisie

BEN ABDELGHAFAR aya ^{(1,2) (*)}, ZITOUNA-CHEBBI Rim ⁽³⁾, ERRAKI Salah ⁽⁴⁾, JACOB Frédéric ⁽⁵⁾,
ALBERGEL Jean ⁽⁵⁾, MEKKI Insaf ⁽¹⁾

(1) INRGREF, Carthage Univ., LR16INRAT05 L.STA, Ariana, Tunisie

(2) ESIM, Jendouba Univ., Jendouba, Tunisie

(3) INRGREF, Carthage Univ., LR16INRGREF02 LRVENC, Ariana, Tunisie

(4) UCAM Univ., Marrakech, Maroc

(5) LISAH, Univ Montpellier, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France

(*) abdelghaffar_aya@hotmail.com

Mots-clés : ETR, Kc, NDVI, spatialisation.

Introduction

Dans les régions arides et semi-arides méditerranéennes, tel le cas de la Tunisie, l'agriculture pluviale fournit des services écosystémiques et sociopolitiques importants (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) et contribue à la réalisation des objectifs nationaux surtout en termes de sécurité alimentaire. Tenant compte que d'une manière générale la pluie se répartit entre 2/3 d'eau verte (l'humidité dans le sol ou l'évapotranspiration par les plantes) et 1/3 d'eau bleue (les ruissellements dans les rivières et les percolations dans les aquifères) (Florence, 2013), l'optimisation de l'eau verte par l'intermédiaire de l'agriculture pluviale représente une bonne alternative de la gestion efficiente de l'eau dans les milieux semi-arides méditerranéens. L'évaluation des besoins en eau des différents couverts végétaux à l'échelle du bassin versant est donc une condition préalable à cette optimisation et à l'exploration de scénarios d'utilisation des terres et à l'évaluation des services écosystémiques subséquents. Dans ce contexte, il existe une grande variété de méthodes de mesure et d'estimation de l'évapotranspiration. Certaines d'entre elles sont plus appropriées que d'autres pour des questions de précision ou de coût financier, ou sont particulièrement adaptées à des échelles d'espace et de temps données. Le modèle FAO présenté dans son bulletin numéro 56, basé sur le coefficient cultural (Kc), est le plus utilisé. Cependant, le Kc varie essentiellement avec les caractéristiques propres de la culture et du climat. Il intègre les effets des caractéristiques primaires qui distinguent une culture de la culture de référence. Il tient alors en compte les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, la durée de son cycle végétatif et les conditions climatiques (Tuzet et Perrier, 1998). Il est donc plus prudent d'utiliser des valeurs déterminées ou testées expérimentalement pour chaque région. Des observations par télédétection des indices de végétation combinées avec le modèle FAO ont été largement utilisées pour des estimations spatiales de l'évapotranspiration (Wiegand et al., 1991 ; Pinter et al., 2003 ; Duchemin et al., 2006 ; Hunsaker et al., 2007 ; Er-Raki et al., 2007 ; Mjeira et al., 2014 ; French et al., 2020).

Bien que l'estimation du coefficient cultural par télédétection ait représenté un bon outil pour l'estimation de l'évapotranspiration dans les bassins versants pluviaux semi-arides. Cette approche n'a pas été évaluée sur plusieurs cultures annuelles. Pour combler ce manque de connaissance, la présente étude vise à évaluer l'approche Kc-NDVI sur plusieurs cultures annuelles et sur une végétation naturelle dans un bassin versant agricole pluvial semi-aride de la Tunisie. Les objectifs de l'étude sont (1) de calculer des valeurs Kc pour les principales cultures (Blé, Avoine, Fève) et sur la végétation naturelle (parcours) basées sur des mesures quotidiennes d'ETR par le système d'Eddy covariance installées sur chaque parcelle, (2) d'évaluer les relations Kc-NDVI à l'aide d'image satellites et (3) de procéder dans une prochaine étape à une estimation spatialisée du coefficient cultural (Kc) et de l'évapotranspiration des principales cultures (Blé, Avoine, fève) et sur la végétation naturelle

(parcours) en fonction de l'indice de végétation normalisé NDVI. Les résultats obtenus permettront ultérieurement l'estimation et la spatialisation de la productivité de l'eau pour les classes des cultures étudiées et à l'échelle du bassin versant.

1. Matériels et méthodes

1.1. Zone d'étude

L'étude est menée sur le bassin versant de Lebna (Figure 1) qui se situe au Cap Bon au Nord- Est de la Tunisie. Il s'étend sur une superficie de 210 km². Il est délimité à l'ouest dans sa partie amont par le Djebel Abderrahmane, et par la retenue du barrage Lebna à l'aval. Le climat se situe entre les bioclimats méditerranéens subhumides inférieurs sur le Djebel Abderrahmane et semi-arides supérieurs sur la partie Est, ce climat est marqué par l'alternance des deux saisons, la première chaude et sèche s'étend du mois de mai à mi-septembre, la seconde froide et pluvieuse s'étend du mois d'octobre au mois de mars.

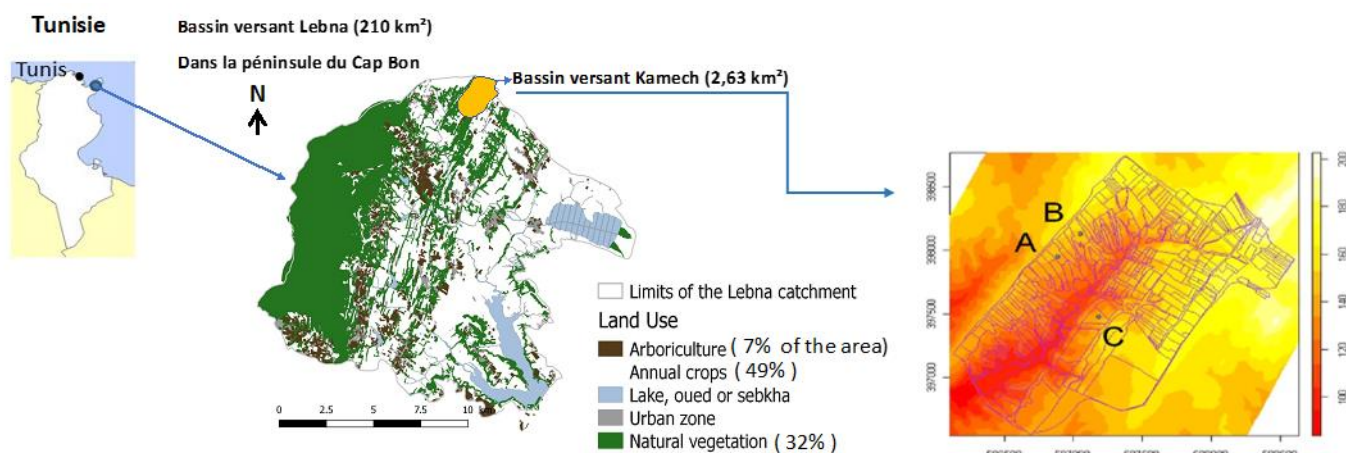


Figure 1 : Localisation du site d'étude et distribution des grandes classes d'occupation du sol au sein de la zone

1.2. Développement de la relation Kc-NDVI

Les mesures d'évapotranspiration réelle (ETR) sur le terrain sont obtenues moyennant une station d'Eddy covariance installée sur trois cycles de culture au niveau du bassin versant de Kamech (2,5 Km², sous bassin de Lebna). Les ETR sont observées entre 2004 et 2006 sur deux parcelles de cultures (A et B) et une parcelle de végétation naturelle (C). Les observations de l'ETR sont obtenues pour la parcelle A (Blé pour l'année 2004 et fève pour l'année 2006), la parcelle B (avoine pour l'année 2005) et la parcelle C (parcours naturel pour et l'année 2006). L'évapotranspiration de référence (ET₀) a été obtenue par des mesures au niveau d'une station météorologique située à l'exutoire du bassin versant. Les données des observations des évapotranspirations réelles nous ont permis par l'intermédiaire des évapotranspirations de référence ET₀ de calculer les coefficients de culture pour les différentes parcelles de contrôle A, B et C.

Les indices de végétation normalisés moyens NDVI pour les différentes parcelles d'observations de cultures (Blé, fève, avoine,) et de parcours sont calculés en utilisant des images landsat 5. Puisque le nombre des observations des NDVI été réduit en raison du nombre des images satellites disponibles pour les années des observations de l'ETR, il est effectué une interpolation temporelle des NDVI pour les périodes des observations des ETR pour les différentes parcelles. Trois méthodes d'interpolations ; « lineaire », « cubic » et « spline » ont été testées. Une analyse de corrélation a été menée entre les NDVI obtenus et les valeurs des Kc calculés à partir des données des observations de l'ETR pour les trois méthodes d'interpolation afin d'en choisir une au sens des meilleurs coefficients des corrélations.

La régression linéaire s'est avérée être le meilleur ajustement pour la combinaison, relation Kc-NDVI multi-temporelle.

Une étude de régression basée sur la forte relation de corrélation a été menée entre les coefficients des cultures calculés à partir des données des observations de l'ETR et les NDVI pour chaque type de couvert étudié (blé, avoine, fève, parcours naturel). Nous avons donc établi des relations linéaires liants les deux variables Kc et le NDVI pour les différents couverts observés.

2. Résultats et discussion

2.1. NDVI

La figure 2 montre des tendances similaires des NDVI interpolés pour chaque parcelle de culture. Une augmentation rapide proche des valeurs maximums, une région de plateau de 30 ± 2 ou 3 jours, puis une baisse abrupte de l'NDVI à la sénescence. Toutes les valeurs pour les deux cycles des cultures sont comprises entre 0,1 et 0,7. Toutefois, il y avait des différences lors de l'examen de l'amplitude des NDVI entre les types des cultures et les cycles cultureux. Cela peut être expliqué par le fait que l'NDVI varie en fonction des caractéristiques de l'espèce, la croissance des plantes selon les dates de semis et les conditions climatiques. Nous observons la sénescence et les chutes presque simultanées des NDVI suite au stress hydrique des cultures à partir de mois de mai.

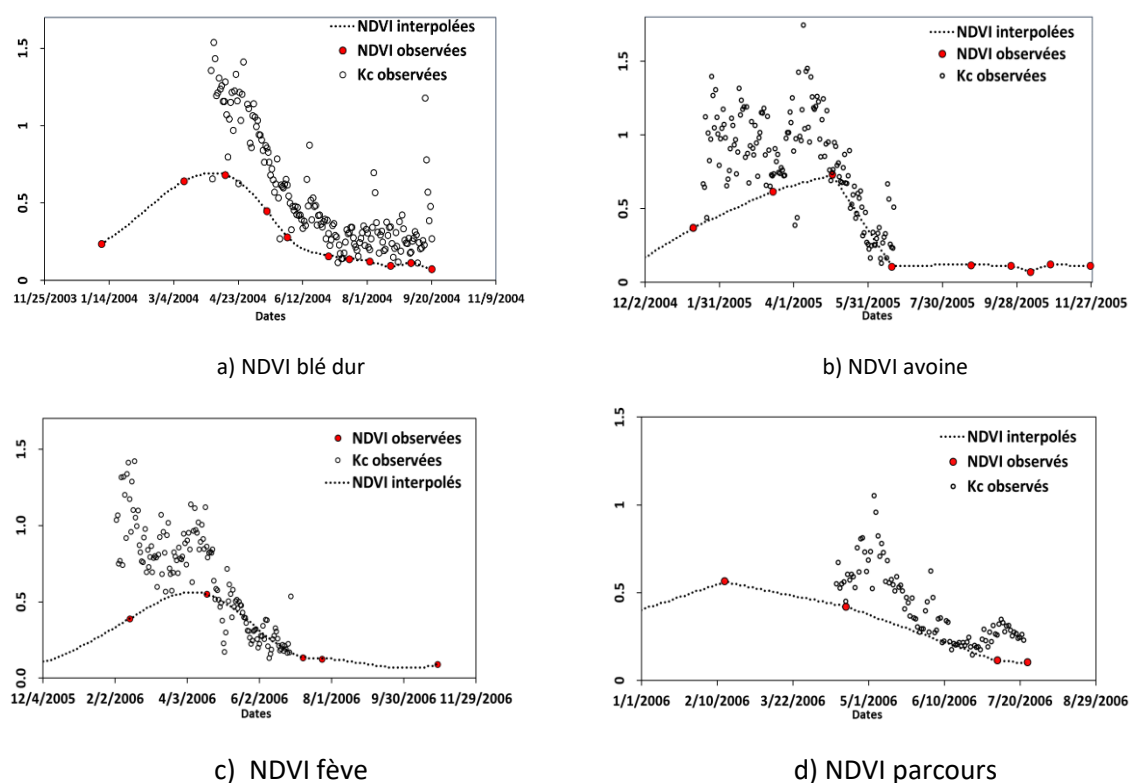


Figure 2 : Variations des NDVI interpolés pour les différentes parcelles étudiées.

2.2. Estimation de l'ETR en fonction du Kc, NDVI

L'estimation de l'ETR s'est basée sur le modèle Kc-NDVI. Puisque le nombre des images pour les dates des observations de l'ETR était réduit, il a été judicieux de réaliser une interpolation des NDVI moyens pour chaque classe des cultures. Le tableau 1 présente les corrélations pour les différentes méthodes d'interpolation utilisées (linéaire, cubic, spline). Toutes les méthodes ont présenté des coefficients de corrélations variant entre 0,70 à 0,83. La corrélation a permis d'établir des relations mathématiques reliant ces deux variables grâce à une régression linéaire entre les deux séries.

Tableau 1 : Coefficients des corrélations entre le Kc et le NDVI pour les parcelles d'observations de l'ETR

	Blé	Fève	Avoine	parcours
R2	0,78	0,70	0,77	0,83

La figure 3 présente les différentes courbes des régressions linéaires entre les deux séries des données interpolées des NDVI et les coefficients des cultures observés pour les différentes parcelles (blé, fève, avoine et parcours). Le Kc varie de 0,2 à faible couverture du sol ; principalement régie par l'évaporation du sol sous-jacent ; à une valeur maximale de 1,6 lorsque l'avoine a été bien développée et recouvrant entièrement la surface du sol et les réserves en eau du sol sont disponibles pour satisfaire les besoins des plantes. Il est remarqué ainsi, une saturation des NDVI aux stades de développement maximum de la plante et de maximum de densité tandis que le Kc continue à augmenter (Erraki et al. 2007).

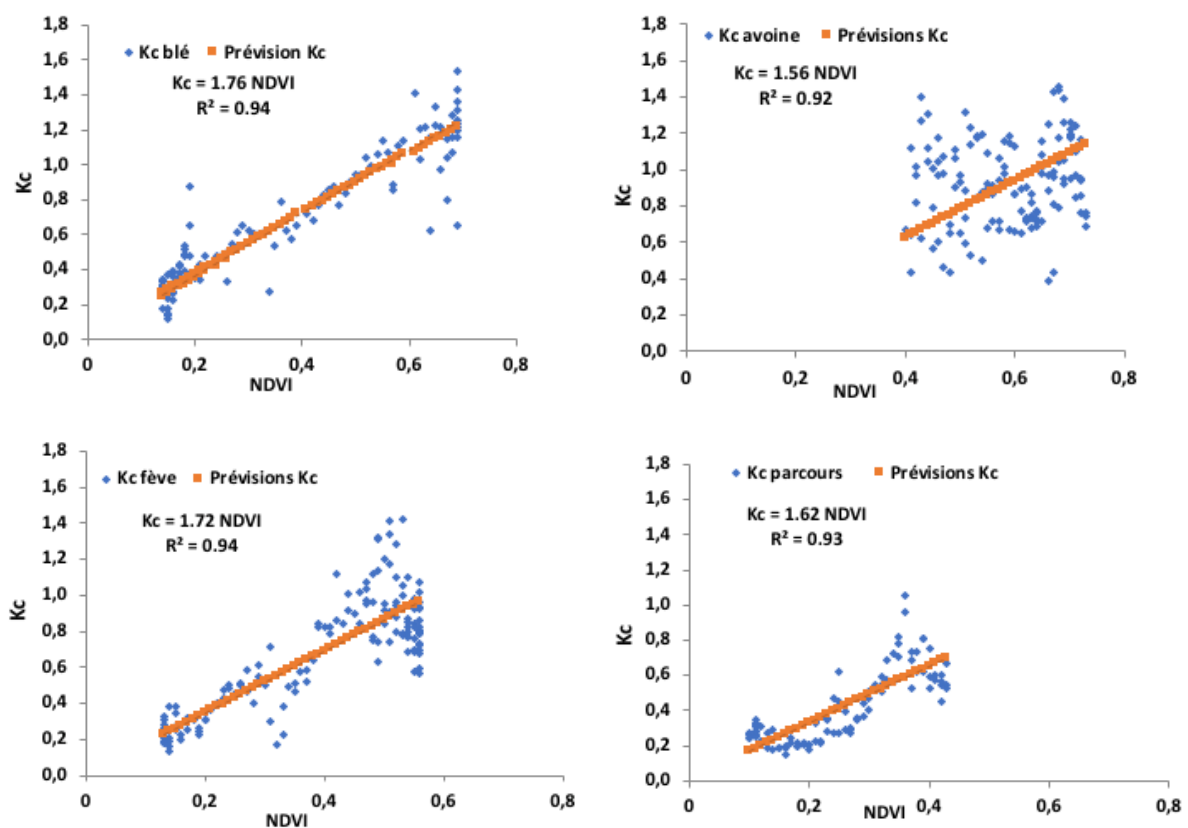


Figure 3 : Corrélation entre Kc et NDVI pour les différents couverts étudiés.

Conclusion

Les résultats des études sur les cultures annuelles sur le bassin versant de Lebna en Tunisie ont montré l'aspect pratique de l'application du modèle Kc basé sur l'NDVI pour estimer les besoins en eau des cultures. Un travail comme celui-ci est important pour le choix du système de culture le mieux adapté au contexte du manque d'eau par l'estimation d'une évapotranspiration de plantes mieux adaptées aux contextes climatique et physique de la région d'étude.

Le travail actuel a permis de distinguer les coefficients de culture réels des coefficients standards illustrés dans le rapport de la FAO56 (se référant aux cultures cultivées dans des conditions environnementales standard données). D'autre part, La courbe Kc de la FAO est également difficile à utiliser de manière prédictive en raison de la variabilité climatique interannuelle, induisant des durées

variables des stades de croissance des cultures. Les relations linéaires de K_c / NDVI ainsi obtenues permettent la caractérisation de la consommation de l'eau pour les différents stades de développement de la culture. Cependant, étant donné que le K_c varie avec les caractéristiques physiques et hydrologique du milieu (des pratiques culturales spécifiques, état de stress hydrique, stress produit par diverses insuffisances de nature agronomique...), le transfert des résultats pour les relations des K_c / NDVI élaborées pour des conditions climatiques proches de celle du cas d'étude, implique un ajustement des résultats aux nouvelles conditions.

Remerciements

Le projet MCSA-Rise-ACCWA a apporté un soutien financier à cette étude. Le travail sur le terrain a été effectué dans le cadre des travaux de doctorat de Zitouna R., et dans le cadre du projet Prima ALTOS. La coopération de tous les acteurs impliqués dans la collecte des données (techniciens, agriculteurs, services de vulgarisation locale dans la région de Lebna Cap Bon,...) est très appréciée.

Références

- Duchemin B., Hadria R., Er-Raki S., Boulet B., 2006. Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices. *Agricultural Water Management* 79(1):1-27. doi:10.1016/j.agwat.2005.02.013.
- Er-Raki S., Chehbouni A., Guemouria N., Duchemin B., Ezzahar J., Hadria R. 2007. Combining FAO-56 model and ground-based remote sensing to estimate water consumptions of wheat crops in a semi-arid region. *Agricultural water management* 87, 41-54.
- French A.N., Hunsaker D.J., Sanchez C.A., Saber M., Gonzalez J.R., Anderson R. Satellite-based NDVI crop coefficients and evapotranspiration with eddy covariance validation for multiple durum wheat fields in the US Southwest. 2020. *Agricultural water management* 239, 106-266.
- Hunsaker D. J., Fitzgerald G. J., French A. N., Clarke T. R., Ottman M. J., Pinter P. J., 2007. Wheat Irrigation Management Using Multispectral Crop Coefficients: I. Crop Evapotranspiration Prediction. *Transactions of the ASABE*. 50(6): 2017-2033. doi: 10.13031/2013.24105.
- Kharrou H., Berjani B., Chehbouni A., 2009. Estimation spatialisée de l'évapotranspiration des cultures irriguées par télédétection : application à la gestion de l'irrigation dans la plaine du Haouz (Marrakech, Maroc). *Sécheresse*, 20, 123-130.
- Mjeira M., Dubreuil V., Henia L., Evaluation de l'évapotranspiration maximale par télédétection à moyenne résolution spatiale : cas du bassin versant de la Mejerda en Tunisie. 27e colloque de l'AIC. Dijon. Volume: 27. Project: Droughts / Sécheresses.
- Pasquier F., 2013. La gestion et l'usage de l'eau en agriculture. *Journal officiel de la république française, section de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation*. France ,80p.
- Pinter P., Hatfield J., Schepers J.S., Barnes E., Moran M. S., Daughtry C., Upchurch D.R., 2003. Remote Sensing for Crop Management. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69(6). DOI:10.14358/PERS.69.6.647.
- Tuzet, A., Perrier, A., 1998. Généralités. L'eau dans la biosphère. In: J.R. Tiercelin (Editeur), *Traité d'irrigation* (p. 7-43). Paris, FRA : Lavoisier.
- Wiegand C.L., Richardson A.J., Escobar D.E., Gerbermann A.H., 1991. Vegetation indices in crop assessments. *Remote Sensing Research Unit, USDA Agricultural Research Service, Weslaco, Texas USA*. Volume 35, Issues 2–3, 105-119.