

L'apport de la télédétection pour l'estimation du coefficient cultural Kc de la culture d'orge (*Hordeum vulgare*) en région aride (Biskra Algérie)

S. Merdaci^{1, 2,*}, A. Masmoudi²

¹ Institut Technique de développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS)

² Département des sciences agronomiques, Université de Biskra (Laboratoire; Diversité des Ecosystèmes et Dynamique des Systèmes de Production en Zones arides **DEDSPAZA**)

*Corresponding author: s_merdaci29@yahoo.fr; Tel.: +213 665 9367 68; Fax: +213 33 62 48 87

ARTICLE INFO	ABSTRACT/RESUME
Article History : Received :04/01/2019 Accepted :22/08/2019	Résumé : La gestion rationnelle de l'eau d'irrigation à l'échelle parcellaire ou à l'échelle régionale revêt une importance primordiale pour satisfaire les besoins en eau de tous les agriculteurs d'une manière durable. L'indisponibilité de l'information ou des données indispensables à la bonne gestion de ces eaux à l'échelle spatiale et temporelle nous oblige à trouver d'autres alternatives plus performantes et plus fiables, et cela pour améliorer les approches actuelles qui se basent généralement soit sur les formules empiriques ou sur des estimations standards (les calendriers d'irrigation). Sur ce, la télédétection spatiale apparaît comme la voie la plus prometteuse en proposant une vision objective, exhaustive et répétitive sur de grandes surfaces. La télédétection qui se base sur l'interaction rayonnement électromagnétique-cible, permet d'accéder à certaines variables clés pilotant le processus d'évapotranspiration. La télédétection spatiale offre maintenant une information spatialisée et actualisée concernant la végétation ainsi que les séries temporelles d'images qui renseignent de plus sur le développement réel de la végétation (et non son développement supposé) notamment par le biais d'indices de végétation comme le (NDVI). Cette information est bien corrélée à l'activité photosynthétique des végétaux, elle-même déterminante de l'évapotranspiration.
Mots clés : Modélisation ; Télédétection ; NDVI ; Evapotranspiration de la culture ETc; Coefficient cultural Kc.	Abstract: The rational management of irrigation water on a plot or regional scale is very important to find the water requirements of all farmers in a sustainable manner. The unavailability of information or data essential for the good management of these waters at the spatial and temporal scale forces us to find other more efficient and reliable alternatives to improve current approaches that are usually based on either empirical formulas or standard estimates (irrigation schedules). Spatial remote sensing is emerging as the most promising solution, offering an objective, exhaustive and repetitive view of large areas. Remote sensing, based on the electromagnetic-target interaction, provides access to key variables driving the evapotranspiration process. Spatial remote sensing offer now spatialized and actual information on vegetation as well as time series of images that provide further information on the actual development of vegetation (not its assumed development), particularly through vegetation indices such as the (NDVI). This information is well correlated with the
Key words: Modeling, RemoteSensing, NDVI, Crop Evapotranspiration ETc, Cultural Coefficient Kc.	Notre travail vise à trouver la relation entre le Kc et le NDVI en élaborant un modèle de régression polynomiale ou linéaire $Kc=f(NDVI)$ pouvant aboutir à la formule $ETc = f(NDVI) \times ETP$ déterminante des besoins en eaux de la culture d'orge.

Tableau 1. La granulométrie du sol du site expérimental

Granulométrie				
Argile (%)	Limon (%)		Sable (%)	
	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
34.62	26.23	18.52	20.13	0.50
	44.75		20.63	

II.1.3L'eau d'irrigation

Selon la classification des eaux [5], celles du site expérimental sont classées comme des eaux très salées CE >4 ds/m. Ces eaux sont pompées à partir d'un forage qui débite 13L/set proviennent de la

nappe méo-pliocène à une profondeur de 60m. Les analyses physicochimiques de l'eau ont été faites au niveau du laboratoire de l'ITDAS, et récapitulées dans le tableau N°02

II.1.4. La pluviométrie

Figure 2. La parcelle d'étude d'orge (photo prise

Echantillon	CE (ds/m)	pH	Cations (méq/l)				Anions (méq/l)			
			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CO ₃ ^{- -}	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ^{- -}
Eau de forage	4.8	7.5	25.35	6.4	7.4	0.06	0.8	5.2	26.46	21.46

Tableau 2 . Les caractéristiques chimiques de l'eau utilisée pour l'irrigation

Le total des précipitations annuelles dans la région de Biskra durant la période (1989-2017) est très faible (153,4 mm/an) et caractérisé par une irrégularité remarquable avec un maximum de sécheresse qui a été enregistré durant le mois de juillet avec une pluviométrie de 2.2 mm par contre durant le mois le plus arrosé (octobre), elle est de 19.7 mm[6]

II.1.5. La température

La température est le second facteur après la précipitation qui conditionne le climat d'une région. La région de Biskra est caractérisée par de fortes températures pouvant atteindre une moyenne annuelle de 23 °C. Les mois les plus chauds durant la période (1989-2017) sont Juin, Juillet et Août présentant respectivement une moyenne mensuelle de 31,5°C, 34,7°C et 34.1°C. Les mois les plus froids sont ; Décembre avec 14,8°C, Janvier avec 12, 1°C et février avec 13,5°C.

II.2.Méthode de travail

La parcelle qui fait l'objet de notre étude est de 05 ha, occupée par la culture d'orge (*Hordeum vulgare*), destiné à l'alimentation du bétail et qui se situe au niveau de la FDPS de l'ITDAS. Cette parcelle est irriguée par le système d'aspersion (poste intégral fixe) qui couvre la totalité de la parcelle. La figure N° 02 montre notre parcelle d'étude austade montaison.



le 15/03/2018)

Le travail est basé sur le traitement des images satellitaires téléchargées chaque 16 jours auprès de **LANDSAT 8 OLI/TIRS C1 level-1**(tableau 03) de la même zone (Biskra) ou se trouve notre parcelle d'étude durant la période du cycle de l'orge « décembre à mai »

La résolution spatiale des pixels est de 30 m, et on les a transformés à 15m en utilisant la méthode du spectral-sharpening (gram-schmidt) en utilisant le logiciel ENVI 4.7

Tableau 3. Description technique du satellite landsat 8 OLI/TIRS

	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Launched February 11, 2013	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

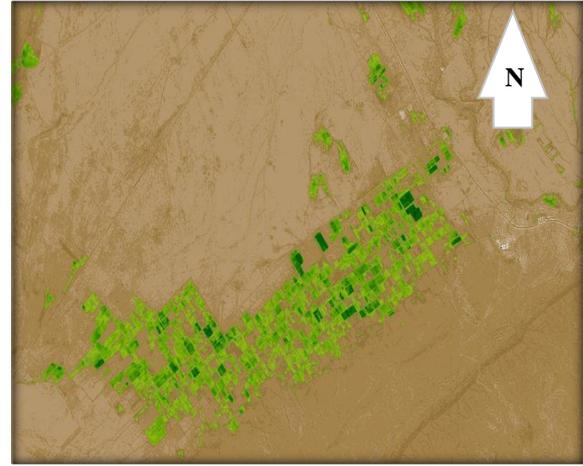


Figure 3. Image satellitaire après traitement par ENVI 4.7

II.2.1.Données utilisées

II .2.1.1.Etape 1

Les images ont été téléchargées auprès du site « earthexplorer.usgs.gov » gratuitement durant tout le cycle de l’orge de décembre, à la sénescence en mai.

II .2.1.2.Etape 2

Parmi plusieurs indices de végétation qui existent, l’indice le plus connu et le plus utilisé est l’indice de végétation par différence normalisée ou indice de tucker (NDVI en anglais)[7] son expression est la suivante ;

$$NDVI = \frac{PIR-R}{PIR+R} \quad (1)[8]$$

L’indice de végétation est un indicateur de l’activité chlorophyllienne de la végétation, les valeurs de NDVI sont comprises en théorie entre le -1 et +1 ; les valeurs négatives correspondent aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l’eau et les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances sont à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge.

Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées entre (0,7 et 1) correspondent aux couverts végétaux les plus denses [9]

Pour le traitement des images satellitaires (format TIFF), chaque image a été traitée séparément par le logiciel ENVI 4,7 pour faire ressortir les valeurs de l’NDVI de chaque image qui correspondent à une période du cycle végétatif.

Les valeurs NDVI ont été calculées à partir des images à ciel clair élaborées sur une période de 16 jours (figure 03).

Le travail est réalisé dans le but de trouver une relation entre les valeurs du coefficient culturel Kc et les valeurs du NDVI sachant que le Kc est un paramètre déterminant des besoins en eau de la culture ou l’évapotranspiration de la culture ETc

$$ETc = Kc \times ETP \quad (2) [10]$$

Pour le calcul d’ETc, on a besoin d’estimer l’ETP à partir de la station agro météorologique de l’aéroport de la wilaya de Biskra. Le Kc empirique est estimé à partir du bulletin FAO (1998)[11]

Le Kc de la culture d’orge change durant le cycle de la culture entre 0,1 et 1,15 selon les stades végétatifs de la culture[11]

Le NDVI décrit l’activité photosynthétique du couvert végétal.

Sur ce, notre travail vise à trouver la relation entre le Kc et le NDVI sur la base du modèle $Kc=f(NDVI)$

$$ETc = f(NDVI) \times ETP \quad (3)$$

III. Résultats de la modélisation

Les tableaux cités ci-dessous montrent la relation entre le Kc empirique et le NDVI dans notre cas d'étude

III.1. La régression polynomiale

Tableau 4. Résultats du modèle par régression polynomiale

Le modèle					
Date	NDVI : x	Kc : y	Kc Modèle	Résidus	Résidu au carré
18/12/2017	0,217	0,1	0,139	0,039	0,002
03/01/2018	0,272	0,2	0,137	-0,063	0,004
19/01/2018	0,535	0,3	0,265	-0,035	0,001
04/02/2018	0,653	0,513	0,398	-0,115	0,013
20/02/2018	0,934	0,725	0,902	0,177	0,031
08/03/2018	0,966	0,938	0,976	0,038	0,001
24/03/2018	1,00	1,15	1,059	-0,091	0,008
09/04/2018	1,00	1,15	1,059	-0,091	0,008
25/04/2018	0,876	0,775	0,776	0,001	0,000
11/05/2018	0,732	0,4	0,513	0,113	0,013
27/05/2018	0,234	0,1	0,137	0,037	0,001
				Moy des carrés des résidus	0,008

Tableau 5. Les résultats du test RMSE

RootMean Square Error	
RMSE (Erreur Quadratique) =	0,087
Le modèle estime très bien le Kc	

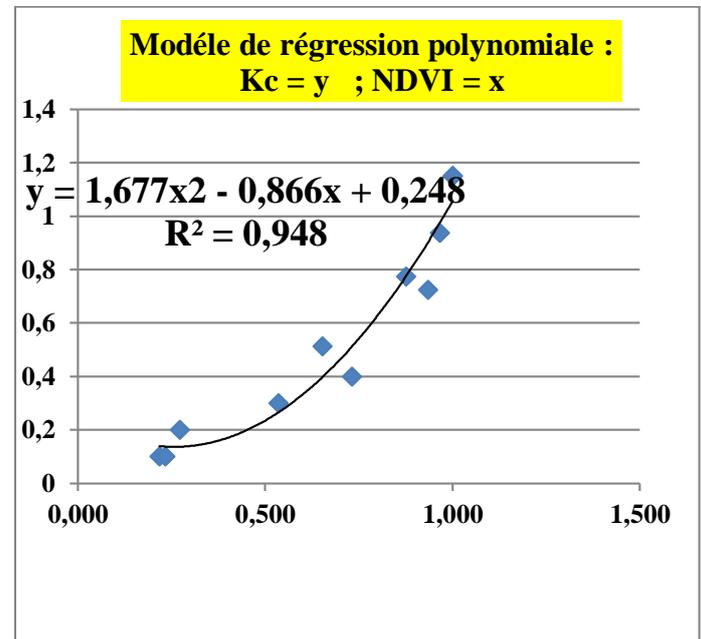


Figure 4. Modèle de régression polynomiale

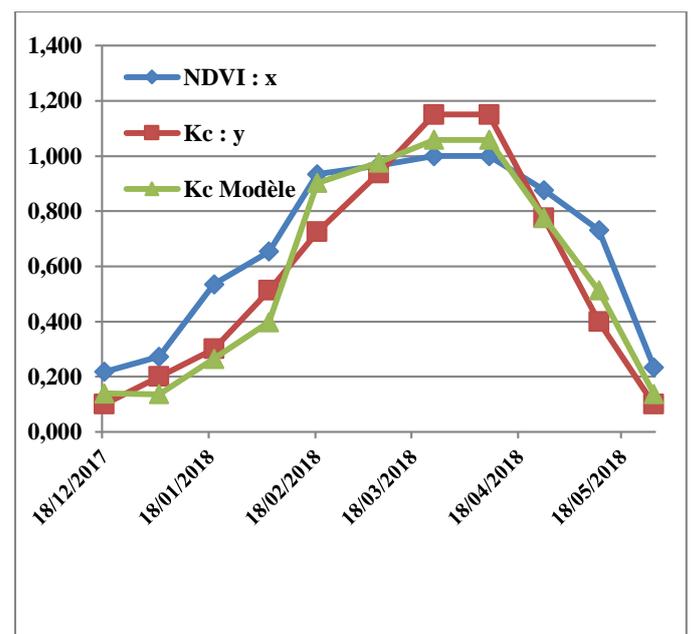


Figure 5. Illustration de la relation entre le NDVI et le Kc

III.2. La régression linéaire

Tableau 6. les résultats de la régression linéaire

Le modèle					
Date	NDVI : x	Kc : y	Kc Modèle	Résidus	Résidu au carré
18/12/2017	0,217	0,1	0,041	-0,059	0,004
03/01/2018	0,272	0,2	0,105	-0,095	0,009
19/01/2018	0,535	0,3	0,414	0,114	0,013
04/02/2018	0,653	0,513	0,553	0,040	0,002
20/02/2018	0,934	0,725	0,883	0,158	0,025
08/03/2018	0,966	0,938	0,920	-0,018	0,000
24/03/2018	1,00	1,15	0,960	-0,190	0,036
09/04/2018	1,00	1,15	0,960	-0,190	0,036
25/04/2018	0,876	0,775	0,814	0,039	0,002
11/05/2018	0,732	0,4	0,645	0,245	0,060
27/05/2018	0,234	0,1	0,061	-0,039	0,002
				Moy des carrés des résidus	0.017

Tableau 7. Résultats du Test RMSE

RootMean Square Error	
RMSE (Erreur Quadratique) =	0,131
Le modèle estime bien le Kc	

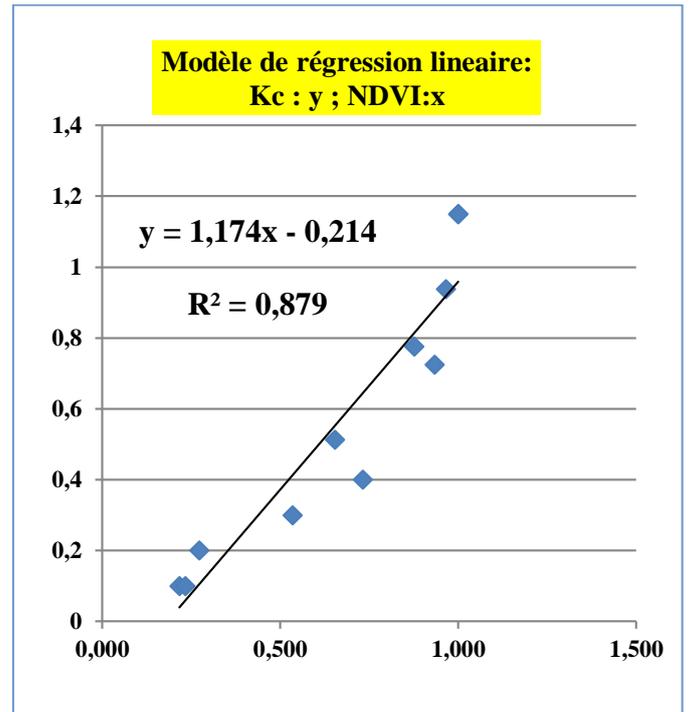


Figure 6. Modèle de régression linéaire

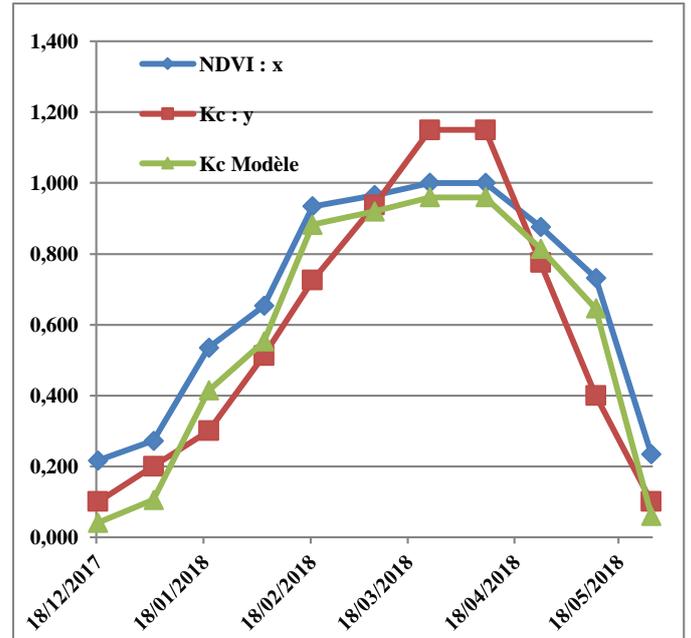


Figure 7. Illustration de la relation entre le NDVI et le KC par régression linéaire

On vise à trouver la meilleure relation entre les valeurs du NDVI et le développement de la culture Kc au niveau du site expérimental de l'orge.

L'interprétation de cette corrélation a été faite par une régression polynomiale et une régression linéaire pour trouver la meilleure corrélation et le meilleur modèle d'estimation du Kc réel à partir des images satellitaires (NDVI).

Après ces deux travaux de corrélation nous avons tiré comme conclusion que le meilleur modèle qui interprète le développement végétatif Kc par le NDVI est le **premier modèle de la régression polynomiale**. Ces résultats ont été confirmés par le test statistique **Root Mean Square Error RMSE** [12]

IV. Conclusion

D'après les deux modèles tirés ci-dessus nous pouvons écrire les formules du Kc comme suit ;

✚ $Kc = 1,174 (NDVI) - 0,214(4)$ conformément au modèle de la régression linéaire, représenté par un coefficient de régression $R^2 = 0,879$ et selon le test RMSE (Racine Moyenne des Erreurs Carré) qui égal à 0,131

✚ $Kc = 1,677 (NDVI)^2 - 0,866 (NDVI) + 0,248$ (5) conformément au modèle de la régression polynôme, représenté par un coefficient de régression $R^2 = 0,948$ et selon le test RMSE (Racine Moyenne des Erreurs Carré) qui égal 0,087 Le modèle qui représente mieux le Kc de la culture d'orge est le Modèle de la régression polynomiale. Sur ce, la formule des besoins en eau des cultures ;

$$ETc = Kc \times ETP \quad (2)$$

Devient

$$ETc = (1,677 (NDVI)^2 - 0,866 (NDVI) + 0,248) \times ETP \quad (6)$$

V. Références

1. Chehma, A. Le Sahara en Algérie. situation et défis MEP tassili (n° 09 MDU 754) Université KASDI MERBAH- Ouargla (2011) 8.
2. khadraoui, A. Sols et Hydraulique Agricole dans les Oasis Algériennes. ED Ouargla (2005) 310 p.
3. DRE 2016. Monographie de la Wilaya de Biskra, direction de la programmation de la Wilaya de Biskra, 206.
4. Simonneaux V.; Lepage, M.; Helson, D.; Metra, J.; Thomas, S.; Duchemin, B.; Cherkaoui, M.; Kharrou, H.; Berjani, B.; Chehbouni, A. 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 (1) (2009) 123-130.
5. USDA. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. Agriculture Handbook(1954) 60.
6. Office National de la Météorologie. Les bulletins Décadaires d'informations climatiques et agro météorologiques de l'Algérie 1989-2017.
7. Thomas, J.; Chen, D.; Cosh, M.; Fuqin, L.; Anderson, M.; Walthall, Ch.; Doriaswamy, P.; Ray Hunt, E. Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. Remote sensing of environment. ELSEVIER 92 (2004) 475-482.
8. Razagui, A.; Bachari, N.E.I. Analyse spatio-temporelle de l'indice de végétation NDVI calculé à partir des images satellites NOAA et MSG. Revue des énergies renouvelables vol.17N°3 (2014) 497-506.
9. Kortli, M. Travaux pratique de télédétection. Université de Manouba Tunis (2013)125.
10. Hamdy, A.; Makhoul, A. Advances in soil salinity and drainage management to save water and protect the environment. Ed Ministry of Agriculture-Algeria. (2002) 508.
11. FAO. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper N° 56 Rome. FAO(1998) 300 p.
12. Bernard-Michel, C. Régression linéaire. Rapport Recherche et Développement, étude n° 70/00 LNE. 130.

Please cite this Article as:

Merdaci S., Masmoudi A., L'apport de la télédétection pour l'estimation du coefficient cultural Kc de la culture d'orge (Hordeum vulgare) en région aride (Biskra Algérie), **Algerian J. Env. Sc. Technology**, 6:3(2020) 1484-1490