

**ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET BESOINS EN EAU
DE LA CULTURE DE BLÉ DUR DANS LA RÉGION DE SÉTIF
(CAS DU BASSIN VERSANT DE BOUSSELAM)**

D. SMADHI

INRAA, Laboratoire de Bioclimatologie, CRP, Station Mahdi-Boualem, BP 37 Baraki Alger.

Résumé : *Notre étude a été réalisée dans la région des hauts plateaux Sétifiens (cas du bassin versant de Bousselam) située dans l'étage bioclimatique semi-aride.*

Cette étude permet une première approche pour estimer l'évapotranspiration potentielle à partir des différentes méthodes classiques (Turc, Blaney et Criddel ; Thornthwaite).

La mesure indirecte de l'évapotranspiration potentielle (ETP) permet d'une part, d'estimer la demande climatique de la région, d'autre part de mieux apprécier les résultats obtenus par les différentes formules classiques utilisées.

Pour mieux évaluer cette demande, les résultats obtenus ont été estimés par la méthode de régression linéaire par rapport à la formule de Penman qui reste une référence.

Par ailleurs, la prévision des besoins en eau et l'estimation des rendements, de la culture du blé en irrigué, a été obtenue en utilisant la formule de Penman-Monteith, vu les résultats appréciables obtenus, avec une comparaison des résultats de rendements de la culture pluviale.

Mots clés : *Sétif, évapotranspiration, méthodes empiriques, régression linéaire, besoin en eau, amélioration des rendements.*

Abstract : *Our survey has been achieved in the region of the high Setifiens trays (case of the basin pouring Bousselam) situated in the semi-arid bioclimatic stage. This survey permits a first approach to appraise the potential evapotranspiration from the different classic methods (Turc, Blaney and Criddel; Thornthwaite).*

The measure indirect of the potential evapotranspiration (ETP) permits on the one hand, to appraise the climatic demand of the region, on the other hand to appreciate the results obtained by the different used classics formulas.

To evaluate this demand better, the obtained results have been appraised by the linear regression method with regard to the formula of Penman that remains a reference.

Otherwise, the previous of needs in water, requirement and the evaluation of yields, of irrigated wheat, has been obtained while using the formula of Penman-Monteith, seen the gotten substantial results, with a comparison of results of yields of the rainfeed culture.

Key words : *Sétif, evapotranspiration, empiric methods, linear regression, water requirement, improvement of yields.*

INTRODUCTION :

L'étude proposée met en relief l'évapotranspiration potentielle (ETP), donnée essentiellement climatique, et représente la consommation en eau maximale des cultures (Damagnez, 1968).

Plusieurs méthodes classiques ont été développées par différents chercheurs (Turc ; Blaney et Criddel ; Thornthwaite et Penman-Monteith in Elosmani, 1994) et appliquées (Brochet et Gerbier, 1975 ; Seguin, 1975 ; Issolah, 1983 et Smati, 1988) pour évaluer l'évapotranspiration potentielle. Ces méthodes, prennent en compte les facteurs climatiques (précipitation, température, vent, insolation).

L'aptitude de ces méthodes est de déterminer le déficit hydrique climatique (ou état hydrique) d'une région qui est souvent en relation avec la variabilité des sols et des cultures.

Pour notre part, ces méthodes ont été utilisées pour évaluer et étudier l'évolution et la répartition de l'évapotranspiration potentielle dans le temps dans la zone d'étude, en relation avec les besoins en eau de la culture de blé.

L'évapotranspiration obtenue, a permis d'estimer les rendements et cela, en quantifiant les besoins en eau de la culture de blé dur en irrigué, comparativement à une culture pluviale.

Une connaissance satisfaisante de l'évapotranspiration potentielle est nécessaire. Cette connaissance, permet de pallier aux aléas climatiques en

rapport avec les besoins en eau de la culture dans la région de Sétif, région semi-aride.

MATERIELS ET METHODES :

Données de bases :

L'étude est basée sur les paramètres climatologiques (précipitation en mm, température en °C, humidité) recueillis par l'Agence National de la Recherche Hydraulique (ANRH) et par l'Office National de la Météorologie (ONM) au niveau du sous bassin versant de l'oued Bouselam, situé au nord ouest de la région de Sétif. Ce sous bassin est représenté par 8 stations climatiques. Les paramètres obtenus permettent d'estimer l'évapotranspiration qui dépend en premier lieu de l'échelle de temps choisie en rapport avec le but à atteindre. Ces facteurs sont représentés sur une période de 12 ans.

Dans le cadre de cette étude orientée essentiellement vers les problèmes d'irrigation, la période de temps qui a été utilisée comme base de travail est l'échelle mensuelle par manque de données décennales qui donneraient des résultats exhaustifs et plus précis.

Les données de bases sont des données mensuelles portant sur la période (1981-1992) dont certaines séries climatologiques (précipitations, températures,...) utilisées présentent des données manquantes. Ces séries ont été complétées par le modèle de la régression linéaire (Smadhi et Boulassel, 1996) basé sur le coefficient de corrélation (Schurr, 1986).

Les séries climatologiques utilisées ont permis de calculer l'évapotranspiration et de comparer entre les différentes formules. Les besoins d'irrigation de la culture de blé dur ont été déterminés par le logiciel de calcul des besoins en eau (Cropwat). Dans les conditions d'alimentation annuelle et mensuelle en eau d'irrigation, on a considéré que 80 % des pluies représente une année «normale» 3 années sur 4. Cette pluie est utilisée dans le dimensionnement du système d'irrigation avec une référence adéquate à la culture, au climat et à la date de semis (Smith, 1992).

Aussi, l'estimation de l'évapotranspiration de référence (ET0) est basée sur l'approche Penman-Monteith qui a été recommandée par la FAO en 1990, in Smith (1992).

RESULTATS ET INTERPRETATIONS :

Etude de l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne (ETP) :

L'évolution de l'évapotranspiration potentielle conduit à une pluralité de définition suivant le but recherché (Seguin, 1975).

Dans le cadre de notre étude, l'évapotranspiration est considérée comme l'expression de la demande climatique en eau par rapport aux besoins en eau de la culture prise en considération dans la région et qui est la culture de blé dur.

L'évaluation et la répartition de l'évapotranspiration sur l'ensemble des sites considérés (Ain-arnet, Ain-abessa, Mahouane, Fermatou, Bouira, Sétif, Zeiri et Tixter) est très difficilement accessible ceci pour deux raisons :

- d'une part, les réseaux de mesures (cases lysimétriques, évapotranspiromètres) sont inexistant dans l'ensemble du bassin versant ;

- d'autre part, si nous considérons, les paramètres climatologiques cités ci dessus ; seul, le paramètre pluviométrique est généralement prélevé par l'ensemble des organismes spécialisés (O.N.M ; A.N.R.H ; ..). En effet, seule la station de Sétif est pourvue de l'ensemble des paramètres climatiques.

Les contraintes posées (manque de mesures directes, absence de la plupart des paramètres climatologiques sur, pratiquement l'ensemble du bassin versant) ; l'évaluation de l'ETP en mm a été basée sur la station de Sétif, partie intégrante du sous bassin versant de l'oued Bousselam ; ce choix repose sur le fait, que certains paramètres climatiques dont dépend l'ETP sont des paramètres qui ne présentent pas une grande variabilité dans l'espace (température), et aussi, par le fait que les stations choisies sont rapprochées les unes des autres.

L'estimation des valeurs de l'évapotranspiration dans la région est nécessaire afin de quantifier les besoins en eau globaux à l'échelle annuelle et mensuelle de la culture de blé.

Tableau I : Analyse statistique de l'évapotranspiration potentielle annuelle pour la période (1981-1992).

ETP mm	Moyenne	Groupe homogène	Ecart-type	Coefficient de variation
Blaney-Cridel	1359.77	A	74.37	6.20
Penman Montheil	1306.79	A	56.69	4.34
Turc	1118.39	B	101.56	9.08
Thornthwaite	751.81	C	24.51	3.26

Par référence au tableau I, qui donne les moyennes à l'échelle annuelle, les valeurs obtenues selon Turc et Thornthwaite ont tendance à sous estimer les valeurs de l'évapotranspiration potentielles.

La comparaison de l'ETP moyenne annuelle (Penman-Monteith et Blaney Criddel), semble donner des valeurs qui se rapprochent. Ce rapprochement s'explique par le fait que les méthodes utilisées font intervenir le bilan d'énergie (Seguin, 1975, Daoud,

1991). Le rapprochement se confirme également par les courbes des valeurs de l'évapotranspiration (fig.1).

Etude de l'évapotranspiration potentielle mensuelle moyenne et saisonnière :

Pour mieux apprécier et voir la variabilité de l'évapotranspiration dans le temps, une analyse des résultats à l'échelle mensuelle est réalisée.

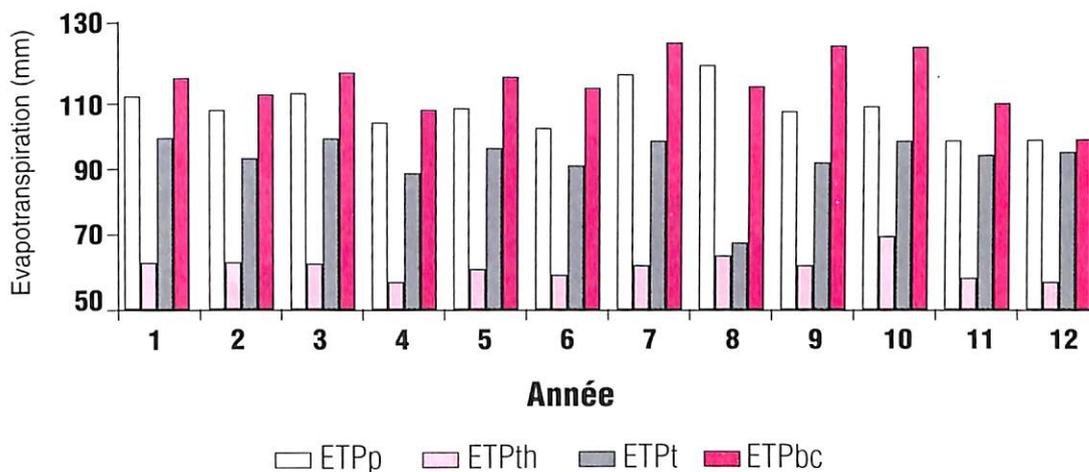


Fig. 1 : Evolution de l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle : période (1981-1992)

La répartition mensuelle et l'estimation de l'évapotranspiration potentielle, sont établies par les formules citées ci-dessus. En effet, la figure 2 montre des valeurs mensuelles moyennes qui s'échelonnent inégalement au cours de l'année. Un accroissement des valeurs de l'évapotranspiration s'observe à partir du mois de janvier, pour atteindre une valeur maximale au mois de juillet.

Les valeurs les plus élevées de l'évapotranspiration potentielle sont obtenues en été, puis en automne et s'adoucissent légèrement au printemps. La variation des valeurs obtenues est due aux températures moyennes mensuelles très élevées. L'évapotranspiration obtenue (formule de Thornthwaite) est cependant, sous-estimée par rapport au reste des résultats obtenus.

Tableau II : Evolution et comparaison de l'évapotranspiration potentielle en mm/saison pour la période (1981-1996).

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Été
ETP mm				
Blaney-Cridel (BC)	387.89	100.21	256.10	615.58
Penman (Pe)	269.74	106.68	134.85	629.33
Turc (T)	293.98	100.52	245.8	478.07
Thornthwaite (Th)	153.19	99.63	173.38	325.61

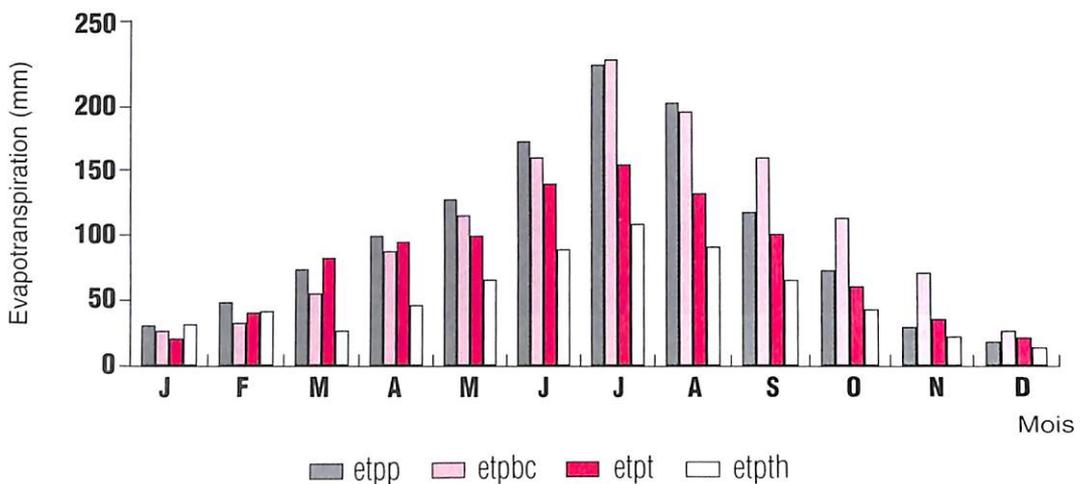


Fig. 2 : Evolution de l'évapotranspiration potentielle moyenne en mm au cours de l'année : période (1981-1992).

La répartition mensuelle de l'évapotranspiration, montre que celle-ci est élevée en été par rapport au reste de l'année. Autrement dit, ces valeurs restent faibles en hiver avec des variations comprises entre 8,17% (Pe) et 13,25% (BC). Notons aussi, une augmentation graduelle au printemps évaluée entre 10,31% (Pe) et 26,28% (T). En automne cette augmentation représente environ 20,54% (Pe) à 28,52% (B.C).

Ces augmentations enregistrées, coïncident avec les phases sensibles de la culture de blé. La fluctuation observée est expliquée par le fait que les paramètres climatiques utilisés et dont dépend l'évapotranspiration potentielle sont soumis à des variations atmosphériques, affectant souvent l'évolution de la culture ; par conséquent optimise l'obtention d'un rendement satisfaisant (le rendement maximal enregistré dans la région ne dépasse pas 10 q/ha).

Analyse de la régression linéaire :

Les résultats ci-dessus, nous ont conduit à établir la régression linéaire

qui permet d'estimer approximativement les valeurs de (T ; B.C et Th) à partir de Penman-Monteith qui reste une référence.

- Pour l'ensemble de la période moyenne annuelle les régressions obtenues sont :

$$\begin{aligned} \text{ETPT} &= (-0,91) * \text{ETPPe} + 192,3 & R^2 &= 0,25 \\ \text{ETPB.C} &= 0,94 * \text{Etppe} + 10,60 & R^2 &= 0,51 \\ \text{ETPTh} &= 0,33 * \text{Etppe} + 25,80 & R^2 &= 0,61 \end{aligned}$$

- Pour la moyenne mensuelle :

$$\begin{aligned} \text{ETPB.C} &= 0,95 * \text{ETPpe} + 9,03 & R^2 &= 0,90 \\ \text{ETPTh} &= 0,45 * \text{ETPpe} + 13,41 & R^2 &= 0,61 \\ \text{ETPt} &= \text{ETPpe} + 17,04 & R^2 &= 0,26 \end{aligned}$$

L'analyse des droites de régressions (fig.3 et 4) montre, une bonne corrélation entre les différentes formules pour la période choisie. Il ressort une surestimation des valeurs de l'ETP calculée à partir de la formule de B.C par rapport à celle de la formule de Penman ; Ceci pourrait être dû aux conditions climatiques plus sévères ces dernières années (températures élevées).

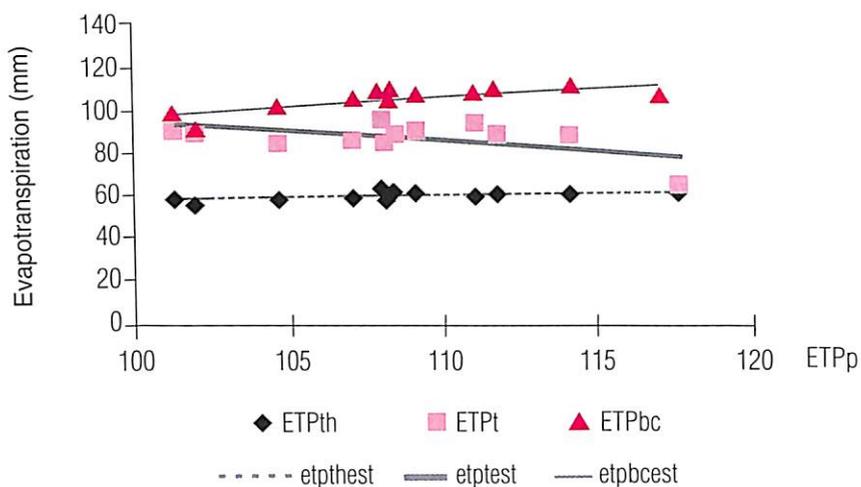


Fig. 3 : Evolution de l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle estimée.

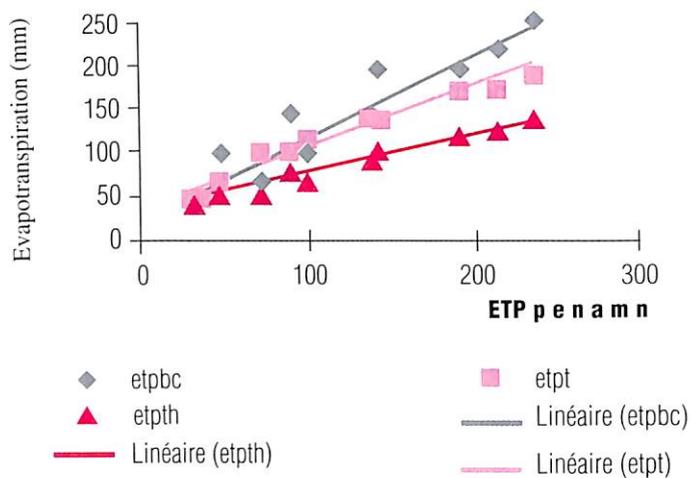


Fig. 4 : Evolution de l'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle estimée.

Les droites de régressions obtenues ne représentent qu'une correspondance statistique, qui peuvent ne pas avoir de sens si nous les appliquons à des périodes de temps de l'ordre de la décade (échelle du bilan énergétique) ou de l'ordre de 24h (Damagnez, 1968).

Les résultats obtenus peuvent être généralisés pour l'ensemble des stations du sous bassin versant, puisque l'évapotranspiration potentielle (ETP) varie peut dans l'espace (Daoud, 1991) ; et que celle-ci, ne varie pas trop autour de la moyenne de chaque mois. L'écart varie entre 4,80 et 21,17 pour une moyenne de 29,63 à 213,42 mm (Penman) ; Blaney Criddel (9,02 < ET < 39,89 pour 30,97 < ETP mm < 234,39) ; Thornthwaite (5,85 < ET < 22,56 pour 28 < ETP mm < 169,73) ; et enfin Turc (5,44 < ET < 18,91 pour 19,41 < ETP mm < 119,88).

Prévision des besoins en eau et estimation des rendements de la culture de blé dur :

Evapotranspiration de la culture et besoins d'irrigation :

La formule de Penman Monteith a donné des résultats plus appréciables par rapport aux autres formules ; les besoins en eau du blé sont obtenus en utilisant l'ETP (mm) calculée d'après Penman Monteith et le coefficient culturel est ajusté théoriquement d'après la longueur du cycle végétatif de la plante (logiciel Cropwat).

La répartition de l'évapotranspiration et la comparaison de 4 dates de semis (Smadhi, 1995), nous ont conduit à opter pour une date de semis du 15 octobre. Les besoins de la culture de blé s'obtiennent en multipliant l'ETP pour une décade donnée par le coefficient culturel pour la même décade. Il est donc possible de calculer dès le début de la saison culturale, les besoins de la culture en déterminant la quantité de pluies efficaces, ainsi que celui de l'eau à apporter par irrigation.

Les besoins totaux de la culture pour la saison s'obtiennent en totalisant les besoins de chaque décade. Les besoins d'irrigation s'avèrent plus importants et plus élevés entre février et mai. Il est à signaler qu'un appoint d'irrigation est souvent nécessaire durant les mois d'automne. Les phases critiques correspondent aux stades tallage et fin développement et remplissage du grain.

Estimation des rendements à partir des besoins en eau :

Les résultats obtenus (logiciel Cropwat), montrent que les besoins en eau globaux de la culture varient d'une année à une autre selon les conditions climatiques.

Nous notons qu'au cours du cycle de développement de la culture de blé, les pluies efficaces permettant son développement (production herbacée) entre octobre et février, est inférieure à 150 mm pour l'ensemble des années

considérées. Ces résultats coïncident avec ceux de Arar (1984) et Mouhouche et Boulassel (1997). En utilisant la méthodologie $Rend\ t = C (R - R_0)$ développée par Arar (1984), dans les mêmes conditions de climat semi-aride à nos résultats, nous remarquons que sur l'ensemble des années, les besoins d'irrigation sont pour la plus part supérieurs aux pluies efficaces ; par conséquent, si les besoins de la culture sont satisfaits aux cours

des périodes critiques de la plante (tal- lage, formation et remplissage du grain), les rendements actuels connaî- tront une augmentation remarquable. Ils peuvent atteindre jusqu'à 32,7 q/ha (avec une moyenne qui passe de 7,06 q/ha à 20,48 q/ha) (fig. 5).

*Rend*t (rendement en grain q/ha) ; C (coëffi- cient de variation de 14 à 16) ; R (eau totale en mm pour pluies efficaces et/ou + irriga- tion; inférieur à 600 mm) ; R₀ (quantité d'eau minimale permettant une production herba- cée comprise entre 100 et 150 mm).

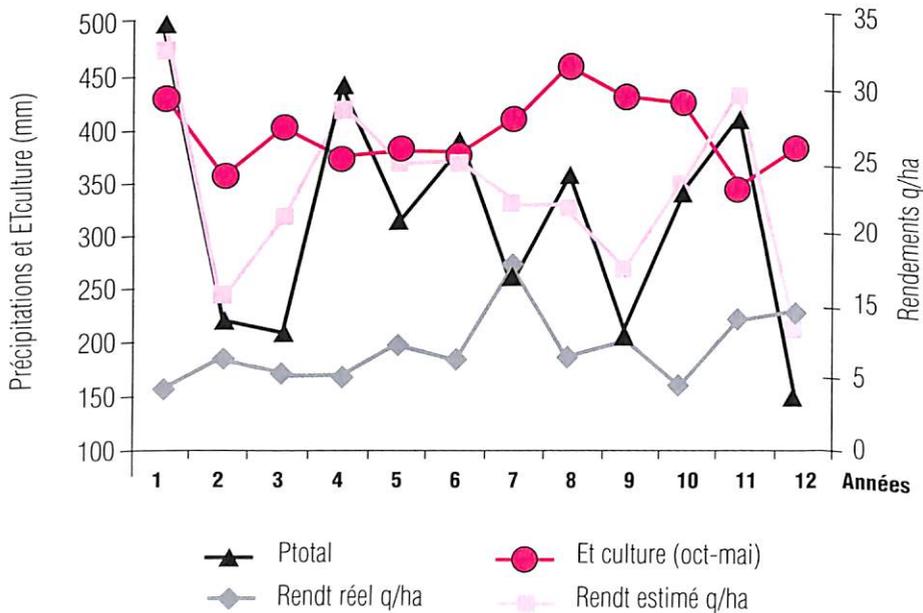


Fig.5 : Evolution des rendements réels et estimés par rapport aux précipitations et les besoins en eau en mm de la culture de blé dur.

CONCLUSION

L'évaluation et la répartition temporelle de l'évapotranspiration potentielle, montre une différence systématique des résultats obtenus par les différentes méthodes utilisées. Cette différence est expliquée par le fait, que ces formules ne tiennent pas compte des mêmes paramètres climatologiques. Ces derniers sont soumis à des fluctuations cycliques saisonnières accentuées, ce qui explique la variation annuelle et inter-annuelle bien marquée en relation avec les rendements.

En effet, les résultats obtenus selon Turc et Thornthwaite ont tendance à diminuer les variations de l'évapotranspiration potentielle par rapport aux variations obtenues par les résultats de Penman ; ceci, est expliqué par le fait que ces formules ne tiennent comptes que d'un seul paramètre climatique (température) qui négligerait l'influence des autres facteurs de l'atmosphère.

La variabilité de l'évapotranspiration potentielle mensuelle de la région est élevée au cours de l'année, ce qui explique le déficit pluviométrique mensuel moyen important enregistré au cours de la période choisie.

Par ailleurs, les résultats du Cropwat et la date de semis choisie, révèlent l'importance de l'irrigation presque le long du cycle végétatif de la culture de

blé, c'est-à-dire à partir de la phase développement à la phase maturation du grain.

Par la connaissance de la répartition des besoins en eau de la culture et l'efficacité d'irrigation, il est possible de déterminer pour la région l'importance du choix d'une date de semis. Ce choix permet à la plante, de bénéficier le plus possible des pluies efficaces et de minimiser au maximum, la quantité d'eau à fournir au sol par irrigation. Une bonne production et un meilleur rendement est donc en relation étroite avec les ressources hydriques et la quantité d'eau disponible dans la région.

RECOMMANDATIONS

Il aurait été souhaitable de disposer d'un nombre plus important de stations météorologiques sur l'ensemble de la région. Néanmoins, il faut que l'ensemble des stations déjà existantes mesurent tous les paramètres climatologiques (précipitation, température, vent, insolation) afin de mieux distinguer les zones agroclimatiques et mieux cerner les contraintes posées au développement de la céréaliculture au niveau de l'ensemble de la région de Sétif.

Il serait appréciable de vérifier les résultats obtenus par une expérimentation au niveau de la région afin de valider les modèles théoriques.