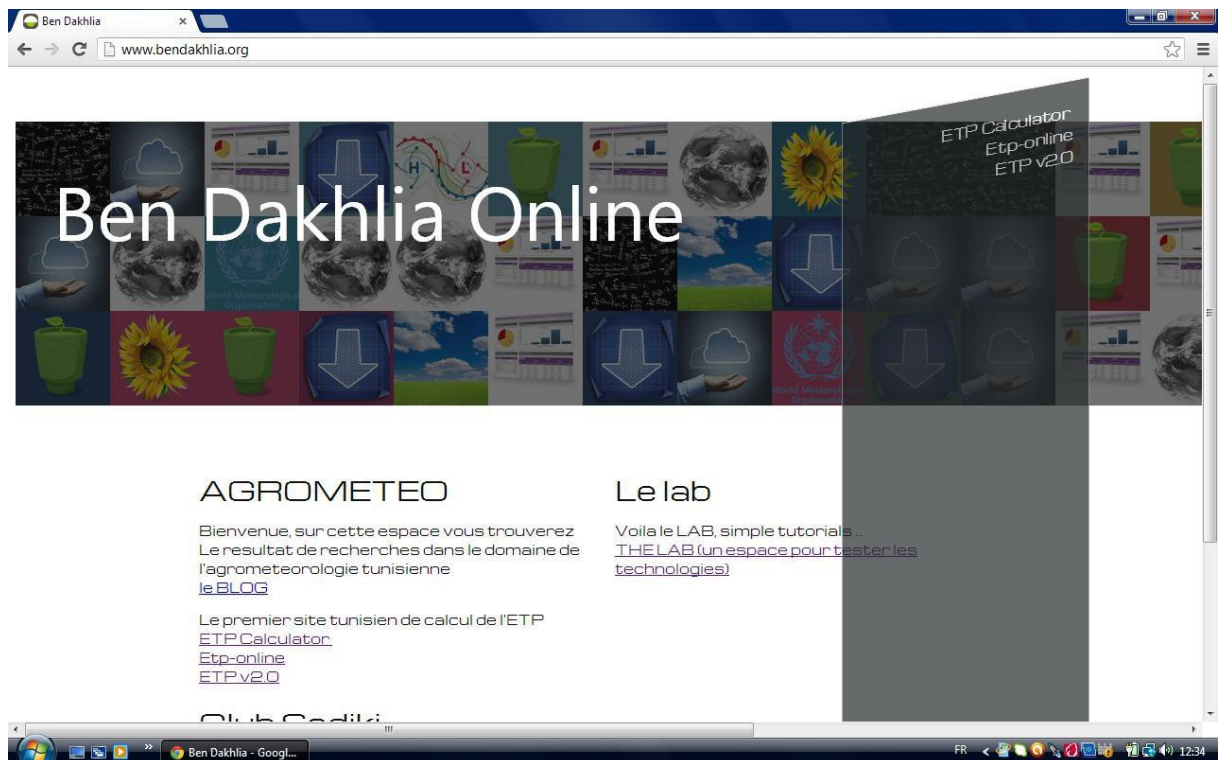




الأرصاد الجوية الفلاحية وأنظمة المعلومات الجغرافية



Note récapitulative sur les méthodes de diagnostic hydrique des cultures (DHC), en zone semi-aride, appliquées au bilan hydrique agrométéorologique (algorithme d'Eagleman).

S O M M A I R E

1._ RAPPELS .

1.1._Eau dans le sol

Notions de réserve d'eau dans le sol, en relation avec les cultures.

_ RU,_RFU,_Capacité au champ,(1/3 atmosphère)_point de flétrissement (15 atmosphères).

1.2._Notion d'humidité « relative » du sol :

eau du sol – point de flétrissement, capacité au champ,_ rapport : Taux de recharge du sol.

1.3. ETR/ETP :

Notion de « vitesse » de demande atmosphérique (ETP) .

2._ PRESENTATION DES METHODES « DHC » : DIAGNOSTIC HYDRIQUE DES CULTURES.

3._ ALGORITHME D'EAGLEMAN.

4._ SUIVI SATELLITAIRE REGIONAL DU STRESS HYDRIQUE DES CULTURES (TERRA/AQUA canaux 721).

5._ PROCEDURE IRRIMET_2013.

6._ CONCLUSIONS /PERSPECTIVES.

_ BIBLIOGRAPHIE

1._ RAPPELS :

Le problème de la disponibilité de l'eau potable dans les régions semi-arides continue à alimenter l'actualité, et à représenter un des soucis majeurs de tout plan de" développement. Le dessalement de l'eau de mer devient incontournable, même pour la Tunisie.

L'irrigation par l'eau potable, d'origine pluviale ou fossile, représente une consommation d'eau, accentuant les déséquilibres du potentiel climatique national et doit, par conséquent, être gérée par un PLAN ECONOMIE d'EAU très obligeant.

Les méthodes d'aide à l'irrigation, dans le cadre des programmes d'économie d'eau, profitent de l'essor technologique de traitement de l'information s'intègrent dans des applications orientées "diagnostic hydrique des cultures DHC" et confirment certaines procédures éprouvées telles que la formule de Penman-Monteith pour l'estimation de l'évapotranspiration ETP, et l'algorithme d'Eagleman pour le suivi du bilan hydrique agrométéorologique.

Parallèlement, le développement spectaculaire des moyens satellitaires aux fins agricoles, permet de disposer aisément des produits de la NASA , tels que les images quotidiennes des satellites TERRA et

AQUA dans les canaux TC (couleurs naturelles), 721 (hydro) et 368(sol), aux résolutions 2km, 1km, 500m, et 250m.

2._GENERALITES : (DUCROCQ , 1995) :

_Evaporation :

« L'évaporation, phénomène physique, représente le passage de l'état liquide à l'état vapeur. Que cela se produise à la surface d'une feuille ou d'un lac, c'est toujours une transformation qui nécessite de l'énergie. A 0°C, un gramme d'eau liquide se transformant en vapeur, absorbe 597 calories. Toutefois, l'existence d'une certaine 'quantité' de chaleur n'entraîne pas, automatiquement, une évaporation proportionnelle à celle-ci. La quantité d'eau évaporée pendant un temps donné dépend de plusieurs facteurs liés d'une part à l'état de l'atmosphère, et d'autre part à la surface évaporante. » (DUCROCQ, 1995).

_Pouvoir évaporant de l'air :

Il représente, en quelque sorte, la capacité de l'air de provoquer l'évaporation de l'eau dans le sol, les feuilles, les êtres vivants, les rivières, etc., et d'emmagasiner une certaine quantité d'eau, sous forme de vapeur. (DUCROCQ, 1995).

Cette 'demande' d'évaporation de l'atmosphère varie considérablement d'un endroit à un autre, à l'intérieur d'un pays , mais aussi dans chaque parcelle.

L'EAU DANS LE SOL :

Les deux valeurs de référence de l'humidité du sol sont :

- _ l'humidité à la capacité au champ (Hcc),
- _ et l'humidité au point de flétrissement (Hf).

Avec ces deux niveaux d'humidité, on peut préciser les caractéristiques du réservoir 'SOL', vis-à-vis de l'alimentation en eau des plantes.

Pour un sol donné, il existe une limite supérieure de stockage, appelée capacité de rétention, sensiblement égale à la capacité au champ (Hcc). Une fois cette capacité remplie, toute eau supplémentaire s'écoulera plus ou moins vite en profondeur, et sera donc très peu utilisée par les racines.

La valeur de cette capacité dépend de la nature du sol et sera d'autant plus élevée que celui-ci est riche en argile.

L'eau, ainsi stockée par le sol, n'est pas disponible, pour la plante en totalité.

En effet, au fur et à mesure que le réservoir se vide, l'eau qui reste est de plus en plus retenue fortement par le sol.

Lorsque l'humidité du sol, atteint le point de flétrissement (Hf), la plupart des végétaux cultivés ne peuvent plus extraire l'eau du sol, dont le potentiel devient alors égal à celui de l'eau dans la plante. On voit ainsi se dégager la notion de 'RESERVE UTILE', ou utilisable par les racines.

_ NOTION DE BILAN HYDRIQUE :

Dans un intervalle de temps donné, l'humidité du sol, varie, en fonction :

- _ de la fraction de pluie tombée qui est effectivement stockée par la couche de terre exploitée par les racines,
- _ de la réserve en eau INITIALE,
- _ et de l'évapotranspiration.

Etablir un bilan hydrique, revient à calculer la différence entre les apports et les pertes hydriques soit :

Bilan hydrique = (réserve initiale du sol, + pluie stockée) - évapotranspiration.

Ainsi, de façon plus dynamique, le bilan hydrique représente l'évolution des réserves en eau du sol, au cours d'une période de végétation .

Ceci permet , notamment, de programmer les irrigations de façon à maintenir l'humidité du sol, dans des limites satisfaisantes pour l'absorption des plantes.

A l'exception des systèmes d'arrosage automatique, déclenchant et arrêtant l'irrigation à partir de la mesure de l'humidité du sol et de l'évapotranspiration, d'après DUCROCQ (1995), c'est au praticien, de fixer lui-même, les dates et les volumes d'arrosage.

Associé à l'observation de terrain, qui reste irremplaçable, le BILAN HYDRIQUE représente une METHODE simple et efficace pour établir le CALENDRIER D'IRRIGATION.

EVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR) :

Pendant une période déterminée,(jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau, appelée 'EVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR). Celle-ci pourra être inférieure ou égale à l'ETP , selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou pas.

Si l'humidité du sol est très faible, ou si le potentiel de l'eau est élevé, l'ETR de la parcelle sera inférieur à l'ETP, dans la mesure où les mouvements de l'eau du sol vers les feuilles seront alors ralentis.

L'ETR reste cependant une définition générale, comme l'est la notion d'humidité du sol.

Dans la pratique, on cherchera à baser l'irrigation sur les besoins en eau correspondant à l'ETR MAXIMUM, de façon à placer les plantes dans les conditions les plus favorables de production (celle-ci, étant, en effet, directement liée à la valeur du rapport :

$T/PE = \text{TRANSPARATION} / (\text{POUVOIR EVAPORANT DE L'AIR}),$

Noté : ETR / ETP.

C'est cette notion qu'EAGLEMAN (1971) a essayé de modéliser par un ajustement polynomial de troisième degré.

3._ ALGORITHME d'EAGLEMAN :

En nous référant à DANCETTE (1991), dans sa Critique des Recherches sur le Bilan Hydrique en zone Soudano-Sahélienne, il apparaît que l'algorithme d'Eagleman a joué un rôle important dans les modèles de simulation du bilan hydrique de plusieurs groupes de chercheurs travaillant sur ces thèmes.

Cet algorithme (1971), permet de faire une estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR), réduite, en cas de stress par rapport à l'évapotranspiration maximale (ETM), en fonction du remplissage du réservoir hydrique que constitue le sol (stock d'eau réel / stock d'eau potentiel utilisable par le système racinaire d'une culture donnée).

Avec l'abaque d'Eagleman , l'ETR diminue progressivement,lorsque l'eau du sol devient de plus en plus difficile à extraire par les racines.

Il informe aussi qu'un certain nombre de chercheurs, ayant utilisé ce modèle dans leurs travaux ont pu confirmer la pertinence de cet algorithme.

Il fait aussi remarquer que, dans les premiers modèles, on ne tenait compte que de la quantité maximale de stockage de l'eau par le sol , pour un enracinement complètement installé, et qu'il convient d'introduire dans le bilan, une loi dynamique d'enracinement pour corriger cet effet.

Eagleman Joe,R.,(1971), a calculé directement les rapports ETR/ETP de Penman, en fonction de l'humidité relative du sol et de la vitesse de la demande , représentée seulement par "ETP" .

De ses investigations, il aboutit aux conclusions suivantes:

_ Quand la demande journalière est FAIBLE, l'évaporation du sol se poursuit à un taux quasi potentiel, même pour des sols assez secs.

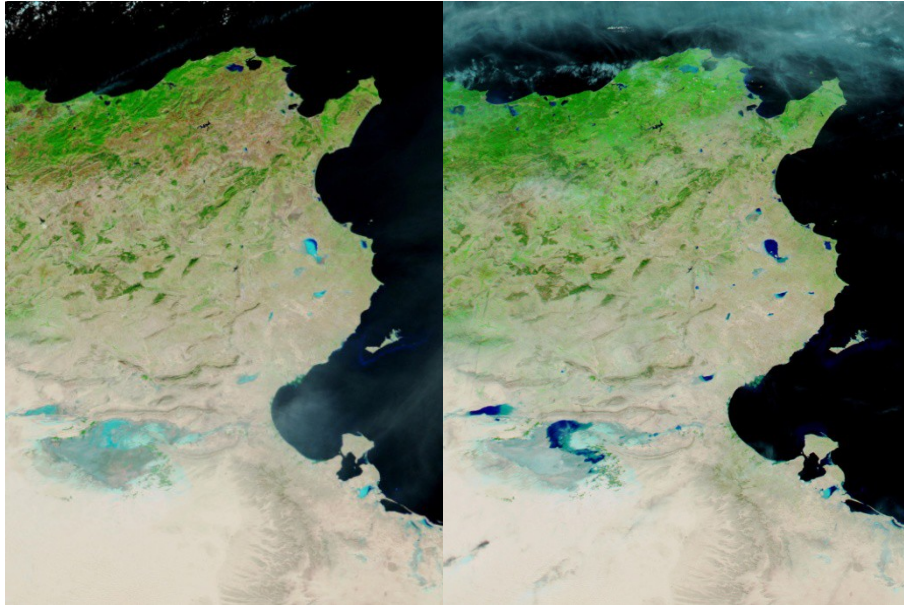
_ Lorsque la demande est FORTE, les rapports s'abaissent rapidement en dessous d'une humidité de 60 à 70%.

4._ SUIVI SATELLITAIRE du Stress Hydrique des Cultures à l'échelle régionale.

Suivi dynamique de la sécheresse en Tunisie, à l'échelle régionale basée sur les procédures MATLAB appliquées à l'information radiométrique satellitale MODIS (TERRA / AQUA).

Figure 1:Terra_721_500 (2008/336)- Modis NASA

Figure 2: Terra_721_500 (2009/041



Une sélection de 7 scènes numériques mensuelles des canaux "721" de TERRA/AQUA pourra servir de composante continue , à l'échelle régionale, caractérisant le climat de l'année agricole (septembre –aout).

La résolution de 500m parait répondre le mieux aux exigences de l'application.

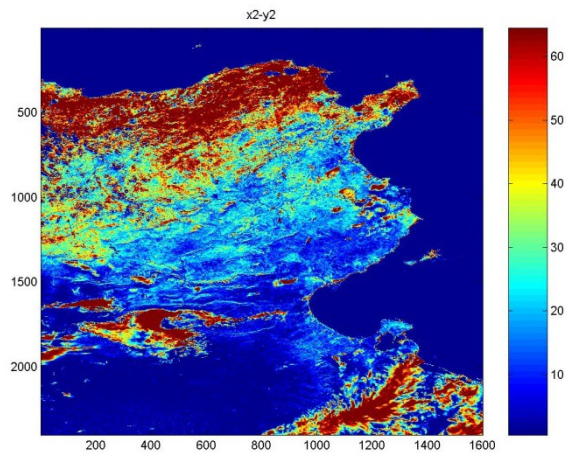
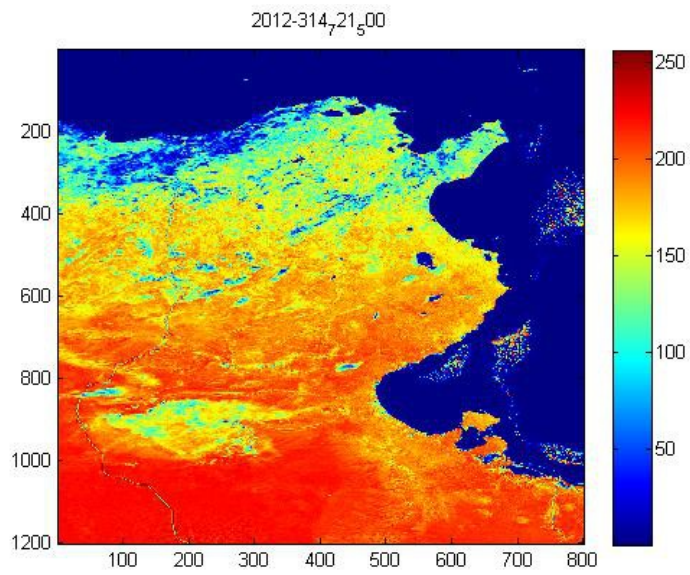
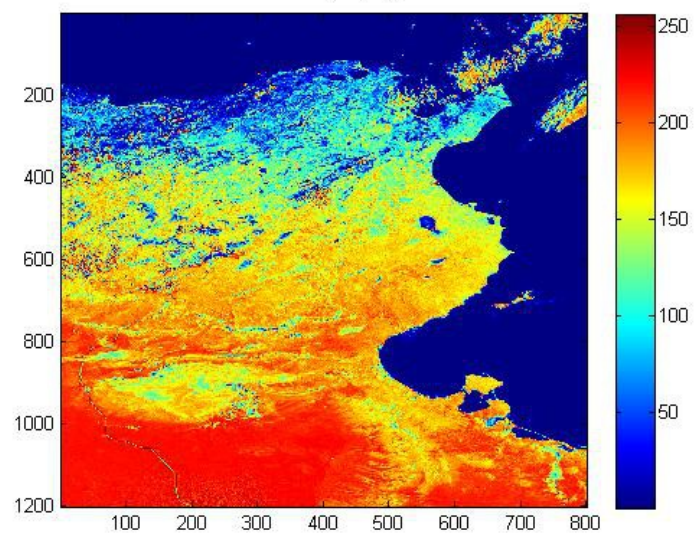


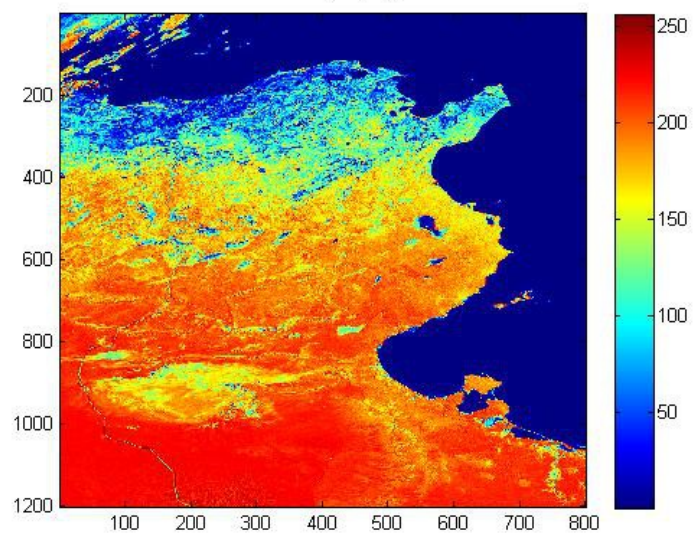
Figure 3:delta (2009/041 & 2008/336)



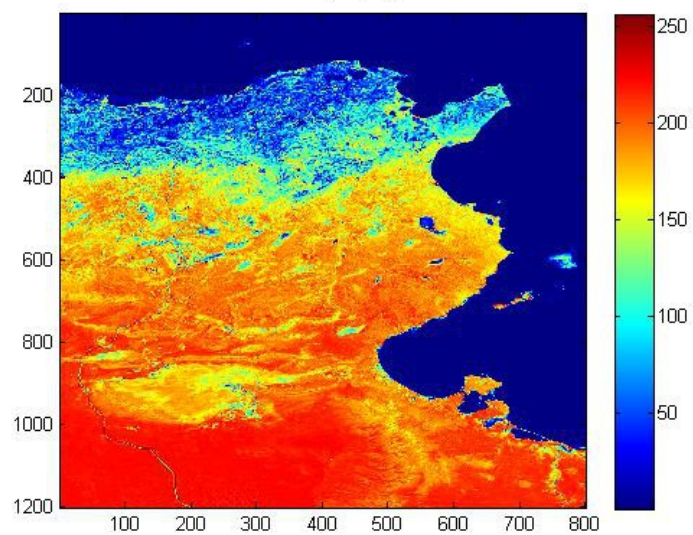
A2013-013_721_00.g



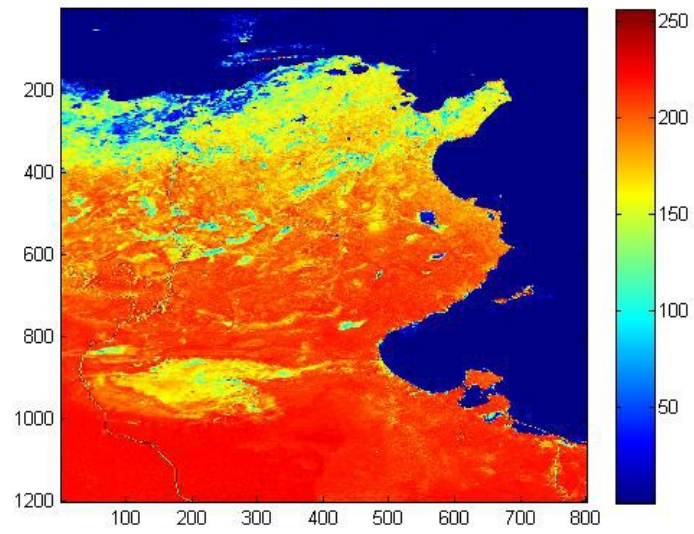
A2013-033_721_00_g

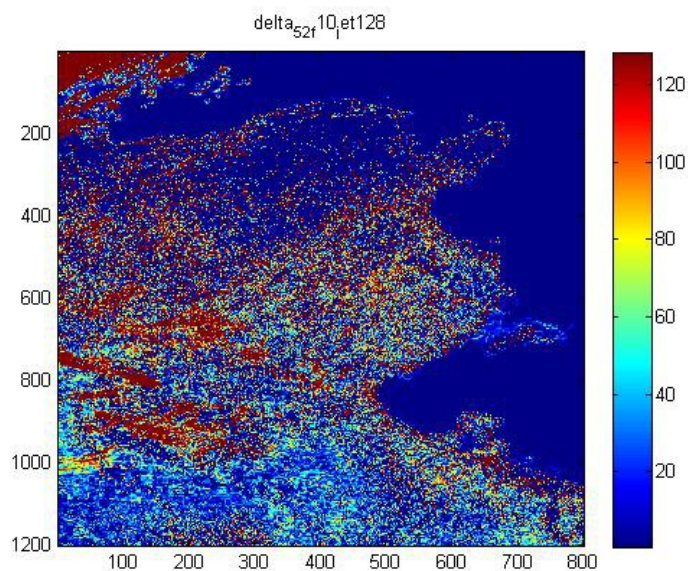
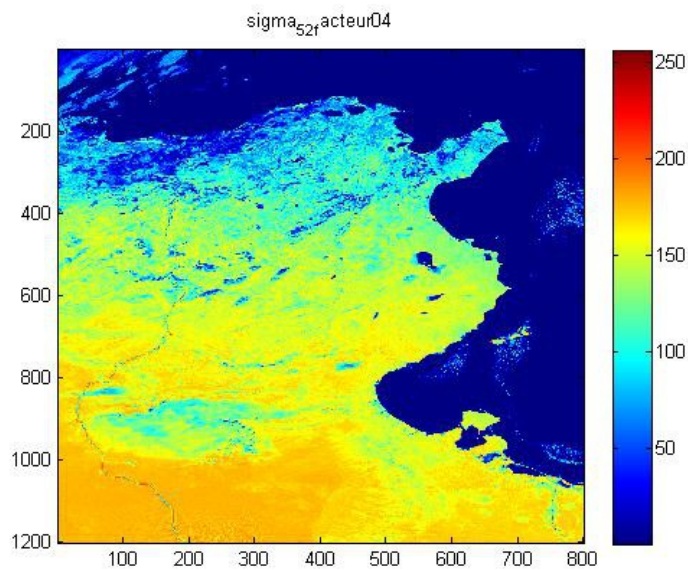


A2013-109_721_00_g



A2013-188_721_00.g





BIBLIOGRAPHIE.

FAO, (1998) : FAO PENMAN MONTEITH EVAPOTRANSPIRATION INDEX (manuel d'utilisation).

_ Crop evapotranspiration- Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO IRRIGATION and DRAINAGE, paper 56, FAO – ROME (1998).

FAO , (pdf) : Using Clim Gene to calculate Penman-Monteith, Reference CROP ET with Limited Data.

DUCROCQ M., 1995 : Les Bases de l'Irrigation, Techniques Agricoles Méditerranéennes. 1995. Editions Scientifiques Universitaires. Liban.

SAMBE, A.,

ANNEXES

The Simulated Water Balance Components (2)

Principles of DHC_CP algorithms

- Calculation of daily crop water consumption using the Eagleman relationship
- Water satisfaction index IRESP
- Yield estimation

The Eagleman relationship

$$ETR = 0.732 - 0.05 \times ETM + (4.97 \times ETM - 0.661 \times ETM^2) \times HR - (8.57 \times ETM - 1.560 \times ETM^2) \times HR^2 + (4.35 \times ETM - 0.880 \times ETM^2) \times HR^3$$

with
 HR : fraction of currently available soil water relative to potential
 ETMp : crop maximum evapotranspiration
 = $Kc \times ETPp$

IRESP index

$$IRESP \% = ETR / ETM_{cycle} \times ETR / ETM_{sensible}$$

the sensible phase corresponds to the flowering-fruit set period

Yield estimation

$$RDT (kg/ha) = 11.3 \times IRESP - 128$$

$$r^2 = 0.66$$

AGRHYMET

CIRAD