



CR001169

75

Sou Diop dakimuna

ANALYSE DU MODELE DE
SIMULATION
Ara. B. Hy. version 01
(Arachide Bilan Hydrique)

CENTRE D'ETUDES REGIONAL

POUR L'AMELIORATION

DE L'ADAPTATION A

LA SECHERESSE.

par

Y. Couna SYLLA

ISRA • CNRA

B.P. 53 BAMBEY SENEGAL

TEL. (221) 73.61.97 • 73.60.50

FAX (221) 73.61.97 • 73.60.52

Septembre 1993

SYLLA
CR001169

PREFACE

Cet ouvrage représente une analyse informatique du modèle de simulation du bilan hydrique de la culture d'arachide plus connu sous le nom de ARABHY (**AR**Achide **B**ilan **HY**drique).

Il a été conçu suivant deux axes :

1) un guide d'utilisation du logiciel qui fournit les informations utiles pour l'exécution des programmes,

2) une documentation détaillée afin d'offrir les outils nécessaires à tout programmeur pour d'une part apporter des modifications au niveau des algorithmes selon les besoins de l'utilisateur et d'autre part assurer la maintenance du logiciel sans difficultés majeures

SOMMAIRE

PREFACE

INTRODUCTION

1. INFORMATIONS GENERALES	5
1.1. Approche physiologique	6
1.1.1. Relation entre le sol et la plante	6
1.1.2. Relation entre la plante et l'atmosphère	7
1.1.3. Relation entre le sol et l'atmosphère	8
1.1.4. Développement de la plante	a
1.2. te modée	10
1.2.1. PRESENTATION DU MODELE	10
1.2.2. OBJECTIFS DU MODELE	10
2. PARTIE UTILISATEUR	12
2.1. CONDITIONS NECESSAIRES A L'UTILISATION DU LOGICIEL	13
2.2. PROCEDE D'UTILISATION DU ;LOGICIEL	13
3. PARTIE PROGRAMMEUR	26
3.1. Spécification du bilan hydrique	27
3.2. Spécification de la productivité	29
3.3. Les règles techniques	31
3.3.1. Bilan Wydrique	31
3.3.2. Productivité	32
3.4. LES DONNEES	34
3.4.1. Les données de base :	34
3.4.2. Les données résultats	34
3.4.2.1. Sous forme de courbes :	34
3.4.2.2. Sous forme de tableaux	34
3.5. LES TRAITEMENTS	36
3.5.1. Les règles de calcul utilisées	36
3.5.1.1. Simulation du bilan hydrique	36
3.5.1.2. Simulation de la productivité	39
3.5.1. L'algorithmique général	43
3.6. Les fichiers	46
3.6.1. Liste des fichiers utilisés	46
3.6.2. Structure des fichiers	46
3.7. Procédures et sous-procédures	49
3.8. Liste épurée des données et leur code au niveau des programmes	53
3.9. Table des messages d'erreurs	55

INTRODUCTION

Le modèle est basé sur les relations SOL-PLANTE-ATMOSPHERE. Après une pluie, une partie de l'eau entre dans le sol, une autre ruisselle et une autre s'évapore sous l'influence de l'atmosphère. Ainsi la plante joue le rôle d'interface entre le sol et l'atmosphère en extrayant l'eau du sol par l'intermédiaire de ses racines.

Il est créé afin de déterminer l'évapotranspiration réelle de la plante en tenant compte de la demande évaporative, de la pluie, du sol et des différents stades de développement de la plante.

En d'autres termes, **ARABHY** simule l'évolution journalière du bilan hydrique et de la productivité d'une culture d'arachide.

C'est une application qui a été développée dans le cadre de l'incitation à la modélisation de la recherche en général et des recherches agronomiques au niveau de l'**ISRA** en particulier. Ce modèle essaie d'associer au concept d'évapotranspiration et du bilan hydrique quelques données élémentaires concernant les effets de la sécheresse sur le développement de la culture d'arachide, l'importance de ses besoins en eau et sa capacité à les satisfaire..

INFORMATIONS GENERALES

1 .1. APPROCHE PHYSIOLOGIQUE

Le sol constitue non seulement le support de la plante mais aussi sa source d'alimentation en eau et en sels minéraux.

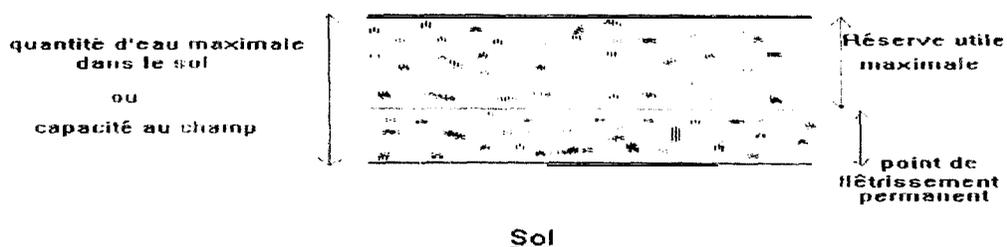
Quand il pleut, l'eau s'infiltré dans le sol en l'humectant **couche par couche** jusqu'à une profondeur bien déterminée en fonction de **la quantité de pluie**. Cette profondeur correspond au **front d'humectation** du sol. La quantité d'eau ainsi infiltrée constitue le **stock** en **eau** du sol tandis que la concentration en sels minéraux du sol détermine le niveau de **fertilité**. Lorsque toutes les couches atteignent leur capacité maximale de rétention en eau, elles sont alors **à la capacité au champ**. La fertilité n'étant pas prise en compte par le modèle nous nous contenterons de le citer uniquement.

1.1.1.. RELATION ENTRE LE, SOL ET LA PLANTE

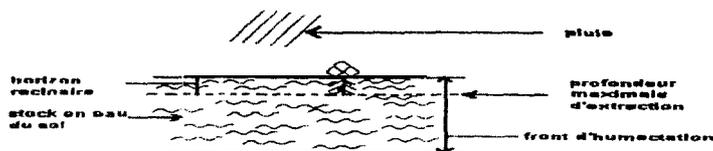
Après semis, la graine absorbe de l'eau du sol, elle augmente de volume, développe ces racines et sa tige (partie aérienne). Puis elle émerge du sol: c'est la levée.

A mesure que la plante absorbe l'eau du sol, le stock diminue pour atteindre une valeur seuil en dessous de laquelle la plante ne peut plus absorber de l'eau. Ce seuil correspond au **point de flétrissement permanent de la plante**. La différence entre la quantité d'eau que retient le sol et le point de flétrissement constitue la **réserve utile**. Elle est maximale quand la teneur en eau du sol est égale à la capacité au champ.

La plante est **sous stress hydrique** quand le stock en eau du sol est inférieur au point de flétrissement permanent.

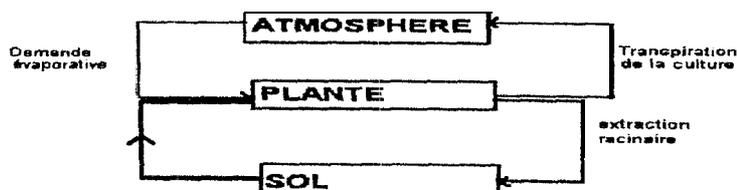


Afin de connaître la **quantité d'eau disponible pour la plante** encore appelée la **réserve utile** du sol, il **suffit** de mesurer la **profondeur d'enracinement** de la plante et son **développement latéral**, puis de calculer la **teneur en eau de chaque couche** jusqu'à la profondeur racinaire. La **réserve utile** de l'horizon racinaire constitue alors la **quantité** d'eau disponible pour la plante. Cette hypothèse est illustrée par le schéma suivant :



1.1.2. RELATION ENTRE LA PLANTE ET L'ATMOSPHERE

Ces conditions atmosphériques (température, humidité relative, vitesse du vent etc.) imposent certaines exigences à la **plante**, parmi lesquelles seule celle qui concerne l'**eau** est prise en compte par le modèle. Il s'agit de la **demande évaporative**.



Pour faire face à cette situation en satisfaisant cette demande, la plante puise de l'**eau** dans le sol par l'intermédiaire de ces racines. La **quantité d'eau absorbée par la plante** est rejetée presque totalement dans l'atmosphère par évaporation et par diffusion. Cette perte d'eau est appelée la **transpiration**. Le modèle suppose que la **quantité** d'eau absorbée par les racines est égale à la quantité d'eau transpirée par la partie aérienne.

1.1.3. RELATION ENTRE LE SOL ET L'ATMOSPHERE

Quand le sol est humide, l'eau s'évapore du sol nu sous l'influence de l'atmosphère. C'est l'**évaporation** sol nu. Cette évaporation sol nu ne sert qu'à satisfaire la demande évaporative.

En présence de culture, nous avons une fraction de sol couvert par la culture et une fraction de sol nu. Dans ce cas, la perte d'eau par le sol est due à ces deux composantes (fractions). La quantité d'eau perdue par le composant sol nu correspond à l'**évaporation** sol nu tandis que celle qui est perdue par la plante est appelée la **transpiration**. En Supposant que la fraction de sol couvert par la culture perd de l'eau par l'intermédiaire de sa couverture végétale. L'ensemble de ces deux composantes constitue l'**évapotranspiration réelle de la culture**. Si toutes les conditions hydriques sont satisfaisantes, l'évapotranspiration réelle de la culture devient l'**évapotranspiration maximale de la culture**. A mesure que la réserve utile diminue, la quantité d'eau absorbée par la plante diminue et par conséquent la transpiration aussi. En même temps **les 3 premières couches** du sol se dessèchent ce qui réduit à son tour l'évaporation sol nu. L'évapotranspiration réelle de la culture devient alors **inférieure** à l'évapotranspiration maximale de la culture qui correspond aux besoins de la culture. Afin de pouvoir apprécier l'état d'alimentation hydrique de la plante, le rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et l'évapotranspiration maximale de la culture est calculé. Ce rapport est appelé **taux de satisfaction des besoins en eau de la culture**.

Si toute fois ce rapport est inférieur à 0.7 le modèle considère que la **plante** évolue sous des conditions **hydriques** difficiles d'où une possibilité pour la plante d'être stressée.

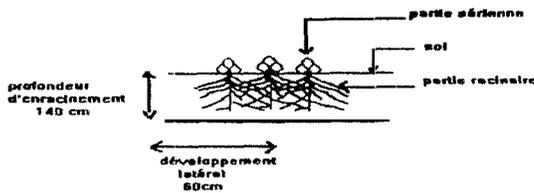
L'importance des 2 composantes de l'évapotranspiration réelle que sont l'évaporation sol nu et la transpiration de la plante est fonction du **taux de couverture** qui est la fraction de sol couvert par la culture.

A la levée, les plantes sont peu développées et couvrent une surface limitée du sol. Dans ce cas, la composante la plus importante de l'évapotranspiration réelle est l'évaporation sol nu. En se développant la plante couvre progressivement le sol **réduisant** de ce fait la **fraction** de sol nu et par conséquent l'importance de l'évaporation aussi. Lorsque le sol est complètement couvert' les pertes en eau du sol sont principalement dues à la transpiration de la culture.

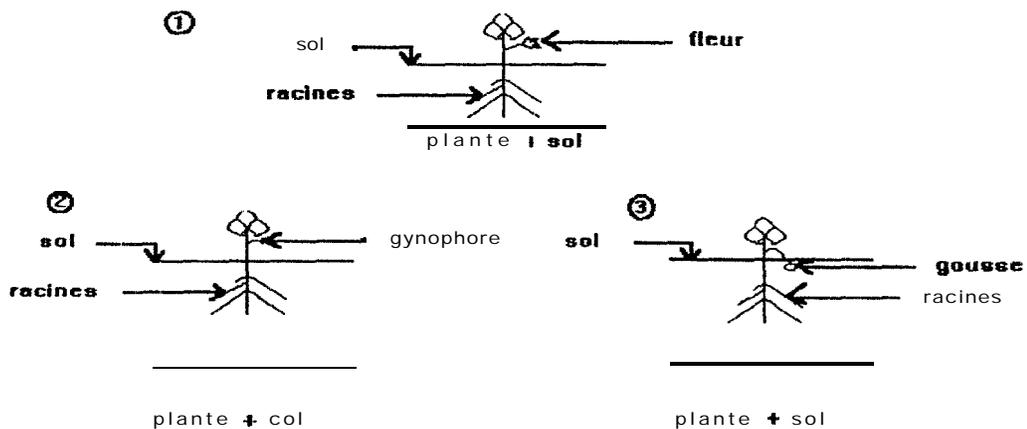
1.1.4. DEVELOPPEMENT DE LA PLANTE

Le développement de la plante concerne la partie racinaire et la partie aérienne. Concernant la partie racinaire, la profondeur d'enracinement augmente avec l'**âge** de la plante pour atteindre son maximum au **40^{ieme}** jour après semis. Cette profondeur est à peu près de **140cm** : c'est la raison pour laquelle seules 14 **couches** de soi sont prises en compte par le **modèle**. Chaque couche a une épaisseur de **10 cm**.

Quant à la partie aérienne (tiges, feuilles), elle est développée de la levée au 40^{ème} jour **après** semis: **c'est** la phase d'expansion. Lors de cette phase, l'augmentation journalière du poids sec total de la plante appelée **gain de matières sèches** se répartit entre les tiges et les feuilles. Il est important de remarquer que les racines ne sont pas prises en compte parce qu'elles sont difficiles à récolter, à cause de leur imbrication et de leur colonisation en profond.



A partir du 40^{ème} jour, les premières fleurs apparaissent (début de floraison), sont fécondées et forment des gynophores (fleurs fécondées).



En ce moment, le **gain de matières sèches** se répartit entre les organes **végétatifs** (feuilles, tiges) et les organes reproducteurs (gynophores) et ceci jusqu'au 47^{ème} jour.

Dans le sol, le gynophore se développe en gousse . L'apparition des fleurs étant progressive, la **matière sèche** se répartit au niveau des organes reproducteurs qui se composent des gynophores et des gousses. Cette phase s'étend du 40^{ème} jusqu'au jour où le nombre de gousses maximum est atteint.

Une fois qu'une gousse s'est formée, elle se remplit progressivement par le développement de la graine. Ce qui nous ramène à la phase de remplissage des gousses qui débute le jour où le nombre de gousses maximum est atteint. La **répartition**

du gain de matières sèches se fait alors entre les gousses et les graines mais principalement chez ces dernières.

1.2. LE MODELE

1.2.1. PRESENTATION DU MODELE

Le modèle permet de faire la simulation de la culture d'arachide en prenant en entrée. Le nom du site, la variété l'année, le type de sol, la date de semis, la date de fin de simulation.

La date de semis, et la date de fin de simulation peuvent être déterminées automatiquement. La date de semis est obtenue en fonction de la pluie de semis optimale alors que la date de fin de simulation est calculée en fonction de la longueur du cycle de la variété.

Le modèle simule deux grandes parties :

1. Le bilan hydrique dont la documentation est constituée par la thèse de Mr Daniel J.M.ANNEROSE intitulée "Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse . Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea* L.) cultivée au Sénégal "
2. La productivité dont la documentation correspond au rapport de Mr CYRILLE.P.L. MATHIEU intitulé "Contribution à la modélisation de la croissance de l'arachide au Sénégal (*ARACHIS HYPOGAEA* LIN)

Les résultats de la simulation sont sortis sous forme de courbes et de tableaux parmi lesquels nous pouvons noter :

- l'évolution du poids sec des graines en fonction du nombre de jour **après** semis,
- l'évolution de la pluie et du taux de satisfaction des besoins en eau en fonction du nombre de jour **après** semis.

1.2.2. OBJECTIFS DU MODELE

Le modèle de simulation du développement de la culture de l'arachide constitue "élément central au tour duquel la collaboration entre la recherche et les services de développement s'est articulée. A travers les résultats d'une analyse de campagne, la fiabilité des données disponibles et la précision du modèle seront évaluées et serviront à améliorer l'efficacité de cette collaboration.

De manière plus spécifique, les objectifs du modèle ARABHY sont:

* Fournir **des informations mensuelles fiables sur l'état des cultures d'arachide**

- mise en place des cultures
- alimentation en eau

- quantité et répartition de la matière sèche produite
- évaluation de [l'impact des techniques culturales paysannes sur les paramètres précédents.

*** Evaluer précocement le niveau de production attendu:**

- estimation **de** la production **réelle**
- estimation **de** la production potentielle
- détermination de l'indice de productivité local

Il permet entre autres de proposer une date de semis optimisée pour chaque situation locale étudiée. Il simule en un pas de temps journalier la consommation en eau de la culture, son développement, son gain de matière sèche ainsi que sa répartition entre les différents organes de la plante jusqu'à la récolte. Il a par ailleurs été conçu de manière ouverte et **interactive** afin de permettre son application à des situations contrastées par l'accès et la possibilité de modification par l'utilisateur de **l'ensemble** des paramètres utiles à la simulation. Des informations utiles peuvent être apportées au **modèle** afin d'améliorer la précision de la simulation.

PARTIE UTILISATEUR

2.1. CONDITIONS NECESSAIRES A L'UTILISATION DU LOGICIEL

Pour faire tourner le modèle il faut d'abord l'installer sur votre ordinateur.

L'installation du programme nécessite au minimum **1,5 MO** d'espace disque.

La procédure d'installation est de créer un répertoire du nom de ARABHY qui contient les sous-répertoires

- GENERAL pour les fichiers de données (*. DAT)
- PLUVIO pour les fichiers de pluviométrie (*.TAW)
- EVBAC pour les fichiers évaporation du BAC (*. EVA)
- OUTPUT pour les fichiers de sortie (*.SIM - *.PRO - *.TXT)
- Les fichiers du programme qui sont

ARABHY.EXE
PAGERES1.EXE
PARTIE1 .EXE
PARTIE2.EXE
PARTIE3.EXE
SIMBHYD.EXE
SIMPROD.EXE
BRUN45.EXE

2.2. PROCEDE D'UTILISATION DU LOGICIEL

Ce chapitre est en fait le guide **de** l'utilisateur. Il expose toutes les procédures nécessaires pour utiliser ARABHY version **01**.

Pour lancer ARABHY

Entrez dans le répertoire ARABHY et tapez 'ARABHY

Au bas de chaque écran est affiché une ligne d'état qui guide l'utilisateur et affiche les opérations possibles.

Pour se déplacer: utilisez les touches de direction (↑ , ↓)

Pour choisir: se positionne% puis validez avec la touche Entrée (↵)

Au lancement, l'écran de présentation (Ecran 1) est affiché avec un message qui indique d'appuyer sur la barre d'espacement pour continuer l'exécution du programme,

PROGRAMME DE SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE ET DE LA PRODUCTIVITE DE L'ARACHIDE	
ARABHY	
LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE L'ADAPTATION A LA SECHERESSE DE L'ARACHIDE	LABORATOIRE DE BIOCLIMATOLOGIE
ISRA / <u>CNRA</u> BAMBEY (SENEGAL)	
Appuyer sur la barre d'espacement pour continuer	

Ecran 1.

A l'appui de la barre d'espacement l'écran 2 apparaît.

SIMUL	VARIETE	CONDULT	QUITTER											
ARABHY <hr style="width: 10%; margin: auto;"/>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">NOM SITE</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">ANNEE</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">TYPE DE SOL</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">VARIETE</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">DATE DE SEMIS</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">RN DE SIMULATION</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">SUITE</td> </tr> </table>		NOM SITE	ANNEE	TYPE DE SOL	VARIETE	DATE DE SEMIS	RN DE SIMULATION	SUITE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">NOM DE SITE</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Kaolack</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Fatick</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Ouadiour</td> </tr> </table>		NOM DE SITE	Kaolack	Fatick	Ouadiour
NOM SITE														
ANNEE														
TYPE DE SOL														
VARIETE														
DATE DE SEMIS														
RN DE SIMULATION														
SUITE														
NOM DE SITE														
Kaolack														
Fatick														
Ouadiour														
Choisissez le nom du site														

Ecran 2.

Pour choisir une année, l'écran (**Ecran3**) suivant apparaît

SIMUL		VARIETE	CONDCULT	QUITTER
ARABHY				ANNEE
NOM SITE		kaolack		
ANNEE				
TYPE DE SOL				
VARIETE				
DATE DE SEMIS				
FIN DE SIMULATION				
SUITE				
Choisissez l'année				

Ecran 3.

Pour choisir un type de sol, l'écran (Ecran 4.) suivant apparaît

SIMUL		VARIETE	CONDCULT	QUITTER
ARABHY				TYPE DE SOL
NOM SITE		Kaolack		
ANNEE		1992		
TYPE DE SOL				
VARIETE				
DATE DE SEMIS				
FIN DE SIMULATION				
SUITE				
Choisissez le type de sol				

Ecran 4.

Pour choisir une variété, l'écran (Ecran 5;) suivant apparaît

SIMUL		VARIETE		CONDCULT		QUITTER	
ARABHY							
NOM SITE				Kaolack			
ANNEE				1992			
TYPE DE SOL				DIOR			
VARIETE				55-437			
VARIETE				73-30			
DATE DE SEMIS				GC-835			
FIN DE SIMULATION				57-422			
SUITE							
Choisissez la variété							

Ecran 5.

Pour choisir une date de semis, l'écran (Ecran 6.) suivant apparaît

SIMUL		VARIETE		CONDCULT		QUITTER	
ARABHY							
NOM SITE				Kadack			
ANNEE				1992			
TYPE DE SOL				DIOR			
VARIETE				55-437			
DATE DE SEMIS				REPONSE			
FIN DE SIMULATION				NON			
SUITE				OUI			
Voulez-vous fixer la date de semis?							

Ecran 6.

L'écran suivant (Ecran 9) vous donne la possibilité de continuer son exécution ou d'abandonner et de sortir.

SIMUL	VARIETE	CONDCULT	QUITTER
NOM SITE		Kaolack	
ANNEE		1992	
TYPE DE SOL		DIOR	
VARIETE		55-437	
DATE DE SEMIS		Automatique	
FIN DE SIMULATION		90 J.A.S.	
SUITE		OUI	
Simulation du bilan hydrique			

Ecran 9.

Le modèle donne aussi la possibilité de visualiser les valeurs résultats de la simulation sous forme de tableaux que vous pouvez sortir sur listing ou sous forme de courbe que vous pouvez consulter en faisant un zoom (avant ou arrière)
Des modifications peuvent être apportées aux valeurs standards
Pour modifier les paramètres variétaux l'écran suivant apparaît (Ecran 10).

SIMUL	VARIETE	CONDCULT	QUITTER
	KCULT	--	
	VRACM		
	VMKCOUV		
	Autres paramètres		
NOM SITE		Kaolack	
ANNEE		1992	
TYPE DE SOL		DIOR	
VARIETE		M-437	
DATE DE SEMIS		Automatique	
RN DE SIMULATION		90 J.A.S.	
SUITE		oui	

Ecran 10.

Pour modifier les coefficients **cultureaux**, l'écran suivant apparaît (Ecran 11.)

SIMUL	VARIETE	CONDCULT	--QUITTER
KCULT VRACM VMKCOUV Autres paramètres		JAP: KCULT 10 :XX 20 :XX 30 :XX 40 :XX 50 :XX 60 :XX 70 :XX 80 :XX 90 :XX	
NOM SITE ANNEE TYPE DE SOL VARIETE DATE DE SEMIS FIN DE SIMULATION SUITE		Kaolack 1992 DIOR 55437 Automatique 90 J.A.S. OUI	
M: Modification D:Valeur par défaut ECHAP: Quitter			

Ecran 11.

Pour modifier la **vitesse** de la croissance racinaire l'écran (Ecran 12.) suivant apparaît,

SIMUL	VARIETE	CONDCULT	QUITTER
KCULT VRACM7 VMKCOUV Autres paramètres		VITESSE MAXIMALE DELA CROISSANCE RACINAIRE VRACM = 2.4	
NOM SITE ANNEE TYPE DE SOL VARIETE DATE DE SEMIS FIN DE SIMULATION SUITE		Kaolack 1992 DIOR 55-437 Automatique 90 J.A.S. OUI	
M: Modification D:Valeur par défaut ECHAP: Quitter			

Ecran 12.

Pour modifier la vitesse de la croissance journalière du taux de couverture l'écran suivant (Ecran 13.) apparaît.

SIMUL	VARIETE	CONDCULT	QUITTER
KCULT VRACM VMKCOUV Autres paramètres			
NOM SITE ANNEE TYPE DE SOL VARIETE DATE DE SEMIS FIN DE SIMULATION SUITE	Kaolack 1992 DIOR 55-437 Automatique 90 J.A.S. OUI	VITESSE MAXIMALE DU TAUX DE COWERTURE VMKCOUV = 0.02	
M: Modification D: Valeur par défaut ECHAP: Quitter			

Ecran 13.

L'écran 14 permet de modifier les autres paramètres variétaux tels que

- jour optimal de semis,
- la longueur du cycle de la variété
- le jour où le nombre de gousses **est** maximal
- le début de formation des organes reproducteurs
- la date de levée
- la densité de semis,
- le poids sec total maximum,
- le décalage maximum entre JPOT et **JMAX**
- alpha
- bêta
- Vitesse maximale de la croissance racinaire,
- la croissance journalière du taux de couverture,
- les coefficients culturaux,
- A, B, C, D, H, A1, A2, X, Y, Fr, Tr

SIMUL		VARIETE		CONDCULT		QUITTER	
		KCULT VRACM VMKCOUV					
		Autres paramètres					
NOM SITE ANNEE TYPE DE SOL VARIETE DATE DE SEMIS FIN DE SIMULATION SUITE		Kaolack 1992 DIOR 55-437 Automatique 90 J.A.S. OUI		PARAMETRES VARIETAUX JOPT :17.06 LONGCYCL:90 " " " "			
M: Modification		D: Valeur par défaut		ECHAP: Quitter			

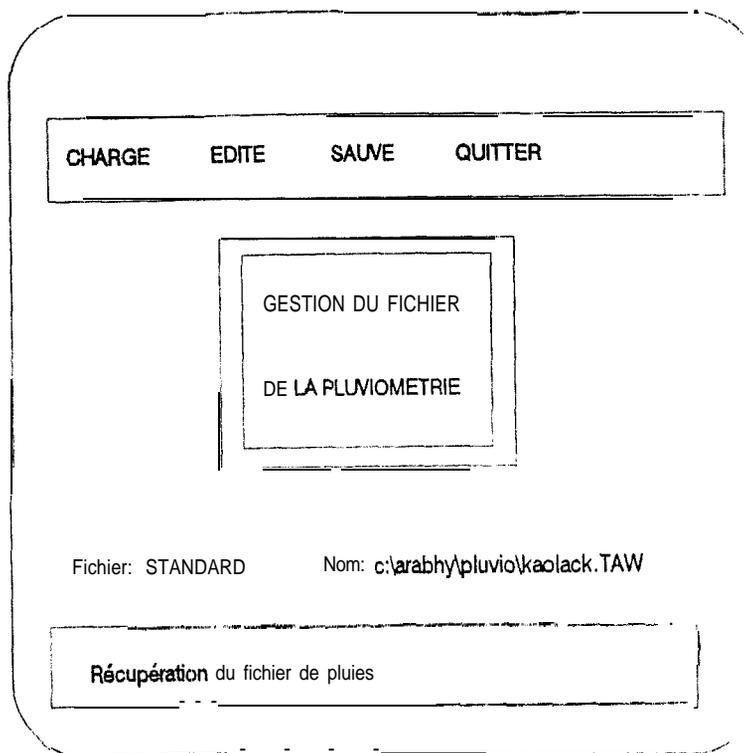
Ecran 14.

- Pour modifier les conditions de culture, l'écran 15 apparaît
- le point de flétrissement permanent de chaque couche,
 - la capacité au champ de chaque couche

SIMUL		VARIETE		CONDCULT		QUITTER	
		CaractSol Pluviométrie					
NOM SITE ANNEE TYPE DE SOL VARIETE DATE DE SEMIS FIN DE SIMULATION SUITE		Kaolack 1992 DIOR 55-437 Automatique 90 J.A.S. OUI					
M: Modification		D: Valeur par défaut		ECHAP: Quitter			

Ecran 15.

Pour modifier la pluviométrie journalière, l'écran (Ecran 16.) suivant apparaît
- la pluviométrie



Ecran 16.

Vous pouvez accéder à ces menus en choisissant le menu voulu. Puis, à chaque étape, suivre les instructions données sur la ligne de dialogue pour procéder à d'éventuelles modifications .

Enfin taper sur la touche **ESCAPE** pour revenir à l'écran précédent.

Une précision qui concerne les modifications de la pluviométrie; une fois cet écran (Ecran 16.)affiché, vous pouvez soit charger votre propre fichier de pluies puis l'éditer soit éditer le fichier de pluies correspondant au site choisi.

Remarque: Les données affichées au niveau de la pluviométrie sont multipliées par 10.

Il vous est possible de modifier les pluies et de les sauvegarder dans le fichier utilisateur déjà ouvert ou nouvellement créé. A la fin des manipulations de fichiers, appuyer à chaque fois sur **ESCAPE** pour revenir au menu précédent.

Pour modifier les caractéristiques des sols l'écran suivant (Ecran 17.) apparaît

SIMUL	VARIETE	CONDCULT	QUITTER
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> CaractSol Pluviométrie </div>			
1 NOM SITE ANNEE TYPE DE SOL VARIETE DATE DE SEMIS FIN DE SIMULATION SUITE		Kaolack 1992 DIOR 65-437 Automatique 90 J.A.S. OUI	N°COUCHE : PFP:CAPAC 1 : x : X 2 : x : X 3 : x : X " : " : " " : " : "
M: Modification D: Valeur par défaut ECHAP: Quitter			

Ecran 17.

Remarques :

1. Toutes ces modifications doivent avoir lieu avant le lancement de la simulation.
2. Les changements apportés au niveau des écrans ne seront pris en compte que durant la simulation en cours. Après cette simulation, les valeurs initiales redeviennent celles disponibles.
3. La simulation du bilan hydrique et/ou de la productivité de l'arachide débute par une page de présentation de l'application (Ecran 18.)

MODELE DE SIMULATION D'UNE
CULTURE D'ARACHIDE

Ce programme représente un **modèle** de **simulation** du bilan hydrique et de la productivité d'une culture d'arachide.

il est basé sur un outil mathématique et peut s'adapter à différentes variétés et à une analyse de la sécheresse de différentes régions suivant les **paramètres** d'entrée.

COPYRIGHT
Laboratoire de physiologie
ISRA/CNRA DE BAM BEY Janvier 1992

Ecran 18.

suivi d'une interface permettant une sauvegarde des résultats sous format ASCII ou **texte** dans le répertoire destiné aux fichiers en sortie ou dans Un autre répertoire à spécifier dans la saisie du nom du fichier (Ecran 19.).

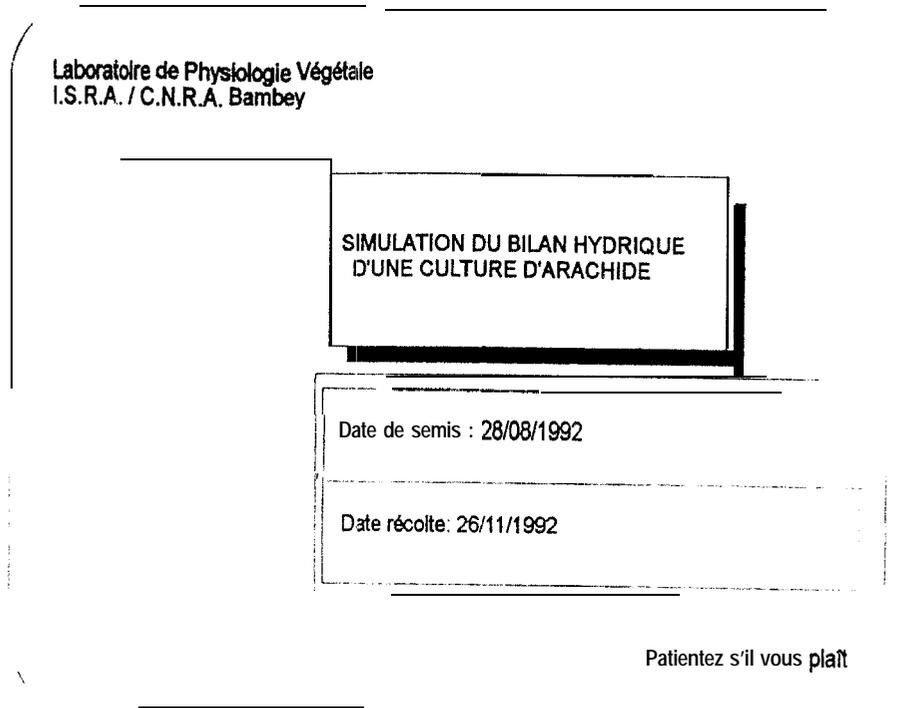
Laboratoire de Physiologie Végétale
I.S.R.A. / C.N.R.A. Bambeý

SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE
D'UNE CULTURE D'ARACHIDE

Enregistrer les résultats ? (O/N) N

Ecran 19.

Les dates de semis et de récolte sont affichées (Ecran 20)



Ecran 20.

Le résumé des résultats est affiché sous forme de courbes. Il est possible de faire un zoom pour mieux visualiser les courbes, taper le numéro qui lui est attribué et valider avec ENTREE.

Quand à la liste des valeurs, elle consiste en un tableau donnant l'évolution de l'ensemble des variables que nous avons jugées significatives pour l'exploitation des résultats. Cette liste peut être imprimée à la demande. Pour ce faire, mettre l'imprimante sous tension et taper sur C. La fin de l'impression sera signalée par le fait que la ligne de commande reprenne son aspect d'origine.

Si le choix s'était opéré sur la simulation jusqu'à la productivité, l'application passera automatiquement au module de productivité après un bref aperçu des résultats du bilan hydrique.

Et ici aussi, le même procédé a été utilisé pour la présentation des résultats et la possibilité de revenir sur les résultats de la simulation du bilan hydrique est offerte.

PARTIE PROGRAMMEUR

3.1. SPECIFICATION DU BILAN HYDRIQUE

Pour- chaque région considérée, une intensité minimale pour la pluie de semis et une pluie de semis optimale ont été définies' pour un jour de semis optimum assurant la meilleure probabilité de réussite du semis et de la culture. Ainsi selon la méthode de **Dancette**, la date de semis est déterminée grâce à une comparaison de chaque pluie avant semis avec une pluie de semis idéale qui est calculée en fonction :

- du jour de manifestation de la pluie,
- d'un coefficient permettant de caler la pluie de semis idéale sur les valeurs exprimées par Dancette,
- de la pluie de semis optimale.

La décision de semer est alors prise si la quantité de pluie du jour est **supérieure** ou égale à la quantité de pluie de semis idéale et à la quantité minimale de pluie de semis, ou bien si la pluie du jour ajoutée à celle du jour précédent est supérieure ou égale à la pluie de semis idéale plus 5 ou à la quantité minimale de pluie de semis (le facteur 5 exprimé en mm correspond à la **quantité** moyenne d'eau supposée s'évaporer du sol nu un jour après pluie).

Après une pluie, l'eau est distribuée dans le sol selon le concept de la teneur en eau à la **capacité** au champ de chaque couche de sol. Après humectation de la première couche à la capacité au champ, l'excès d'eau est ajouté à la couche suivante avec une progression de 10 cm, jusqu'à la dernière couche qui est fixée à 140 cm. L'eau qui dépasse les 140 cm est considérée comme perdue pour la culture (par le modèle).

La cinétique de distribution de l'eau étant réellement stabilisée au bout de 3 jours de ressuyage, une partie de l'eau supposée perdue est remise à la disposition de la culture.

La demande évaporative est estimée à partir de la mesure journalière de l'**évaporation** bac normalisé classe A. Lorsque les données **d'EVBAC** ne sont pas disponibles pour la localité considérée, elles sont calculées relativement à **l'EVBAC** de Bambey à partir des coefficients de correction établis par Dancette.

Après une pluie, il y a une déshydratation des couches superficielles et une réduction de l'évaporation du sol nu parce que l'humidité de l'air est élevée. L'**évaporation** journalière potentielle du sol nu est calculée comme étant une fonction décroissante de la racine carrée du nombre de jours écoulés après la dernière pluie.

Seules les 3 premières couches sont supposées contribuer à l'évaporation réelle du sol qui dépend donc de la réserve utile en eau dans cet horizon.

La quantité d'eau transpirée est supposée proportionnelle au pourcentage de sol couvert par la culture et à la demande évaporative EVBAC. La transpiration potentielle de la culture est estimée par une fonction.

La profondeur d'extraction hydrique des racines est déterminée par la cote du front racinaire. La limite d'extraction de chaque couche de sol est fixée par son point de

flétrissement permanent (PFP). Comme pour les valeurs de capacité au champ le PFP par couche de sol est fixe pour les principaux types de sols rencontrés. Afin d'éviter une manifestation brutale et peu réaliste de points de rupture dans les profils hydriques, le modèle impose une participation de toutes les couches du profil pour la satisfaction des besoins en eau. Ainsi pour chaque couche, en partant des plus superficielles la quantité d'eau potentielle qui peut être extraite est calculée.

L'absorption réelle de la couche i est la valeur minimale entre la quantité d'eau potentielle qui peut être extraite et la **quantité** d'eau maximale qui peut être extraite. Si à la fin de ce premier cycle les besoins en eau ne sont pas satisfaits, le calcul est repris **itérativement** 5 fois afin de déterminer les quantités d'eau réellement évaporées par le sol et transpirées par la culture.

Le taux de satisfaction des besoins en eau de la culture est calculé après détermination de la quantité d'eau réellement perdue par évaporation et de la quantité d'eau réellement transpirée par les plantes.

La culture est considérée être en état de stress lorsque le taux de satisfaction est inférieur à 0,7.

Concernant le développement de la culture, le modèle simule 2 paramètres :

- le taux de couverture qui permet de déterminer les besoins en eau de la culture
- la croissance racinaire qui détermine les dimensions du réservoir de sol.

Le taux de couverture

On distingue 3 phases dans le développement de la culture

- une phase allant du semis à la levée, durant laquelle le taux de couverture du sol par la culture est nul. La date de levée étant fixée au **4^{ème}** jour après semis,
- une phase allant de la levée jusqu'à la couverture totale du sol par la culture,
- une phase allant de la mise en place définitive du taux de couverture jusqu'à la récolte. Durant cette phase le **modèle** suppose que la défoliation de l'arachide en fin de cycle est faible et ne provoque pas une diminution du taux de couverture. La diminution des surfaces transpirantes étant déjà prise en compte par la réduction des coefficients culturaux durant cette phase.

Pour une variété de longueur de **cycle** connue, la couverture totale du sol est complète à JPOT (jour potentiel) qui dépend de la longueur potentielle du cycle de la variété considérée et de son port érigé ou rampant, la densité de semis étant supposée optimale.

Une autre hypothèse prise en compte est que l'activation des mécanismes d'adaptation sous l'effet de la sécheresse favorise une reprise rapide lorsque les conditions hydriques sont satisfaisantes: donc la vitesse de récupération est légèrement supérieure à la vitesse d'installation du stress.

Enfin le décalage maximum de la phase de développement végétatif qui peut se produire en cas de déficit hydrique est de 10 jours. A cette date, le taux de couverture est définitivement fixé et on suppose que les assimilats nouvellement fixés sont mobilisés pour la formation des gousses.

Le développement du système racinaire est **représenté** uniquement par l'avancée du front racinaire. La densité racinaire sur l'ensemble du profil permet d'extraire toute l'eau disponible. Dès **le semis** et en conditions hydriques favorables, la colonisation en profondeur du système racinaire se fait à une vitesse **maximale** de **2,5 cm.jour⁻¹**.

Si l'humidité de la couche la plus profonde est inférieure au point de flétrissement permanent, l'augmentation de la résistance à la pénétration du sol qui en résulte se **traduit** par une diminution de la vitesse **d'avancée** du front racinaire. A partir de **ce point**, l'élongation racinaire diminue de manière linéaire et s'annule pour des humidités volumiques du sol de **2,5%**.

En cas de déficit hydrique, l'élongation racinaire ne s'annule que lorsque le taux de couverture n'évolue plus.

Les caractéristiques du système **racinaire** sont définitivement fixées lorsque le taux de couverture maximal est atteint à la fin de la phase de développement végétatif.

3.2. SPECIFICATION DE LA PRODUCTIVITE

Dans cette partie sont définies les constantes générales du modèle et les variables d'état.

* **Pour le calcul de la productivité potentielle 3 facteurs sont utilisés:**

- température journalière,
- rayonnement solaire global,
- taux de satisfaction des besoins en eau

* **Les paramètres physiologiques introduits dans le modèle sont :**

- la somme de température
- le rayonnement global cumulé
- le taux cumulé de satisfaction des besoins en eau
- les facteurs pondéraux

* **Les données nécessaires aux conditions initiales de la simulation de la productivité :**

- l'optimum de température pour la croissance,
- la somme de températures cumulées depuis la date de semis (en °C),
- le rayonnement global cumulé depuis la date de **semis(en J.cm²)**,
- valeurs de rétention d'eau à la capacité au champ,
- point de flétrissement permanent,
- teneur initiale en eau par couche de sol
- densité de semis (en plte. m²)

- poids sec total maximum (g. plte^{-1})
- facteurs de répartition des assimilats
- coefficients **cultureaux** aux différents stades de développement
- température moyenne (en °C)
- rayonnement global (en J. cm^2)
- pluviométrie (en mm)
- évaporation BAC normalisée classe A (EVBAC en mm).

Après avoir fait abstraction de la germination et de l'émergence, 3 phases phénologiques sont à retenir:

- Phase d'expansion qui s'étend de l'**émergence** à la couverture totale du sol (40^{ème} jours après semis),
- Phase de fructification qui s'initie 2 semaines après l'apparition de la première fleur et coïncide avec le stade où la couverture du sol est maximum. Elle prend fin **lorsque** le nombre maximum de gousses est atteint,
- Phase de remplissage des gousses qui débute lorsque le nombre maximum de gousses est atteint et se poursuit jusqu'à la maturité de la culture

Pour chaque phase phénologique et en présence ou non de stress hydrique, le modèle détermine le gain de matière sèche journalier et le poids sec total journalier .

L'**accumulation** de matière sèche du jour, va être répartie entre les différents organes. La répartition des assimilats pour ces tissus dépend du stade de croissance mais aussi des stress hydriques, cependant, seule la partie aérienne est prise en compte par le modèle.

Durant la phase d'expansion les assimilats sont dirigés uniquement vers l'**appareil végétatif** (tiges et feuilles). Le gain de **poids** de la partie végétative du jour est considéré comme équivalent à l'**assimilat net** du jour .

Les gains de matière sèche des feuilles et des tiges sont calculés en appliquant au gain de poids des facteurs de répartition .

Le début de la phase de fructification correspond au début de la concurrence entre les organes végétatifs et les organes reproducteurs. Entre le 40^{ème} et le 47^{ème} jour, les gynophores sont les seuls organes reproducteurs. Le gain de poids des organes reproducteurs correspond au gain de poids des gynophores, ce dernier est considéré **comme** étant constant. La répartition du gain de poids de la partie végétative du jour entre les feuilles et les tiges se fait en appliquant les facteurs de répartition.

Au delà du 47^{ème} jour et jusqu'à la maturité les organes reproducteurs regroupent : les gynophores et les gousses.

Durant cette période le gain de poids sec des tiges est proportionnel à l'assimilation de matière sèche du jour

L'apparition des premiers gynophores (40^{ème} jour) marque le début de la croissance reproductive. L'accumulation de poids sec dans les fleurs et les boutons est considérée comme insignifiante. Le modèle admet que la fraction de matière sèche destinée aux gynophores est constante

En l'absence de stress hydrique, la croissance des gousses est simulée pour débiter au stade de formation (47^{ème} jour) des premières gousses.

Un stress hydrique de fin de cycle (au delà de 70 jours) entraîne une diminution de la proportion d'assimilats dirigée vers les gousses.

tes premières graines apparaissent généralement au 55^{ème} jour après semis. La simulation de la croissance des graines débutera donc à cette date. Le poids des graines est proportionnel à celui des gousses.

3.3. LES REGLES TECHNIQUES

3.3.1. BILAN HYDRIQUE

RT1

La demande évaporative est obtenue à partir de mesure journalière de l'évaporation du SAC normalisé classe A. En cas d'indisponibilité de ces données elles sont calculées relativement à l'EVBAC de **BAMBEY** à partir des coefficients de correction.

RT2

Les 30 cm du profil sont supposés contribuer à l'évaporation réelle du sol, qui dépend donc de la réserve utile en eau dans cet horizon.

RT3

La profondeur maximale d'extraction hydrique des racines est déterminée par la cote du front racinaire.

RT4

Le point de flétrissement permanent par couche de sol est fixé pour les principaux types de sol rencontrés au Sénégal.

RT5

Si à la fin du premier cycle de calcul de la quantité d'eau potentielle qui peut être extraite pour chaque couche de sol en partant des plus superficielles, les besoins en eau ne sont pas satisfaits, le calcul est repris itérativement au maximum 5 fois pour déterminer les quantités d'eau réellement évaporées et transpirées.

RT6

Si les conditions d'alimentation hydrique sont idéales durant la 2^{eme} phase, pour une variété de longueur de cycle connue, la couverture du sol par la culture est complète à JPOT.

RT7

JPOT dépend de la longueur potentielle du cycle de la variété, de son port et de la densité de semis supposée optimale.

RT8

Dès le semis, en conditions hydriques favorables, la colonisation en profondeur du système racinaire se fait à une vitesse maximale.

RT9

A la 3^{eme} phase de développement de la culture, il n'y a pas de diminution du taux de couverture.

RT10

Si l'humidité de la couche la plus profonde est inférieure au point de flétrissement permanent alors la vitesse d'avancée diminue et l'élongation racinaire décroît de façon linéaire pour des humidités volumiques du sol de 2,5%.

3.3.2. PRODUCTIVITÉ

RT1

Les teneurs en eau pour chaque horizon permettent de tracer les courbes de profil hydrique.

RT2

Les calculs de l'évapotranspiration réelle sont faits à partir d'une variation de stock hydrique dans une couche de sol donnée.

RT3

La production de matière sèche chez les plantes est fonction du rayonnement solaire par l'intermédiaire de la photosynthèse et de la température qui conditionne la vitesse de développement.

RT4

La fertilité du sol et le contrôle des maladies et ravageurs sont considérés comme optima.

RT5

La courbe de l'évolution du poids sec total de la plante permet de déterminer l'assimilation journalière de matière sèche.

RT6

Lorsque l'alimentation hydrique est non limitante, la somme des températures, le taux cumulé de satisfaction des besoins en eau et le rayonnement global cumulé ont une influence d'égale importance.

RT7

Les coefficients de calcul et de répartition de matières sèches sont propres à chaque variété.

RT8

La plante est considérée en état de stress si le taux de satisfaction des besoins en eau est inférieur à 40%.

RT9

Lors de la phase de floraison intensive, un stress hydrique provoque une diminution de la production de matière sèche.

RT10

Un stress hydrique de fin de cycle se traduit par une chute linéaire du poids sec total.

RT11

La croissance végétative concerne l'appareil aérien et l'appareil racinaire depuis l'émergence jusqu'à la maturité. Mais sur le modèle, seule la partie aérienne est prise en compte.

3.4. LES DONNEES

3.4.1. LES DONNEES DE BASE :

*Certaines caractéristiques variétales telles que:

- les coefficients **cultureaux** selon la méthode de DANCETTE,
- la vitesse de la croissance racinaire,
- la croissance journalière du taux de couverture.

*Certains paramètres variétaux tels que:

- le jour optimal de semis,
- la longueur du cycle de la variété,
- le jour ou les gousses atteignent leur nombre maximum,
- la date de début de formation des organes de production,
- la date de début de la levée,
- la densité de semis,
- le poids sec total maximum de matière sèche,
- le décalage maximum, les constantes variétales.

“Les caractéristiques hydrodynamiques du sol:

- les capacités au champ,
- le point de **flétrissement** permanent

* la pluviométrie

3.4.2. LES DONNEES RESULTATS

3.4.2.1. Sous forme de courbes:

- évapotranspiration **réelle** de la culture,
- évolution taux de satisfaction,
- évolution taux de couverture,
- évolution profondeur enracinement,
- précipitations
- évolution pluies et taux de satisfaction,
- évolution poids sec des feuilles,
- évolution poids sec des tiges,
- évolution poids sec des graines,

3.4.2.2. Sous forme de tableaux:

a). Le bilan hydrique:

année simulée,
coefficient cultural,
date de semis,
date de simulation,
date de récolte,
date du jour (sous 2 forme),
évaporation BAC,
évaporation journalière,
évapotranspiration maximale,
évapotranspiration réelle,
intensité de la pluie du jour,
longueur cycle de la variété simulée,
nom de la région géographique du site,
pourcentage de sol couvert,
profondeur d'humectation,
quantité d'eau perdue par évapotranspiration,
réserve utile,
site concerné,
stock sol nu RU,
stress,
taux de satisfaction des besoins en eau,
transpiration de la culture,
type de sol de culture,
variété simulée.

b). La productivité:

année simulée,
date du jour (sous 2 formes),
évaporation BAC,
gain de matière sèche journalier,
intensité de la pluie du jour,
longueur cycle de la variété simulée,
site concerné,
taux de satisfaction des besoins en eau,
type de sol de culture,
variété simulée,
poids sec feuilles,
poids sec graines,
poids sec gousses,
poids sec tiges.

3.5. LES TRAITEMENTS

3.5.1. LES REGLES DE CALCUL UTILISEES

3.5.1.1. Simulation du bilan hydrique

a) Calcul de la pluie de semis idéale

formule

$$PSEM = (\text{jour} - JOPT) * SEM + PLOPT$$

jour.....jour de manifestation de la pluie

PSEM.....pluie de semis idéale

SEM.....coefficient permettant de caler PSEM sur les valeurs exprimées par DANCETTE

JOPT.....jour de semis optimal

PLOPT.....pluie de semis optimale

b) Calcul de l'évaporation journalière potentielle du sol nu

formule

$$ET = ((1 - KCOUV) * KBAC * EVBAC) / \text{SQR}(\text{JAP})$$

ET.....évaporation journalière potentielle du sol nu

KCOUV.....proportion de sol couvert par la culture

KBAC.....coefficient de correction de l'EVBAC

JAP.....nombre de jour après la dernière pluie

c) Calcul de la transpiration potentielle de la culture

formule 1

$$KCULT = \text{besoins en eau de la culture} / \text{EVBAC normalisé classe A}$$

formule2

$$KM = (1 - (KBAC(1 - KCOUV))) / IKCOUV$$

formule3

$$ETCULT = KCOUV * KM * KCULT * EVBAC$$

EVBAC..... demande évaporative du BAC

KCOUV..... pourcentage de sol couvert par la culture

KCULT.....coefficient **cultural**

KM.....coefficient intervenant dans le processus évapotranspiration de la culture

ETCULT.....transpiration potentielle de la culture

d) Calcul de la quantité d'eau maximale pouvant être extraite de la couche i

formule

$$EVMAX (i) = TETA(i) - PFP(i)$$

EVMAX.....quantité d'eau maximale pouvant être extraite de la couche i

TETA..... teneur en eau de la couche i

PFP.....point de flétrissement permanent de la couche

e) Calcul de la quantité d'eau restant à extraire pour satisfaire la totalité de la demande évaporative

formule1

$$EVPOT(i) = DEVAPO * (N - i + 1) / SOM(N - i + 1) \text{ pour } i \text{ variant de } 1 \text{ à } N$$

formule2

$$DEVAPO = DEVAPO - EVAR(i) \text{ et } N = N - 1$$

DEVAPO..... ..quantité d'eau restant à extraire pour satisfaire la totalité de la demande évaporative
EV POT..... ..quantité d'eau potentielle qui peut être extraite
N..... ..nombre de couche restant à analyser y compris i
i..... ..numéro de couche

f) Calcul du taux de satisfaction des besoins en eau de la culture

formule

$$TSAT = (EVAPOR + TCULT) / (ET + ETCULT)$$

TSAT..... ..taux de satisfaction des besoins en eau
EVAPOR..... ..quantité réelle d'eau perdue par évaporation
TCULT..... ..quantité d'eau transpirée par les plantes
ET..... ..évaporation journalière potentielle du sol nu
ETCULT..... ..transpiration potentielle de la culture

g) Calcul accroissement journalier maximal de KCOUV

formule

$$VMKCOUV = 1 / (JPOT - 3)$$

KCOUV..... ..pourcentage de sol couvert par la culture
VMKCOUV..... ..accroissement journalier maximal de KCOUV
JPOT..... ..jour potentiel

3.5.1.2 Simulation de la productivité

a) *Calcul de l'assimilation journalière de matière sèche*

formule

$$\text{SOMT}_j = \sum \text{TMQY} \quad \text{équa 1}$$

SOMT_j somme de **température cumulée**s au jour j depuis la date de semis (en °C)

TMOY température moyenne journalière (en °C)

b) *Calcul du poids sec: total journalier en fonction de la somme de température*

formule

$$\text{Psectotal}_j = \text{PsTotalMax} / (1 + (A * \text{Exp}(B * \text{SOMT}_j)))$$

PsTotalMAX poids sec total maximum par plante (en g.Plte⁻¹), c'est une constante variétale

A et B paramètres variétaux déterminés par régression

Psectotal_j le poids sec total par plante au jour j (en g.Plte⁻¹)

c) *Détermination de l'assimilation journalière en matière sèche (DAS)*

formule

$$\text{DAS}_j = (\text{Psectotal}_j - \text{Psectotal}_{j-1}) \text{ en g/plte}$$

ou

$$\text{DAS}_j = (\text{Psectotal}_j - \text{Psectotal}_{j-1}) * \text{POP} \quad \text{équa 4}$$

DAS_j assimilation en matière sèche du jour j (en g.m⁻²)

Psectotal_j poids sec au jour j

Psectotal_{j-1} poids sec au jour j-1

POP densité de semis (en Plte.m⁻²)

d) *Calcul du poids sec total journalier en fonction du taux cumulé de satisfaction des besoins en eau*

formule

$$\text{Psectotal}_j = \text{PsTotalMAX} / (1 + (C * \text{Exp}(D * \sum (\text{ETR} / \text{ETM}_j))))$$

C, D des paramètres déterminés par régression

$\sum (\text{ETR} / \text{ETM}_j)$ somme cumulé des taux de satisfaction

e) Calcul du poids sec total journalier en fonction du rayonnement global cumulé

E et F paramètres déterminés par régression
 $\sum R_{globa}$ rayonnement global cumulé (en $j.m^{-2}$)

formule

$$P_{secTotalj} = PsTotalMAX / (1 + (E * Exp(F * \sum R_{globaj}))) \quad \text{équa 5}$$

Ces trois paramètres ayant une influence d'égale importance lorsque l'alimentation hydrique est non limitante, en absence de stress hydrique, l'évolution potentielle du poids sec total est de la forme :

f1 équation 2
 f2 équation 4
 f3 équation 5

formule

$$P_{secTotalj} = (f1 + f2 + f3) / 3 \quad \text{équa 6}$$

Sachant qu'un stress hydrique minimise l'effet de la somme des températures et du rayonnement global cumulé ; le taux cumulé de satisfaction des besoins en eau devient prépondérant et explique les plus faibles gains de matière sèche observés sur les plantes stressées. L'éventualité d'un stress hydrique au cours du cycle a été alors considérée. Plusieurs situations ont donc été définies : absence de stress hydrique, stress hydrique en début de cycle (de 0 à 20 jours après semis), stress hydrique durant la phase de floraison intensive (de 20 à 45 jours après semis), stress hydrique en fin de cycle (de 70 jours à la maturité).

* Un stress hydrique de début de cycle (de l'émergence à 20 jours) n'a que peu de répercussions sur le développement de la plante.

* Lors de la phase de floraison intensive (du 20ème au 45ème jour) un stress hydrique provoque une diminution de matière sèche. Cette dernière est simulée par l'équation suivante

formule

$$P_{secTotalj} = PsTotalMax / (1 + (G * Exp(H * \sum (ETR / ETM_j)))) \quad \text{équa 7}$$

$\sum ETR/ETM$ le taux cumulé de satisfaction des besoins en eau

G et H paramètres déterminés par régression.

* Un stress hydrique de fin de cycle se traduit par une chute linéaire du poids sec total journalier

formule

$$P_{sectotalj} = \alpha + \beta (\sum (ETR / ETM_j)) \quad \text{équa 8}$$

$\sum ETR/ETM$ *le taux cumulé de satisfaction des besoins en eau

α et β paramètres déterminés par régression.

f) Répartition de la matière sèche durant la croissance végétative

phase d'expansion

formule1

$$PV_j = DAS_j \quad (\text{en g.m}^{-2})$$

formule2

$$PV_j = PF_j + PT_j \quad \text{équa 9}$$

- PV_j gain de poids de la partie végétative du jour j
- DAS_j assimilation nette du jour j
- PF_j gain de matière sèche poids des feuilles pour jour j
- PT_j gain de matière sèche poids des tiges pour jour j
- Fr facteur de répartition pour les feuilles
- Tr facteur de répartition pour les tiges
- PR_j gain de poids sec des organes reproducteurs

phase de fructification

formule1

$$PV_j = DAS_j - PR_j \quad \text{équa 10}$$

formule2

début fructification jusqu'au 40 ieme jour

$$PV_j = PF_j + PT_j$$

du 40 ieme au 47 ieme jour

formule3

équa 11

$$PF_j = F * PV_j = F(DAS_j - PGY_j)$$
$$PT_j = T * PV_j = T(DAS_j - PGY_j)$$

formule4

du 40 ieme jour à ta maturité

$$PR_j = PGY_j + PGO_j \quad \text{équa 12}$$

$$PT_j = 0.3 * DAS_j \quad \text{équa 13}$$

$$PF_j = PV_j - PT_j \quad \text{équa 14}$$

PV_j gain de poids de la partie végétative du jour j
DAS_j assimilation nette du jour j
PF gain de matière sèche poids des feuilles pour jour j
PT_j gain de poids des tiges
Fr facteur de répartition pour les feuilles
Tr facteur de répartition pour les tiges
PR_j gain de poids sec des organes reproducteurs
PGY_j gain de poids des gynophores
PGO_j gain de poids des gousses
PGraj gain de poids des graines
a, X, Y, a1, a2, b constantes variétales.

g) Répartition de la matière sèche durant la croissance reproductive

$$PGY_j = a DAS_j \quad \text{équa 15}$$

$$PGO_j = \text{Exp}(X + (Y * DAS_j)) \quad \text{équa 16}$$

$$PGO_j = a1 + a2 * DAS_j \quad \text{équa 17}$$

$$PGraj = b PGO_j \quad \text{équa 18}$$