



**CR001170**

**Dossier d'analyse provisoire  
du modèle de simulation  
Ara.B.Hy version argentine  
1995 dénommée  
Ara.B.Hy version 2.0**

**CENTRE D'ETUDES REGIONAL  
POUR L'AMELIORATION  
DE L'ADAPTATION A  
LA SECHERESSE.**

# Yaye 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**

BYLL

09072

# Table des matières

ANALYSE DU MODULE DE L'ABSORPTION RACINAIRE	2
ANALYSE DU CALCUL DU COEFFICIENT CULTURAL	11
ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT	19
ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE L'ELONGATION RACINAIRE EN PERIODE DE STRESS	21
ANALYSE DU MODULE: DE CALCUL DE L'ELONGATION RACINAIRE EN PERIODE DE RECUPERATION	22
ANALYSE DU MODULE DE CALCUL LA DEMANDE EVAPORATIVE	27
ANALYSE DU MODULE: DE CALCUL LA DEMANDE TRANSPIRATOIRE	28
ANALYSE DU MODULE DE CALCUL L'EVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE	29
ANALYSE DU MODULE. DE CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE D'UNE CULTURE	30
ANALYSE DU MODULE DE L'EVAPORATION D'EAU SUR SOL NU OU PARTIELLEMENT COUVERT	31
ANALYSE DU MODULE D'EVALUATIO~N DE L'ETAT HYDRIQUE D'UNE CULTURE	38
ANALYSE DU MODULE. DE CALCUL DE L'EXPLOITATION DE LA PLUIE	40
ANALYSE DU MODULE, DE CALCUL DE LA PROPORTION DE SOL COUVERT PAR LA CULTURE	44
ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DU COEFFICIENT CORRECTIF DE LA TEMPERATURE MOYENNE EN CONDITIONS HYDRIQUES DEFAVORABLES	47
ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DU COEFFICIENT CORRECTIF DE LA TEMPERATURE MOYENNE EN PERIODE DE RECUPERATION	49
FONCTION DE CALC:UL DE L'EVOLUTION DU POURCENTAGE DE SOL COUVERT PAR UNE CULTURE	51
ANALYSE DU MODULE D'EFFACEMENT D'ECRAN	52

# 1. ANALYSE DU MODULE DE L'ABSORPTION RACINAIRE

## Définition physiologique selon le dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie (1990)

Flux d'eau pénétrant du sol dans la plante. Ce flux est considérable et excède fréquemment la quantité d'eau contenue dans la biomasse.

### Problématique :

L'objectif de ce module est d'évaluer la consommation en eau de la plante.

La consommation en eau de la plante dépend de deux mécanismes principaux: la transpiration foliaire et l'absorption racinaire.

La quantité d'eau absorbée par la plante dépend :

- de la demande transpiratoire exercée sur les surfaces transpirantes (feuilles).
- de la teneur en eau du sol sur le profil racinaire qui détermine la quantité d'eau disponible pour la plante.

On suppose que la quantité d'eau absorbée par les racines égale la quantité d'eau transpirée par la culture.

### Analyse du problème :

Le sol est divisé en n couches sur la longueur du profil racinaire.

Pour chaque couche de sol ( $i = 1$  à  $n$ ) les informations nécessaires sont:

- la quantité d'eau disponible pour la plante (**absorption maximale**)
- la quantité d'eau demandée à la plante pour satisfaire une demande évaporative (**absorption potentielle**).

La quantité d'eau réellement absorbée par la plante est  $\text{MIN}(\text{absorption maximale}, \text{absorption potentielle})$ .

L'absorption totale est alors la somme des quantités d'eau réellement absorbées dans chaque couche de sol.

Ce calcul est repris itérativement jusqu'à ce que l'absorption totale soit égale ou la plus proche de la demande transpirante.

**Nom** : ABSORACI

**Objet**: calcule l'absorption totale en eau d'une culture par les racines (*AbsorTotal*)

### Paramètres d'entrée :

- la demande transpiratoire (*RestDemTrans*),
- la profondeur d'enracinement (*ProfondeurEnrac*),
- le nombre d'itération (*NbreIter*),
- Epaisseur de la couche (*Epaisseur*).

**Paramètres intermédiaires** : néant.

### Paramètres en sortie :

- Quantité totale d'eau absorbée (*AbsorTotal*)
- teneur en eau de chaque couche (*TeneurCouch*)

### Intervalle d'évolution :

$0 \leq \text{AbsorTotal} \leq$  demande transpiratoire de la culture.

## ALGORITHME SOUS FORME DE TESTE

### PARAMETRE TRANSMIS

ProfondeurEnrac

Epaisseur

- 1 COUCHSOL {fonction retournant le nombre de couches de sol ( n ) d'épaisseur connue colonisées par les racines }


### 3. LECTURE

nombre d'itérations

RestDemTrans

NbreCouchColonRac

### 4. TRAITEMENT

- SI la demande transpiratoire est égale à 0
- **ALORS** l'absorption totale est nulle
- 

**Tant que** NbreIter n'est pas atteint

IndIter = IndIter + 1

**Tant que** RestDemTrans > 0

NumCouch = 1

**Tant que** NumCouch est inférieur au NbreCouchColonRac

FAIRE

**SI** RestDemTrans  $\leq$  0

**ALORS**

sortir boucle

**SINON**

1. PROPSOL {fonction retournant la proportion de hauteur du sol colonisée dans la **couche** par les racines}
2. Appel module de **calcul** de la quantité d'eau disponible par couche pour l'absorption **racinaire** (*QteEauDispo*)
3. Appel module de calcul de la quantité d'eau demandée à la plante pour satisfaire une demande transpiratoire (*QteEauDem*)
4. Appel module de l'absorption réelle de la couche (*AbsorReelCouch*)

RestDemTrans = RestDemTrans - AbsorReelCouch

AbsorTotal = AbsorTotal + AbsorReel

INCREMENTATION NumCouch

**FIN SI**

**FIN TANT QUE**

**FIN TANT QUE**

**FIN TANT QUE**

### 4. SORTIE

Absorption totale de la culture

## 1.1. MODULE DE CALCUL DU NOMBRE DE COUCHES DE SOL COLONISEES PAR LES RACINES

### Problématique :

Déterminer le nombre de couches de sol 'colonisées par les racines.

### Analyse du problème :

Le nombre de couches de sol d'épaisseur donnée colonisées par les racines est fonction du profil racinaire et de l'épaisseur des couches.

Le nombre de couches de sol colonisé par les racines est déterminé en divisant le profil racinaire par l'épaisseur d'une couche. Si le reste de la division n'est pas nul, cela veut dire que les racines colonisent aussi partiellement la dernière couche.

Nom : COUCHSOL

**Objet** : fonction retournant le nombre de couches de sol colonisées totalement ou partiellement par les racines.

### Paramètres d'entrée :

- profondeur d'enracinement (*ProfondeurEnrac*),
- épaisseur de la couche (*Epaisseur*),
- nombre de couches colonisées par les racines (*NbreCouchColonRac*: paramètre à retourner).

**Paramètres intermédiaires** : néant.

### Paramètres en sortie :

Nombre de couches colonisées par les racines.

### Intervalle d'évolution :

$0 \leq \text{NbreCouchColonRac} \leq \text{profondeur maximale des racines} / \text{épaisseur d'une couche} + \text{PE} \text{ ( RESTE( profondeur maximale des racines} / \text{épaisseur d'une couche} ) + 0.999)}$

Avec

PE = Partie Entière

RESTE = reste de la division

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### INITIALISATION

NbreCouchColonRac = 0

### 1. LECTURE

ProfondeurEnrac

Epaisseur

NbreCouchColonRac: paramètre à retourner.

### CALCUL

NbreCouchColonRac = PARTIE ENTIERE (ProfondeurEnrac / Epaisseur)

RestRacine = RESTE DE LA DIVISION (ProfondeurEnrac / Epaisseur)

SI RestRacine > 0

### ALORS

NbreCouchColonRac = NbreCouchColonRac + 1

### FIN SI

### 3. SORTIE

NbreCouchColonRac

## 1.2. FONCTION DE CALCUL DE LA PROPORTION DE SOL COLONISE PAR LES RACINES DANS UNE COUCHE

### Problématique :

Déterminer la proportion de sol colonisé par les racines sur la hauteur d'une couche,

### Analyse du problème :

La proportion de sol colonisé par les racines au niveau d'une couche dépend du profil racinaire et de l'épaisseur des couches.

Le nombre de couches de sol colonisé par les racines est obtenu en divisant le profil racinaire à l'épaisseur d'une couche. Cependant si le reste de la division n'est pas nul, cela veut dire que les racines ont colonisé partiellement la dernière couche.

**Nom :** PROPSOL

**Objet :** Fonction retournant la proportion de sol colonisée dans une couche.

### Paramètres d'entrée :

- profondeur d'enracinement (*ProfondeurEnrac*),
- épaisseur de la couche (*Epaisseur*),
- proportion de sol colonisée par les racines au niveau d'une couche (*PropRacinCouch*) .

**Paramètres intermédiaires :** néant.

**Paramètres en sortie :** proportion de: sol colonisé par les racines au niveau d'une couche

### Intervalle d'évolution :

$$0 \leq \text{PropRacinCouch} \leq 1$$

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### 1. INITIALISATION

PropRacinCouch = 1

### 2. LECTURE

ProfondeurEnrac  
PropRacinCouch  
Epaisseur

### 3. CALCUL

RestRacine = RESTE DE LA DIVISION (ProfondeurEnrac / Epaisseur)

**SI** RestRacine > 0

**ALORS**

PropRacinCouch = RestRacine / Epaisseur

**FIN SI**

### 4. SORTIE

PropRacinCouch

### 1.3. MODULE DE CALCUL DE LA QUANTITE D'EAU DISPONIBLE POUR L'ABSORPTION RACINAIRE PAR COUCHE

#### Problématique :

Calculer la quantité d'eau disponible pour l'absorption au niveau d'une couche de sol colonisée entièrement ou partiellement par le système racinaire.

#### Analyse du problème :

La quantité d'eau disponible pour l'absorption racinaire est la différence entre le point de flétrissement permanent et la teneur en eau de la couche.

Pour une couche les informations nécessaires sont :

- la teneur en eau de la couche (**TeneurCouch**),
- le point de flétrissement permanent de la couche (**PFP**),
- le profil racinaire (**ProfondeurEnrac**).

**Nom :** EAUDISPO

**Objet:** calcule la quantité d'eau disponible au niveau d'une couche.

#### Paramètres d'entrée :

- La quantité d'eau disponible pour l'absorption racinaire (**QteEauDispo**),
- numéro de la couche (**NumCouch**),
- point de flétrissement permanent de la couche (**PFP**),
- teneur en eau de la couche (**TeneurCouch**),
- Proportion de sol colonisé par les racines dans la couche (**PropRacinCouch**)

**Paramètres intermédiaires :** néant.

#### Paramètres en sortie :

quantité d'eau disponible au niveau de la couche (**QteEauDispo**).

#### Intervalle d'évolution :

$0 \leq QteEauDispo \leq TeneurCouch - PFP$ .

### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

#### INITIALISATION

$QteEauDispo = 0$

#### 2 LECTURE

NumCouch,  
TeneurCouch,  
PFP,  
PropRacinCouch,  
QteEauDispo.

#### CALCUL

$QteEauDispo = (TeneurCouch - PFP) * PropRacinCouch$

#### 4 SORTIE

QteEauDispo

## 1.4. MODULE DE CALCUL DE LA PARTICIPATION D'UNE COUCHE A LA SATISFACTION DE LA DEMANDE TRANSPIRATOIRE

### PROBLEMATIQUE :

Calculer la quantité d'eau extractible d'une couche et répartir la demande transpiratoire.

### Analyse du problème

#### Hypothèses de départ

1. Toutes les couches du profil racinaire participent à la répartition de la demande transpiratoire.
2. La contribution d'une couche est d'autant plus importante qu'elle est humide et est située dans les horizons supérieurs.

#### Principe

Il faut extraire du reste de la demande transpiratoire la participation de chaque couche pour satisfaire la demande.

Chaque couche est **affectée** d'un poids représentatif de sa contribution potentielle à la satisfaction de la demande transpiratoire.

#### Exemple

Numéro de couche (c)	Poids (P)
1	N
2	N - 1
3	N - 2
4	N - 3
-	
-	
Dernière couche colonisée	1

N = Nombre de couches colonisées par les racines

V = Nombre d'unités volumiques à répartir

DP<sub>i</sub> = Demande potentielle sur la couche i.

$$= \sum_{c=1, n} (P)$$

$$DP_i = \text{RestDemandTrans} * (P_i / V)$$

**NOM** : EAUDEMAN

**Objet** : calcule la quantité d'eau que doit fournir la couche pour satisfaire à la demande transpiratoire.

### Paramètre d'entrée :

- quantité d'eau que doit fournir la couche pour satisfaire à la demande transpiratoire (*QteEauDem*)
- numéro de la couche (*NumCouche*)
- nombre de couches colonisées par les racines (*NbreCoucheColonRac*)



- demande transpiratoire restant à satisfaire (*RestDemTrans*)

### **Paramètre intermédiaire :**

- nombre d'unités volumiques à extraire (*UniteVolExtraire*),
- poids de la couche (*PoidsCouch*)

### **Paramètre en sortie :**

quantité d'eau demandée à la couche pour satisfaire la demande **transpiratoire**.

### **Intervalle d'évolution :**

$0 \leq QteEauDem \leq \text{demande transpiratoire}$

### **ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE :**

#### LECTURE

**NbreCouchColonRac**  
**RestDemandTrans**  
**NumCouch**  
**QteEauDem**

#### CALCUL

APPEL module de calcul du nombre d'unités volumiques à extraire  
**PoidsCouch** = **NbreCouchColon** \* **NumCouch** + 1  
**QteEauDem** = **RestDemTrans** \* **PoidsCouch** / **UniteVolExtraire**

#### **SORTIE**

**QteEauDem**

#### 1.4.1. FONCTION DE CALCUL DU NOMBRE D'UNITES VOLUMIQUES A EXTRAIRE

##### PROBLEMATIQUE :

Retourner le nombre d'unités volumiques à extraire pour chaque couche de **sol pour** en déduire la participation de la couche à la satisfaction de la demande transpiratoire.

##### ANALYSE DU PROBLEME :

Données nécessaires:

- nombre de couches colonisées par les racines (*NbreCouchColonRac*),
- numéro de couche. (*NumCouch*)

**NOM** : FONCUNITEVOLEXTRACT

**Objet** : calcule le nombre d'unités volumiques à extraire au niveau d'une couche.

##### Paramètres d'entrée :

- nombre de couches colonisées par les racines (*NbreCouchColonRac*),
- numéro de couche (*NumCouch*)

##### Paramètres intermédiaires :

- nombre de couches restant à analyser (*NbreCouchRestAnal*)

##### Paramètres de sortie :

- nombre d'unités volumiques à extraire pour la couche (*NbreUniteExtraire*)

##### Intervalle d'évolution :

$NbreCouchColonRac \leq NbreUniteExtraire \leq$  somme des unités volumiques à extraire,

##### Algorithme sous forme de texte :

###### 1 LECTURE

NbreUniteExtraire  
NbreCouchColonRac  
NumCouch

###### 2 CALCUL

$NbreCouchRestAnal = 1 - NumCouch + NbreCouchColonRac$

##### **tant que**

le nombre de couches à analyser n'est pas atteint

INCREMENTATION du compteur d'unité

$NbreUniteExtraire = NbreUniteExtraire + NbreCouchColonRac -$  Compteur

d'unité + 1

##### **FIN tant que**

###### 3 SORTIE

nombre d'unités volumiques à extraire

## 1.4. MODULE DE CALCUL DE L'ABSORPTION REELLE DES RACINES AU NIVEAU D'UNE COUCHE

### Problématique

Calculer la quantité d'eau réellement absorbée par les racines **afin** de satisfaire la demande transpiratoire.

### Analyse du problème :

La quantité d'eau réellement absorbée au niveau d'une couche est le minimum entre la quantité d'eau disponible pour les racines et la quantité d'eau demandée à la couche pendant la répartition de la demande transpiratoire.

**Nom :** ABSOREEL

### Paramètres d'entrée :

- quantité d'eau réellement absorbée par les racines afin de satisfaire la demande transpiratoire (*AbsorReelCouch*),
- teneur en eau de la couche (*TeneurCouch*),
- la quantité d'eau disponible au niveau de la couche (*QteEauDispo*),
- la quantité d'eau demandée à la couche pendant la répartition de la demande évaporative. (*QteEauDem*).

**Paramètres intermédiaires :** néant.

### Paramètres en sortie :

- teneur en eau de la couche (*TeneurCouch*),
- Quantité d'eau réellement absorbée par les racines (*AbsorReelCouch*).

### Intervalle d'évolution :

$$0 \leq \text{AbsorReelCouch} \leq \text{TeneurCouch} - \text{PFP}$$

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### 1 INITIALISATION

*AbsorReelCouch* = 0

### 2 LECTURE

*TeneurCouch*,  
*QteEauDispo*,  
*QteEauDem*,  
*AbsorReelCouch* { paramètre à retourner }

### 3 CALCUL

*AbsorReelCouch* = MIN(*QteEauDispo*, *QteEauDem*)  
*TeneurCouch* = *TeneurCouch* - *AbsorReelCouch*

### 4 SORTIE

*AbsorReelCouch*,  
*TeneurCouch*.

## 2. ANALYSE DU CALCUL DU COEFFICIENT CULTURAL

### Définition physiologique selon le [dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie (1990)]

Le coefficient cultural est le rapport entre l'évapotranspiration maximale d'une espèce cultivée, à un stade donné de végétation et, soit l'évapotranspiration potentielle calculée, soit l'évapotranspiration de référence sur gazon.

Ce coefficient dépend notamment du degré de couverture du sol et de la sénescence des feuilles; il est normalement faible en début de végétation, puis voisin de 1 en pleine végétation pour diminuer ensuite en fin de végétation.

#### Problématique :

- Le coefficient cultural dépend
  - de l'âge de la culture ( somme des degrés/jour),
  - du développement de la culture ( pourcentage de sol couvert)
  - de la teneur en eau de la première couche
- La limite inférieure du coefficient cultural est déterminée par la relation entre le coefficient cultural, l'âge et le développement de la culture
  - Avant levée le coefficient cultural est une fonction de la somme des degrés/jour
  - Après levée le coefficient cultural est une fonction du pourcentage de sol couvert
- La limite supérieure dépend de l'humidité de la première couche

SI la teneur en eau de la première couche du sol est inférieure à 0.2  
ALORS coefficient cultural =  $\text{MIN}(\text{CoeffCulturTeneur} , \text{CoeffCulturInter})$

SI la teneur en eau de la première couche du sol est supérieure à 0.34  
ALORS coefficient cultural =  $\text{MAX}(\text{CoeffCulturTeneur} , \text{CoeffCulturInter})$

SI la teneur en eau de la première couche du sol est comprise entre 0.2 et 0.34 ALORS  
St  $\text{CoeffCulturInter}$  inférieure ou égal à 1)  
ALORS coefficient cultural =  $\text{MAX}(\text{CoeffCulturTeneur} , \text{CoeffCulturInter})$

SINON coefficient cultural =  $\text{MIN}(\text{CoeffCulturTeneur} , \text{CoeffCulturInter})$

Cette démarche est synthétisée dans le tableau suivant

#### Synthèse de l'évolution du calcul du coefficient cultural

Coefficient intermédiaire $\leq 1$		Coefficient intermédiaire $> 1$	
teneur $\leq 0.2$	$\text{Min}(K_{\text{ten}}, K_{\text{Int}})$	teneur $\leq 0.2$	$\text{Min}(K_{\text{ten}}, K_{\text{Int}})$
$0.2 < \text{teneur} < 0.34$	$\text{Max}(K_{\text{ten}}, K_{\text{Int}})$	$0.2 < \text{teneur} < 0.34$	$\text{Min}(K_{\text{ten}}, K_{\text{Int}})$
teneur $\geq 0.34$	$\text{Max}(K_{\text{ten}}, K_{\text{Int}})$	teneur $\geq 0.34$	$\text{Max}(K_{\text{ten}}, K_{\text{Int}})$

## Analyse du problème :

Les informations nécessaires sont :

- L'équation de l'évolution du coefficient cultural en fonction du **pourcentage de sol couvert**,
- L'équation de l'évolution du coefficient cultural en fonction de la somme des **degrés/jour**,
- Les caractéristiques du sol et les limites de la teneur affectant le coefficient cultural.

**Nom :** CALCOEFFCULTUR

**Objet:** calcule le coefficient cultural avec comme

## Paramètres d'entrée :

- la teneur en eau de la première couche (*TeneurCouch(1)*),
- le pourcentage de sol couvert (*TauxCouv*),
- la somme des **degrés** jour cumulés (*SomTemp*),.
- première limite teneur affectant le coefficient cultural
- deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural
- troisième limite teneur affectant le coefficient cultural.

## Paramètres intermédiaires :

- le coefficient cultural intermédiaire ----->*CoeffCulturInter*

1. Avant levée

Il est fonction du cumul des **degrés/jour** depuis semis

2. Après levée

Il est fonction du pourcentage de sol couvert

- le coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche de sol -----  
> *CoeffCultur Teneur*

## Paramètres en sortie :

- la teneur en eau de la première couche (*Teneur(1)*),
- le pourcentage de sol couvert (*TauxCouv*),
- la somme des **degrés** jour (*SomTemp*).
- le coefficient cultural intermédiaire (*CoeffiCulturInter*)
- le coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche de sol (*CoeffCultur Teneur*)
- le coefficient cultural **final** (*CoeffCultur*)

**Remarque :** Ces 3 dernières paramètres sont définis par l'utilisateur

Exemple à Cordoba pour la variété florman **INTA** pour l'année 1992

première limite teneur affectant le coefficient cultural = 0.016

deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural = 0.2

troisième limite teneur affectant le **coefficient** cultural = 0.34

## ALGORITHME GENERAL du programme du calcul du coefficient cultural

### LECTURE

pourcentage sol couvert,  
somme des **degrés/jour** cumulés,  
teneur en eau première couche de sol

### CALCUL

Appel module de calcul du coefficient cultural intermédiaire (*CoeffCulturInter*)  
Appel module de calcul du coefficient cultural en fonction du pourcentage de sol couvert ou de la somme des degrtis /jour (*CoeffCulturTeneur*)  
Appel module de calcul du coefficient cultural final (*CoeffCultur*)

### SORTIE.

Coefficient cultural final (*CoeffCultur*)

## 2.1. ANALYSE du module de calcul du coefficient cultural intermédiaire (CoeffCulturInter )

**Nom :** CalCoeffCulturInter

**Objet :** Calculer CoeffCulturInter

**Paramètres d'entrée :**

- les coefficients de l'équation de la courbe d'évolution du coefficient cultural en fonction de la somme des **degrés/jour**
- les **coefficients** de l'équation de la courbe d'évolution du coefficient cultural en fonction du pourcentage de sol couvert
- somme des degrés jour depuis semis ( *SomTemp* )
- somme des **degrés/jour** de levée ( *SomTemLevee* )
- pourcentage de sol couvert ( *TauxCouv* )

**Paramètres intermédiaires :** néant

**Paramètres en sortie :**

- le coefficient cultural intermédiaire (*CoeffCulturInter*)

**Algorithme sous forme de texte**

LECTURE

- SomTempLevee

TRAITEMENT

**Si avant levée** { CoeffCulturInter est fonction de la somme des **degrés/jour** }

ALORS

LECTURE

- SomTemp
- Les coefficients

TRAITEMENT

$$\text{CoeffCulturInter} = \text{WA0} * \text{SOMTEMP} + \text{WA1} * \text{SOMTEMP}^2 + \text{WA2} * \text{SOMTEMP}^3$$

avec

WA0, WA1, WA2, WA3 coefficients paramétrables obtenus à partir de la courbe d'évolution du coefficient cultural en fonction de la somme des **degrés/jour**  
SOMTEMP = Somme des degrés jour depuis le semis

**Exemple :** pour la variété 57-422 de l'année 1992 :  $\text{WA0} = 2.73 \cdot 10^{-4}$ ,  $\text{WA1} = 2.37 \cdot 10^{-6}$ , et  $\text{WA2} = 6.29 \cdot 10^{-10}$

**Si c'est après levée** { CoeffCulturInter est fonction du pourcentage de sol couvert }

ALORS

LECTURE

- TauxCouv
- a Les coefficients

TRAITEMENT

$$\text{CoeffCulturInter} = \text{WTO} + \text{WT1} * \text{WTauxCouv} + \text{WT2} * (\text{WTauxCouv} ^ 2) + \text{WT3} * (\text{WTauxCouv} ^ 3) + \text{WT4} * (\text{WTauxCouv} ^ 4)$$

avec

WTO, WT 1, WT2, WT3, WT4 des coefficients paramétrables obtenus à partir de la courbe d'évolution du coefficient **cultural** en fonction du pourcentage de sol couvert

WTauxCouv = pourcentage de **sol** couvert

**Exemple** pour la variété 57-422 de l'année 1992 WTO = .23, WT1 = 2.12, WT2 = -7.9, WT3 = 12.3, WT4 = -5.6

SORTIE

- CoeffCulturInter



## 2.2. ANALYSE module de calcul du coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche de sol (CoeffCulturTeneur)

**Nom :** CalCoeffCulturTeneur

**Objet:** Calculer le coefficient cultural selon la teneur en eau de la première couche

**Paramètres d'entrée :**

- teneur en eau première couche (*TeneurCouch(1)*),
- première limite teneur affectant le coefficient cultural
- deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural
- troisième limite teneur affectant le coefficient cultural
- Coefficient cultural calculé en fonction de la somme des degré/jour ou du pourcentage de **sol** couvert (*CoeffiCulturInter*),

**Paramètres intermédiaires :**

*DeltaCoeffCultur* : rapport des écarts entre les limites de teneur et la teneur en eau de la première couche

**Paramètres en sortie :**

Coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche

**Algorithme sous forme de texte**

### LECTURE

- *TeneurCouch( 1)*
- première limite teneur affectant le coefficient cultural
- deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural
- troisième limite teneur affectant le coefficient cultural
- *CoeffiCulturInter*

INITIALISATION la teneur en eau de la première couche du sol à 1

*CoeffCulturTeneur* = 1

### TRAITEMENT

**SI** la teneur en eau de la première couche: du sol est comprise entre deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural et troisième limite teneur affectant le coefficient cultural

**ALORS** *CoeffCulturTeneur* = *CoeffCulturInter* corrigé

### SORTIE

*CoeffCulturTeneur*

**METHODE DE CORRECTION du *CoeffCulturInter* pour la variété Florman INTA à Cordoba**

$\Delta iCoeffCultur = ( \text{teneur en eau de la première couche} - 0.2 ) / 0.3 - 0.2$

$CoeffCulturInter \text{ Corrigé} = CoeffCulturInter + ( 1 - CoeffCulturInter ) / \Delta iCoeffCultur$

**NB :**

- deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural
- troisième limite teneur affectant le: coefficient cultural

## 2.3. ANALYSE module de calcul du coefficient cultural final

**Nom :** CALCOEFFCULTURFINAL

**Objet:** calcule le coefficient cultural quotidien en fonction:du coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche et le coefficient cultural dépendant du pourcentage de sol couvert ou de la somme des degrés /jour

**Paramètres d'entrée :**

- la teneur en eau de la première couche (**Teneur(I)**),
- le coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche (**CoeffCulturTeneur**)
- le coefficient cultural dépendant du pourcentage de sol couvert ou de la somme des degrés /jour (**CoeffiCulturInter**),
- première limite teneur affectant le coefficient cultural
- deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural
- troisième limite teneur affectant le coefficient cultural

**Paramètres intermédiaires :**

Néant

**Paramètres en sortie :**

Le coefficient cultural final

**Algorithme sous forme de texte**

LECTURE

- TeneurCouch( 1)
- CoeffCulturTeneur
- CoeffiCulturInter
- première limite teneur affectant le coefficient cultural
- deuxième limite teneur affectant le coefficient cultural
- troisième limite teneur affectant le coefficient cultural

TRAITEMENT

SI la teneur en eau de la I<sup>ère</sup> couche est comprise entre la 2<sup>ième</sup> limite teneur affectant le coefficient cultural et la 3<sup>ième</sup> limite teneur affectant le coefficient cultural

ALORS

SI le coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche est inférieure à 1 ALORS

Coefficient cultural final = MAX (CoeffiCulturInter, CoeffCulturTeneur)

SINON

Coefficient cultural final = MIN (CoeffiCulturInter, CoeffCulturTeneur)

Si la teneur en eau de la II<sup>ème</sup> couche est inférieure la 2<sup>ième</sup> limite teneur affectant le coefficient cultural

ALORS

Coefficient cultural final = MIN (CoeffiCulturInter, CoeffCulturTeneur)

SINON

Coefficient cultural final = MAX (CoeffiCulturInter, CoeffCulturTeneur)

SORTIE

Coefficient **cultural** final

### 3. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT

#### Problématique :

Calculer la profondeur des racines en un jour.

#### Analyse du problème :

La profondeur d'enracinement dépend essentiellement de l'élongation racinaire en un jour

L'élongation racinaire dépend de

- de la vitesse de croissance racinaire,
- de l'état hydrique de la culture,
- de la température moyenne journalière.

Le développement racinaire est représenté par l'avancée du front racinaire.

Dès le semis, en conditions hydriques favorables, l'élongation racinaire se fait à une vitesse maximale.

Si l'humidité de la couche la plus profonde est inférieure au point de flétrissement permanent, la vitesse du front racinaire diminue linéairement et s'annule

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

2 cas sont à envisager :

- 1 les conditions hydriques sont défavorables mais les couches profondes sont humides.
- 2 les conditions hydriques sont défavorables et les couches profondes sont sèches.

En période de récupération soit il reste une somme de **degrés/jour** seuil de récupération à récupérer soit il reste une somme de **degré/jour** inférieure à la somme de **degré/jour** responsable d'arrêt de la croissance racinaire à récupérer.

Il est supposé qu'à la fin de la phase de **développement** végétatif, lorsque le taux de couverture est maximale, les caractéristiques du **système** racinaire sont définitivement fixées

**Nom** :CROISRAC

**Objet** : calcule la profondeur d'enracinement en un jour.

#### Paramètres d'entrée :

- Elongationracinaire (*ElongRac* ),
- Etat hydrique de la culture (*EtatHydrique* ),
- Température moyenne journalière (*TempMoy* ),
- Vitesse de croissance racinaire (*VitessEnrac* )
- Somme des **degrés/jour** (*SOMTEMP* )
- Somme des **degrés/jour** correspondant à la fructification (*TempFructif* )

#### Paramètres intermédiaires :

Elongation racinaire (*ElongRac* )

#### Paramètres en sortie :

Profondeur d'enracinement (*ProfondeurEnrac* )

### 3. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT

#### Problématique :

Calculer la profondeur des racines en un jour.

#### Analyse du problème :

La profondeur d'enracinement dépend essentiellement de l'élongation racinaire en **un** jour.

L'élongation racinaire dépend de

- de la vitesse de croissance racinaire,
- de l'état hydrique de la culture,
- de la température moyenne journalière.

Le développement racinaire est représenté par l'avancée du front racinaire.

Dès le semis, en conditions hydriques favorables, l'élongation racinaire se fait à une vitesse maximale.

Si l'humidité de la couche la plus profonde est inférieure au point de flétrissement permanent, la vitesse du front racinaire diminue **linéairement** et s'annule

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

2 cas sont à envisager :

- 1 les conditions hydriques sont défavorables mais les couches profondes sont humides.
- 2 les conditions hydriques sont défavorables et les couches profondes sont sèches.

En période de récupération soit il reste une somme de **degrés/jour** seuil de récupération à récupérer soit il reste une somme de **degré/jour** inférieure à la somme de **degré/jour** responsable d'arrêt de la croissance racinaire à récupérer.

Il est supposé qu'à la fin de la phase de **développement** végétatif, lorsque le taux de couverture est maximale, les caractéristiques du **système** racinaire sont définitivement fixées

**Nom :** CROISRAC

**Objet :** calcule la profondeur d'enracinement en un jour.

#### Paramètres d'entrée :

- Elongation racinaire ( *ElongRac* ),
- Etat hydrique de la culture ( *EtatHydrique* ),
- Température moyenne journalière: ( *TempMoy* ),
- Vitesse de **croissance** racinaire ( *VitessEnrac* )
- Somme des **degrés/jour** ( *SOMTEMP* )
- Somme des **degrés/jour** correspondant à la fructification ( *TempFructif* )

#### Paramètres intermédiaires :

Elongation racinaire ( *ElongRac* )

#### Paramètres en sortie :

Profondeur d'enracinement ( *ProfondeurEnrac* )

Intervalle d'évolution :

Borne inférieure : 0

Borne supérieure : profondeur maximale d'enracinement

## ALGORITHME SOUS FORME. DE TEXTE

### 1. LECTURE

SOMTEMP

ElongRac

EtatHydrique

TempMoy

VitesseEnrac

TempFructif

### 2. TRAITEMENT

SI SOMTEMP < TempFructif

VitesseMaxEnrac = VitesseEnrac \* TempMoy

SI EtatHydrique = 0 ALORS APPEL CROISRACSTRESS

SI EtatHydrique = 1 ALORS APPEL CROISRACRECUP

ProfondeurEnrac = ProfondeurEnrac + ElongRac

SINON

Il n'y a pas de calcul de profondeur

### S O R T I E

ProfondeurEnrac

## 4. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE L'ÉLONGATION RACINAIRE EN PÉRIODE DE STRESS

### Problématique :

Calculer l'élongation racinaire en période de déficit hydrique un jour,

### Analyse du problème :

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

L'élongation racinaire dépend essentiellement de la somme des **degrés/jour** à récupérer

**Nom** :CROISRACSTRESS

**Objet** calcule l'élongation racinaire en période de déficit hydrique.

### Paramètres d'entrée :

- somme des **degrés/jour** à récupérer après quelques jour de stress ( *SomTempARecuperer* ),
- somme des **degrés/jour** de tolérance du déficit hydrique ( *SomTempToler* ),
- somme des **degrés/jour** responsable d'arrêt de la croissance racinaire après quelques jour de stress ( *SomTempSeuil* ),
- vitesse maximale d'enracinement ( *VitessMaxEnrac* ).

### Paramètres intermédiaires :

Néant.

### Paramètres en sortie :

Elongation racianire ( *ElongRac* )

### Intervalle d'évolution :

Borne inférieure : 0

Borne supérieure : vitesse **maximale** d'enracinement

### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

#### 1. LECTURE

SomTempARecuperer,

SomTempToler,

SomTempSeuil,

#### 2. TRAITEMENT

SI SomTempARecuperer < SomTempToler

ALORS ElongRac = VitessMaxEnrac

SI SomTempARecuperer > SomTempSeuil

ALORS ElongRac = 0

SI SomTempToler < SomTempARecuperer < SomTempSeuil

ALORS ElongRac = VitessMaxEnrac,

#### 3. SORTIE

ElongRac

## 5. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE L'ÉLONGATION RACINAIRE EN PERIODE DE RECUPERATION

### Problématique :

Calculer l'élongation racinaire en période de récupération un jour.

### Analyse du problème :

En période de récupération **après** quelques jours de stress, l'élongation racinaire augmente progressivement pour retrouver sa valeur en conditions hydriques favorables.

Soit il reste une somme de **degrés/jour** seuil de récupération à récupérer, soit il reste une somme de **degré/jour** inférieure à la somme de **degré/jour** responsable d'arrêt de la croissance racinaire à récupérer.

En outre si la teneur en eau de la dernière couche de sol atteinte par les racines est inférieure au point de flétrissement permanent, la vitesse du font racinaire diminue progressivement pour s'annuler à cause de la résistance à la pénétration du sol.

L'élongation racinaire dépend essentiellement de la somme des **degrés/jour** à récupérer

**Nom** : CROISRACSTRESS

**Objet** : calcule l'élongation racinaire en période de récupération.

### Paramètres d'entrée :

- Elongation racinaire avant le début de stress ( *ElongRacAvantStress* )
- somme des **degrés/jour** à récupérer après quelques jour de stress ( *SomTempARecuperer* ),
- nombre de **degés/jour** récupéré ( *NbreDegreRecupere* )
- vitesse maximale d'enracinement ( *VitessMaxEnrac* )
- somme des **degré/jour** de reprise complète de la croissance racinaire **après** quelques jour de stress( *TempRepCroissRac* )

### Paramètres intermédiaires :

- Elongation racinaire au cas ou il reste une somme de **degrés/jour** seuil de récupération à récupérer ( *ElongRac1* ),
- Elongation racinaire au cas ou il reste une somme de **degré/jour** inférieure à la somme de **degré/jour** responsable d'arrêt de la croissance racinaire à récupérer ( *ElongRac2* )
- Delta

### Paramètres en sortie :

Elongation racinaire ( *ElongRac* )

### Intervalle d'évolution :

Borne inférieure : 0

Borne supérieure : vitesse maximale d'enracinement



## ALGORITHME SOUS **FORME** DE TEXTE

### 1. LECTURE

ElongRacAvantStress

**SomTempARecuperer**

NbreDegreRecupere

VitessMaxEnrac

TempRepCroissRac

### 2. TRAITEMENT

$\text{delta} = ( \text{VitessMaxEnrac} - \text{ElongRacAvantStress} ) / ( \text{NbreDegreARecuperer} - \text{WTempSeuilRecup} )$

$\text{ElongRac}_1 = \text{ElongRacAvantStress} + (\text{delta} * (\text{NbreDegreRecupere} - \text{WTempSeuilRecup}))$

$\text{delta} = ( \text{VitessMaxEnrac} - \text{ElongRacAvantStress} ) / \text{TempRepCroissRac}$

$\text{ElongRac}_2 = \text{ElongRacAvantStress} - (\text{delta} * \text{NbreDegreRecupere})$

$\text{ElongRac} = \text{MAX} ( \text{ElongRac}_1, \text{ElongRac}_2 )$

APPEL COUCHSOL

APPEL TENDERNCOUCH

### 3. SORTIE

ElongRac

## 5.1. MODULE DE CALCUL. DU NOMBRE DE COUCHES DE SOL COLONISEES PAR LES RACINES

### Problématique :

Déterminer le nombre de couches de sol colonisées par les racines.

### Analyse du problème :

Le nombre de couches de sol d'épaisseur donnée colonisées par les racines est fonction du profil racinaire et de l'épaisseur des couches.

Le nombre de couches de sol colonisé par les racines est déterminé en divisant le profil racinaire par l'épaisseur d'une couche. Si le reste de la division n'est pas nul, cela veut dire que les racines colonisent aussi partiellement la dernière couche.

**Nom :** COUCHSOL

**Objet :** fonction retournant le nombre de couches de sol colonisées totalement ou partiellement par les racines.

### Paramètres d'entrée :

- profondeur d'enracinement (*ProfondeurEnrac*),
- épaisseur de la couche (*Epaisseur*),
- nombre de couches colonisées par les racines (*NbreCouchColonRac*: paramètre à retourner).

**Paramètres intermédiaires :** néant.

### Paramètres en sortie :

Nombre de couches colonisées par les racines.

### Intervalle d'évolution :

$0 \leq \text{NbreCouchColonRac} \leq \text{profondeur maximale des racines} / \text{épaisseur d'une couche} + \text{PE} \text{ ( RESTE( profondeur maximale des racines} / \text{épaisseur d'une couche} ) + 0.999)}$

Avec

PE = Partie Entière

RESTE = reste de la division

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### 1. INITIALISATION

NbreCouchColonRac = 0

### 1. LECTURE

ProfondeurEnrac

Epaisseur

NbreCouchColonRac: paramètre à retourner.

### CALCUL

NbreCouchColonRac. = PARTIE ENTIERE (ProfondeurEnrac / Epaisseur)

RestRacine = RESTE DE LA DIVISION (ProfondeurEnrac / Epaisseur)

SI RestRacine > 0

ALORS

NbreCouchColonRac = NbreCouchColonRac + 1

FIN SI

### 3. SORTIE

NbreCouchColonRac

## 5.2. MODULE DE CORRECTION DE L'ÉLONGATION RACINAIRE EN FONCTION DE LA TEINEUR EN EAU DE LA DERNIERE COUCHE DE SOL COLONISEE PAR LES RACINES

### Problématique :

Corrige l'élongation racinaire en fonction de la dernière couche de sol atteinte par les racines

### Analyse du problème:

Les informations nécessaires sont :

- Nombre de couches colonisées par les racines
- l'humidité volumique de la dernière couche de sol atteinte par les racines,
- l'humidité volumique responsable du ralentissement de l'élongation racinaire,
- l'humidité volumique responsable de l'arrêt de la croissance racinaire

**Nom :** TENDERNCOUCH

**Objet** Corrige l'élongation racinaire en fonction de la teneur en eau de la dernière couche de sol atteinte pendant la période de récupération.

### Paramètres d'entrée :

- l'élongation racinaire ( *ElongRac* )
- l'humidité volumique de la dernière couche de sol atteinte par les racines ( *TeneurDernCouchRac* ),
- l'humidité volumique responsable du ralentissement de l'élongation racinaire ( *TeneurDernCouchRalRac* ),
- l'humidité volumique responsable de l'arrêt de la croissance racinaire ( *TeneurDernCouchAltRac* )
- nombre de couches colonisées par les racines ( *NbreCouchColonRac* )
- teneur en eau de la dernière couche atteinte par les racines ( *TeneurDernCouch* )

### Paramètres intermédiaires :

néant

### Paramètres en sortie :

ElongRac

### Intervalle d'évolution :

Borne inférieure : 0

Borne supérieure : Elongation racinaire non corrigée

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### 1. LECTURE

TeneurDemCouchRac

**TeneurDernCouchRalRac**

ElongRac

**TeneurDernCouchAltRac**

### 2. TRAITEMENT

SI TeneurDemCouchRac < TeneurDernCouchRalRac **ALORS**

**ElongRac = ElongRac \* TeneurDemCouchRac / TeneurDernCouchAltRac + 1,**

SI TeneurDemCouchRac < TeneurDernCouchAltRac **ALORS**

ElongRac=0

### 3. SORTIE

Elongrac

## 6. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL LA DEMANDE EEVAPORATIVE

### ARABHY version 2.0

#### Problématique :

Calculer la demande évaporative d'une culture en un jour.

#### Définition physiologique

La demande évaporative c'est la quantité d'eau demandée au sol nu ou partiellement couvert pour qu'elle soit en **équilibre** avec l'**atmosphère**.

#### Analyse du problème :

La demande évaporative dépend du couvert végétal.

Les informations nécessaires sont:

- Le pourcentage de sol couvert **par une cultutre**
- l'évapotranspiration maximale de la culture.

**Nom:** DEMEVAPO,

**Objet:** calcule la demande évaporative exercée sur une partie végétative.

#### Paramètres en entrée :

- Evapotranspiration maximale de la culture (*EvapoTransMax*),
- proportion de sol couvert (*TauxCouv*).

#### Paramètres intermédiaires :

néant.

#### Paramètres en sortie :

- Demande évaporative (*DemEvapo* ).

#### Intervalle d'évolution :

$$0 \leq \text{DemEvapo} \leq \text{EvapoTransMax}$$

#### ALGORITHME SOUS FORME: DE TEXTE

##### LECTURE

EvapoTransMax

TauxCouv

##### TRAITEMENT

$$\text{DemEvapo} = (1 - \text{TauxCouv}) * \text{EvapoTransMax}$$

##### SORTI~

DemEvapo

## 7. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL LA DEMANDE TRANSPIRATOIRE

### ARABHY version 2.0

#### Problématique :

Calculer la demande transpiratoire d'une culture en un jour.

#### Définition physiologique

La demande transpiratoire c'est la quantité d'eau demandée à la partie végétative d'une culture pour qu'elle soit en équilibre avec l'atmosphère.

#### Analyse du problème :

La demande transpiratoire dépend du couvert végétal.

Les informations nécessaires sont:

- Le pourcentage de sol couvert par une culture
- L'évapotranspiration maximale de la culture.

**Nom:** DEMTRANS.

**Objet:** calcule la demande transpiratoire exercée sur une partie végétative.

#### Paramètres en entrée :

- Evapotranspiration maximale de la culture (*EvapoTransMax*),
- proportion de sol couvert (*TauxCouv*).

#### Paramètres intermédiaires :

néant.

#### Paramètres en sortie :

- Demande transpiratoire (*DemTrans*)

#### Intervalle d'évolution :

$0 \leq DemTrans \leq EvapoTransMax$

### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

#### LECTURE

EvapoTransMax

TauxCouv

#### TRAITEMENT

$DemTrans = TauxCouv * EvapoTransMax$

#### SORTIE

DemTrans

## 8. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL L'EVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE

### ARABHY version 2.0

#### Problématique :

Calculer l'évapotranspiration maximale d'une culture en un jour.

#### Définition physiologique

Quantité d'eau évapotranspirée par une culture durant un intervalle de temps en conditions hydriques de sol optimales et dans les conditions climatiques habituelles.

#### Analyse du problème :

L'évapotranspiration maximale (ETM) correspond à l'évapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle c'est l'évapotranspiration d'un couvert végétal dans les conditions optimales d'alimentation en eau, pour un couvert végétal particulièrement raz et qui couvre complètement le sol. Mais sur le terrain ces conditions ne sont presque pas obtenues. Raison pour laquelle l'évapotranspiration potentielle est corrigée par le **coefficient** cultural pour donner l'évapotranspiration maximale.

**Nom:** CALCETM.

**Objet:** calcule l'évapotranspiration maximale.

#### Paramètres en entrée :

- Evapotranspiration potentielle de la culture (**EvapoTransPot**),
- coefficient cultural ( **CoeffCultur** ).

#### Paramètres intermédiaires :

néant.

#### Paramètres en sortie :

- Evapotranspiration maximale ( **EvapoTransMax** ).

#### Intervalle d'évolution :

$0 \leq \text{EvapoTransMax} \leq \text{EvapoTransPot}$

### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

#### LECTURE

EvapoTransPot

CoeffCultur

#### TRAITEMENT

$\text{EvapoTransMax} = \text{CoeffCultur} * \text{EvapoTransPot}$

#### SORTIE

EvapoTransMax

## 9. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION REELLE D'UNE CULTURE

### ARABHY version 2.0

#### Problématique :

Calculer l'évapotranspiration réelle quotidienne d'une culture.

#### Définition physiologique :

L'évapotranspiration réelle (ETR) d'une culture est la quantité d'eau évapotranspirée par une culture durant un intervalle de temps en conditions hydriques de sol quelconques et dans les conditions climatiques habituelles"

#### Analyse du problème :

Evapotranspiration réelle = Absorption réelle + Evaporation réelle

Les informations nécessaires sont:

- La quantité d'eau réellement évaporée par le sol nu ou partiellement couvert
- La quantité d'eau réellement absorbée par le système racinaire

#### Nom : CALCETR

**Objet :** Calcule l'évapotranspiration réelle d'une culture en un jour

#### Paramètres d'entrée :

- évaporation réelle du sol (*EvapoTotal*)
- absorption réelle des racines (*Absor Total*)

#### Paramètres intermédiaires :

néant

#### Paramètres en sortie :

- évapotranspiration réelle quotidien( *EvapoTransReel*).

#### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

##### LECTURE

EvapoTotal

AbsorTotal

##### TRAITEMENT

EvapoTransReel = EvapoTotal + AbsorTotal

##### SORTIE

EvapoTransReel



## 10. ANALYSE DU MODULE DE L'EVAPORATION D'EAU SUR SOL NU OU PARTIELLEMENT COUVERT

### ARABHY version 2.0

#### Définition physiologique

L'évaporation c'est l'émission de vapeur d'eau par le sol. L'évaporation dépend du rayonnement net, de la température de l'air, de la vitesse du vent, du pourcentage de sol couvert par la culture.

#### Problématique :

L'objectif de ce module est d'évaluer la quantité d'eau cédée par le sol nu ou partiellement couvert à l'atmosphère.

La quantité d'eau cédée par le sol dépend :

- de la demande évaporative **exercée** sur le sol nu ou partiellement couvert
- de la teneur en eau du sol sur les 30 premiers centimètres.

#### Analyse du problème :

Pour chaque couche de sol (  $i = 1 \text{ à } n$  ) les informations nécessaires sont:

- la quantité d'eau disponible dans la couche (*évaporation maximale*)
- la quantité d'eau que doit céder la couche pour satisfaire une demande évaporative (*évaporation potentielle*).

La quantité d'eau réellement évaporée par la couche est **MIN**(évaporation maximale, évaporation potentielle).

L'évaporation totale est alors la somme des quantités d'eau réellement évaporées dans chaque couche de sol

Ce calcul est repris **itérativement** jusqu'à ce que l'évaporation totale soit égale ou la plus proche de la demande évaporative.

**Nom** : EVAPOR

**Objet**: calcule l'évaporation totale en eau du sol.

#### Paramètres d'entrée :

- la demande évaporative (*RestDemEvapo*),
- le nombre d'itération (*NbreIter*),
- le nombre de couche participant à la satisfaction de la demande évaporative ( *NbreCouchSatisDemEvapo* ).

**Paramètres intermédiaires** : néant.

#### Paramètres en sortie :

- Quantité totale d'eau évaporée (*EvapoTotal*)
- teneur en eau de chaque couche (*TeneurCouch*)

#### Intervalle d'évolution :

$0 \leq \text{EvapoTotal} \leq \text{demande évaporative de l'atmosphère.}$

#### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

## REMARQUE

$Q_{teEauDispo}$  = évaporation maximale

$Q_{teEauDem}$  = évaporation potentielle

## INITIALISATION

NumCouch = 1

### 3. LECTURE

nombre d'itérations

RestDemEvapo

NbreCouchSatisDemEvapo.

### 4. TRAITEMENT

• ST RestDemEvapo = 0

• **ALORS** EvapoTotal = 0

• **SINON**

**Tant que** NbreIter n'est pas atteint

    IndIter = IndIter + 1

**Tant que** RestDemEvapo > 0

**Tant que** NumCouch est inférieur au NbreCouchSatisDemEvapo.

      FAIRE

**SI** RestDemEvapo ≤ 0

**ALORS**

          sortir boucle

**SINON**

          1. Appel module de calcul de la quantité d'eau disponible pour l'évaporation  
          sol nu ou partiellement couvert ( $Q_{teEauDispo}$ )

          2. Appel module de calcul de la quantité d'eau demandée à la couche pour  
          satisfaire une demande évaporative ( $Q_{teEauDem}$ )

          3. Appel module de l'évaporation réelle de la couche ( $EvapoReel$ )

          RestDemEvapo = RestDemEvapo - EvapoReel

          EvapoTotal = EvapoTotal + EvapoReel

          INCREMENTATION NumCouch

**FIN SI**

**FIN TANT QUE**

**FIN TANT QUE**

**FIN TANT QUE:**

### 4. SORTIE

Evaporation totale de la culture

## 10.1. MODULE DE CALCUL. DE LA QUANTITE D'EAU DISPONIBLE POUR L'EVAPORATION SOL. NU OU PARTIELLEMENT COUVERT

### Problématique :

Calculer la quantité d'eau disponible pour l'évaporation sol nu ou partiellement couvert au niveau d'une couche de sol.

### Analyse du problème :

La quantité d'eau disponible pour l'évaporation sol nu ou partiellement couvert est la différence entre le point de flétrissement permanent et la teneur en eau de la couche.

Pour une couche les informations nécessaires sont :

- la teneur en eau de la couche (*TeneurCouch*),
- le point de flétrissement permanent de la couche (*PFP*),

### Nom :

EAUDISPO

### Objet:

calcule la quantité d'eau disponible au niveau d'une couche.

### Paramètres d'entrée :

- La quantité d'eau disponible pour l'évaporation (*QteEauDispo*),
- numéro de la couche (*NumCouch*),
- point de flétrissement permanent de la couche (*PFP*),
- teneur en eau de la couche (*TeneurCouch*),

**Paramètres intermédiaires** : néant.

### Paramètres en sortie :

quantité d'eau disponible au niveau de la couche (*QteEauDispo*).

### Intervalle d'évolution :

$0 \leq QteEauDispo \leq TeneurCouch - PFP$ .

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### 1 INITIALISATION

$QteEauDispo = 0$

### 2 LECTURE

$NumCouch,$   
 $TeneurCouch$   
 $PFP$   
 $QteEauDispo$

### 3 CALCUL

$QteEauDispo = TeneurCouch - PFP$

### 4 SORTIE

$QteEauDispo$

## 10.2. MODULE DE CALCUL DE LA PARTICIPATION D'UNE COUCHE A LA SATISFACTION DE LA DEMANDE EVAPORATIVE

### PROBLEMATIQUE :

Calculer la quantité d'eau demandée à une couche et répartir la demande évaporative entre les différentes couches participant à la satisfaction de la demande évaporative

### Analyse du problème

#### Hypothèses de départ

- 1 Seules les couches 3 premières couches participent à la satisfaction de la demande évaporative.
- 2 La contribution d'une couche est d'autant plus importante qu'elle est humide et est située dans les horizons supérieurs.

#### Principe

Il faut extraire du reste de la demande évaporative la participation de chaque couche pour satisfaire la demande évaporative.

Chaque couche est affectée d'un poids représentatif de sa contribution potentielle à la satisfaction de la demande évaporative.

#### Exemple

Numéro de couche	Poids (P)
1	N
2	N - 1
3	N - 2
	N - 3
Dernière couche colonisée	1

N = Nombre de couches colonisées par les racines

V = Nombre d'unités volumiques à répartir

DP<sub>i</sub> = Demande potentielle sur la couche i.

$$= \sum_{i=1, n} (P)$$

$$DP_i = \text{RestDemandTrans} * (P_i / V)$$

**NOM** : EAUDEMAN

**Objet** : calcule la quantité d'eau que doit fournir la couche pour satisfaire la demande évaporative.

### Paramètre d'entrée :

- numéro de la couche (*NumCouch*),
- nombre de couches participant à la satisfaction de la demande évaporative ( *NbreCouchSatisDemEvapo* ),
- demande évaporative restant à satisfaire (*RestDemEvapo* ),
- quantité d'eau que doit fournir la couche pour satisfaire à la demande évaporative (*QteEauDem*),

### Paramètre intermédiaire :

- nombre d'unités volumiques à extraire (*Unite VolExtraire*),
- poids de la couche (*PoidsCouch*)

### Paramètre en sortie :

quantité d'eau demandée à la couche pour satisfaire la demande évaporative.

### Intervalle d'évolution :

$0 \leq QteEauDem \leq \text{demande évaporative}$

### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE :

#### LECTURE

NbreCouchSatisDemEvapo  
RestDemandEvapo  
NumCouch  
QteEauDem

#### CALCUL

APPEL module de calcul du nombre d'unité volumique à extraire  
 $PoidsCouch = NbreCouchSatisDemEvapo \cdot NumCouch + 1$   
 $QteEauDem = RestDemEvapo * PoidsCouch / UniteVolExtraire$

#### SORTIE

QteEauDem

### 10.3. FONCTION DE CALCCJL DU NOMBRE D'UNITES VOLUMIQUES A EXTRAIRE

#### PROBLEMATIQUE :

Retourner le nombre d'unités volumiques à extraire de chaque couche de sol pour en déduire la participation de la couche à la satisfaction de la demande évaporative.

#### ANALYSE DU PROBLEME :

Données nécessaires:

nombre de couches participant à la satisfaction de la demande évaporative  
(*NbreCouchSatisDemEvapo*),.

numéro de couche. (*NumCouch*)

**NOM** : FONCUNITEVOLEXTRACT

**Objet** : calcule le nombre d'unités volumiques à extraire au niveau d'une couche,

#### Paramètres d'entrée :

- nombre de couches participant à la satisfaction de la demande évaporative (*NbreCouchSatisDemEvapo*),
- numéro de couche (*NumCouch*)

#### Paramètres intermédiaires :

- nombre de couches restant à analyser (*NbreCouchRestAnal*)

#### Paramètres de sortie :

- nombre d'unités volumiques à extraire pour la couche (*NbreUniteExtraire*)

#### Intervalle d'évolution :

$NbreCouchSatisDemEvapo \leq NbreUniteExtraire \leq$  somme des unités volumiques à extraire.

#### Algorithme sous forme de texte :

##### 1 LECTURE

*NbreUniteExtraire*

*NbreCouchSatisDemEvapo*

*NumCouch*

##### 2 CALCUL

$NbreCouchRestAnal = 1 - NumCouch + NbreCouchSatisDemEvapo$

#### **tant que**

le nombre de couches restant à analyser n'est pas atteint

INCREMENTATION du compteur d'unité

$NbreUniteExtraire = NbreUniteExtraire + NbreCouchSatisDemEvapo -$  Compteur

d'unité + 1

#### **FIN tant que**

##### 3 SORTIE

nombre d'unités volumiques à extraire

## 10.4. MODULE DE CALCUL DE L'EVAPORATION REELLE AU NIVEAU D'UNE COUCHE

### Problématique

Calculer la quantité d'eau réellement évaporée par le sol **afin** de satisfaire la demande évaporative.

### Analyse du problème :

La quantité d'eau **réellement évaporée** au niveau d'une couche est le minimum entre la quantité d'eau disponible et la quantité d'eau demandée à la couche pendant la répartition de la demande évaporative.

**Nom** : ABSOREEL

### Paramètres d'entrée :

- quantité d'eau réellement évaporée par le sol (*EvapoReel*),
- teneur en eau de la couche (*TeneurCouch*),
- la quantité d'eau disponible au niveau de la couche (*QteEauDispo*),
- la quantité d'eau **demandée** à la couche pendant la **répartition** de la demande évaporative. (*QteEauDem*).

**Paramètres intermédiaires** : néant.

### Paramètres en sortie :

- teneur en eau de La couche (*TeneurCouch*),
- Quantité d'eau **réellement** évaporée (*EvapoReel*).

### Intervalle d'évolution :

$$0 < \text{EvapoReel} \leq \text{TeneurCouch} \cdot \text{PFP}$$

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### INITIALISATION

EvapoReel  $\Leftarrow$  0

### 2 LECTURE

TeneurCouch,  
QteEauDispo,  
QteEauDem,  
EvapoReel { paramètre à retourner }

### 3 CALCUL

EvapoReel  $\Leftarrow$  MIN(QteEauDispo, QteEauDem)  
TeneurCouch = TeneurCouch  $\cdot$  EvapoReel

### 4 SORTIE

EvapoReel.  
TeneurCouch.

## II. ANALYSE DU MODULE D'EVALUATION DE L'ETAT HYDRIQUE D'UNE CULTURE

### ARABHY version 2.0

#### Problématique :

- Positionner l'indicateur de stress selon l'état hydrique de la culture.
- Calculer la somme **des degrés/jour** à récupérer en conditions hydriques défavorables.

#### Analyse du problème :

Le positionnement de l'indicateur de stress dépend essentiellement du taux de satisfaction des demandes transpiratoire et évaporative. Donc il faut définir un taux de satisfaction seuil :

- 1 au dessous **duquel** la plante **est considérée** être en conditions de déficit hydrique.
- 2 au dessus duquel la plante est **considérée** être en conditions hydriques normales.
- 3 Après quelque somme de **degré/jour** de déficit hydrique, si les conditions hydriques **redeviennent** normales la **plante** est supposée être en état de récupération

Un indicateur de stress **est** aussi défini et a **conventionnellement** les valeurs suivantes.

- 1 -----> en période de récupération
- 1 -----> en période de déficit hydrique
- 0 -----> en période de conditions hydriques favorables

Pour éviter des chutes **brutales** et moins réaliste, il existe des sommes de **degrés/jour** de **tolérance** du déficit hydrique.

**Nom :** INDSTRES

**Objet :** définit l'état hydrique de la culture (*IndStress*).

#### Paramètres d'entrée :

- Taux de satisfaction (*TauxSat*)
- Taux de **satisfaction** seuil (*TauxSatSeuil*)
- **Somme des degrés/jour** seuil de tolérance du stress (*SomTempSeuilTolerStress*)
- Somme des **degrés/jour** à récupérer (*SomTempAREcuperer*)
- Indicateur de stress (*IndStress*)
- Température **moyenne** (*TempMoy*)

#### Paramètres intermédiaires :

néant.

#### Paramètres en sortie :

- Somme des **degrés/jour** à récupérer (*SomTempAREcuperer*)
- Indicateur de stress (*IndStress*)

#### Paramètres en sortie :

#### Intervalle d'évolution

$0 \leq \text{SomTempAREcuperer}$

$\text{IndStress} \in (-1.0, 1\}$



## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### LECTURE

TauxSat  
TauxSatSeuil  
SomTempSeuilTolerStress  
SomTempARecuperer  
IndStress  
TempMoy

### INITIALISATION

IndStress = 0

### TRAITEMENT

**Si** TauxSat >= TauxSatSeuil **ALORS**

**Si** SomTempARecuperer > SomTempSeuilTolerStress **ALORS**

SomTempARecuperer = SomTempARecuperer + TempMoy  
IndStress = 1

**SINON**

SomTempARecuperer = 0  
IndStress = 0

**SINON**

SomTempARecuperer = SomTempARecuperer + TempMoy  
IndStress = 1

### SORTIE

SomTempARecuperer  
IndStress

## 12. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE L'EXPLOITATION DE LA PLUIE

### ARABHY version 2.0

#### Problématique :

Déterminer la quantité de pluie qui s'infiltre dans le sol et la teneur en eau de chaque couche **après une** pluie.

#### Analyse du problème :

Après une pluie, une partie de l'eau **ruisselle**, l'autre s'infiltre dans le sol.

La partie qui s'est infiltrée dans le sol est fonction de la quantité de pluie **réellement** reçue.

$$Pluie effective = multiplicand * pluie Re elle ^ exp osant$$

L'infiltration de l'eau dépend de la texture du sol. La distribution **est** alors faite selon le principe suivant:

1 Le sol est découpé en horizon.

Après humectation du **1<sup>ier</sup>** horizon à la **capacité** au champ, l'**excès** d'eau est ajouté à **l'horizon** suivant. Le procédé est répété jusqu'au dernier horizon.

La **quantité** d'eau que peut recevoir une couche dépend de:

- sa capacité au champ,
- sa teneur initiale en eau.
- de la quantité de pluie reçue.

La quantité de pluie reçue par la couche sera le minimum entre le **reste** de la quantité de pluie reçue et la capacité au champ de la couche.

Nom : EXPLPLUI

#### Objet:

- Transforme la pluie réelle en pluie effective,
- distribue la pluie effective entre **les différentes** couches de sol

#### Paramètres d'entrée :

- quantité de pluie réellement reçue

#### Paramètres intermédiaires :

néant.

#### Paramètres en sortie :

néant.

### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

#### TRAITEMENT

1. **Appel** module de transformation pluie **réelle** en **pluie** effective
2. Appel module de distribution pluie **effective** entre les différentes couches

## 12.1. MODULE DE TRANSFORMATION PLUIE REELLE EN PLUIE EFFECTIVE

### Problématique :

Déterminer la quantité d'eau qui s'infiltre dans le sol après une pluie.

### Analyse du problème :

Les informations nécessaires sont :

- la quantité de pluie réelle,
- les coefficients de transformation. Ces coefficients dépendent du type de labour selon qu'il soit ( conventionnel, réduit, ou autre ).

### Nom :

TRANSPLU

### Objet:

transforme la pluie réelle en pluie effective.

### Paramètres d'entrée :

- La quantité de pluie réelle (*PluieReelle* ),
- La quantité de pluie effective ( *PluieEffective* ),
- la constante multiplicative ( *MultiPluie* ).
- la constante exposante ( *ExposPluie* ),

**Paramètres intermédiaires** : néant.

### Paramètres en sortie :

- pluie effective ( *PluieEffective* ).

### Intervalle d'évolution :

$0 \leq \text{PluieEffective} \leq \text{PluieReelle}$

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### LECTURE

*MultiPluie*

*ExposPluie*

*PluieReelle*

### TRAITEMENT

$\text{PluieEffective} = \text{Multipluie} * \text{PluieReelle} \wedge \text{ExposPluie}$

### SORTIE

*PluieEffective*

## 12.2. MODULE DE DISTRIBUTION DE LA PLUIE EFFECTIVE ENTRE LES DIFFERENTES COUCHE DE SOL

### Problématique :

Distribuer la quantité de pluie effectivement reçue entre les différentes couches de sol.

### Analyse du problème :

Il s'agit d'humecter chaque couche de sol en partant des plus superficielles jusqu'à la dernière. Les informations nécessaires sont:

- La quantité de pluie effective
- nombre de couche maximale
- capacité au champ de la couche
- teneur en eau de la couche

La quantité d'eau reçue par la couche est le minimum entre le reste de la quantité d'eau reçue et la quantité d'eau que peut recevoir la couche.

### Nom :

DISTRPLU

### Objet:

Distribue la pluie effective entre les différentes couches de sol.

### Paramètres d'entrée :

- quantité de pluie effective ( *PluieEffective* )
- nombre de couche maxi ( *NbreCoucheMax* )
- capacité au champ de chaque couche ( *CapaciteCouche* )
- teneur en eau de chaque couche ( *TeneurCouche* )

**Paramètres intermédiaires** : néant.

### Paramètres en sortie :

- teneur en eau de chaque couche

### Intervalle d'évolution :

$0 \leq \text{TeneurCouche} \leq \text{capacité au champ de la couche}$

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### LECTURE

**PluieEffective**  
**NbreCoucheMax**

### INITIALISATION

**RestPluieEffective** = **PluieEffective**  
**NumCouche** = 1

### TRAITEMENT

Répéter

- LECTURE

**CapaciteCouche**

**TeneurCouche**

**QteEauPeutRecev** = **capaciteCouche** - **TeneurCouche**

**QteEauReçue** = MIN ( **QteEauPeutRecev** , **RestPluieEffective** )

- REINITIALISATION

**RestPluieEffective** = **RestPluieEffective** - **QteEauReçue**

**TeneurCouche** = **TeneurCouche** + **QteEauReçue**

**NumCouche** = **NumCouche** + 1

jusqu'à **NumCouche** > **NbreCouche** ou **RestPluieEffective** = 0

### SORTIE

**TeneurCouche**

# 13. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DE LA PROPORTION DE SOL COUVERT PAR LA CULTURE

## ARABHY version 2.0

### Problématique :

Calculer la proportion de sol couvert par une culture en un jour.

### Analyse du problème :

La proportion de sol couvert par la culture dépend de :

- L'âge de la plante,
- L'état hydrique de la plante,
- La somme des **degrés/jour**.

Age de la plante

Trois phases sont à envisager:

- Une première allant du semis à la levée durant laquelle le pourcentage de sol couvert par la culture est nul
- Une deuxième allant de la levée à la couverture maximale du sol durant laquelle en cas de conditions hydriques favorables le pourcentage de sol augmente pour atteindre son maximum.
- Une troisième allant de la mise en place définitive du pourcentage de sol couvert à la récolte. Durant cette phase la proportion de sol couvert par la culture n'évolue plus après une certaine somme de **degrés/jour** Mais elle diminue légèrement par la suite.

### Etat hydrique de la plante

Si les conditions d'alimentation hydrique sont idéales durant la 2<sup>ème</sup> phase le pourcentage de sol couvert par la culture augmente pour atteindre son **maxi**.

En conditions de déficit hydrique, l'accroissement de la proportion de sol couvert est ralenti pour **s'annuler** lorsqu'une valeur seuil de la somme de **degrés/jour** est atteinte à partir du début de stress.

Après quelques jours **de stress** si les conditions d'alimentation **hydrique** redeviennent favorables la plante récupère. Cette récupération est faite de manière progressive en fonction de la somme des degrés /jour à récupérer. Cette période de **récupération** est **beaucoup** plus rapide que la **période** de mise en place du stress

### Somme des degrés par jour

Le pourcentage de sol **couvert** par la culture dépend principalement de la **somme des degrés**; cependant il est corrigé en fonction de l'état hydrique de la plante et de son **âge**.

### Correction du pourcentage de sol couvert selon l'état hydrique ou l'âge de la plante

Un coefficient correctif de la température **moyenne** du jour est déterminé selon **les** hypothèses suivantes:

- Si **les** conditions hydriques sont favorables le coefficient correctif = 1
- Si la plante **est** en période **de** récupération ou en période de déficit hydrique, le coefficient correctif **dépend** du taux de couverture maximum du sol.

Le **taux** de couverture maximum **est** fonction de la somme des **degrés/jour**. Il permet d'obtenir la vitesse maximale **d'évolution** du pourcentage de sol couvert. Cette vitesse maximale est corrigée en fonction de la somme des **degrés/jour** à récupérer.

1, **SI** Somme des **degrés/jour** à récupérer < à la somme des **degrés/jour** de tolérance du **déficit** hydrique **ALORS** { l'influence du déficit hydrique n'est pas significative }.

Vitesse de **croissance** du pourcentage de sol couvert = Vitesse maximale de croissance du **pourcentage** de sol couvert.

2. **SI** Somme des **degrés/jour** à récupérer > Somme **des degrés/jour** responsable d'arrêt de la croissance du pourcentage de sol couvert par la culture

**ALORS**

Vitesse de croissance du pourcentage **de** sol couvert = 0.

3. **Au cas contraire aux précédents** la vitesse de croissance du pourcentage de **sol** couvert diminue.

**Nom** :COUVERVE

**Objet** détermine la proportion de sol couvert par une culture.

**Paramètres d'entrée :**

- Proportion de sol couvert ( *TauxCouv* ),
- somme des températures ( *SOMTEMP* ),
- état hydrique **de** la culture ( *EtatHydrique* ),
- somme température correspondant **à** la levée ( *SomTempLevee* ),
- somme température du jour précédent ( *SomTempPrec* ).

**Paramètres intermédiaires :**

- Vitesse du pourcentage de sol couvert
- vitesse maximale du pourcentage de sol couvert
- coefficient correctif

**Paramètres en sortie :**

- pourcentage de sol couvert par la culture

**Intervalle d'évolution :**

0% <= *TauxCouv* <= 100%

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### LECTURE

-SOMTEMP

-TempMoy

-SomTempLevee

-SomTempPrec

-EtatHydrique

### TRAITEMENT

Cas ou  $SOMTEMP < SomTempLevee$

**TauxCouv** = 0

Cas ou  $SOMTEMP > SomTempLevee$

Si EtatHydrique = 0 alors **CoefficientCorrectif** = 1

Si EtatHydrique = 1 alors appel **RecupTauxCouv**

Si EtatHydrique = -1 alors appel **CALCOEFFCORR**

**TauxCouv** =  $F(SomTempPrec + (TempMoy * CoeffCorr))$



## 14. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DU COEFFICIENT CORRECTIF DE LA TEMPERATURE MOYENNE EN CONDITIONS HYDRIQUES DEFAVORABLES

### Problématique :

Calculer le **coefficient** correctif de la température moyenne du jour en période de déficit hydrique.

### Analyse du problème :

La **vitesse** maximale est fonction de la somme des **degrés/jour**.

Pendant la phase de développement végétatif si 'les conditions hydriques sont défavorables le **développement** de la culture **est** ralenti. Ce ralentissement dépend essentiellement de la **somme** des degrés par jour à **recupérer** depuis le début du déficit.

La vitesse d'évolution du pourcentage de sol couvert est à la maximale en début de déficit hydrique. Elle diminue **après** quelques somme de **degrés/jour** de **déficit** hydrique et s'annule quand le stress persiste,

**Nom** :COUVSTR

**Objet**: Calcule le coefficient correctif **de** la température **moyenne** du jour en conditions **de** déficit hydrique.

### Paramètres d'entrée :

- somme des **degrés/jour** ( *SOMTEMP* ),
- le **coefficient** correctif de la température moyenne ( *CoeffCorr* ),
- pourcentage de sol couvert du jour précédent ( *TauxCouPrec* ),
- **degrés/jour** moyenne ( *TempMoy* ),
- somme des **degrés/jour** à récupérer depuis le **début** de stress ( *SomTempARecuperer* ),
- **somme** des **degrés/jour** de tolérance du déficit hydrique ( *SomTempToler* ),
- somme **des** **degrés/jour** seuil responsable de l'arrêt de la croissance du **pourcentage** de sol **couvert** ( *SomTempSeuil* ).

### Paramètres intermédiaires :

- vitesse maximale de **croissance** du pourcentage **de** sol couvert ( *VitesseMax* ),
- vitesse de croissance du pourcentage de sol couvert ( *VitesseTauxCouv* ),
- pourcentage maximal de sol couvert ( *TauxCouvMax* ).

### Paramètres en sortie :

Le coefficient correctif de la température moyenne du jour ( *CoeffCorr* )

### Intervalle d'évolution

$0 \leq \text{CoeffCorr} \leq \text{TauxCouvMax} - \text{TauxCouvprec}$

## ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

### INITIALISATION

CoeffCorr = 0

### LECTURE

- SOMTEMP
- TauxCouvPrec
- TempMoy
- SomTempARecuperer
- SomTempToler
- SomTempSeuil

#### TRAITEMENT

**TauxCouvMax** = f(SOMTEMP)

**VitesseMax** = (TauxCouvMax • TauxCouvPrec) / TempMoy

Au cas ou SomTempARecuperer < **SomTempToler**

VitessTauxCouv = **VitesseMax**

Au cas ou SomTempARecuperer > SomTempSeuil

VitessTauxCouv = 0

Au cas ou **SomTempToler** < SomTempARecuperer < SomTempSeuil

VitessTauxCouv = **VitesseMax** \* ( 1 • SomTempARecuperer / SomTempSeuil ) )

**CoeffCorr** = VitessTauxcouv / VitesseMax

#### SORTIE

**CoeffCorr**

## 15. ANALYSE DU MODULE DE CALCUL DU COEFFICIENT CORRECTIF DE LA TEMPERATURE MOYENNE EN PERIODE DE RECUPERATION

### Problématique

Calculer le **coefficient** de **correction** de la température moyenne **après quelques** jour de déficit hydrique.

### Analyse du problème

En période de récupération la proportion de sol **couvert** par la culture dépend de:

- la somme **des** degrés pendant deux jours successifs,
- la somme des degrés **à** récupérer depuis le **début** de stress.

Le procédé de calcul est illustré par le schéma suivant:

- *D'après les courbes pente Delta Tauxcouv / Delta Somtemp*
- *Delta Tauxcouv = tauxcouv - tauxCouvPrec*
- *Delta Somtemp = Somtemp - SomtempPrec*
- *Tauxcouv = f( Somtemp )*
- *TauxCouvPrec = f( SomtempPrec )*

**Nom :** RECUPTAU

**Objet :** calcule le pourcentage de sol couvert par une culture en période de récupération

**Paramètres en entrée :**

- Somme des degrés du jour (*Somtemp* )
- somme des degrés du jour précédent (*SomTempPrec* )
- somme des degrés par jour à récupérer (*SomTempARecuper* )

**Paramètres intermédiaires**

- Proportion de sol **couvert** (*TauxCouv* )
- Proportion de sol **couvert** au jour précédent (*TauxCouvPrec* )

**Paramètres en sortie**

**coefficient** correctif (*CoeffCorr* )

**Intervalle d'évolution**

$0 \leq \text{CoeffCorr} \leq \text{TauxCouvMax} - \text{TauxCouvprec}$

## Algorithme sous forme de texte

### LECTURE

Somtemp

SomTempPrec

SomTempARecuper

### TRAITEMENT

TauxCouv = f(Somtemp)

TauxCouvPrec = f(SomTempPrec)

Si SomTempARecuperer  $\neq$  0 ALORS

    CoeffCorr = ( TauxCouv -TauxCouvPrec ) / SomTempARecuper

### SORTIE

CoeffCorr

## 16. FONCTION DE CALCUL DE L'EVOLUTION DU POURCENTAGE DE SOL COUVERT PAR UNE CULTURE

**Nom :** FTAUXCOUV

**Objet:** Calculer pour une somme de degré/jour donné le pourcentage de sol couvert correspondant. La fonction est de la forme:

$$\text{TauxCouv} = \text{WC0} + \text{WC1} * \text{SomTemp} + \text{WC2} * (\text{SomTemp} ^ 2) + \text{WC3} * (\text{SomTemp} ^ 3) + \text{WC4} * (\text{SomTemp} ^ 4)$$

avec

WC0, WC1, WC2, WC3, WC4 des coefficients paramétrables obtenus à partir de la courbe d'évolution du pourcentage de sol couvert en fonction de la somme des degrés /jour

SomTemp = somme des degrés/jour

**Exemple** pour la variété 57-422 de l'année 1992

- WC0 = -5.91 10-3,
- WC1 = 1.11 10-4,
- WC2 = 1.60 10-6,
- WC3 = -9.71 10-10,
- WC4 = 7.97.10-14

**Paramètres d'entrée :**

- les coefficients de l'équation de la courbe d'évolution du pourcentage de sol couvert par la culture en fonction de la somme des degrés/jour
- somme des degrés jour depuis semis (SOMTEMP)
- Pourcentage sol couvert (TauxCouv)

**Paramètres intermédiaires :** néant

**Paramètres en sortie :**

- le pourcentage de sol couvert (TauxCouv)

## 17. ANALYSE DU MODULE D'EFFACEMENT D'ECRAN

**Problématique** :Effacer un **ecran**.

**Analyse du problème** :

Les informations **nécessaires** sont:

la ligne de début d'effacement, la colonne de début d'effacement, la ligne de fin d'effacement, la colonne de fin d'effacement.

**Nom** :EffaceEcran

**Objet**: Efface l'écran selon les **coordonnées** lues: ligne de début d'effacement, colonne de **début** d'effacement, ligne de fin d'effacement, colonne de fin d'effacement.

**Paramètres d'entrée** :

ligne de début d'effacement, colonne de début d'effacement, ligne de fin d'effacement, colonne de fin d'effacement.

**Paramètres intermédiaires** : néant

**Paramètres en sortie** :

Efface l'écran défini

### ALGORITHME SOUS FORME DE TEXTE

**LECTURE** ligne de début d'effacement, colonne de début d'effacement, ligne de fin d'effacement, colonne de fin d'effacement.

Pour **ColEff** variant de colonne **début** d'effacement, colonne fin d'effacement

Pour **LignEff** variant de ligne début d'effacement, ligne fin d'effacement

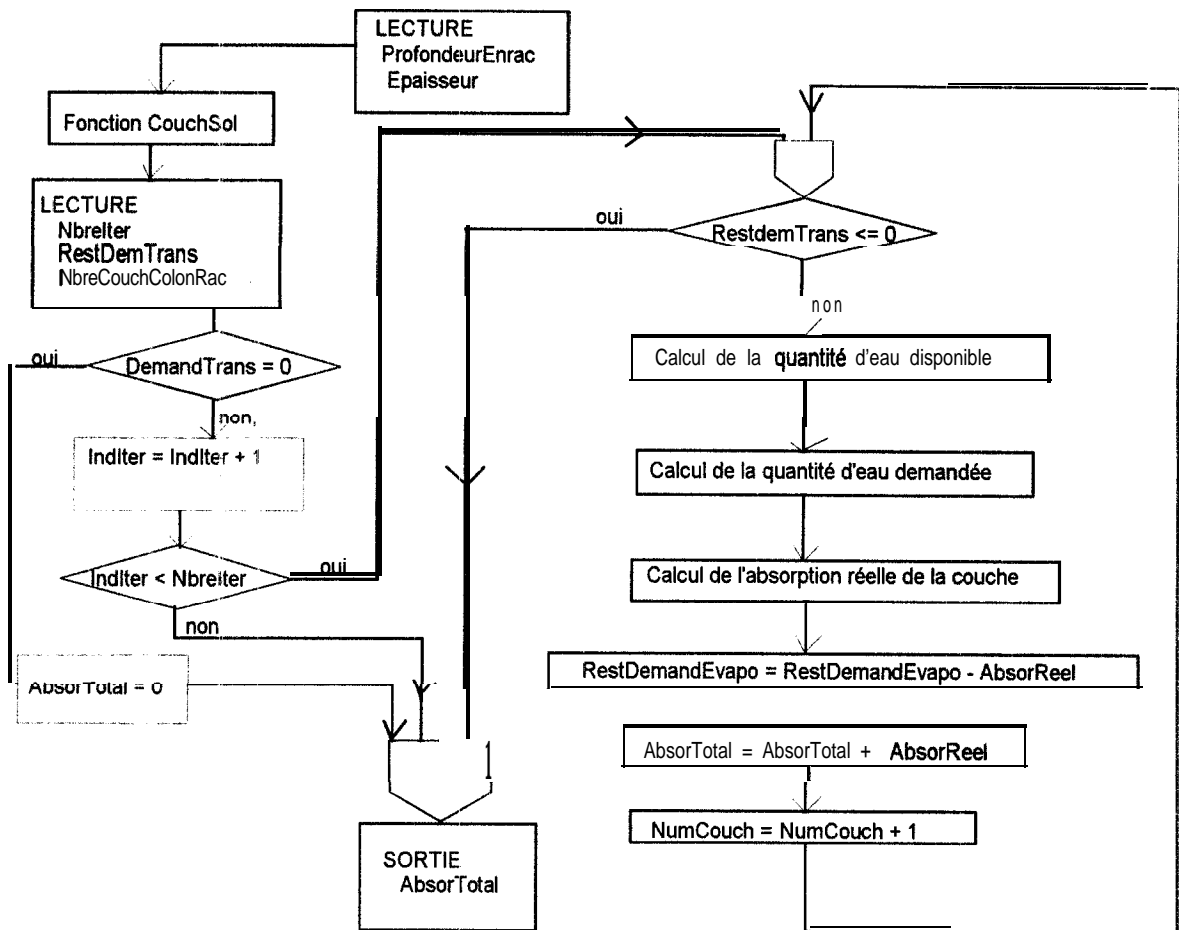
ECRIRE un espace ( de ligne fin d'effacement - de ligne début

d'effacement +1 )

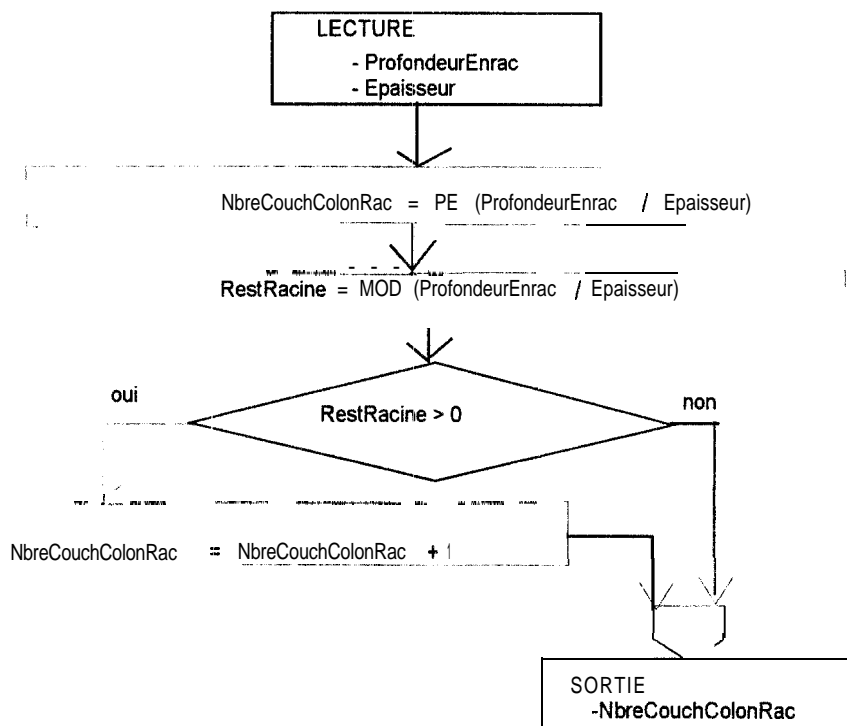
**SORTIE**

# ANNEXE

## Organigramme du module global de l'absorption racinaire

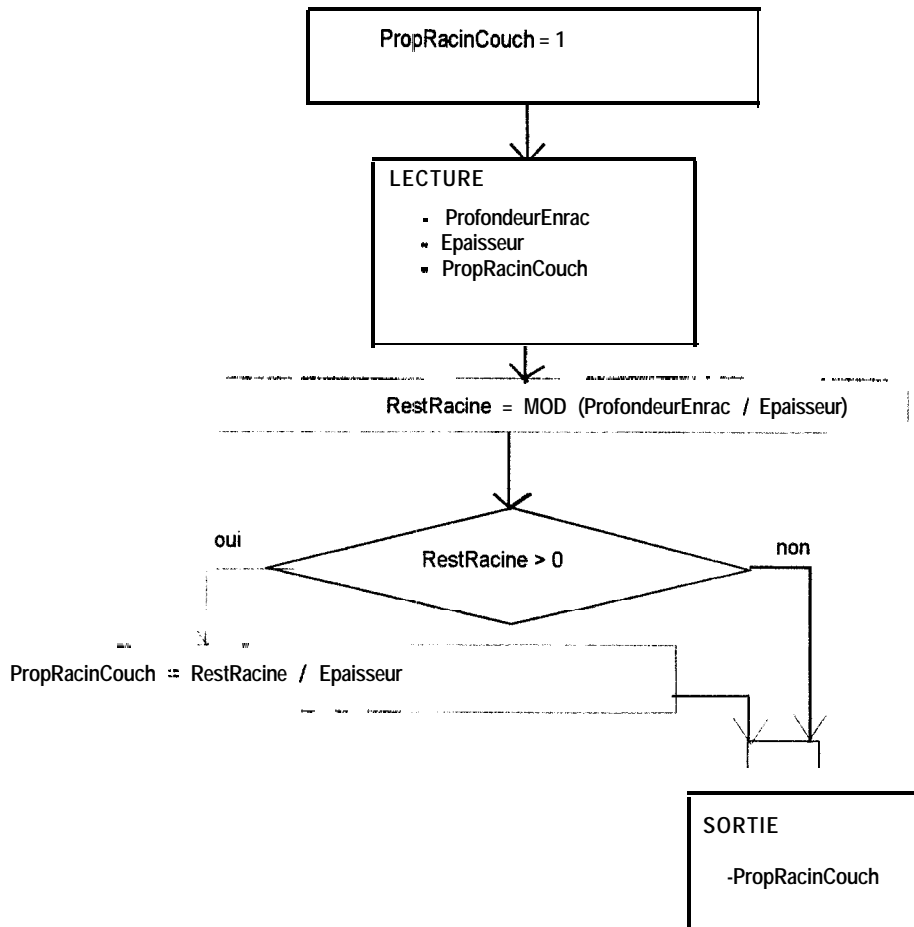


## Organigramme du module de calcul du nombre de couche de sol colonisé par les racines

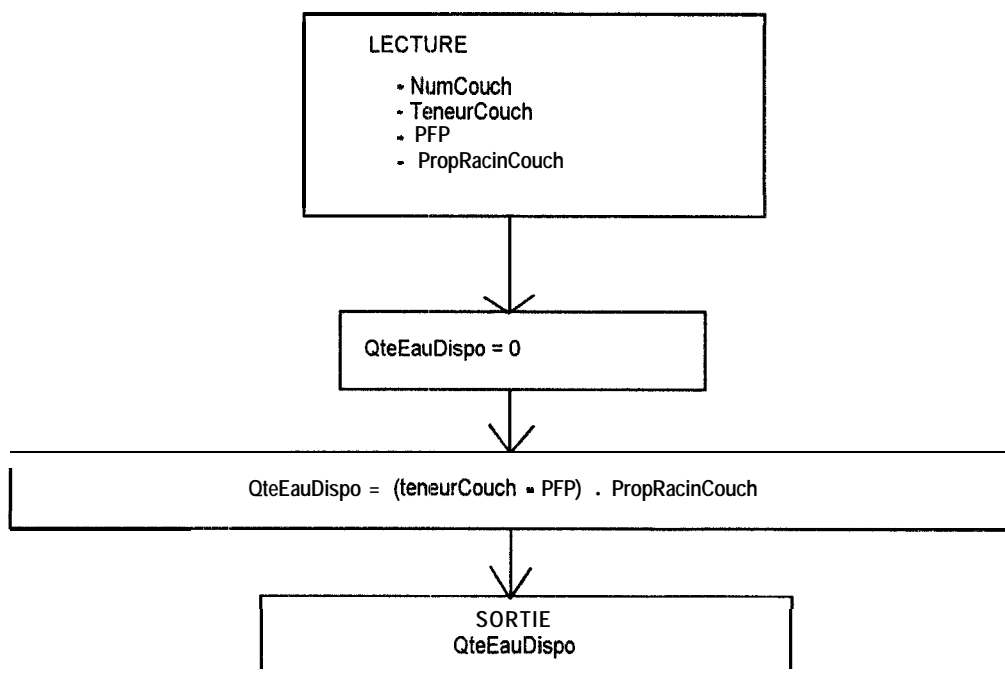




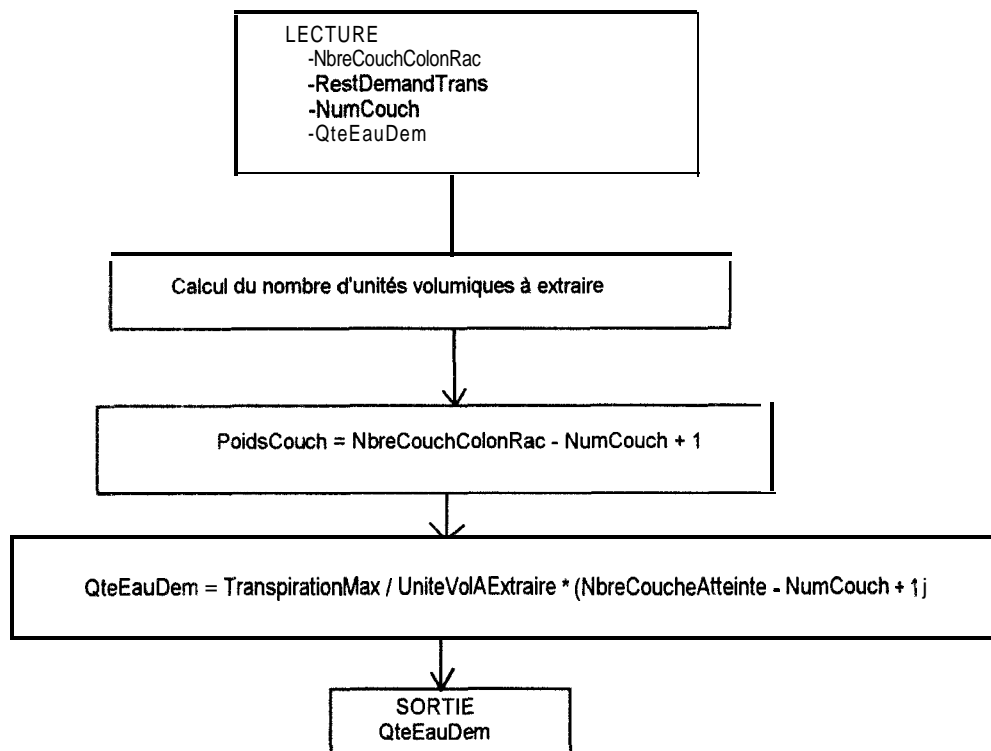
## Organigramme de calcul de la proportion de sol colonisée par les racines au niveau d'une couche



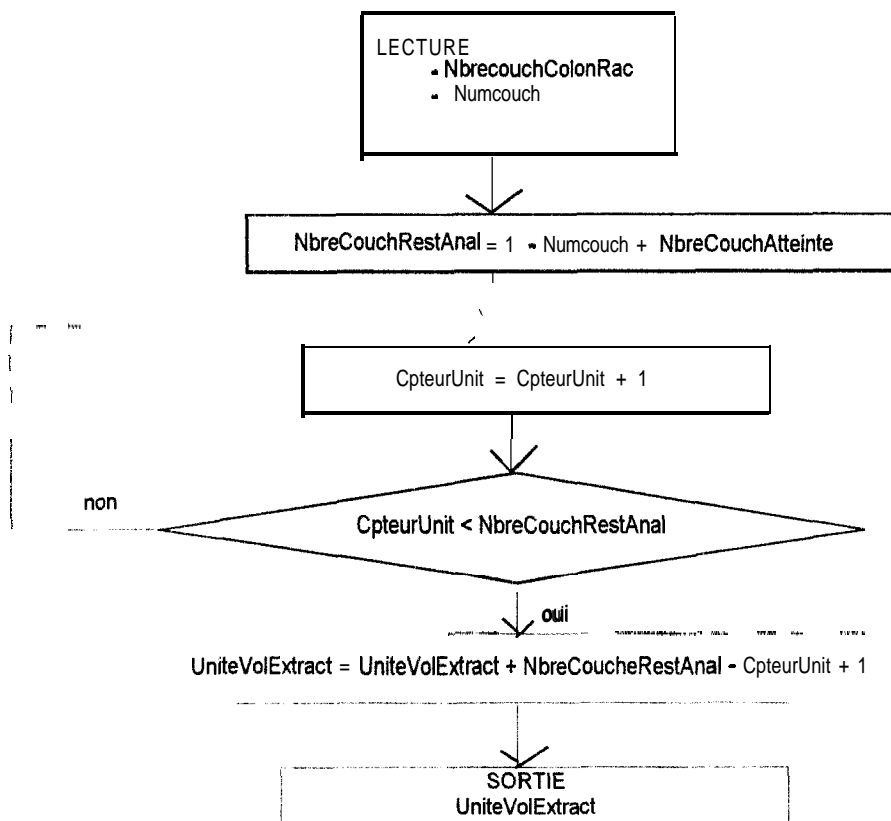
## Organigramme du module de calcul de la quantité d'eau disponible au niveau d'une couche



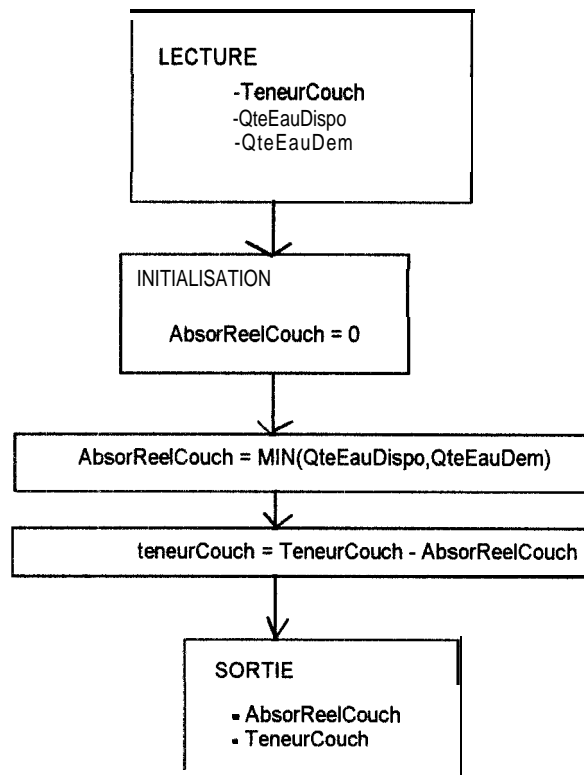
## Organigramme du module de calcul de la participation d'une couche à la satisfaction de la demande évaporative



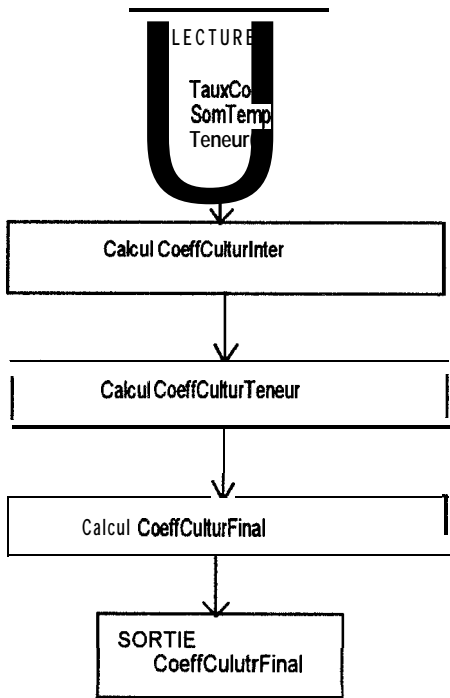
## Organigramme du module de calcul du nombre d'unités volumiques à extraire pour une couche



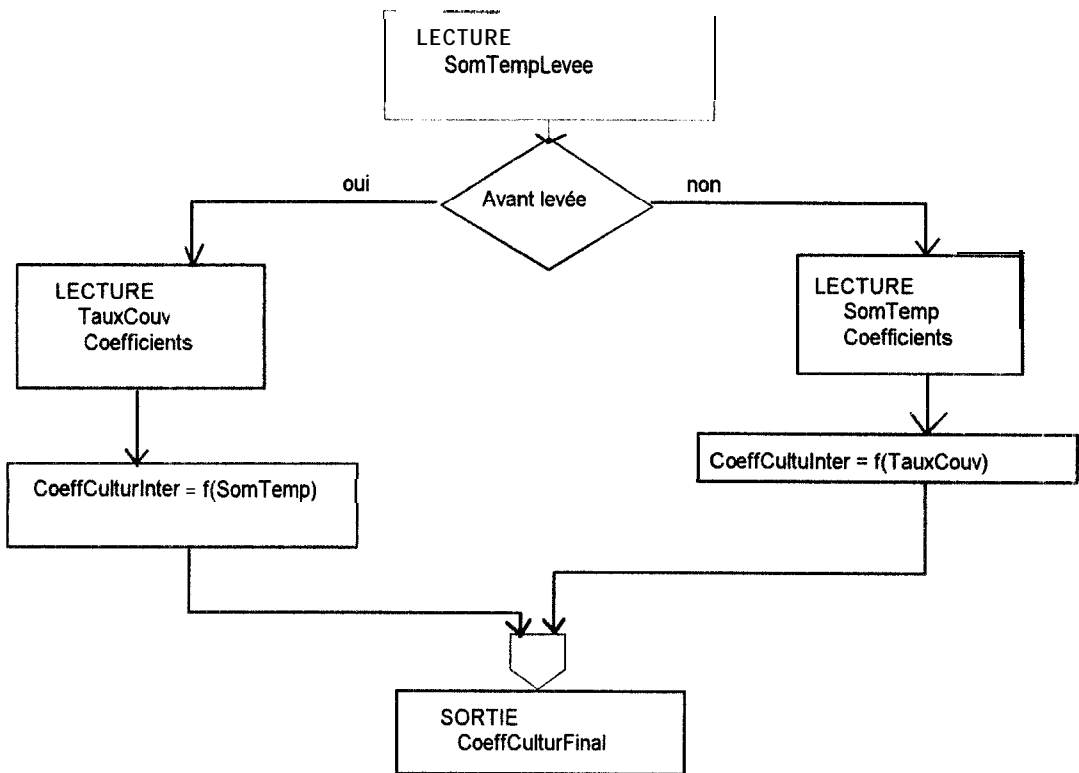
## Organigramme du module de calcul de l'absorption réelle de racines au niveau d'une couche



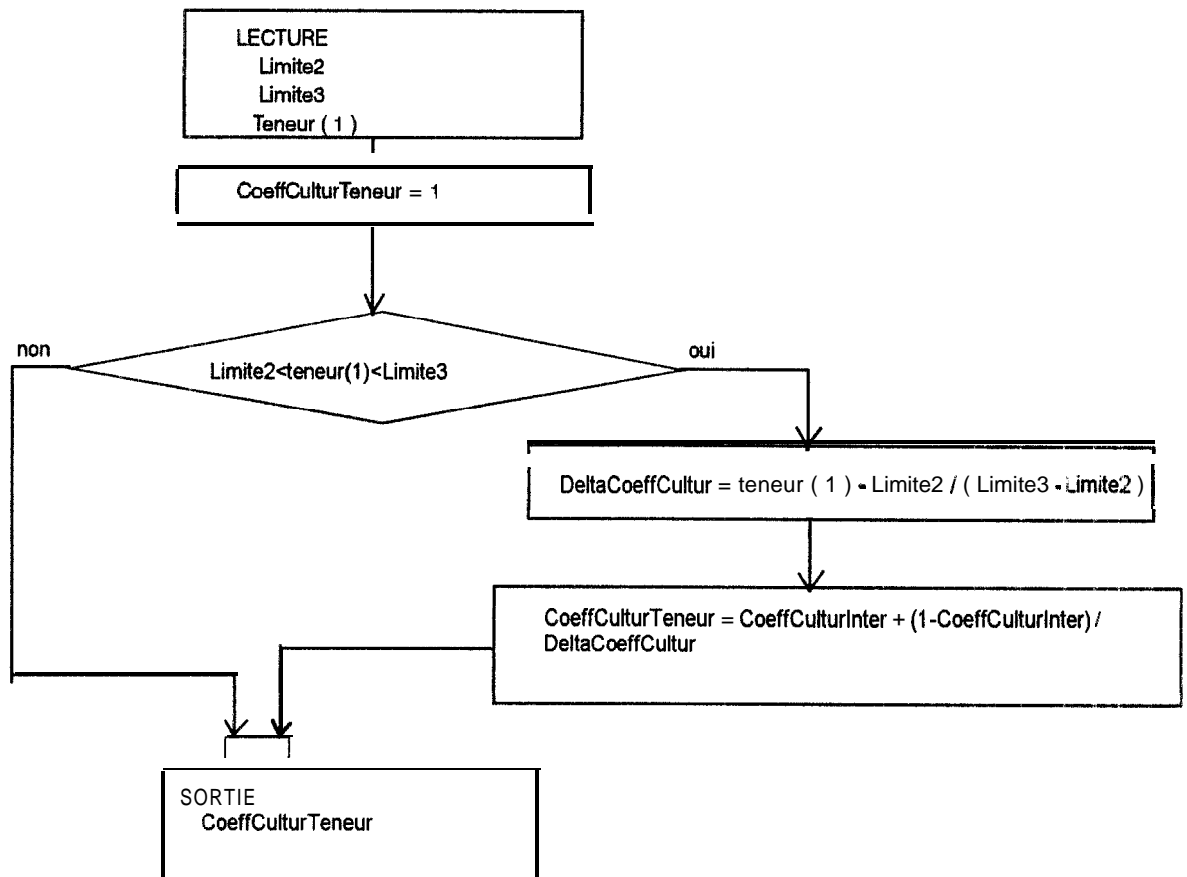
**Organigramme du module global de calcul du coefficient cultural en fonction du pourcentage de sol couvert ou de la somme des degrés/jour et de la teneur en eau de la première couche**



**Organigramme du module de calcul du coefficient cultural en fonction de la somme des degrés/jour ou du pourcentage de sol couvert**



## Organigramme du module de calcul du coefficient cultural en fonction de la teneur en eau de la première couche de sol



## Organigramme du module de calcul du coefficient cultural final

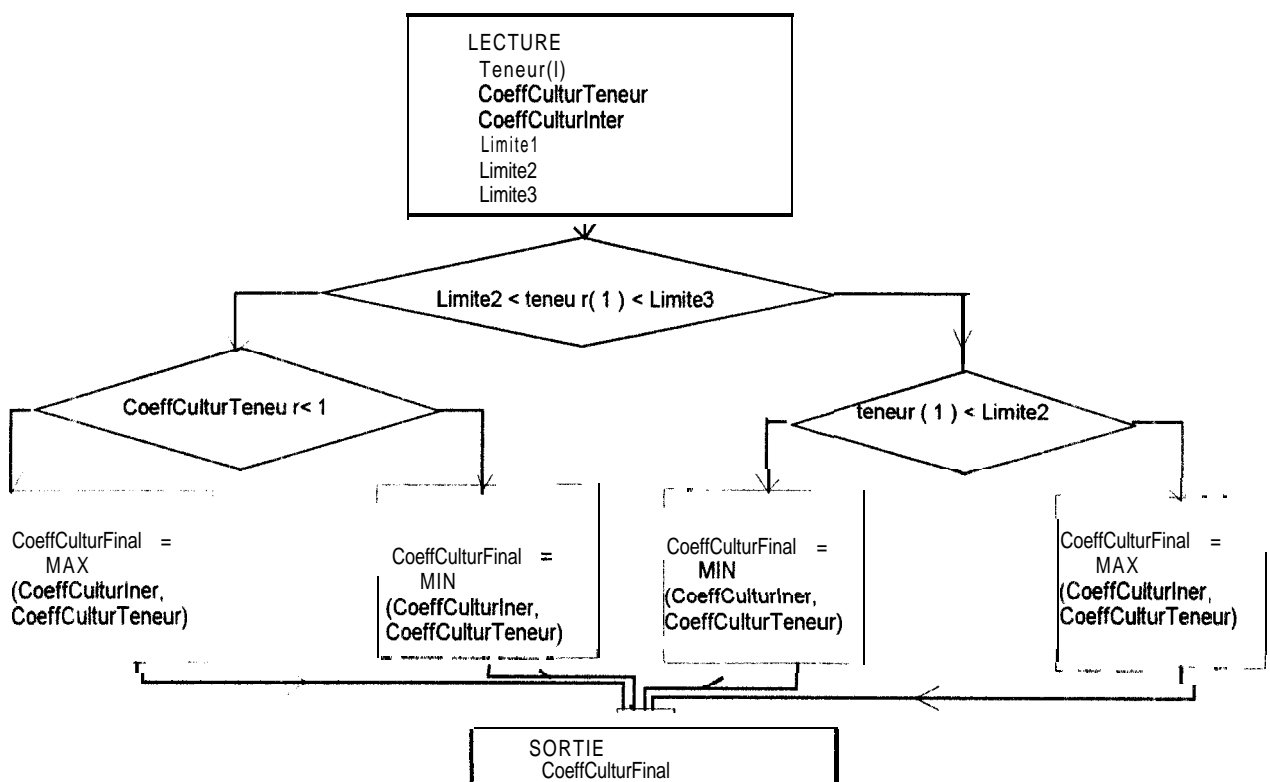
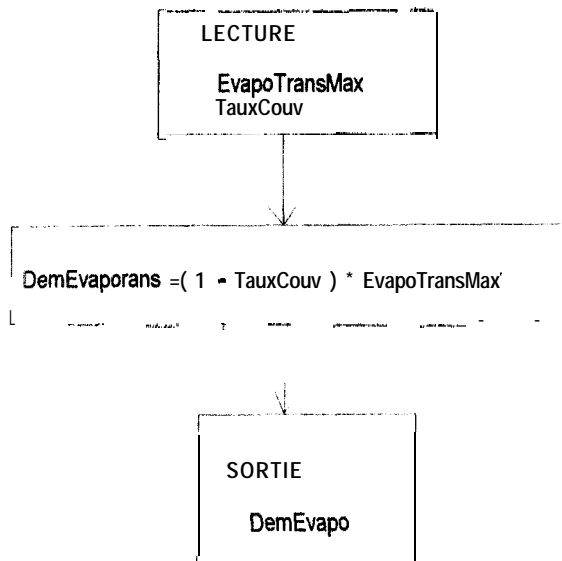


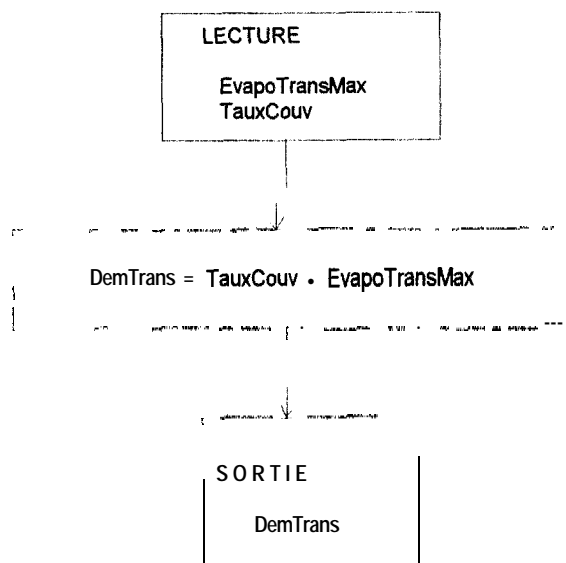
Tableau d'évaluation du calcul du coefficient cultural final en fonction du coefficient cultural dépendant de la teneur en eau de la première couche du sol et du coefficient cultural dépendant du pourcentage de sol couvert ou de la somme des degrés /jour

	Coeff - Int <= 1	Coeff - Int > 1
teneur(l) < 0.2	MIN(CoeffTen,CoeffInt)	teneur(l) < 0.2 MIN(CoeffTen,CoeffInt)
0.2<Teneur(1)<0.3	MAX(CoeffTen,CoeffInt)	0.2<Teneur(1)<0.3 MIN(CoeffTen,CoeffInt)
teneur(1)>0.3	MAX(CoeffTen,CoeffInt)	teneur(1)>0.3 MAX(CoeffTen,CoeffInt)

# Organigramme du module de calcul de la demande évaporative

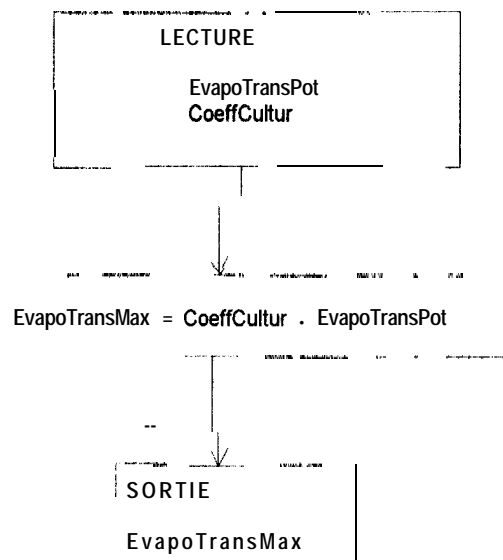


# Organigramme du module de calcul de la demande transpiratoire

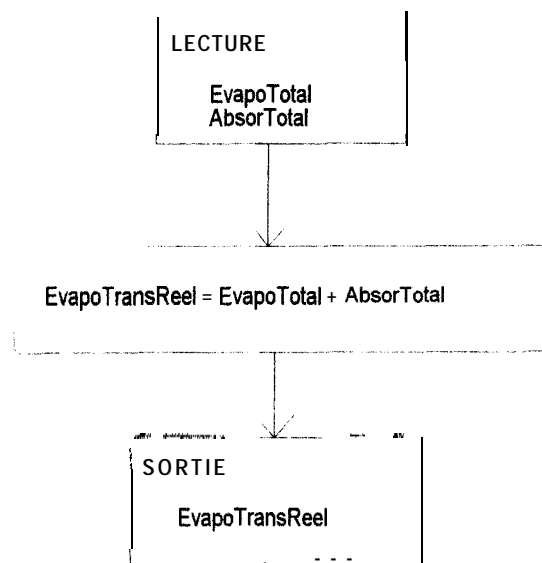




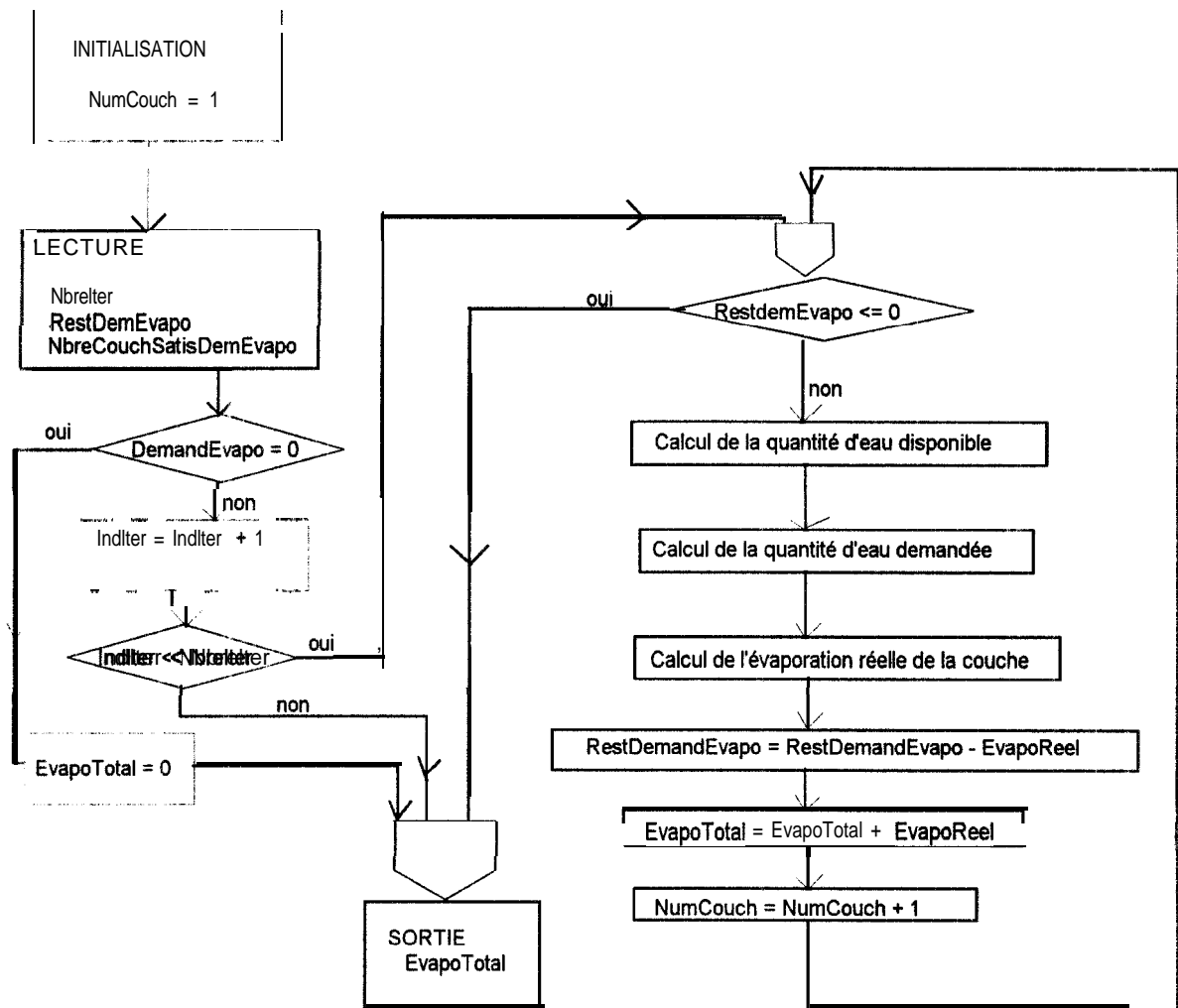
# Organigramme du module de calcul de l'évapotranspiration maximale



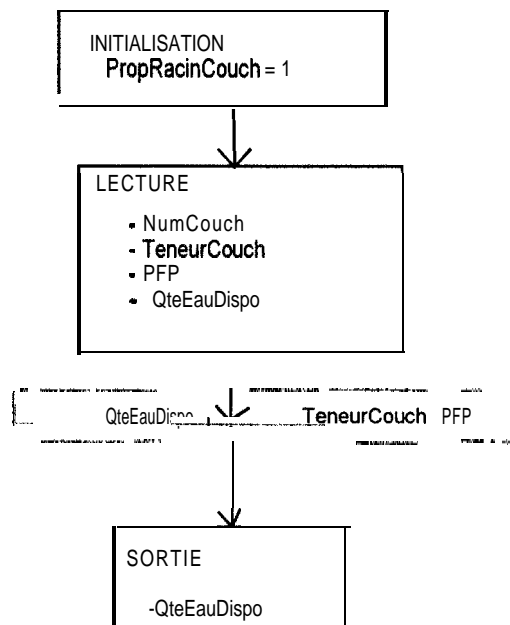
## Organigramme du module de calcul de l'évapotranspiration réelle ( ETR )



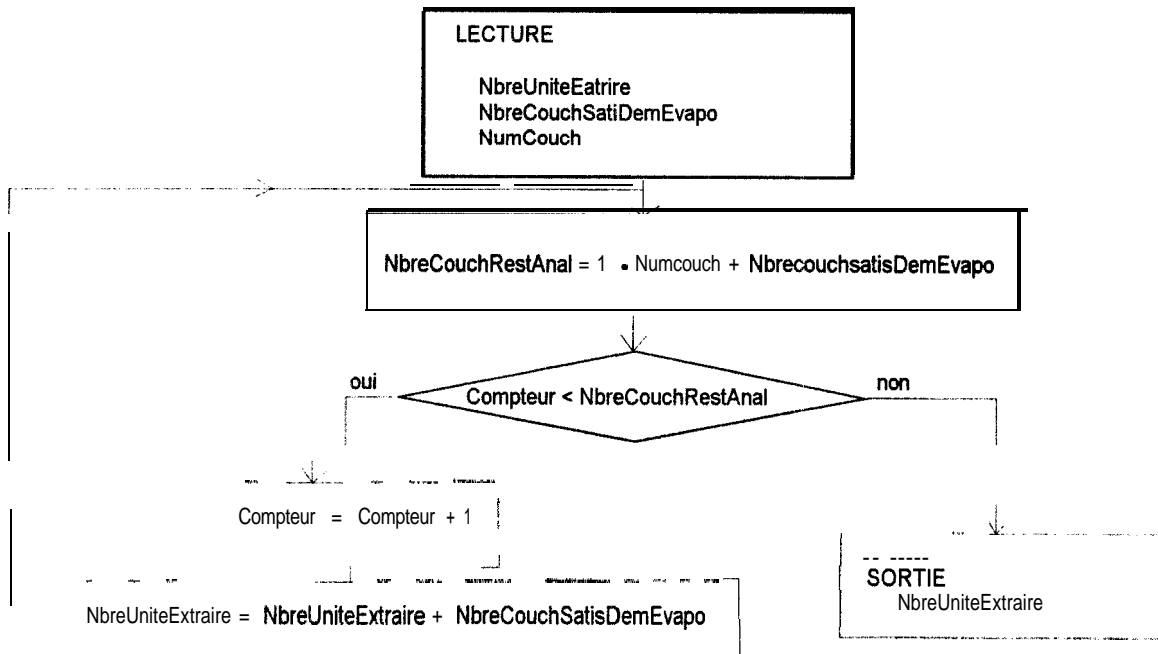
## Organigramme du module global de l'évaporation sol nu ou partiellement couvert



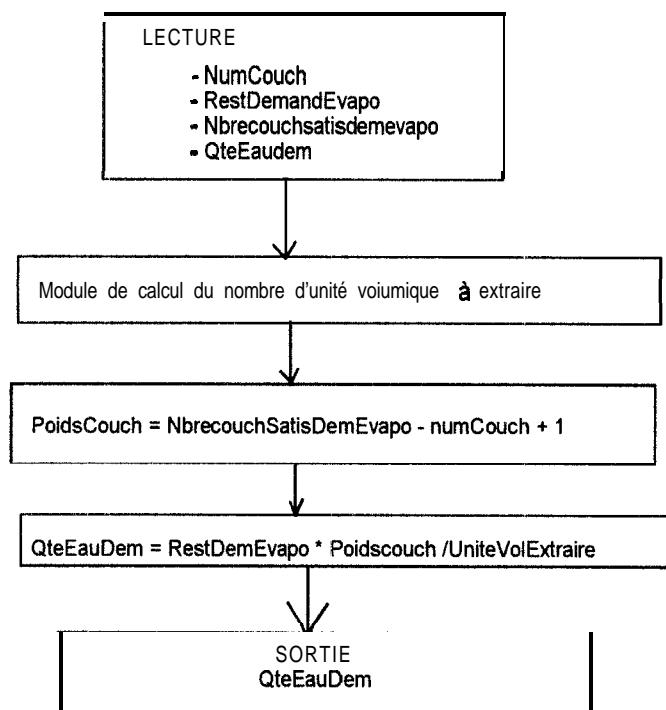
## Organigramme de calcul de la quantité d'eau disponible pour l'évaporation sol nu ou partiellement couvert



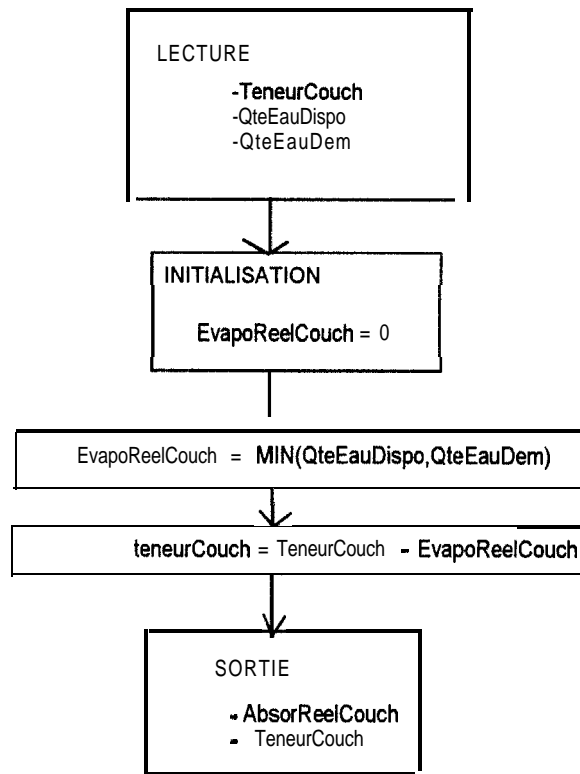
## Organigramme de calcul du nombre d'unités volumiques à extraire



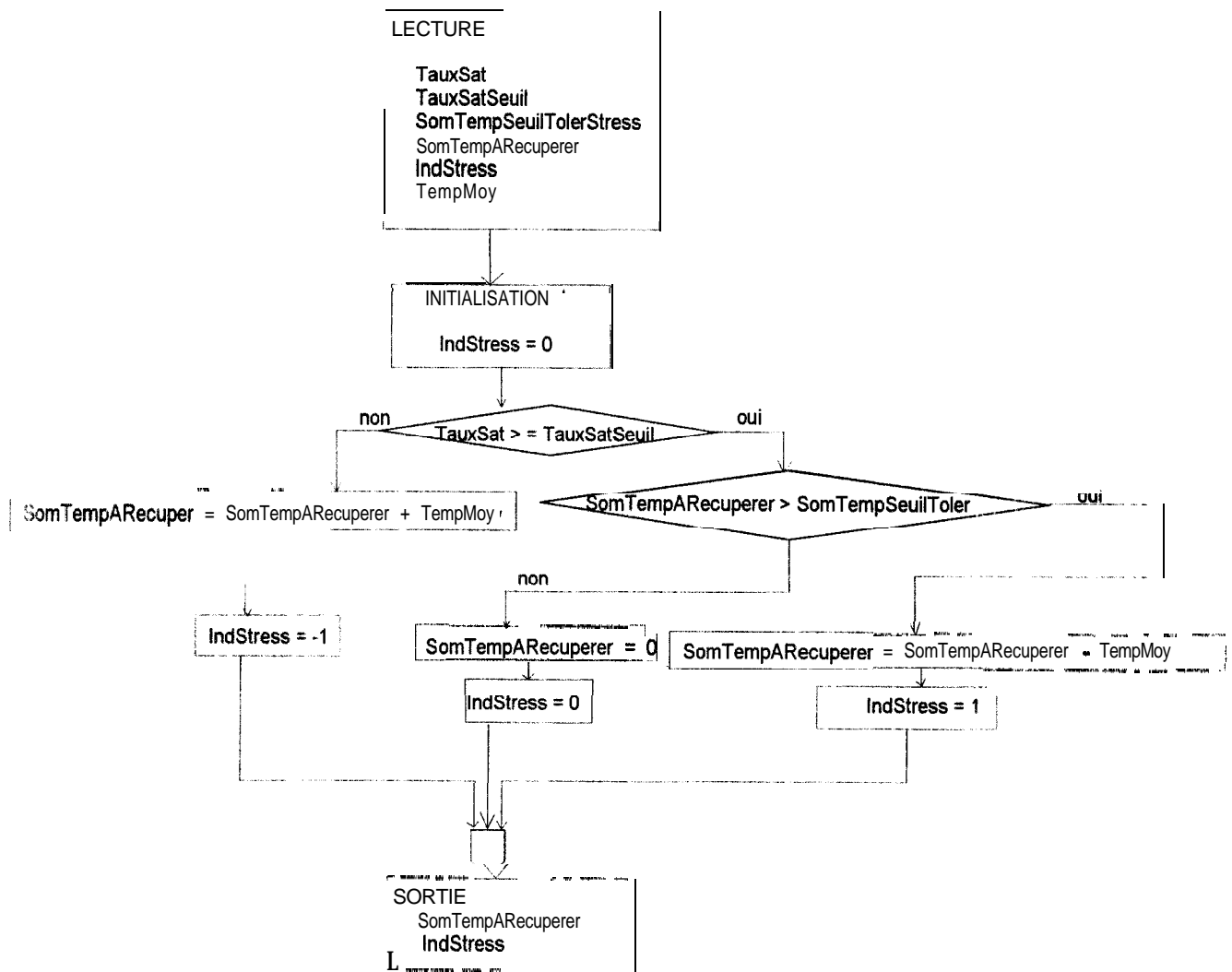
## Organigramme du module de calcul de la participation d'une cuche à la satisfaction de la demande évaporative



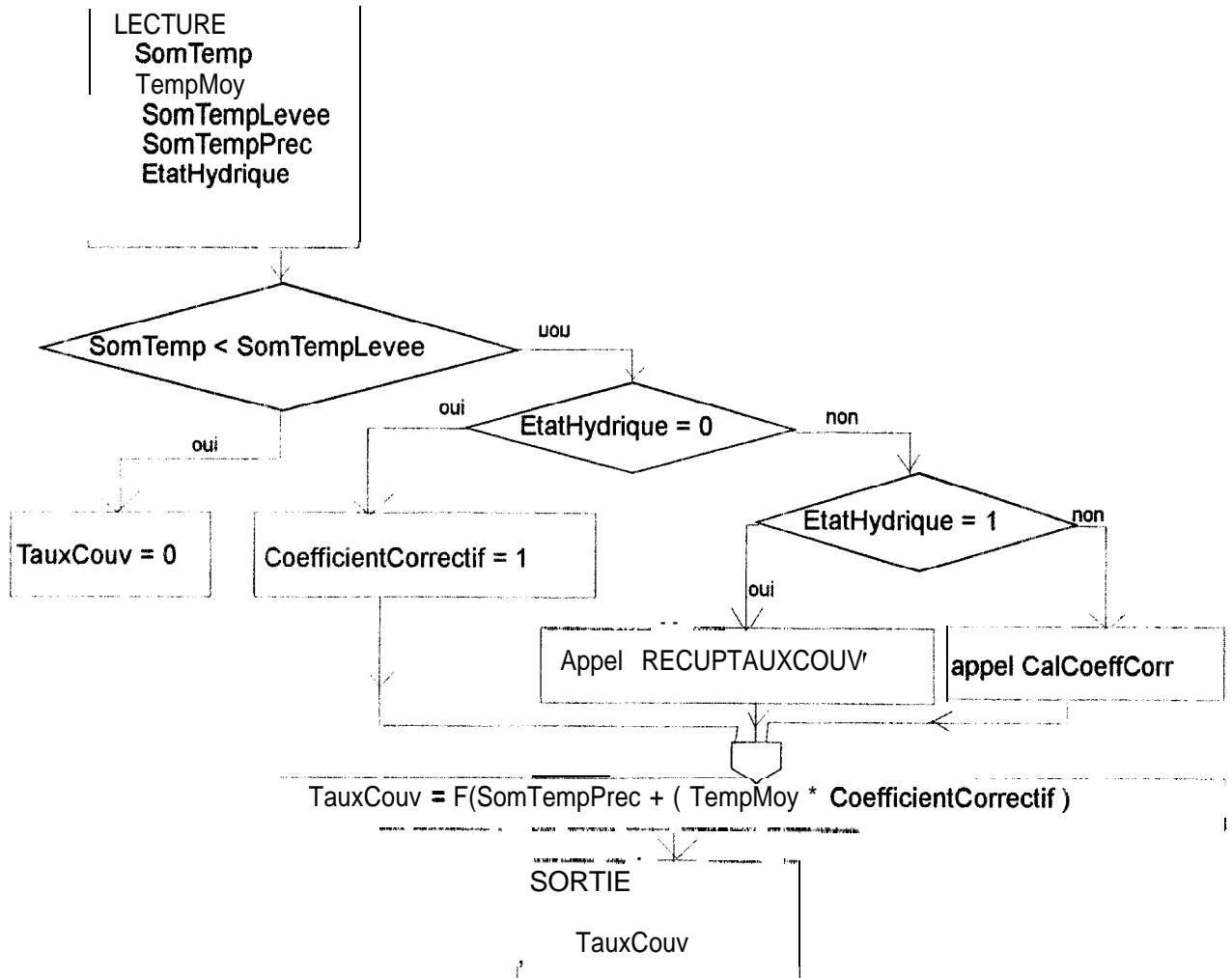
## Organigramme du module de calcul de l'évaporation réelle au niveau d'une couche



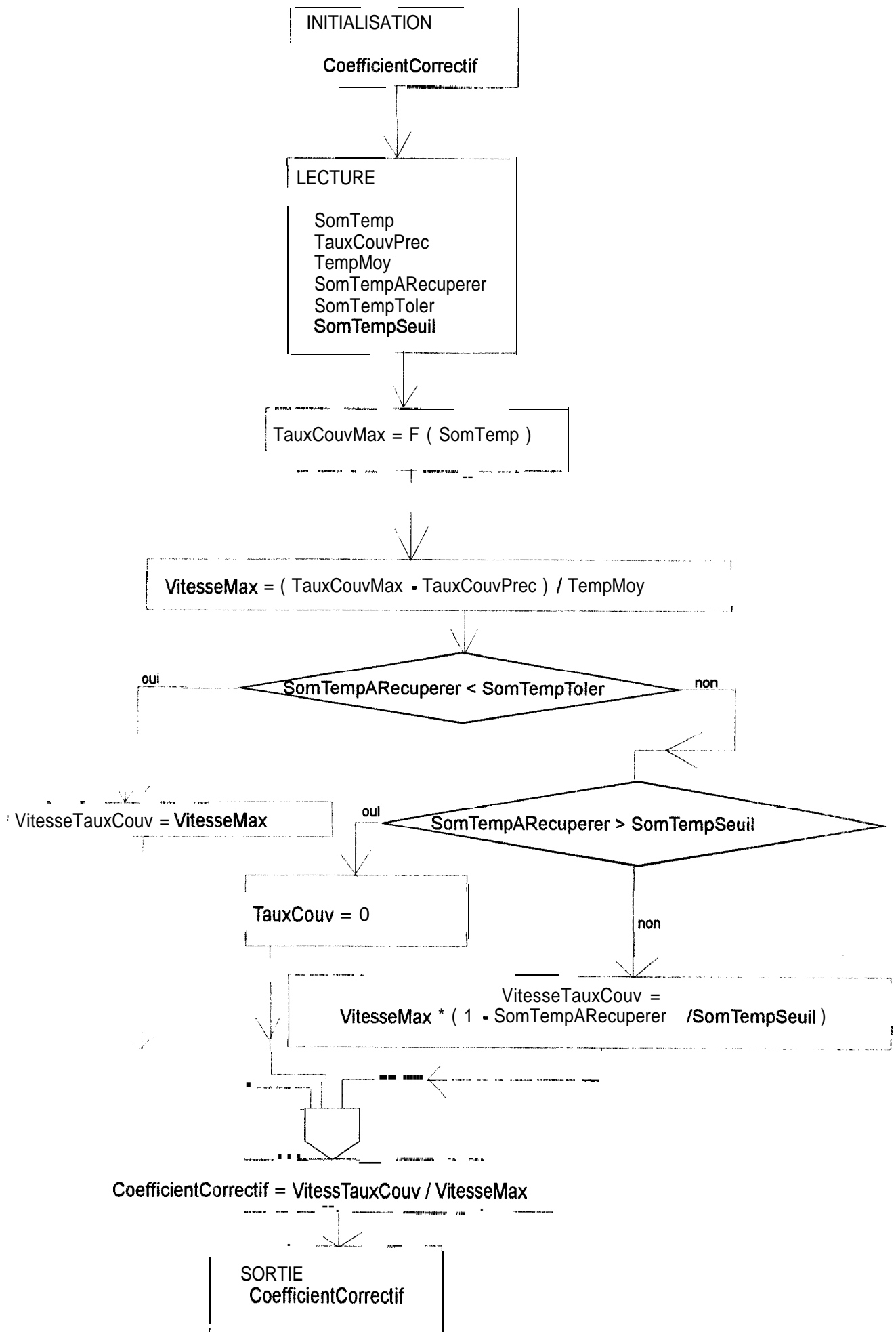
# Organigramme du module d'évaluation de l'état hydrique d'une culture



# Organigramme du module de la proportion de sol couvert par une culture

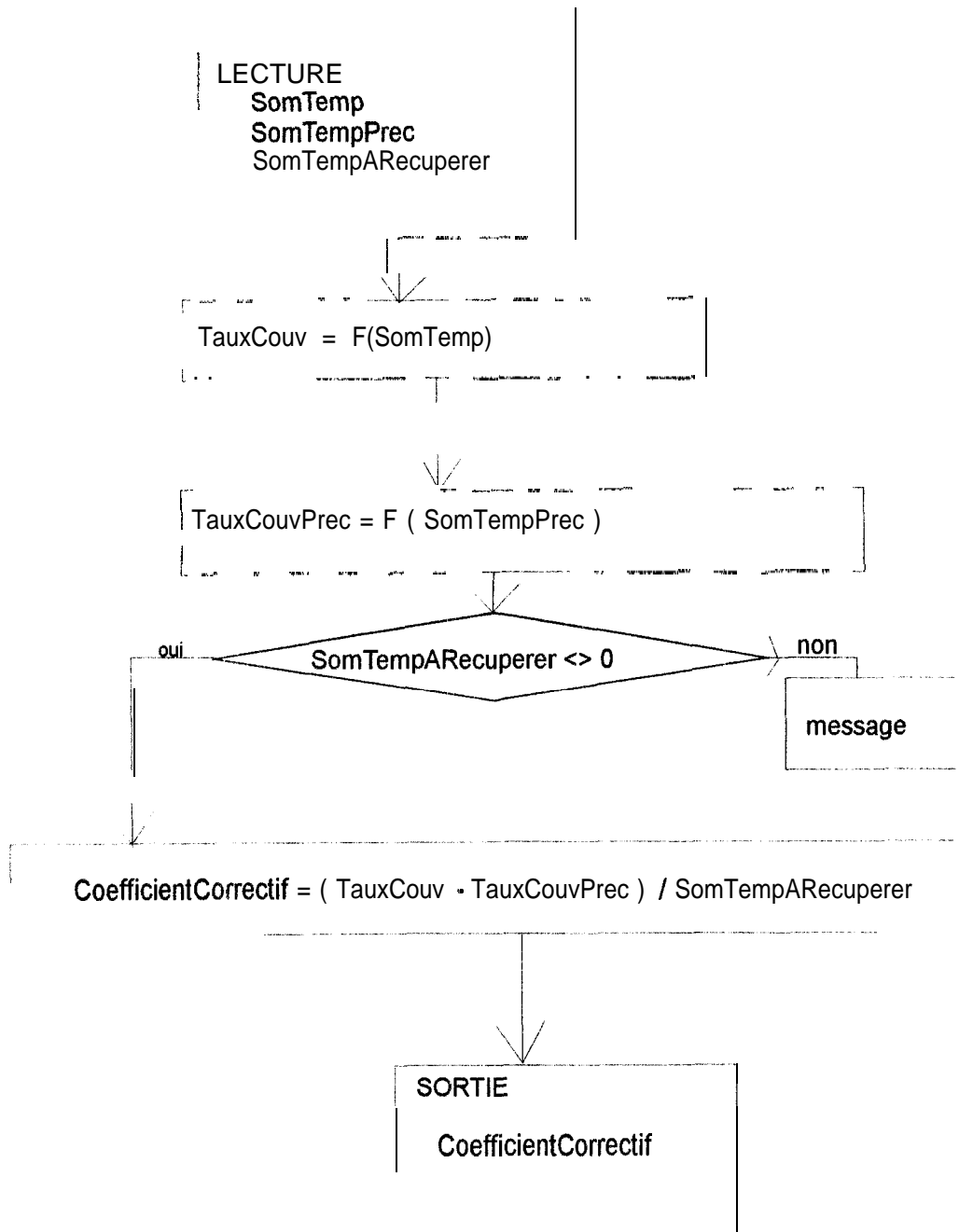


# Calcul du coefficient correctif en période de stress





## Module de calcul du coefficient correctif en période de récupération



# Organigramme de calcul du taux de satisfaction en eau d'une culture

