

Modèle BILHYNA

Fiche de présentation

BILHYNA en quelques mots

BILHYNA est un modèle de type « agrométéorologique » conçu initialement pour prévoir les besoins en eau des cultures (gestion des irrigations) et le suivi du bilan hydrique à l'échelle de la parcelle, à un pas de temps journalier (Tuzet et al., 1992). Les nombreuses utilisations du modèle sur plusieurs cultures et sous différentes conditions environnementales ainsi que l'introduction de nouvelles fonctionnalités, en particulier celles liées aux transferts de l'eau dans le sol et au rôle du couvert végétal dans la captation des eaux de pluies et dans les processus infiltration/ruissellement ainsi que celles relatives à la modélisation de la croissance de la plante (parties aérienne et souterraine) et à son développement en fonction des conditions environnementales lui ont permis de devenir un véritable modèle de suivi du bilan énergétique et hydrique d'une culture ou d'une rotation de cultures à l'échelle journalière et sur une série d'années.

Mots clés : évaporation, interception, ruissellement, drainage profond, croissance, réserve en eau du sol, cycle pluri-annuel

Laboratoires de développement : EGC : Laboratoire INRA AgroParisTech « Environnement et Grandes Cultures »

Contacts : Perrier Alain (alain.perrier@agroparistech.fr)
Tuzet Andrée (tuzet@grignon.inra.fr)
Zurfluh Olivier (olivier.zurfluh@grignon.inra.fr)
Personne Erwan (erwan.personne@agroparistech.fr)

Description détaillée

Les bases du modèle sont essentiellement physiques et traduisent le bilan d'énergie et le bilan hydrique de la culture. Des sous modèles bio-mathématiques sont couplés pour traduire la croissance et simuler de façon simple et robuste, le développement du couvert du semis à la récolte selon les quatre phases de croissance.

La gestion des processus d'échanges se fait à travers le suivi de la surface végétale en lien, d'une part avec l'atmosphère et d'autre part avec le sol. Les équations purement physiques utilisées dans le modèle, traduisent le bilan d'énergie et ses échanges radiatifs et convectifs en couplant le fonctionnement des surfaces sol et végétation. Le modèle assure aussi la partition entre l'eau participant aux échanges (infiltration, captation, remontée capillaire) et celle exclue du système modélisé (ruissellement de surface et drainage profond). Chaque jour, le modèle effectue un bilan énergétique et hydrique à partir des données de forçage climatique, modulé par l'évolution du couvert et la disponibilité en eau au niveau de chaque couche de sol explorée par les racines et les possibilités de prélèvements racinaires.

L'échelle spatiale est la parcelle agricole mais peut être étendue à celle d'un bassin versant moyennant son couplage avec un logiciel SIG ; l'utilisation du modèle s'étend de la journée à plusieurs dizaines d'années moyennant un pas de temps journalier pour les données d'entrée. Le jeu de données climatiques (issu d'un parc météorologique classique ou de mesures faites localement à une hauteur de référence donnée) représente les grandeurs de forçage parcellaire ; les valeurs de température, d'humidité et de vent sont chaque fois adaptées à la hauteur de référence choisie pour le couvert considéré. Un certain nombre de paramètres sont nécessaires pour son fonctionnement et sont, pour la plupart, parfaitement connus, comme les caractéristiques culturales (date de labour, de semis et autres interventions) ou encore les données physiologiques des cultures (potentialités de développement de la hauteur du couvert zh_{max} , de la surface foliaire LAI_{max} , de la profondeur des racines Z_{racmax} , de même que les résistances stomatiques minimales et les valeurs morphogénétiques des cultures) ou celles relatives aux sols.

En complément de la pluie, il y a l'irrigation, supposée connue comme toutes interventions culturales. Mais cette grandeur capitale dans les analyses de bilan d'eau peut être imposée (résultats d'une expérience) ou laissée libre selon les critères retenus : choix d'irrigation selon les disponibilités en eau ou détermination par le modèle des doses d'irrigation possibles pour atteindre un optimum selon les critères de disponibilité.

Objectifs

→ Définir les consommations réelles en eau, le ruissellement et le drainage profond des cultures selon les espèces et les rotations sur

de longues périodes (de 20 à 150 ans)

- Définir automatiquement les doses d'irrigation selon la fréquence des disponibilités et donc selon les années ou, selon les apports possibles définir les contraintes hydriques subies et leur poids sur un indice de production selon les années
- Définir les interventions culturales souhaitables (irrigation, récolte, labours, préparation de semis et semis, travail du sol)
- Evolution des besoins en eau et des ressources disponibles pour les autres activités humaines

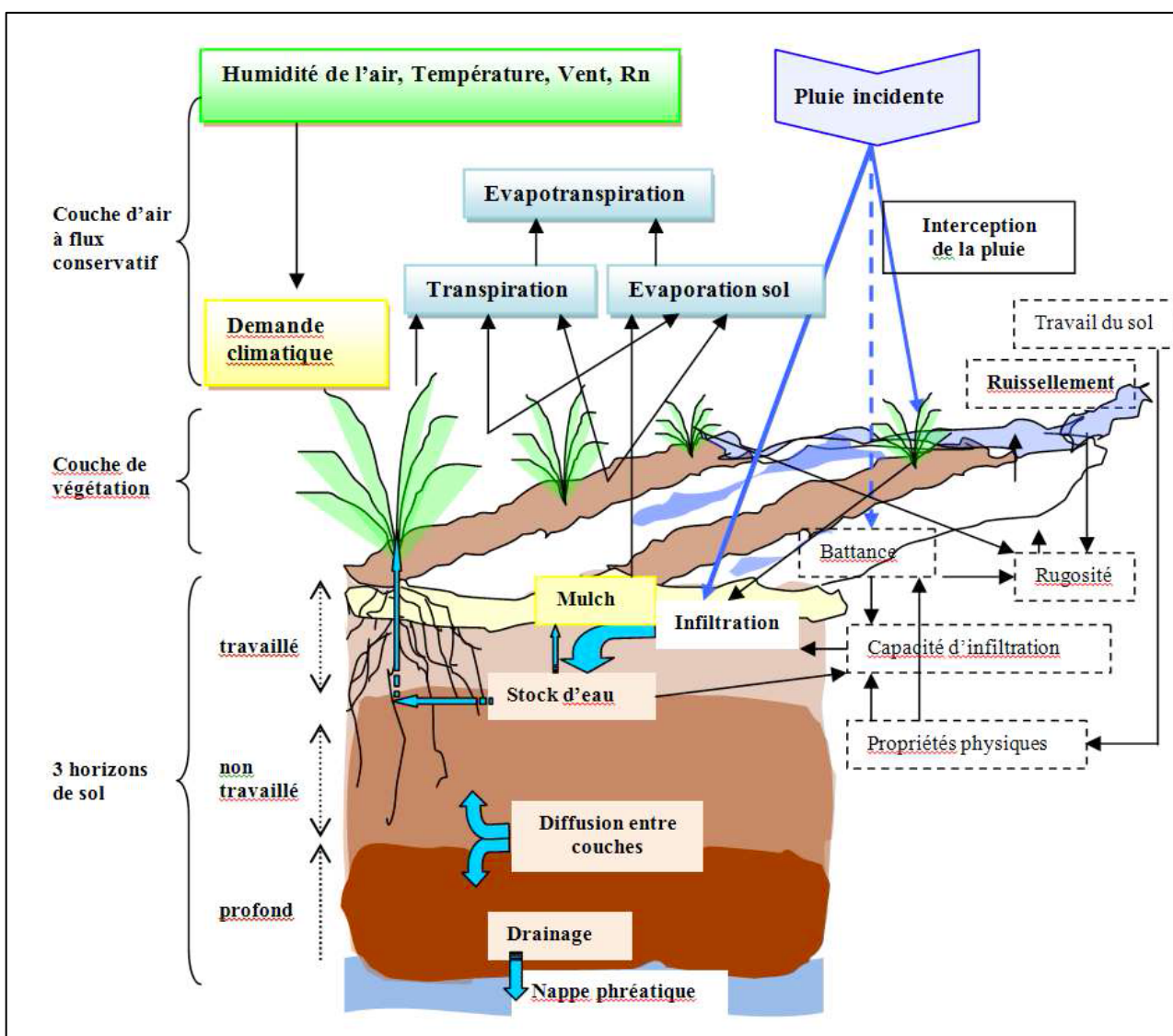


Figure 1. Schéma simplifié des différents processus physiques pris en compte dans le modèle Bilhyna et les principales interactions pouvant exister entre ces processus.

Initialisation, paramètres ajustables, variables d'entrée / forçages

Initialisation : contenu en eau du sol.

Variables de forçage : Rayonnement net, température et humidité de l'air, vitesse du vent, pluie.

Paramètres ajustables :

Caractéristiques du sol

- H_{min} , humidité minimale du sol (valeur minimale de la réserve en eau disponible pour la plante et correspondant approximativement au point de flétrissement permanent)

- H_{max} , humidité maximale du sol (valeur de l'humidité du sol en déca de laquelle la valeur de ET est inférieure à ETM (régulation stomatique)). Elle est généralement fixée à une valeur inférieure à l'humidité à la capacité au champ H_{cc} ($H_{max} \cong 0.80H_{cc}$)
- H_{sat} , humidité du sol à saturation;
- K_{sat} , conductivité hydraulique du sol à saturation
- d_s , densité du sol

Caractéristiques de la végétation

- Z_{racmax} , profondeur maximum d'enracinement ;
- K_{rayt} , paramètre relatif à l'extinction du rayonnement dans le couvert (atténuation exponentielle) ;
- zh_{max} , hauteur maximale du couvert végétal ; zh , la hauteur du couvert est calculée en fonction de la croissance du couvert variant au semis de 0 à zh_{max})
- LAI_{max} , indice foliaire maximum du couvert
- r_{sm} , résistance stomatique minimale qui fixe la valeur de l'ETM par rapport à la demande;
- r_0 , résistance de structure
- A_1 , somme des températures jour supérieures au seuil de développement ($^{\circ}C$) pour la période semis - floraison
- PAR_{max} , valeur de PAR correspondant à un développement optimal du couvert végétal

Calendrier cultural

- Type de culture
- Calendrier des pratiques (labour, travail superficiel du sol, semis, récolte, irrigation).

Pour des scénarios prospectifs, le système de culture doit être donné; par contre, pour le calendrier cultural, on peut soit l'imposer, selon les pratiques classiques de la zone, soit le laisser libre et, dans ce cas, la détermination de ce calendrier se fait automatiquement à partir des modules de gestion des pratiques, en particulier l'irrigation.

Variables de sortie principales

- Transpiration
- Evaporation du sol
- Flux de drainage
- Ruissellement potentiel
- Contenu en eau du sol
- Indice foliaire
- Indice racinaire
- Indice de production
- Irrigation

Caractéristiques techniques

- Logiciel pré-requis : aucun
- Langage informatique : C
- Système d'exploitation : Windows
- Nombre de lignes de codes : 10 000
- Présence d'un guide d'utilisation : notices succinctes

Utilisateurs

INRA EGC Grignon, Chambre d'agriculture Eure et Loir, Tunisie INAT, Algérie INAA

Publications - Références

Tuzet A., Perrier A., Masaad C. - 1992 - Crop water budget: estimation of irrigation requirement. In: "Cropwater models", Pereira L.S., Perrier A., Ait Kadi M., Kabat P. (eds.), I.C.I.D. Bulletin, No Sp., 41, 2, 1-17.

Rosnoblet J. - 2002 - Dynamique du bilan hydrique parcellaire au sein de l'espace rural. Conséquences sur les transferts hydrologiques. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, UMR INRA INAPG Environnement et Grandes Cultures de Grignon, soutenue le 19 juin 2002, 145 p. + annexes.

Perrier A., Golaz F., Tuzet A., Personne E., Jabbour B., Meridja S., Zurfluh O. - 2003 - Projet d'utilisation du modèle "Bilhyna" en Beauce. Rapport année 2002, Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loire, INRA INA PG UMR Environnement et Grandes Cultures, Grignon, 30 p.

Jabbour B., 2008. Evaluation du bilan hydrique parcellaire en vue d'une gestion de l'eau Essai de régionalisation et d'application à la gestion durable de la nappe : cas de la Beauce. Thèse de Doctorat AgroParisTech, UMR INRA AgroParisTech Environnement et Grandes Cultures de Grignon, soutenue le 2 juin 2008, 204 p.

Meridja S., 2011. Approche biophysique des processus de développement et de croissance des couverts végétaux: Interaction avec le stress hydrique et optimisation des pratiques culturales en climats méditerranéens. Thèse de Doctorat, spécialité: Agronomie-Environnement, AgroParisTech ; UMR INRA AgroParisTech Environnement et Grandes Cultures de Grignon, soutenue le 27 septembre 2011, 179 p.