

Modèle CONTINUUM

Fiche de présentation

CONTINUUM sol-plante-atmosphère en quelques mots

Le modèle de continuum sol-plante-atmosphère est un modèle d'échange de masse et d'énergie au niveau des couverts végétaux (couverts agronomiques et forêts). Il résout explicitement les échanges de chaleur, de vapeur d'eau et de gaz carbonique, et le transfert d'eau dans la plante.

Mots clés : transpiration, absorption racinaire, conductance stomatique, bilan d'énergie, photosynthèse

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

Contacts : Tuzet Andrée (tuzet@grignon.inra.fr)

Description détaillée

Le modèle de continuum sol-plante-atmosphère est un modèle d'échange de masse et d'énergie au niveau des couverts végétaux (couverts agronomiques et forêts). Il résout explicitement les échanges de chaleur, de vapeur d'eau et de gaz carbonique, et le transfert d'eau dans la plante.

Dans ce modèle, un véritable couplage bilan d'énergie - bilan hydrique permet de gérer les transferts d'eau dans la plante et leur régulation. En effet, le flux d'eau est contrôlé en particulier par la demande climatique, l'état hydrique de la plante, la régulation stomatique et une diffusion radiale de l'eau du sol vers les racines. Le déterminisme de la conductance stomatique est exprimé en fonction des facteurs du milieu (rayonnement, température et concentration en CO₂) à travers la photosynthèse et en fonction de l'état hydrique du sol et de la plante à travers le potentiel hydrique de la plante. La relation utilisée est une relation de Ball Berry (1987)

qui a été modifiée pour introduire une réponse des stomates à l'état hydrique du sol et de la plante.

Le modèle comprend deux couches de végétation et deux couches de sol. Ce nombre de couches sol et végétation peut être modifié mais il faut veiller à conserver un schéma hydraulique (Réservoir tissu plante, manchon racinaire, résistances hydrauliques) assez simple.

Le modèle fonctionne à l'échelle de la parcelle à un pas de temps semi horaire. Il a été conçu de façon modulaire de sorte que les différents modules peuvent être changés. L'essentiel du couplage des diverses équations passe par la résolution numérique d'un système d'équations non linéaires.

Ce modèle qui donne la plupart des facteurs biologiques internes dont dépend le devenir des molécules polluantes a été couplé à un modèle de dépôt d'ozone (Tuzet et al. 2011) et à un modèle d'émission / dépôt d'ammoniac (Massad et al. 2010) sur les couverts végétaux.

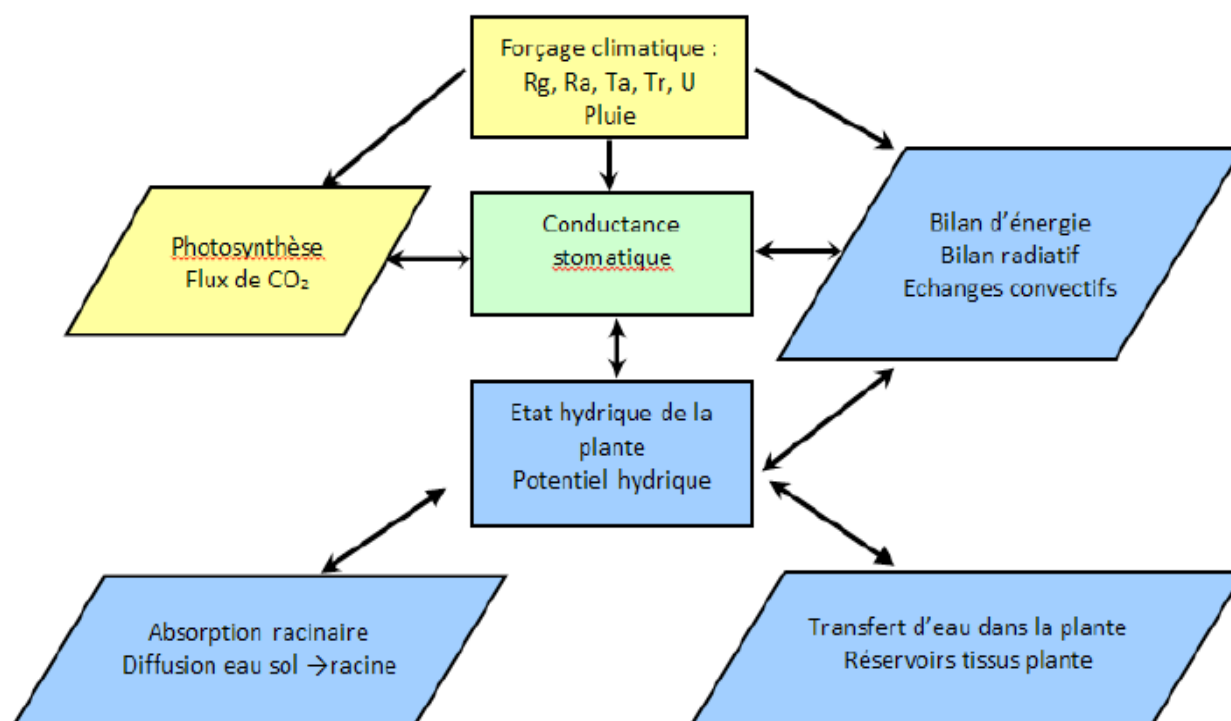


Figure 1. Représentation schématique du modèle de continuum sol-plante-atmosphère, couplant les échanges de chaleur, de vapeur d'eau et de gaz carbonique.

Initialisation, paramètres ajustables, variables d'entrée / forçages

Initialisation : contenu en eau du sol, contenu en eau des réservoirs plante

Variables de forçage : rayonnement global, rayonnement atmosphérique, température et humidité de l'air, concentration en CO_2 de l'air, vitesse du vent, pluie.

Paramètres ajustables :

- ↪ caractéristiques hydrodynamiques du sol et des réservoirs plante ;
- ↪ volume des réservoirs plante, résistances hydrauliques ;
- ↪ structure de l'interface végétation-atmosphère (hauteur de la végétation, indice foliaire, profondeur racinaire, densité racinaire,) ;
- ↪ propriétés physiques de l'interface végétation-atmosphère (albédo, émissivité, rugosité, paramètres biochimiques de la photosynthèse...)

Variables de sortie principales

Bilan d'énergie

- ↪ rayonnement net
- ↪ flux de chaleur sensible du couvert
- ↪ flux de chaleur latente du couvert
- ↪ flux de chaleur dans le sol
- ↪ température des feuilles
- ↪ température de surface du sol

Transfert d'eau dans le continuum sol-plante-atmosphère

- ↪ flux d'eau dans la plante
- ↪ potentiel de l'eau dans les différents compartiments plante
- ↪ conductance stomatique
- ↪ potentiel et humidité du sol

Flux de CO_2 du couvert

- ↪ photosynthèse du couvert
- ↪ concentration en CO_2 dans le couvert
- ↪ flux de CO_2 du sol

Caractéristiques techniques

- ↳ Logiciel pré-requis : résolution d'un système d'équations non linéaires
- ↳ Langage informatique : Fortran
- ↳ Système d'exploitation : Windows

Couplage

Couplage avec MODD (Model of Ozone Deposition and Detoxification)

Couplage avec STAMP (Model of stomatal ammonia compensation point)

Utilisateurs

INRA EGC Grignon, EEF Nancy

CSIRO Canberra

Publications - Références

Tuzet A., Perrier A., Leuning R. - 2003 - A coupled model of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration. *Plant, Cell and Environment*, 26, 7, 1097-1116.

Tuzet A., Perrier A., 2008. Modeling the dynamics of water flow through plants, role of capacitance in stomatal conductance, and plant water relations. In: "Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes ", ASA/CSSA/SSSA, Madison, USA, *Advances in Agricultural Systems Modeling Series 1*, 145-164.

Tuzet A., Granier A., Betsch P., Peiffer M. and A. Perrier, 2014. Modelling hydraulic functioning of an adult beech stand under non-limiting soil water and severe drought condition . *Agricultural and Forest Meteorology* (accepté).

Massad R.S., Tuzet A., Loubet B., Perrier A., Cellier P., 2010. Model of stomatal ammonia compensation point (STAMP) in relation to the plant nitrogen and carbon metabolisms and environmental conditions. *Ecological Modelling*, 221, 3, 479-494.

Tuzet A., Perrier A., Loubet B., Cellier P., 2011. Modelling ozone deposition fluxes: The relative roles of deposition and detoxification processes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 4, 480-492.

Trollé X. - 2008 - Développement d'un module de gestion des échanges de masse et d'énergie généralisable aux différents couverts dans les GCM : analyse et test de nouveaux concepts. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie Paris 6, soutenue le 2 décembre 2008, 245 p.

Gaudin-Betsch P., 2010. Les relations hydriques chez le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) : résistances au transfert de l'eau, régulation de la transpiration et contribution des réserves d'eau échangeable en réponse à la sécheresse. Thèse de Doctorat, Université Paris 6. UMR INRA AgroParisTech Environnement et Grandes Cultures de Grignon, INRA Écologie et Ecophysiologie Forestières Nancy, soutenue le 9 Décembre 2010.