

Modèle CASTANEA

Fiche de présentation

CASTANEA en quelques mots

CASTANEA est un modèle mécaniste de simulation du fonctionnement de forêts monospécifiques équiennes (forêts gérées dont tous les individus ont le même âge). Le modèle simule les stocks (carbone, eau, azote) et les principaux échanges de matière et d'énergie entre la forêt et l'atmosphère, à des pas de temps allant de la demi-heure au siècle. Les principales essences forestières européennes sont paramétrées (Hêtre commun, Chêne sessile / pédonculé, Pin sylvestre, Pin maritime, Epicéa, Sapin pectiné, Chêne vert).

Mots clés : forêt, croissance, carbone, eau, azote, flux, stocks, gestion forestière

Laboratoires de développement : UMR8079 - ESE (Ecologie, Systématique et Evolution) ; INRA - Unité de Recherche Ecologie des Forêts Méditerranéennes

Contacts : Nicolas Delpierre (nicolas.delpierre@u-psud.fr)
Eric Dufrêne (eric.dufrene@u-psud.fr)
Christophe François (christophe.francois@u-psud.fr)

Description détaillée

Résolutions spatiales & temporelles, éventuelles limites d'intégration dans le temps & dans l'espace du modèle

CASTANEA simule le fonctionnement et la croissance d'un peuplement forestier représenté par un arbre moyen. Le modèle est donc théoriquement applicable sur des parcelles de taille indéfinie. Une contrainte liée au formalisme de la simulation d'interception du rayonnement est que le couvert du peuplement considéré soit fermé.

Le modèle CASTANEA est classiquement employé pour la réalisation de simulations allant de l'échelle de la parcelle forestière à l'échelle de la France (mosaïque de parcelles ou de pixels). Seule la disponibilité des données d'initialisation (contenu en eau du sol) et de forçage (variables météorologiques) limite l'application spatiale du modèle.

CASTANEA est couplé à un module de simulation de la gestion forestière qui permet de répartir la simulation de la croissance de l'arbre moyen sur un ensemble de tiges présentant des caractéristiques géométriques (diamètre, hauteur) propres.

La résolution temporelle fondamentale du

modèle est la demi-heure. C'est la résolution de simulation des processus de base que sont l'interception du rayonnement, la photosynthèse du couvert, la respiration autotrophe, l'interception des précipitations et la transpiration.

Le bilan hydrique, les phénologies des feuilles et du bois, la décomposition de la matière organique du sol, l'absorption racinaire de l'azote et l'allocation des composés carbonés et azotés aux organes (feuilles, branches, tronc, grosses racines et racines fines) sont simulés au pas de temps journalier.

L'impact de la gestion forestière sur la structure du peuplement forestier est simulé au pas de temps annuel.

La méconnaissance actuelle des processus de régénération et d'allocation du carbone au jeune âge restreint la simulation à des peuplements « adultes » (c. à d. de 25 ans à la fin de la révolution forestière soit 150 à 200 ans).

Le modèle est paramétré à l'échelle de l'espèce, et non du type fonctionnel de plante. Les principales essences forestières européennes sont paramétrées (Hêtre commun, Chêne sessile / pédonculé, Pin sylvestre, Pin maritime, Epicéa, Sapin pectiné, Chêne vert).

'Flow chart' et modes de fonctionnement du modèle

L'information minimale requise pour réaliser une simulation pour un peuplement dont l'espèce est connue est la réserve utile (réserve maximale en eau du sol exploitable par l'arbre).

Afin d'affiner les résultats de simulation pour un peuplement d'une espèce donnée, le modèle peut être initialisé à l'aide d'informations de base concernant la structure (biomasse sur pieds, indice foliaire, masse

surfactive des feuilles, contenu en azote foliaire).

Les variables météorologiques de forçage nécessaires à la réalisation d'une simulation sont : le rayonnement global (W / m^2_{sol}) ou le rayonnement photosynthétiquement actif ($\mu mol / m^2_{sol} / s$), la température de l'air ($^{\circ}C$), l'humidité relative de l'air (%), la vitesse du vent (m / s) et les précipitations incidentes (mm). Idéalement, ces variables sont fournies au pas de temps semi-horaire, mais un pas de temps allant jusqu'au journalier est utilisable.

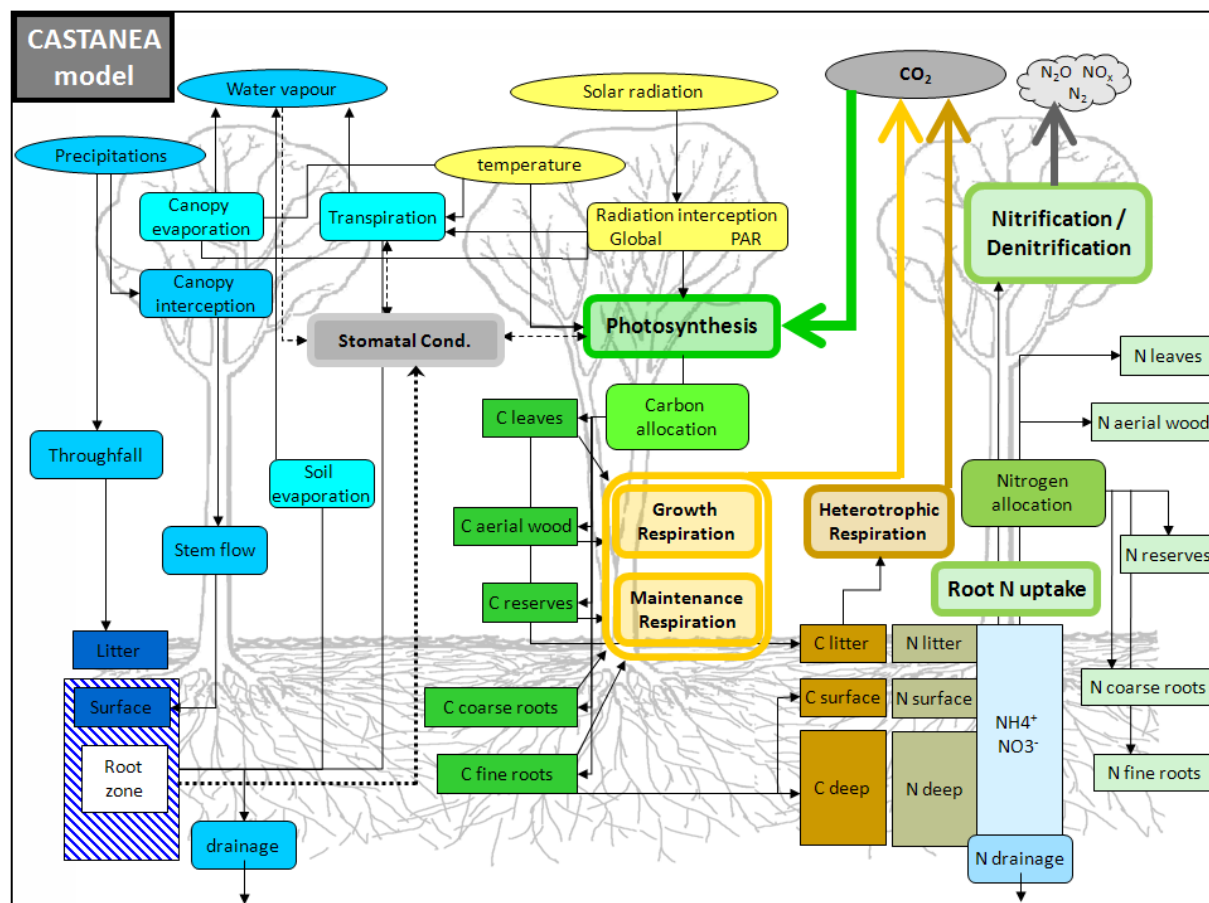


Figure 1. Représentation schématique du modèle CASTANEA. Les rectangles représentent les stocks. Les ellipses représentent les variables d'entrée. Les rectangles à coins arrondis représentent les processus simulés par le modèle.

Variables de sortie principales

Toutes les variables d'état (biomasses des différents organes, état des réserves carbonées et azotées, contenu en eau du sol, stocks de carbone et d'azote organique du sol, stock d'azote minéral du sol) plus les variables diagnostiques de son choix :

- flux de carbone : notamment photosynthèse, croissance des différents organes, production (bois récolté), respirations de croissance et d'entretien des différents organes ;

- flux d'eau : transpiration, évaporation, drainage ;
- flux d'azote : minéralisation, absorption racinaire, flux de NO_x , N_2O et N_2 ;
- flux d'azote : minéralisation, absorption racinaire, flux de NO_x , N_2O et N_2 ;
- bilan d'énergie : albedo, réflectance du couvert, rayonnement net, température, flux de chaleur sensible, flux de chaleur latente, flux dans le sol.

Caractéristiques techniques

- ↳ Logiciel pré-requis : aucun
- ↳ Langage informatique : Fortran 90
- ↳ Système d'exploitation : Linux et Windows
- ↳ Nombre de lignes de codes : 20 000
- ↳ Présence d'un guide d'utilisation : non

Couplage

Couplage prévu avec WRF

Utilisateurs

Equipe « Ecophysiologie Végétale » de l'ESE (notamment Nicolas Delpierre, Eric Dufrêne, Christophe François)

Intégré à la Plateforme CAPSIS (Computer-Aided Projection of Strategies In Silviculture)

Equipe « Ecologie fonctionnelle et dynamique des communautés » de l'URFM - UR629 (Hendrik Davi, Sylvie Oddou-Muratorio)

Publications - Références

Guillemot, J., Delpierre, N., Vallet, P., François, C., Martin-StPaul, Nicolas K., Soudani, K., Nicolas, M., Badeau, V. and E. Dufrêne, Contrasted effect of management on deciduous forest growth over France: insight from a new Functional-Structural Plant Model, *Annals of Botany*, doi:10.1093/aob/mcu059

Cheab, A., Badeau, V., Boe, J., Chuine, I., Delire, Dufrêne, E., C., François, C., Gritti, E., Legay, M., Pagé, C., Thuiller, W., Viovy, N., and P. Leadley, 2012, Climate change impacts on tree ranges: model intercomparison facilitates understanding and quantification of uncertainty, *Ecology Letters.*, 15(6):533-544.

Delpierre, N., Soudani, K., François, C., le Maire, G., Bernhofer, C., Werner, K., Misson, L., Rambal, S., Vesala, T. and E. Dufrêne, 2012, Quantifying the influence of climate and biological drivers on the interannual variability of carbon exchanges in European forests through process-based modelling, *Agr. Forest. Meteorol.*, 154:99-112.

Eglin, T., Francois, C., Michelot, A., Delpierre, N., & Damesin, C. (2010). Linking intra-seasonal variations in climate and tree-ring delta C-13: A functional modelling approach. *Ecological Modelling*, 221, 1779-1797

Davi, H., Barbaroux, C., Francois, C., & Dufrêne, E. (2009). The fundamental role of reserves and hydraulic constraints in predicting LAI and carbon allocation in forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149, 349-361

Delpierre, N., Soudani, K., Francois, C., Kostner, B., Pontailier, J.Y., Nikinmaa, E., Misson, L., Aubinet, M., Bernhofer, C., Granier, A., Grunwald, T., Heinesch, B., Longdoz, B., Ourcival, J.M., Rambal, S., Vesala, T., & Dufrêne, E. (2009). Exceptional carbon uptake in European forests during the warm spring of 2007: a data-model analysis. *Global Change Biology*, 15, 1455-1474

Davi, H., Barbaroux, C., Dufrêne, E., Francois, C., Montpied, P., Brea, N., & Badeck, F. (2008). Modelling leaf mass per area in forest canopy as affected by prevailing radiation conditions. *Ecological Modelling*, 211, 339-349

Davi, H., Bouriaud, O., Dufrêne, E., Soudani, K., Pontailier, J.Y., Le Maire, G., Francois, C., Breda, N., Granier, A., & Le Dantec, V. (2006). Effect of aggregating spatial parameters on modelling forest carbon and water fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139, 269-287

Davi, H., Dufrêne, E., Francois, C., Le Maire, G., Loustau, D., Bosc, A., Rambal, S., Granier, A., & Moors, E. (2006). Sensitivity of water and carbon fluxes to climate changes from 1960 to 2100 in European forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141, 35-56

le Maire, G., Davi, H., Soudani, K., Francois, C., Le Dantec, V., & Dufrêne, E. (2005). Modeling annual production and carbon fluxes of a large managed temperate forest using forest inventories, satellite data and field measurements. *Tree Physiology*, 25, 859-872

Dufrêne, E., Davi, H., Francois, C., le Maire, G., Le Dantec, V., & Granier, A. (2005). Modelling carbon and water cycles in a beech forest Part I: Model description and uncertainty analysis on modelled NEE. *Ecological Modelling*, 185, 407-436

Davi, H., Dufrêne, E., Granier, A., Le Dantec, V., Barbaroux, C., Francois, C., & Breda, N. (2005). Modelling carbon and water cycles in a beech forest Part II: Validation of the main processes from organ to stand scale. *Ecological Modelling*, 185, 387-405