



Evolution de la durée de sécheresse en jours (WDDur, histogramme, axe de gauche) et de l'intensité du déficit hydrique (WD, courbe, axe de droite) modélisé sur l'outil Biljou-web entre 2015 et 2100 pour un peuplement de sapin de Douglas d'indice foliaire 7 sur sol à réserve utile de 100 mm en Bourgogne. Le scénario climatique utilisé est un forçage modéré (RCP4.5) modélisé par Arpège (Météo France). Le cadre rouge délimite la zone de risque de dépérissement induit par la sécheresse pour le sapin de Douglas.

Progression of soil water duration in days (WDDur, bars, left axis) and soil water deficit (WD, blue line, right axis) modelled on Biljou-web calculation tool from 2015 to 2100 for a Douglas-fir stand, Leaf Area Index =7, Extractable water = 100 mm in Burgundy. Climatic scenario with moderate forcing (RCP 4.5) was generated by Arpège model (Météo France). The red frame underline the risk of drought induced decline for Douglas-fir.

## Déploiement national et international d'un outil d'aide au diagnostic du risque sécheresse sous climat futur

Responsables scientifiques : Nathalie BREDA et Damien MAURICE

Partenaires Labex : UMR Ecologie et Ecophysiologie Forestières, (EEF)

Equipe projet : André Granier, Vincent Badeau, Nathan Robert, Nathalie Leroy, Alain Bénard, Thimotée Olivar, Damien Maurice, Nathalie Bréda

Les dépérissements induits par les sécheresses extrêmes récentes ont confirmé une fois encore la vulnérabilité des forêts au déficit hydrique du sol, dont l'intensité et la fréquence devraient s'amplifier selon les scénarios de changement climatique. Le calcul de bilan hydrique permet d'évaluer les différents flux d'eau de l'écosystème ainsi que l'eau disponible dans le sol pour les arbres ou restituée au milieu. L'unité a développé un outil de calcul en ligne utilisable en climat passé, actuel et futur. La mise à disposition imminente des nouveaux scénarios climatiques du GIEC, régionalisés sur la France et bientôt l'Europe, ouvre de nouvelles perspectives pour raisonner l'adaptation des forêts de demain au manque d'eau.

**Objectifs** — Le projet de valorisation Biljou-web comporte quatre objectifs :

1. proposer un cours en ligne à l'aide de fiches pédagogiques dédiées au bilan hydrique des écosystèmes forestiers, accompagnées de références clés,
2. permettre aux utilisateurs de l'outil de calcul de réaliser leurs simulations personnalisées (types de peuplements et de sols qui les préoccupent) sous climat passé, présent et futur,

3. générer des indicateurs de sécheresse à l'échelle France entière,
4. déployer une version anglaise du site et de l'outil de calcul.

**Faits marquants** — Le site internet d'e-learning et outil calcul en ligne de bilan hydrique forestier Biljou-Web, version 2.0 (<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/>) a été déployé au printemps 2015. Biljou-web offre une interface graphique enrichie, permettant une plus grande interactivité avec l'opérateur et une meilleure lisibilité et interprétation des résultats. Depuis le printemps 2015, l'ensemble e-learning et outil est disponible sur cette V2.0 en langue française et anglaise.

- Fréquentation / utilisateurs : en août 2017, 177 utilisateurs de 20 pays différents ont effectué avec succès plus de 7300 runs.
- Types d'utilisateurs: Les utilisateurs scientifiques sont des chercheurs de toutes disciplines ainsi que de nombreux doctorants. Les utilisateurs du développement sont issus de la forêt privée, de l'office national des forêts et du département de la santé des forêts. Plusieurs établissements de formation niveau BTS ou Master (FAGE) conduisent des travaux dirigés d'étudiants sur l'outil de calcul en ligne depuis leur établissement sur notre serveur.

**Perspectives** — Une version 3.0 sera prochainement déployée avec de nouvelles fonctionnalités et des cartes de sécheresses nationales, grâce à un financement du Ministère de l'Agriculture pour le Département de la Santé des Forêts.

#### **Valorisation** —

Retombées scientifiques :

- Plusieurs présentations de promotion de Biljou© lors de colloques nationaux ou internationaux ;
- Plus de 120 publications internationales avec le mot clé Biljou© recensées sur Google Scholar (été 2017).
- Elargissement de la communauté d'utilisateurs en hydrologie et services écosystémiques, en particulier en valorisant l'outil dans deux chapitres d'ouvrage en hydrologie rédigés en langue anglaise.

Retombées auprès des décideurs publics :

- Contribution à l'étude SICFOR (Coord. Gip ECOFOR) sur les indicateurs forestiers d'impact du changement climatique pour l'ONERC
- Sollicitation du DG de l'INRA par le MAAF en juin 2017 pour produire un nouvel indicateur de gestion durable. Je travaille en septembre avec le MAAF sur la définition du cahier des charges.
- Utilisation par le DSF Auvergne-Rhône-Alpes pour étudier le rôle possible des sécheresses dans l'induction des mortalités massives de châtaignier

#### Sites web

<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/> (version française)

<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/en> (version anglaise)

#### Colloques nationaux

BRUNETTE M., BRÉDA N., PEYRON J. L., PICARD O. (2014) Evaluation économique de la gestion forestière en contexte changeant, risqué et incertain. Carrefour de l'Innovation Agronomique "Intensification durable des systèmes de production forestière", Bordeaux, 3 décembre 2014. (Présentation orale par O. Picard) <http://www6.inra.fr/ciag/CIAG-Environnement/Innovations-sylvicoles>

BECQUEY J., BRÉDA N. (2014) Gestion de l'eau par la sylviculture dans les peuplements en place. 3<sup>ème</sup> colloque de restitution des projets du RMT AFORCE, 4-5 décembre 2014, Pierroton. (Présentation orale par J. Becquet) [http://www.reseau-aforce.fr/data/info/449892-5\\_BECQUEY\\_et\\_al.pdf](http://www.reseau-aforce.fr/data/info/449892-5_BECQUEY_et_al.pdf)

#### Colloques internationaux

BRÉDA N., BADEAU V., MAURICE D., EHINGER G., ROBERT N., GRANIER A. (2016) Biljou©: An online forest water balance model for ecohydrology and forestry applications. 5<sup>th</sup> International EcoSummit, 29 August-1 September 2016, Montpellier, France (oral presentation by N. Bréda)

BRÉDA N., BADEAU V., MAURICE D., GRANIER A. (2017) Evaluating adaptation options to cope with drought episodes under future climate. Contributions from the on line water balance calculation tool BILJOU© An RMT AFORCE – International Workshop - Forest and Climate Change: adaptation initiatives and new management practices – 8<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> March 2017, Nancy, France (invited paper, oral presentation by N. Bréda)

#### Chapitres d'ouvrage

GRANIER A., BRÉDA N. (2016) Influence of forest cover on the water cycle at the tree and stand scales: comparison with other vegetation types. In: Forest and the water cycle: quantity, quality, management. Lachassagne P. & Laforgue M. Eds., Cambridge Scholars Publishing, ISBN 978-1-4438-8825-7 Chapter 2.1, pp. 58-71

GRANIER A., BADEAU V., EHINGER G., MAURICE D., GROSDIDIER M., ROBERT N., BRÉDA N. (2016) Modelling water balance of forests with BILJOU©. In: Forest and the water cycle: quantity, quality, management. Lachassagne P. & Laforgue M. Eds., Cambridge Scholars Publishing, ISBN 978-1-4438-8825-7 Chapter 2.4, pp. 136-152.

#### **Effet levier du projet**

- Deux projets financés pour développer la version 3.0 (EFPA et MAAF-DSF)
- Le projet EFFICACE (coord. N. Bréda) sélectionné à l'AO GICC en 2016 non financé (pas de budget pour financement des projets lauréats !)
- Participation au projet FORET-21 (Coord D. Loustau) – AO MAAF