

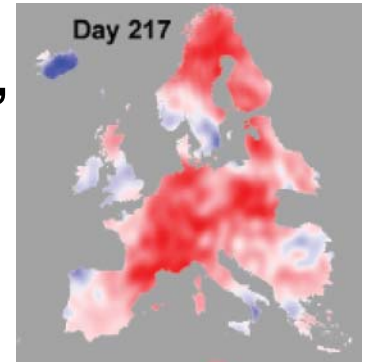
*Raisonner les calculs de flux d'eau et
de bilan hydrique à l'échelle du
peuplement et formation à la mise en
œuvre d'outils de calculs*

André Granier, Nathalie Bréda
agranier@nancy.inra.fr, breda@nancy.inra.fr
UMR INRA-UHP Ecologie & écophysiologie forestières
54280 Champenoux

Ce projet : le pourquoi

Des questions posées à la recherche portant sur la vulnérabilité des peuplements forestiers face :

- aux évènements climatiques extrêmes,
- aux dérives climatiques.



Déficit pluviométrique en Europe lors de l'été 2003 (Reichstein et al., 2007)

Ce travail a pour objectif un transfert de connaissances et d'outils sur la sécheresse édaphique subie par les peuplements forestiers :

- sa définition, sa quantification,
- ses facteurs de variation : composantes climatiques, impact de la gestion des peuplements

Définir la sécheresse et la quantifier

Quelques rappels :

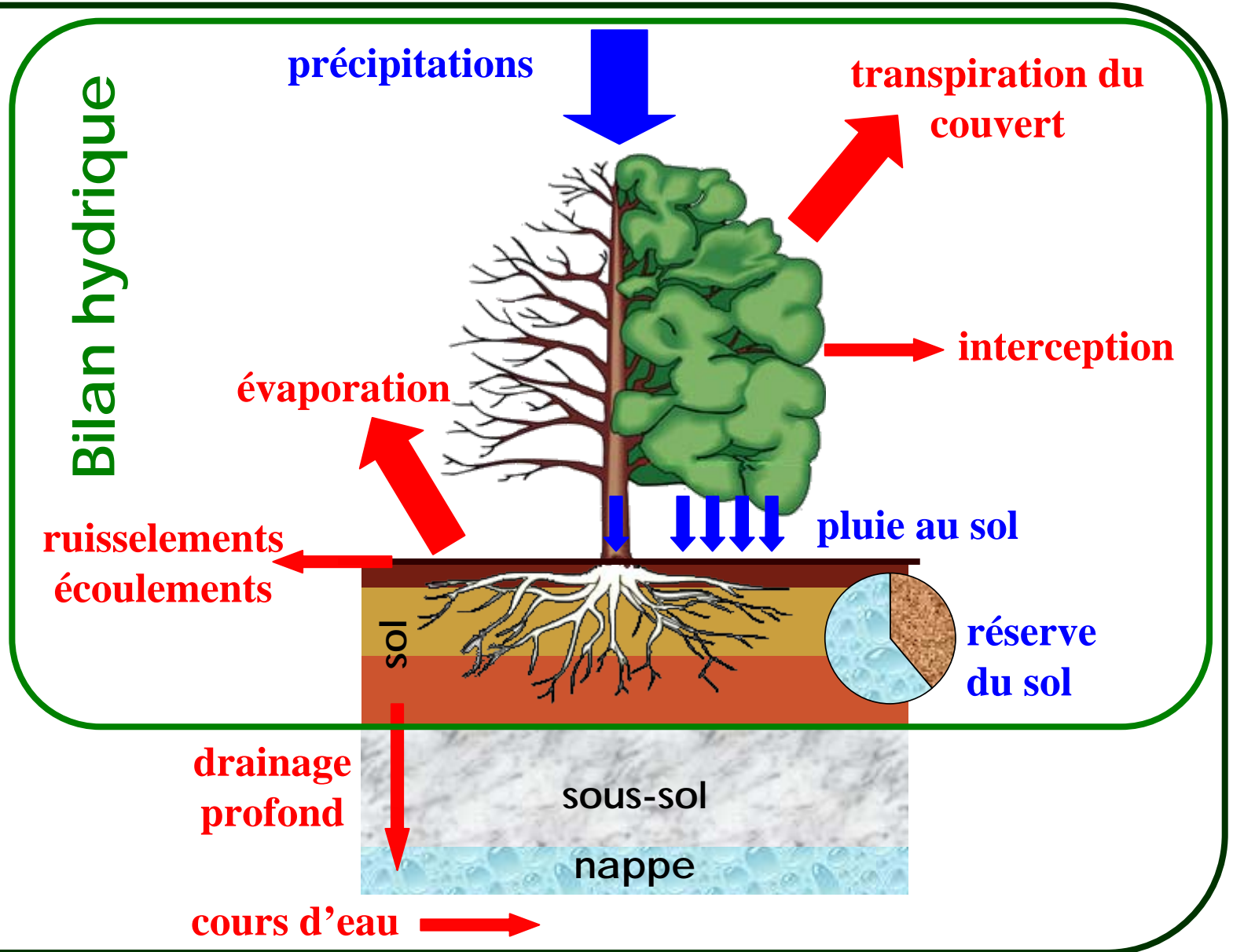
- ❑ connaître les variations temporelles de la teneur eau du sol :
 - la quantifier sur tout le profil racinaire,
 - la recherche en écophysiologie a défini des seuils, qui limitent les fonctions (photosynthèse, transpiration, accroissement radial, en longueur...)

- ❑ mais difficultés et lourdeur des mesures de teneur en eau du sol (coût, variabilité spatiale...)

- ❑ → très souvent : modélisation pour simuler
 - la durée,**
 - l'intensité,**
 - la précocité**les épisodes de contraintes hydriques

Bilan hydrique : rappel (Bréda et Badeau)

Bilan hydrologique



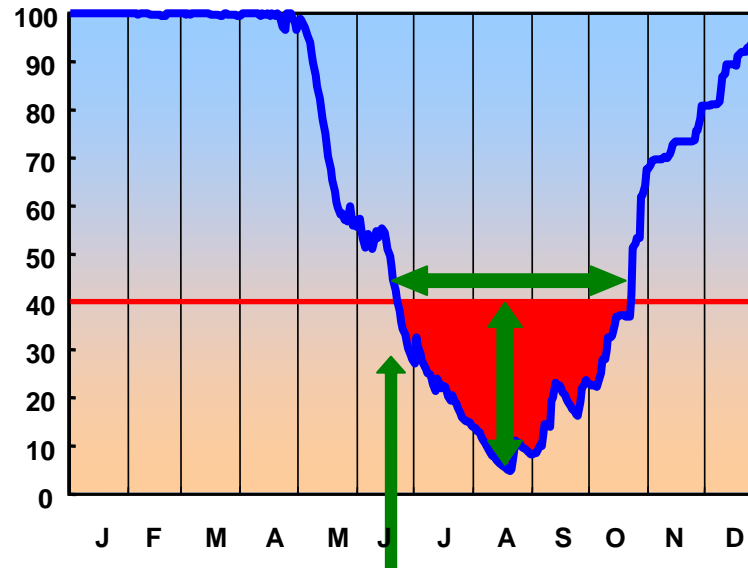
Le bilan hydrique : définitions (N Bréda)

La **réserve utile** d'un sol est une grandeur statique (volume du réservoir) **insuffisante** pour caractériser l'adéquation **station / espèce / sylviculture**

La **réserve en eau** du sol est une grandeur dynamique : l'état du réservoir au temps t

Le **bilan hydrique** permet de connaître l'évolution temporelle de la réserve en eau (bilan des entrées et des sorties)

Stress hydrique : rappels de quoi parle-t-on ? (N Bréda et V Badeau)



seuil de stress =
40% de la réserve
utile du sol

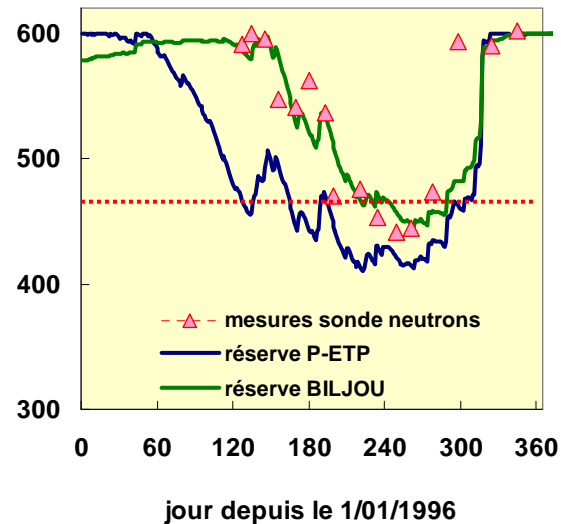
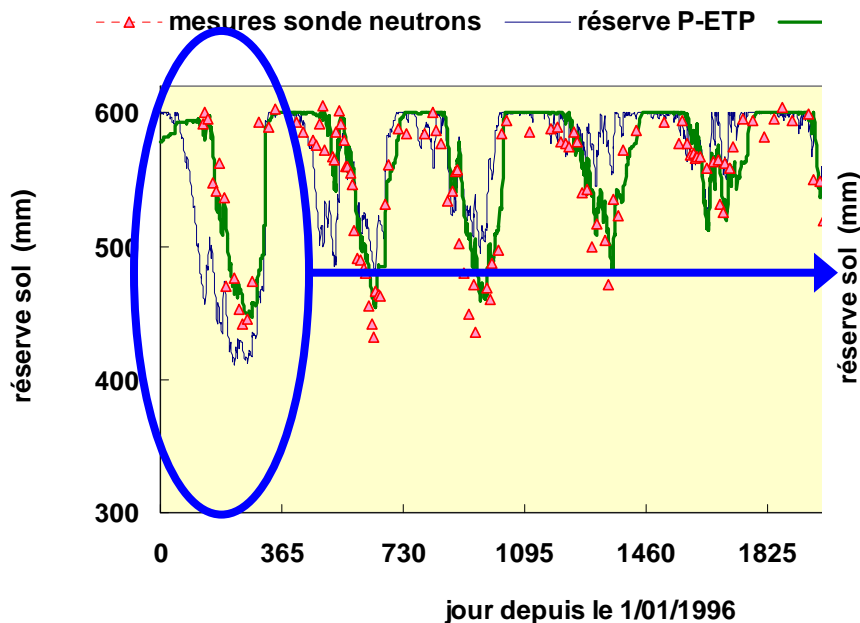
Date de début du stress

Durée du stress

Intensité max. du stress

Indice de stress

Réalisme des simulations avec un modèle



peuplement : hêtre pur, LAI = 6.5
 profondeur enracinement 1.40 m
 réserve totale du sol : 600 mm
 réserve utile : 175 mm



Ecological Modelling 116 (1999) 269–283

ECOLOGICAL
 MODELLING

A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands

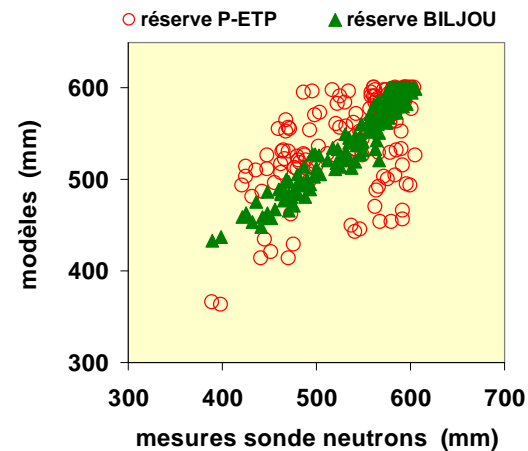
A. Granier^a, N. Bréda^{a,*}, P. Biron^b, S. Villette^c

^a Ecophysiologie Forestière, INRA, F-54 280 Champenoux, France

^b Centre d'Etudes et de Recherches Eco-Géographiques, CNRS, 3 rue de l'Argonne, F-67083 Strasbourg, France

^c Cycles Biogéochimiques, INRA, F-54 280 Champenoux, France

Received 9 March 1998; accepted 30 October 1998



Conduite du projet (juin 2009 à septembre 2010) par 2 chercheurs écophysiologistes et 2 ingénieurs informaticiens de l'UMR EEF :

- rédaction de fiches didactiques avec recherche et sélection de la bibliographie appropriée,
- développement de l'architecture du site, résolution de problèmes informatiques, rédaction de la documentation informatique,
- tests de l'outil dans différentes configurations de données et de requêtes,
- démarches (en cours...) de protection de la propriété intellectuelle, par le service juridique de l'INRA. En particulier, contrôle de l'utilisation de l'outil et la mise en œuvre des solutions informatiques et organisationnelles adaptées (licences).

Le site web BILJOU©

Le site web BILJOU© contient :

- une page d'accueil,
- la présentation du projet et de ses objectifs,
- une liste non exhaustive des questions les plus souvent posées,

- un ensemble de **8 fiches didactiques traitant du bilan hydrique et de ses facteurs de variation.**
Chaque fiche, de 3 à 5 pages, offre une bibliographie en français (les documents .pdf sont téléchargeables),
- le « cœur » du site : l'outil de simulation lui-même, avec une aide contextuelle, des graphiques des simulations,

- une page les contacts avec la cellule BILJOU®.

Le site web BILJOU : accueil

BILJOU

Modèle de bilan hydrique forestier

INRA UMR Ecologie et écophysiologie forestières

E mail: Mot de passe: [S'inscrire](#) | [Mot de passe perdu?](#)

- Accueil
- Présentation du projet
- Questions des utilisateurs
- Forêts et Eau
 - Bilan Hydrique
 - ET et Régulation
 - Interception des précipitations
 - Réserve en eau du sol
 - LAI et Phénologie
 - Météorologie
 - Drainage
 - Modélisation
- Utiliser l'outil
- Contact

Bienvenue...

... sur le site web de BILJOU, un modèle de bilan hydrique forestier développé par l' UMR Ecologie et Ecophysiologie Forestières.

Ce site a été développé dans le cadre d'un projet du Réseau Mixte Technologique AFORCE et avec un soutien du GIP ECOFOR.



Vous trouverez ici de nombreuses informations sur le bilan hydrique des forêts, les différents flux d'eau dans l'écosystème et les facteurs de variations et de contrôle de ce bilan.



Notre site vous propose également un outil en ligne permettant l'utilisation de notre modèle de façon claire et rapide. Cet outil vous permet de calculer et télécharger vos résultats journaliers et annuels.

A ces résultats viennent s'ajouter des graphiques illustrant les variations de différents flux d'eau simulés par le modèle (évapotranspiration, drainage) ainsi que des indicateurs de sécheresse (durée et intensité du déficit hydrique).

AFORCE bilan hydrique – sept. 2010 – A Granier

Un exemple de fiche didactique :

Phénologie et indice foliaire

Comment intervient le couvert dans le bilan hydrique du peuplement ?

L'interface entre le couvert des peuplements et l'atmosphère joue un rôle clé dans le bilan hydrique. Les flux d'eau, entrants et sortants, sont modulés au cours de la saison par le couvert qui :

- contrôle l'interception des précipitations
- conditionne le rayonnement transmis au sous étage et au sol
- détermine la transpiration du couvert



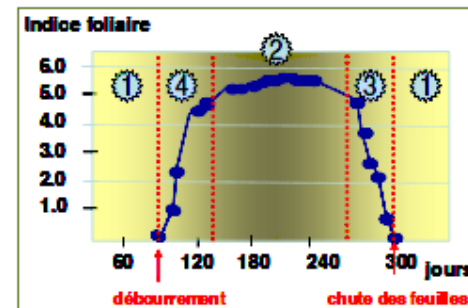
Couvert d'automne, forêt communale de Faulx.
Photo N Bréda

Phénologie du couvert et bilan hydrique

Dans le cas des peuplements à feuillage persistant (incluant les résineux et de nombreux feuillus méditerranéens comme le chêne vert), leur indice foliaire peut être considéré en première approximation comme constant tout au long de l'année. C'est en effet le sens du terme qui est donné à ces espèces dites sempervirentes : elles conservent un feuillage vert toute l'année. L'apparition de nouveaux éléments foliaires et la chute partielle de feuillage âgé impactent peu l'indice foliaire total du peuplement.

Dans le cas des espèces décidues (c'est-à-dire qui perdent leurs feuilles en automne, comme la plupart des feuillus tempérés et le mélèze), le bilan en eau des peuplements est modulé par leur phénophase :

- Au cours de la période défeuillée (1), l'interception est faible et provoquée par le bois (troncs, branches). la transpiration est nulle.



Un exemple de fiche didactique :



Exemple de jeunes feuilles de chêne (à gauche) et de hêtre (à droite) dont la transpiration est suffisante pour induire un flux de sève brute dans le tronc et donc une absorption d'eau du sol.

Photos : M Zapater)



Les aléas climatiques (coups de vent, tempêtes) produisent également des réductions brutales d'indice foliaire, dont la reconstitution prendra souvent plusieurs années. Les aléas biotiques peuvent également réduire l'indice foliaire en cours de saison et avoir des répercussions plusieurs années après, en provoquant par exemple des réductions de la surface individuelle des feuilles. Enfin, les sécheresses ou les dépérissements peuvent également affecter plus ou moins durablement l'indice foliaire des couverts.

Qu'entend-t-on ici par date de chute des feuilles ?

La date de chute des feuilles (ou aiguilles chez les mélèzes) est ici considérée comme celle à laquelle il n'y a plus que le bois (tronc et branches) qui intercepte les précipitations. La transpiration est quant à elle ralentie puis arrêtée avant cette date, en fonction de la proportion d'indice foliaire vert encore en place. La date de chute des feuilles correspond à une note 99 dans le [référentiel BBCH](#).

Références utiles



AUSSENAC G., GRANIER A., BRÉDA N. (1995) Effets des modifications de la structure du couvert forestier sur le bilan hydrique, l'état hydrique des arbres et la croissance. *Revue Forestière Française*, XLVII, 54-62



BRÉDA N. (1999) L'indice foliaire des couverts forestiers : mesure, variabilité et rôle fonctionnel. *Revue Forestière Française*, LI-2, 135-150



BRÉDA N., SOUDANI K., BERGONZINI J. C. (2002) Mesure de l'indice foliaire en forêt. GIP-ECOFOR ed., ISBN 2-914770-02-2



LEBOURGEOIS F., DIFFERT J., GRANIER A., BRÉDA N., ULRICH E. (2002) Premières observations phénologiques des peuplements du réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers. *Revue Forestière Française*, LIV, 407-418

☞ **L'INDICE FOLIAIRE
DES COUVERTS FORESTIERS : MESURE,
VARIABILITÉ ET RÔLE FONCTIONNEL**

Nathalie BRÉDA

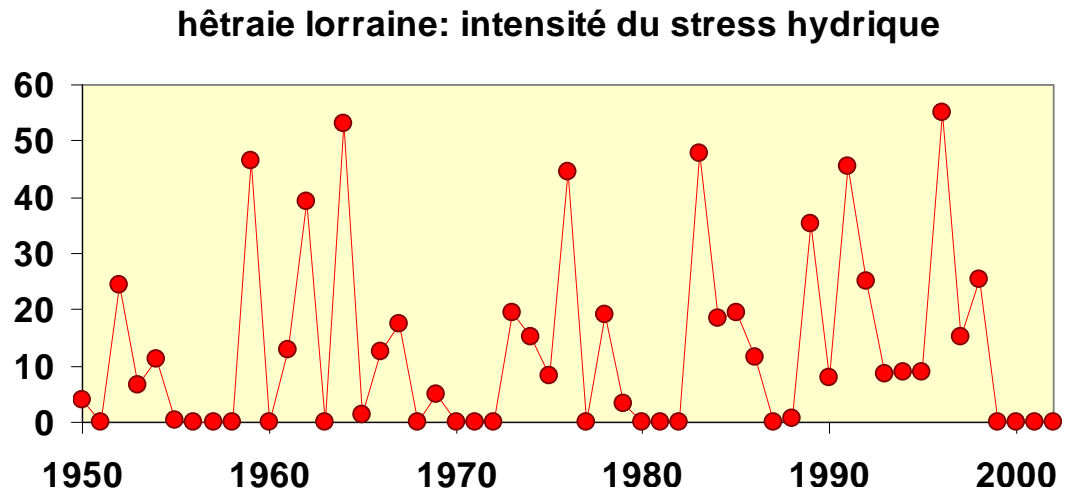
Dans un contexte climatique et stationnel donné, l'un des facteurs majeurs de la production d'un écosystème est son indice foliaire (Leaf Area Index pour les anglophones, abrégé par LAI), c'est-à-dire sa surface de feuilles exprimée par unité de surface au sol. La relation entre ce paramètre et la productivité est évidente : l'indice foliaire représente la surface par laquelle les flux de carbone (échanges photosynthétiques) et d'eau (transpiration) transitent.

L'accumulation de matière sèche dépend ainsi de l'indice foliaire, du rayonnement incident, et de l'efficacité de conversion de ce rayonnement via la photosynthèse en matière sèche. Les agronomes connaissent bien ce fonctionnement et sont désormais capables de prédire le rendement d'une culture à partir de son indice foliaire. Cette démarche est d'ailleurs utilisée couramment comme moyen de contrôle et de taxation des rendements à large échelle, les indices foliaires étant estimés par télédétection. Toutefois, pour nos principales espèces forestières, les gammes de fluctuation de ce paramètre du couvert et le déterminisme de ses variations sont encore mal connus, tandis que les liaisons productivité / indice foliaire à l'échelle du peuplement commencent seulement à être prospectées.

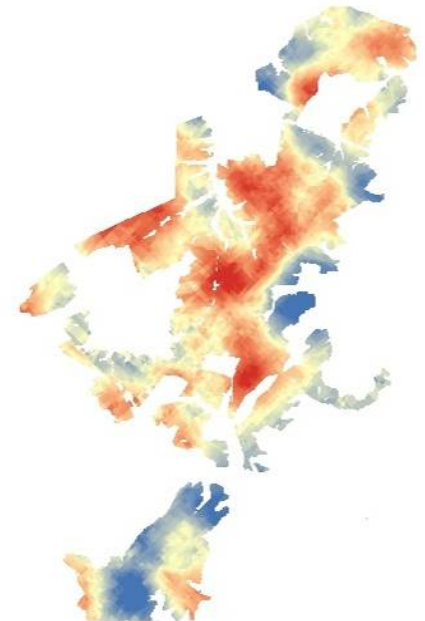
Applications :

1) situations réelles

*séries
temporelles
sur une station*



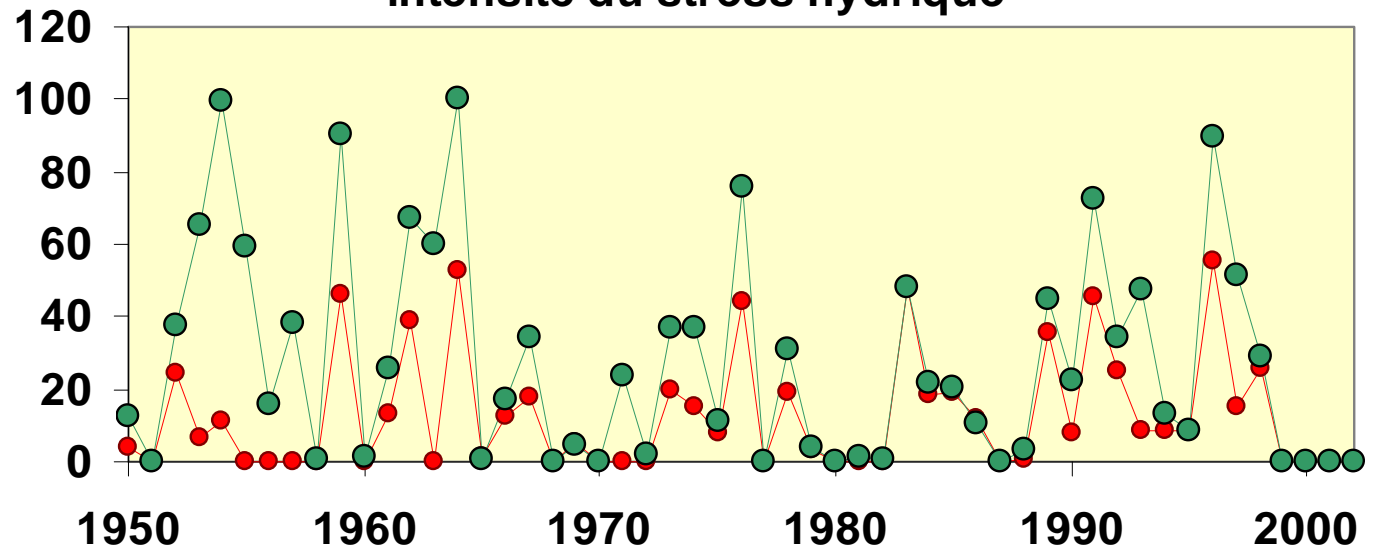
*spatialisation
du niveau de sécheresse
Sur plusieurs massifs
(N Bréda)*



Applications :

2) scénarios (sol, espèce, gestion)

hêtre vs. sapin ou épicéa :
intensité du stress hydrique



Applications :

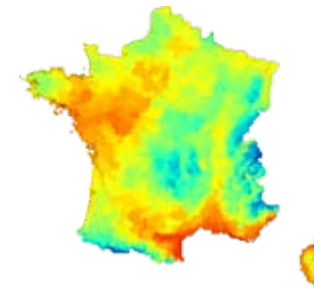
3) *climat modifié* (projets FAST, Climator, QDiv...) V Badeau



actuel



2050



2100

Biljou (QDiv)

Arpège v3 A1B CERFACS

Régionalisation types de temps

Pour résumer au 29/09/2010

- 1. En cours de résolution juridique autour de la licence d'utilisation*
- 2. Puis ouverture du site*
- 3. Organisation d'une première formation « pilote » sur le campus de Champenoux (1^{er} trimestre 2011)*
- 4. Quelles suites peut-on envisager :
Travailler sur d'autres produits ?
Co-construire des TP-TD avec les enseignants ?*