

Modélisation biophysique de la production et des échanges atmosphériques de cultures forestières à croissance rapide

Application au cas de jeunes peuplements de
Pins maritimes et d'Eucalyptus

Virginie Moreaux



Vendredi 29 janvier 2009

Journée Thèse des Bois

Mimizan

Directeurs de thèse: Denis Loustau et Eric Lamaud

Projet de recherche

Contexte

International

Energies fossiles et changement climatique global

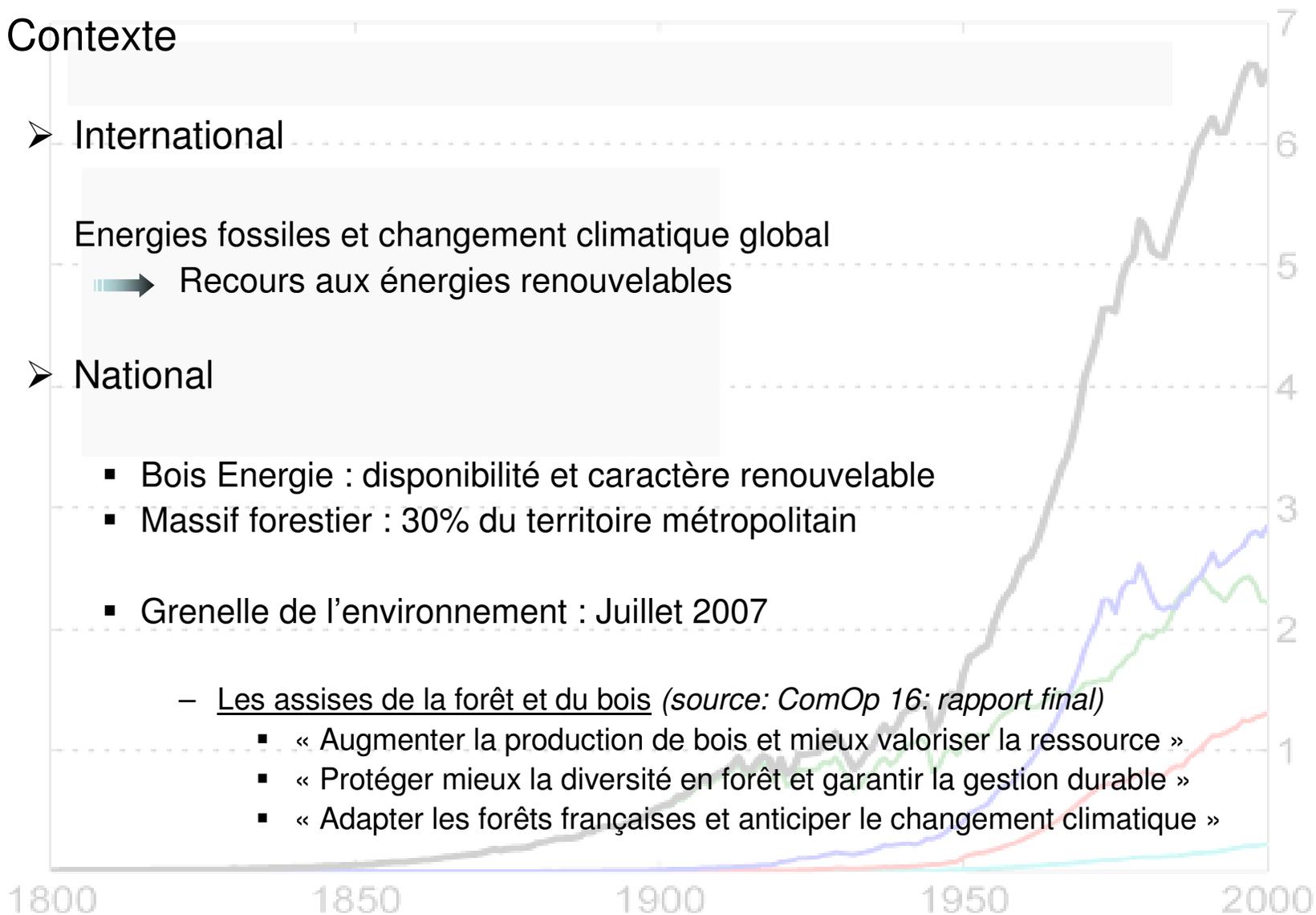
➔ Recours aux énergies renouvelables

National

- Bois Energie : disponibilité et caractère renouvelable
- Massif forestier : 30% du territoire métropolitain
- Grenelle de l'environnement : Juillet 2007

– Les assises de la forêt et du bois (source: ComOp 16: rapport final)

- « Augmenter la production de bois et mieux valoriser la ressource »
- « Protéger mieux la diversité en forêt et garantir la gestion durable »
- « Adapter les forêts françaises et anticiper le changement climatique »



Production d'énergie renouvelable (hors biocarburants), en Mtep 2006 2020 2006/2020

	2006	2020	2006/2020
Chaleur	9.7	19.7	+10.1
- Biomasse	8.8	15.0	+6.2
- Géothermie	0.4	2.3	+1.9
- Solaire	0.00	0.9	+0.9
- Déchets	0.4	0.9	+0.5
- Biogaz	0.0	0.6	+0.5
Electricité	5.6	12.9	+7.2
- Hydraulique	5.2	5.8	+0.6
- Eolien terrestre	0.2	3.6	+3.4
- Eolien en mer	0.0	1.4	+1.4
- Biomasse	0.2	1.4	+1.2
- Solaire photovoltaïque	0.0	0.5	+0.5
- Autres (géothermie, énergies marines, ...)	0.0	0.1	+0.1

+ 12 Mm³ en 2012 (soit 30%)
+ 20 Mm³ en 2020 (soit 1 Mm³ par an)

Source: Ministère EEDDM

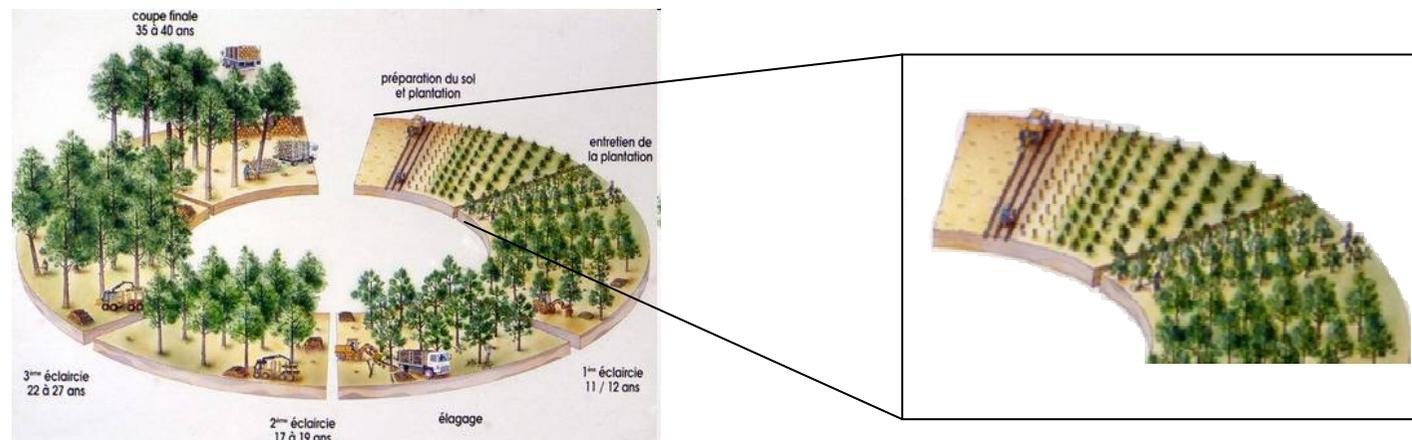
- Comité opérationnel « forêt » (ComOp 16)
Création d'un fond de mobilisation des produits forestiers.

➤ Contexte régional

- Intensification des pratiques sylvicoles dès les années 60
- Potentiel forestier important mais mal exploité
- Zone aquitaine soumis aux changements et aléas climatiques observés et projetés par les modèles (T, CO₂, O₃, dépôts azotés, évènements extrêmes (sécheresse)...)

□ Objectifs scientifiques

- Quelles sont les exigences énergétiques, hydriques et carbonées de ces peuplements dans un contexte de changement climatique?
- Comment fonctionnent les échanges eau-carbone-énergie durant la phase juvénile post régénération (couvert inhomogène)?



Source: B. Patricot. CPFA, 1968

- Comment prendre en compte ces échanges dans la modélisation des processus pour une gestion «écologique durable»?

□ Démarche

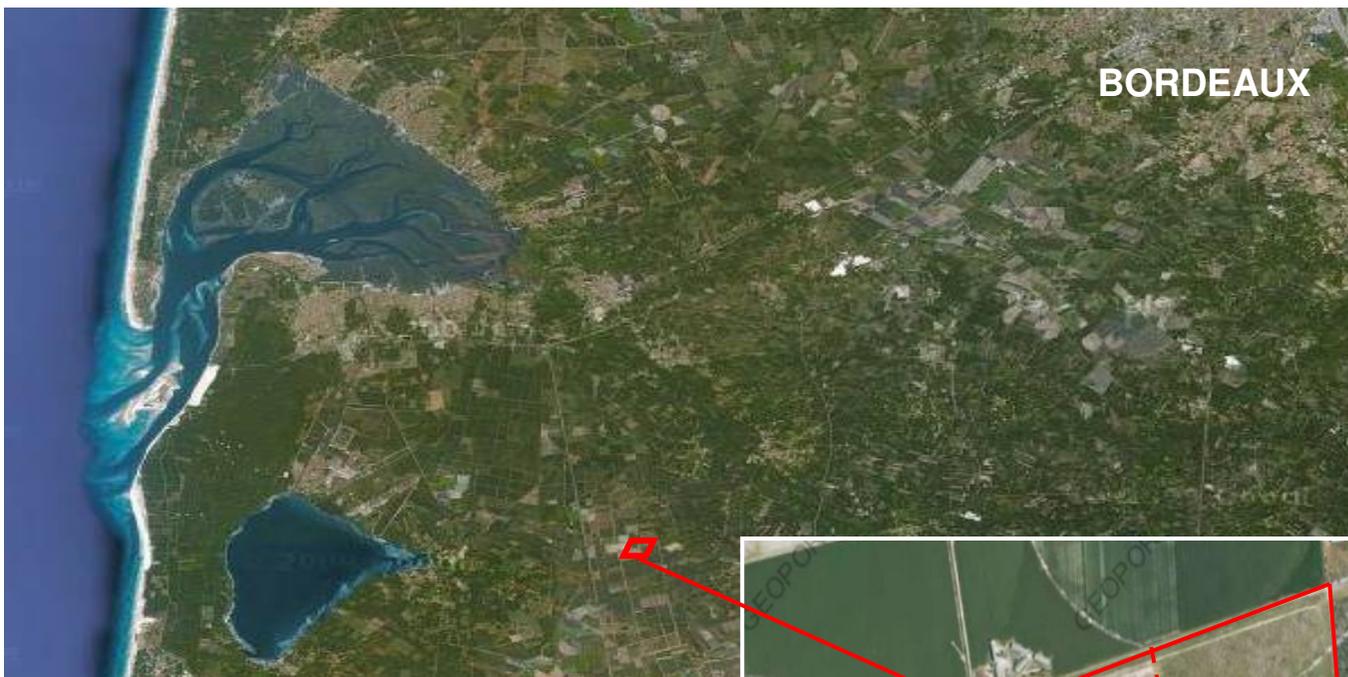
Quantification des échanges d'énergie, d'eau et de carbone de deux systèmes sylvicoles, Eucalyptus et pins maritimes:

Analyses passées et présentes dans un objectif d'analyse des potentialités futures de ces peuplements

- Détermination expérimentale des effets du sous-étage dans le fonctionnement de jeunes peuplements.
- Paramétrisation et calibration d'un modèle de fonctionnement biophysique (3D) pour l'Eucalyptus et le Pin maritime intensifié.
- Couplage de ce modèle biophysique avec un modèle de croissance
- Analyse des potentialités des peuplements dans le Sud Ouest: implémentation du modèle couplé avec un forçage par un scénario climatique régionalisé 8 x 8 km.

Sites expérimentaux

□ Parcelles de Bilos: Gironde (33), Pins Maritimes



- Lat: 44° 29' 36"
- Long: 00° 57' 14"
- ≈ 60 ha: 2 × 30 ha



➤ Caractéristiques



Bilos 1

- ≈ 30 ha
- 5 ans ½ (semis en juillet 2004)
- Dépressage et 1^{er} débroussaillage: Nov. 2008
- 2^{ème} débroussaillage : Nov. 2009
- **N = 1800 arbres.ha⁻¹**



Bilos 2

- ≈ 30 ha
- 4 ans ½ (semis en juillet 2005)
- 1^{er} débroussaillage: Nov. 2010
- Mélange d'espèces
- **N = 14 400 arbres.ha⁻¹**



Bilos 1 2 ans



Bilos 1 1 an

➤ Biomasse



Phytolacca



Pteridium
aquilinum



Ajoncs nains



Callune
Bruyère

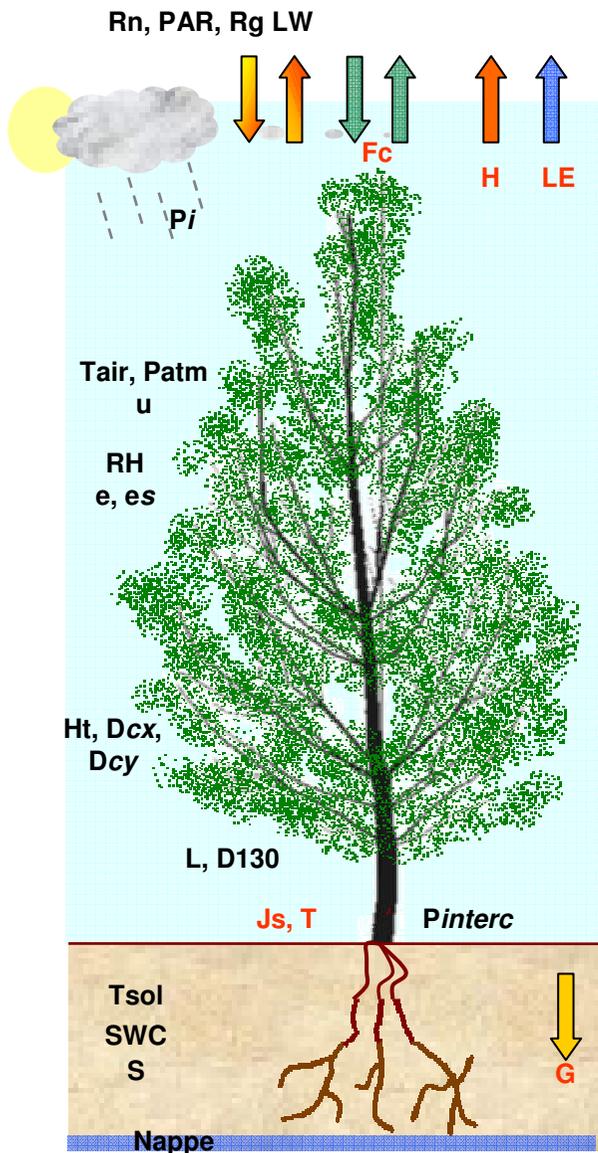
Sites	Moyenne des parties vertes g.m-2	Intervalle de confiance g.m-2
Bilos 1	98.5	43.2
Bilos 2	373.3	163.6

Premiers résultats

Comparaison du bilan d'énergie, de l'évapotranspiration et du flux net de CO₂ de deux jeunes peuplements de pins maritimes, débroussaillée ou en présence d'un peuplement d'ajoncs nains



Comparaison du bilan d'énergie, de l'évapotranspiration et du flux net de CO₂ de deux jeunes peuplements de pins maritimes, débroussaillée ou en présence d'un peuplement d'ajoncs nains



Bilan d'énergie

Rayonnements
Température
Chaleur sensible
Chaleur latente
Chaleur dans le sol

Bilan hydrique

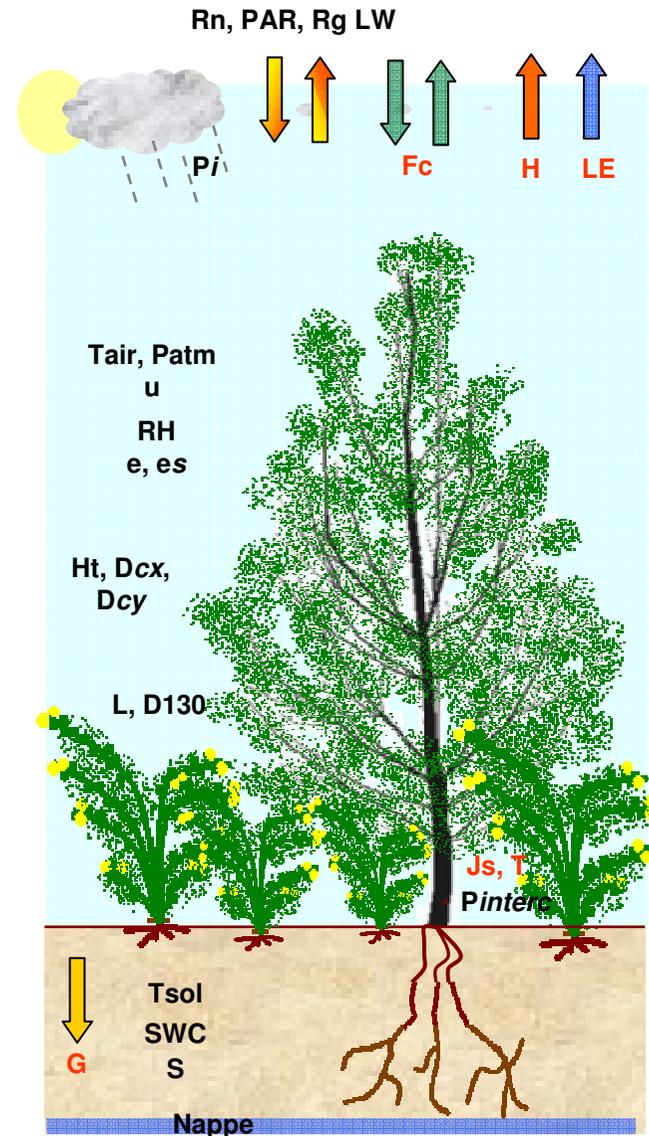
Pluie incidente
Pluie interceptée
Humidité relative
Pressions de vapeur
Contenu en eau du sol
Nappe
Densité de flux de sève
Transpiration
Evapotranspiration

Bilan de carbone

Flux de carbone
Stock dans le sol

Croissance

Accroissement du tronc
Hauteur totale
Diamètre à 1m30,
Diamètre maximale de la
couronne



Comparaison du bilan d'énergie, de l'évapotranspiration et du flux net de CO₂ de deux jeunes peuplements de pins maritimes, débroussaillée ou en présence d'un peuplement d'ajoncs nains

➤ Dispositifs



Interception de la pluie



Humidité du sol



Capteur flux de sève

Système Eddy Corrélation



Capteurs météo

□ Modification du bilan d'énergie

- Bilan radiatif

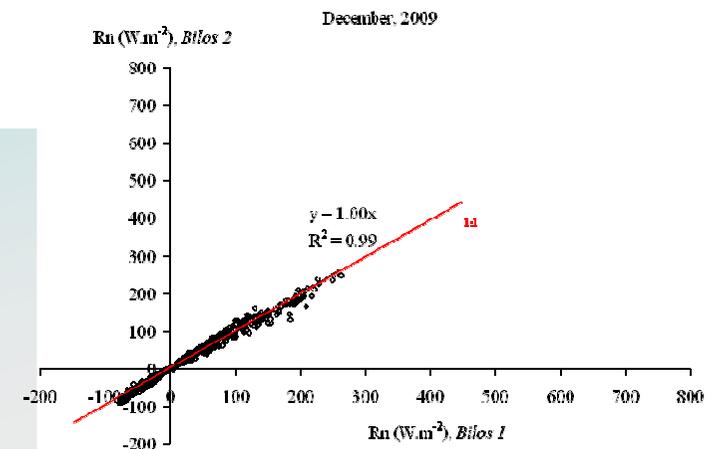
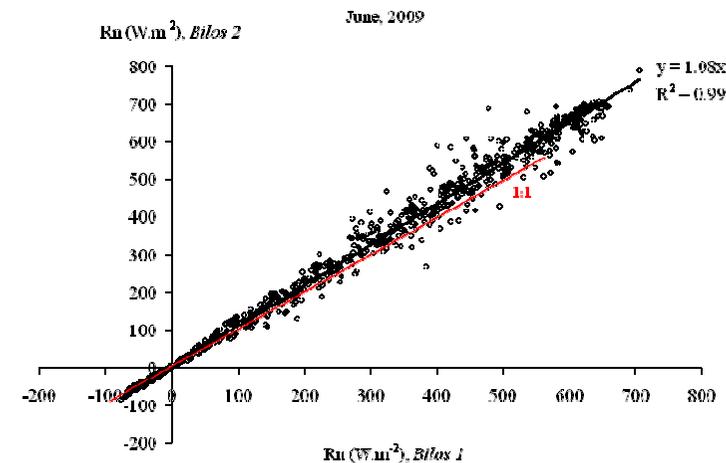
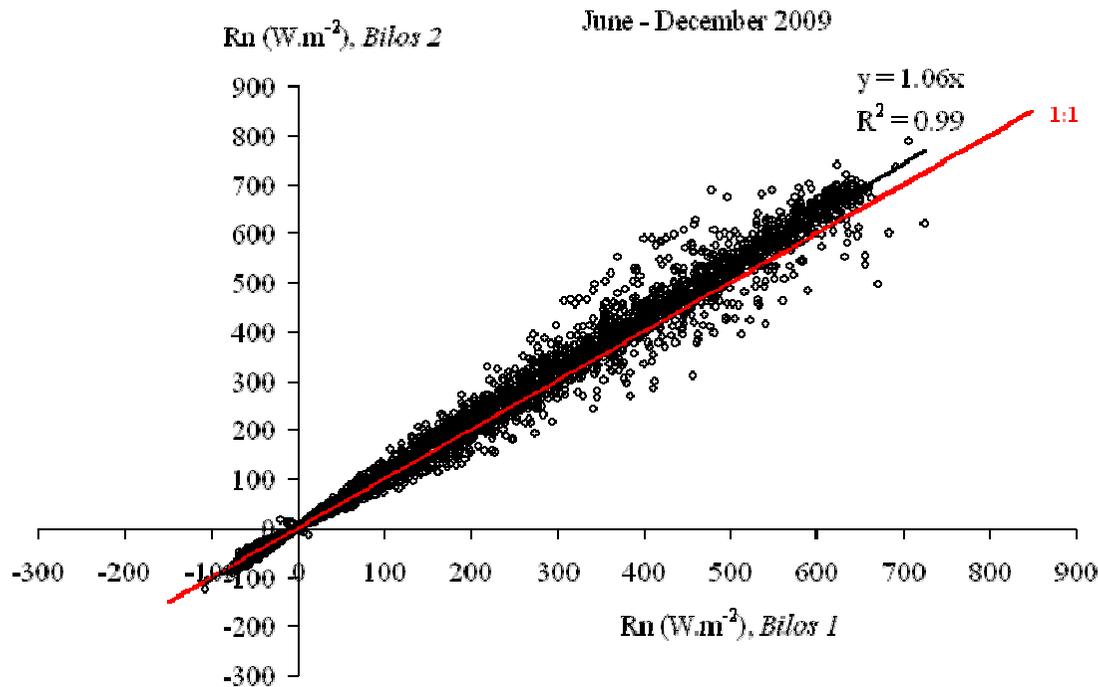
$$R_n = (1 - \alpha) R_g + LW \downarrow - LW \uparrow$$

- Bilan de chaleur

$$R_n = LE + H + G$$



➤ Rayonnement net légèrement plus élevé sur Bilos 2

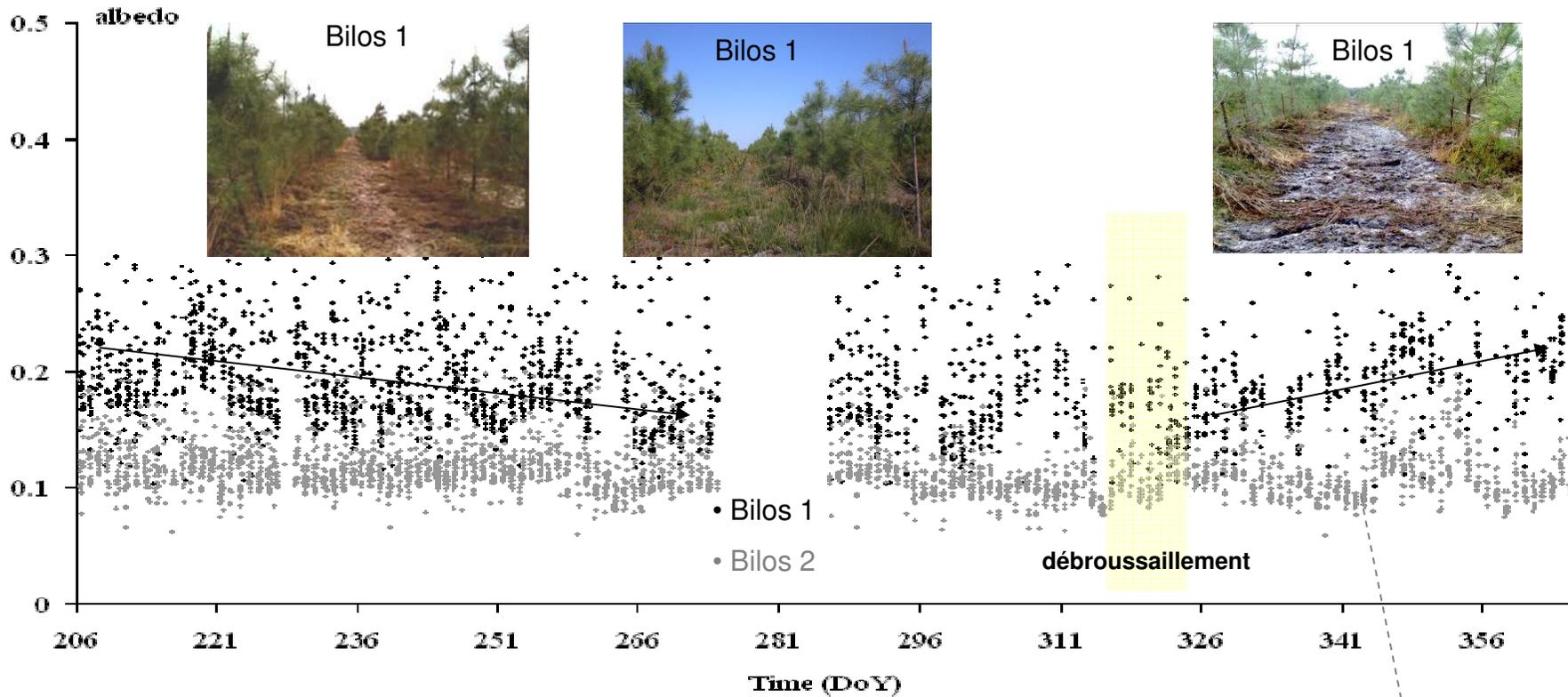


- Rn (Bilos 2) \geq Rn (Bilos 1)
- Rn (Bilos 2) \approx Rn (Bilos 1) en fin de période

- ➡ Albédo plus élevé sur Bilos 1
- ➡ Rayonnement de grande longueur d'onde plus élevé sur Bilos 1

➤ Albédo

$$Rn = (1 - \alpha) Rg + LW \downarrow - LW \uparrow$$



• a_{moy} (Bilos 1) = **0.19** - a_{moy} (Bilos 2) = **0.11**

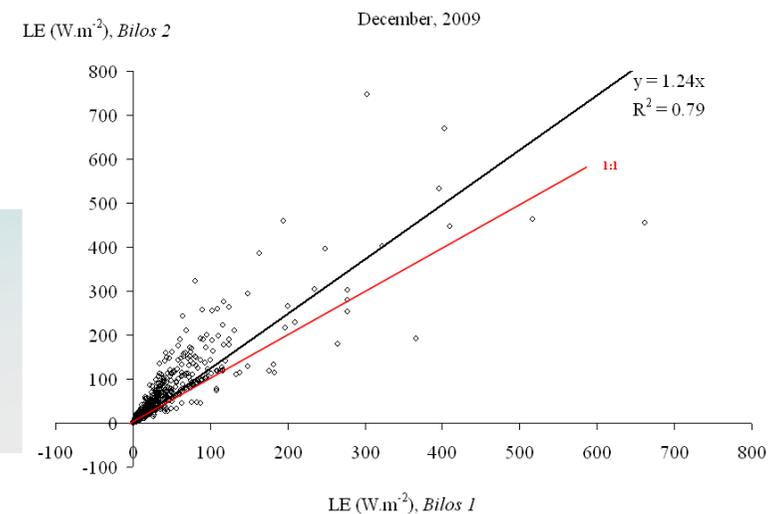
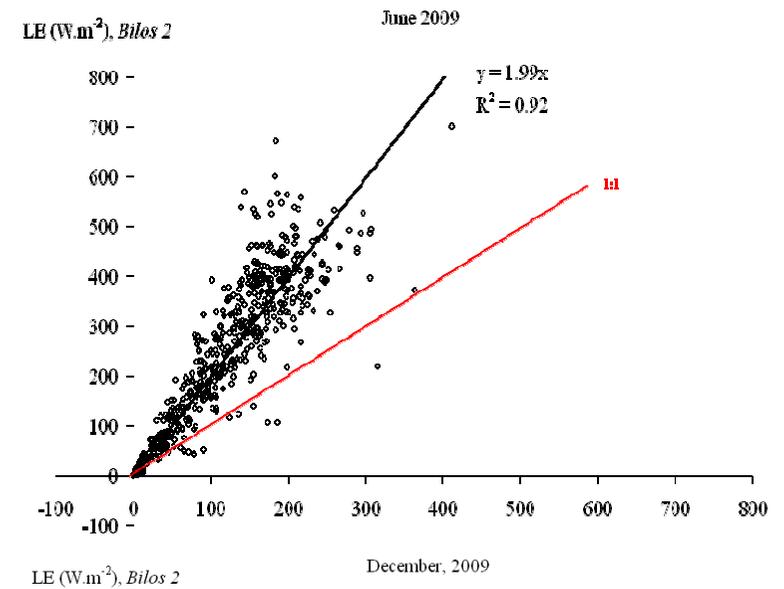
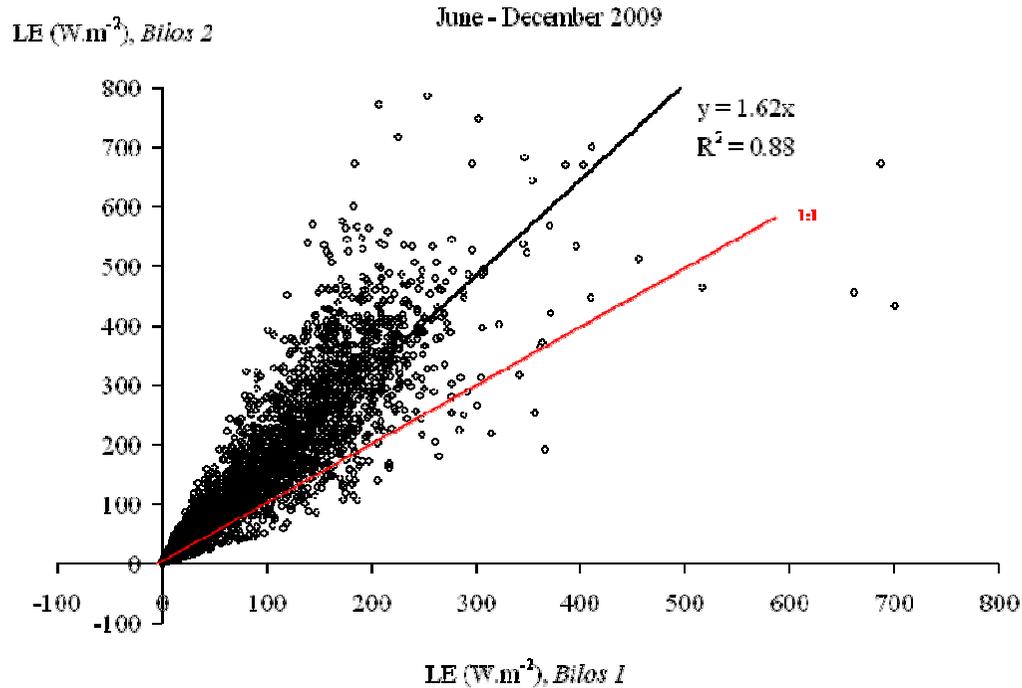
➡ Moins de réflexion sur Bilos 2, effet de structure et couleur

• Variations de a sur Bilos 1 plus marquées

➡ Evolution de la structure des interlignes sur Bilos 1



➤ Chaleur latente $R_n = LE + H + G$

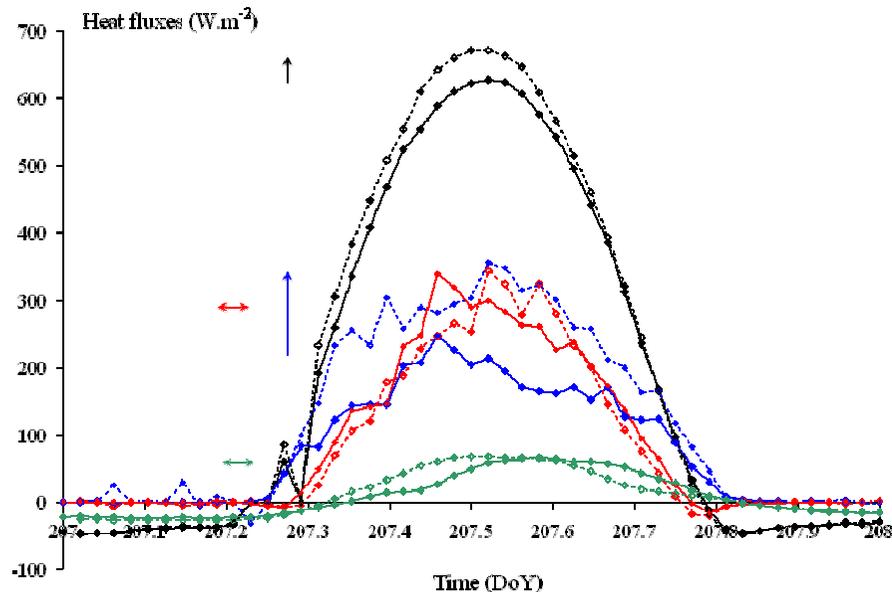


- LE (Bilos 2) > LE (Bilos 1) d'un facteur 1.62
- LE (Bilos 2) tend à se rapprocher de LE (Bilos 1) au cours de la période

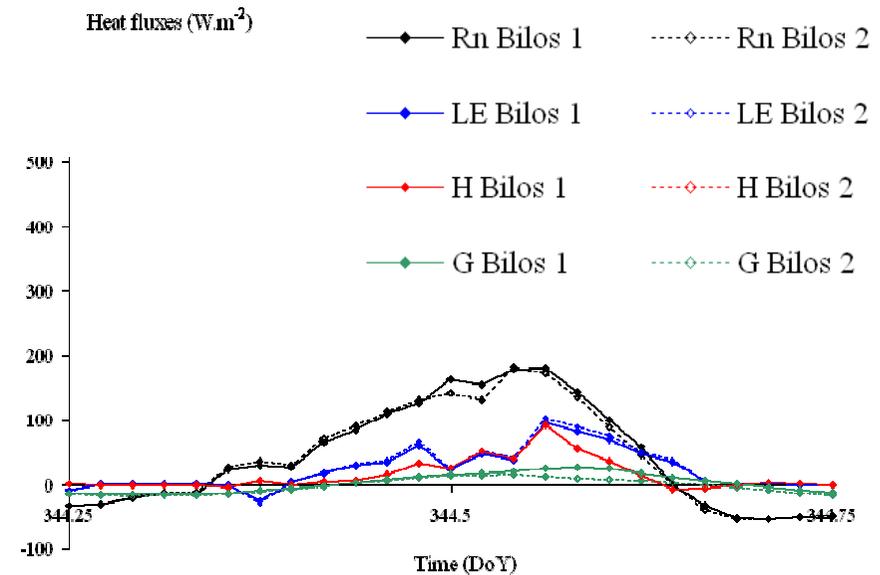
cf. Bilan hydrique

➤ Synthèse

26/07/2009



10/12/2009

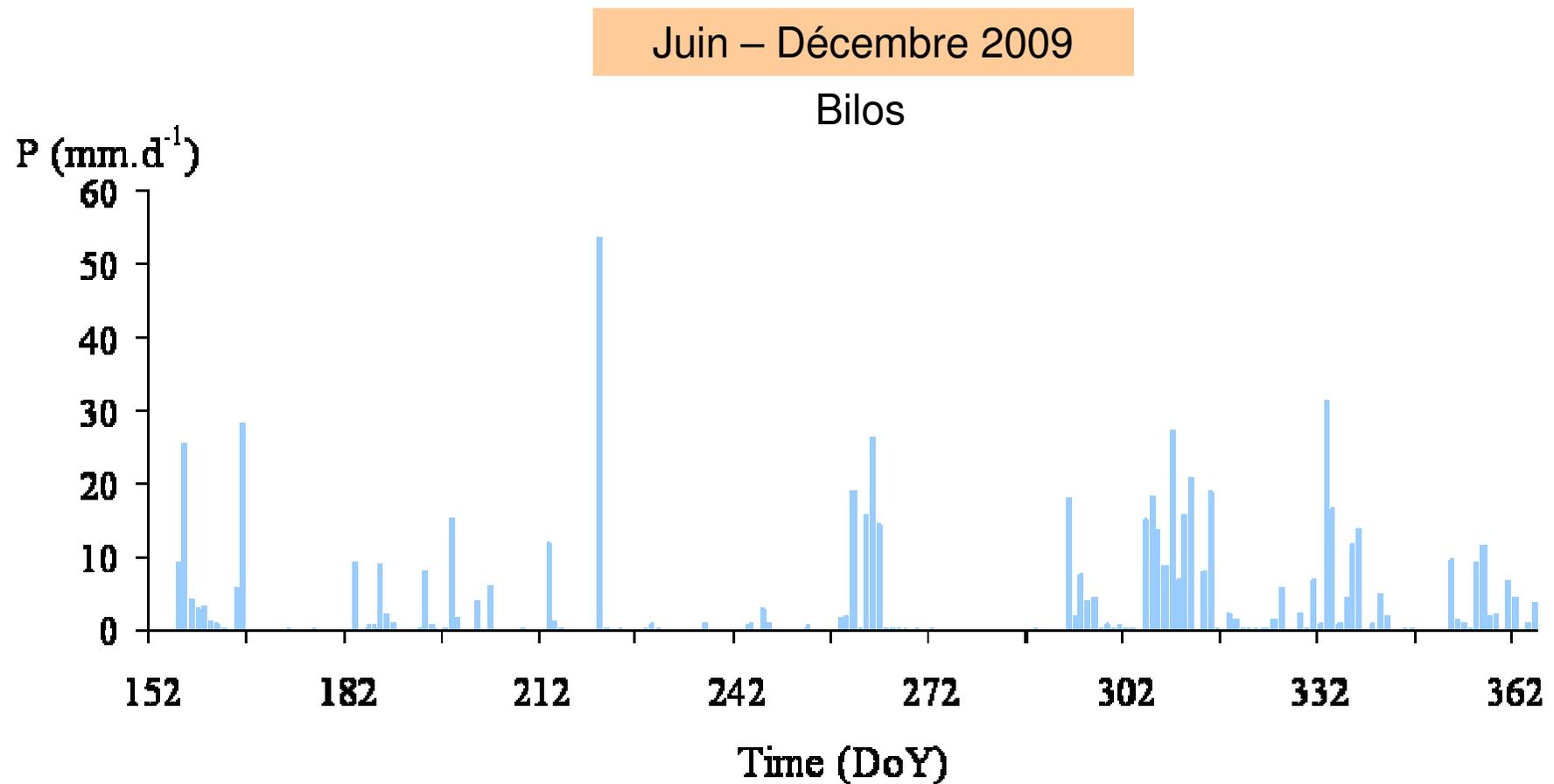


- Bilan d'énergie modifié qui s'explique en partie par:

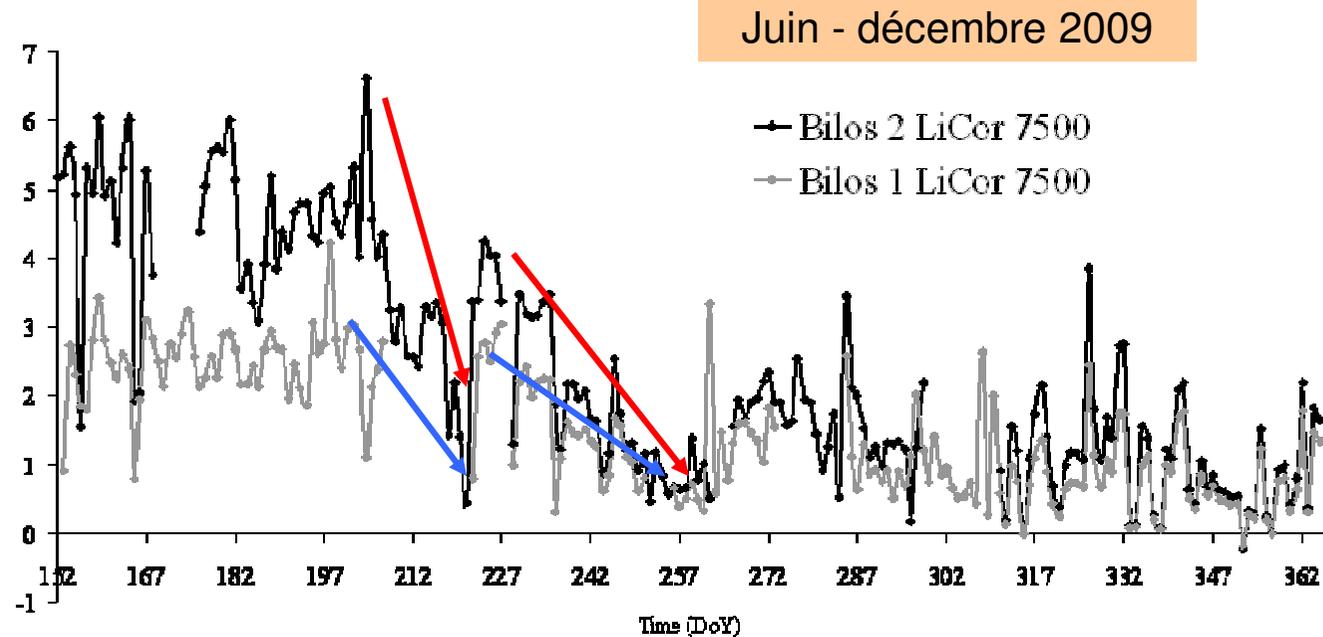
- ➡ La différence d'albédo en terme de bilan radiatif
- ➡ La différence d'évapotranspiration en terme de bilan de chaleur
- ➡ L'évapotranspiration n'explique pas tout, prendre en compte les flux de chaleur dans le sol

❑ Modification du bilan hydrique

➤ Précipitations

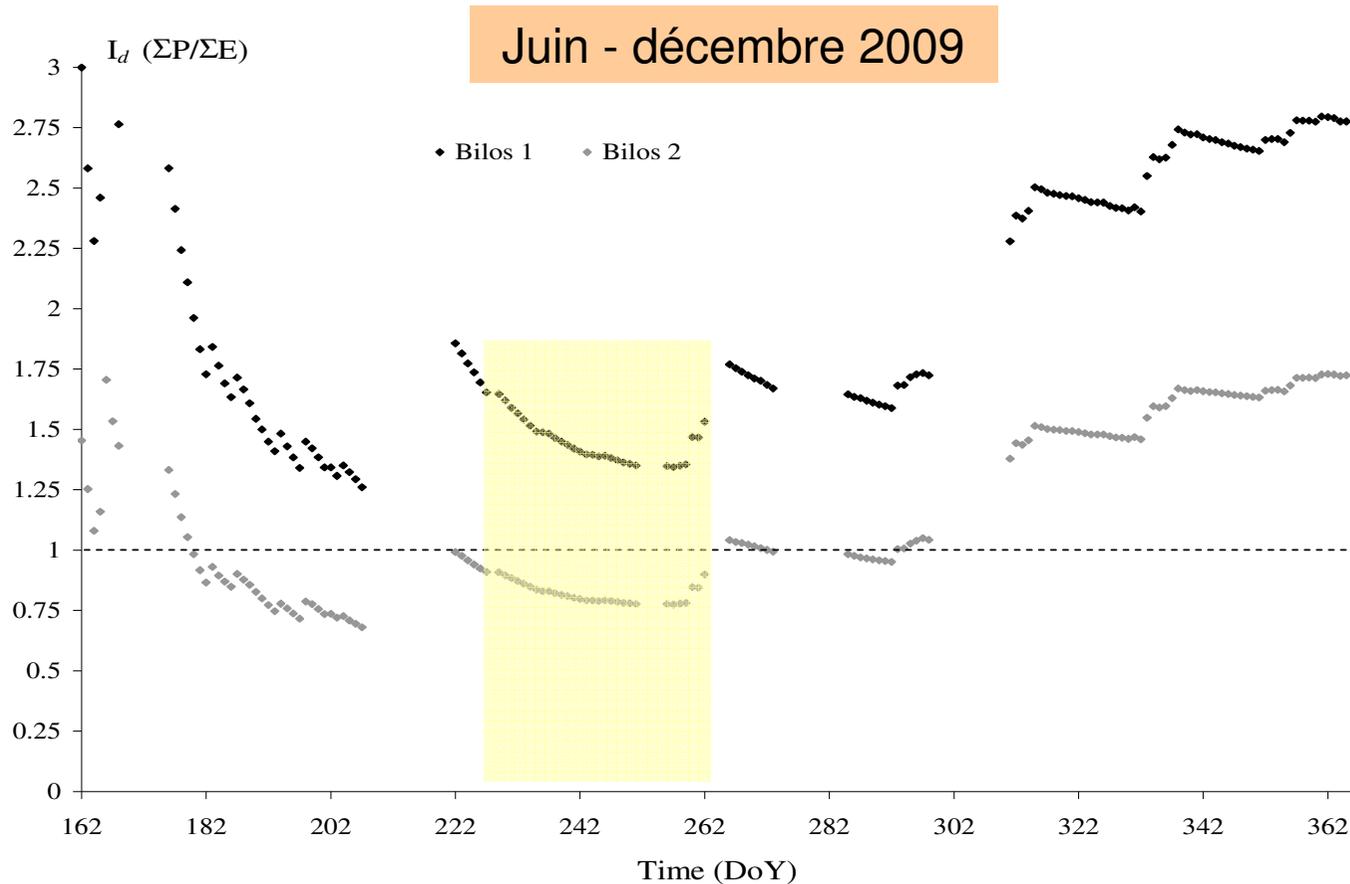


➤ Evapotranspiration (mm.j⁻¹)



- Juin - juillet - août marqués par un écart important entre Bilos 1 et Bilos 2
 - ➡ Rôle important de la végétation accompagnatrice
- Décroissance plus marquée sur Bilos 2 en période de sécheresse
- Ecart minimisé dès le mois de septembre après la sécheresse
 - ➡ Processus de fermeture stomatique plus important sur Bilos 2, effet ajonc
 - ➡ Végétation accompagnatrice en croissance sur Bilos 1

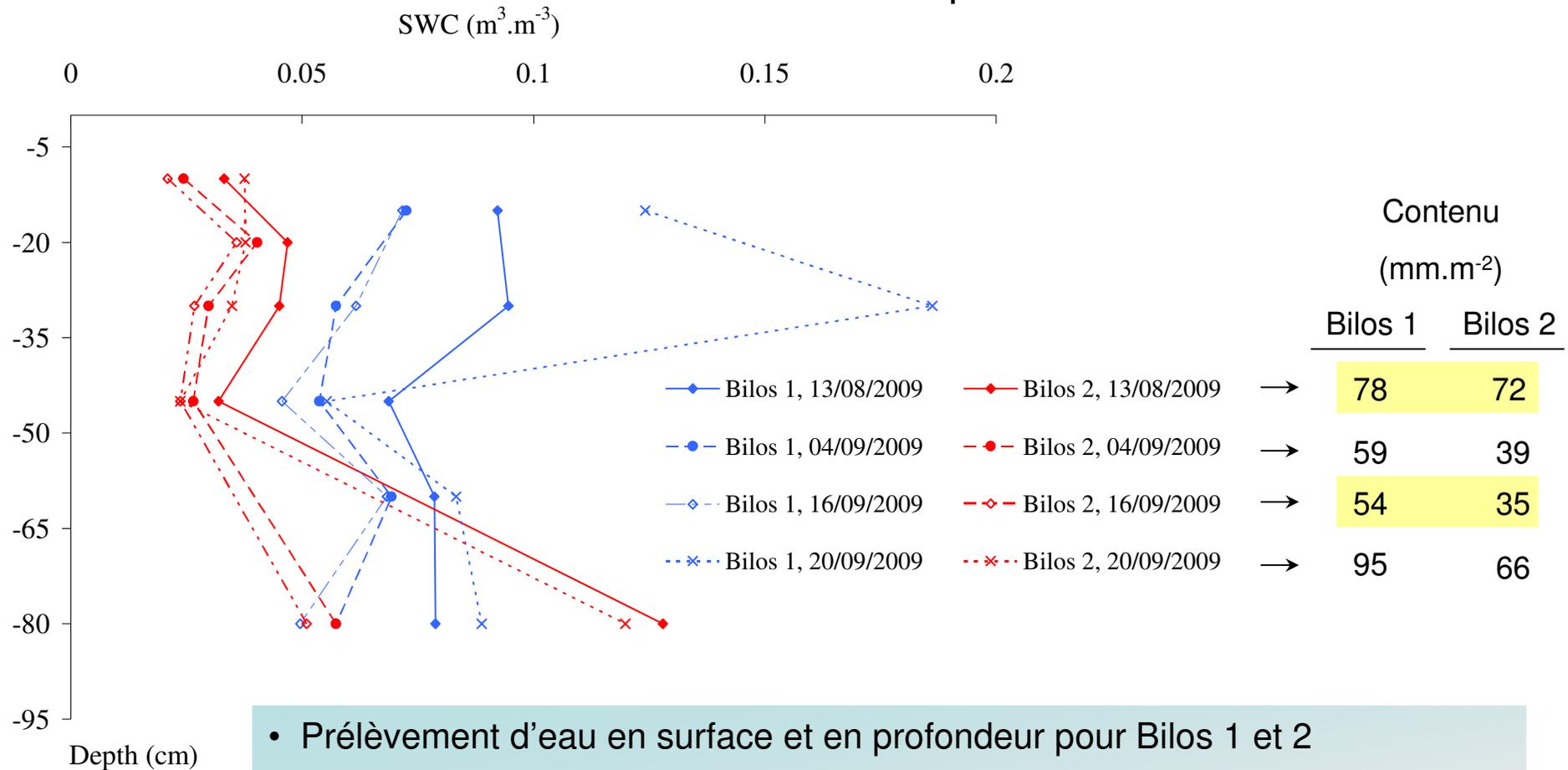
- Indice de sécheresse I_d : conditions de sécheresse extrême observée sur Bilos 2



- $I_d < 1$ sur Bilos 2 en juin, juillet et août.

➡ Bilos 2 pallie son manque d'apport par précipitations en prélevant l'eau du sol

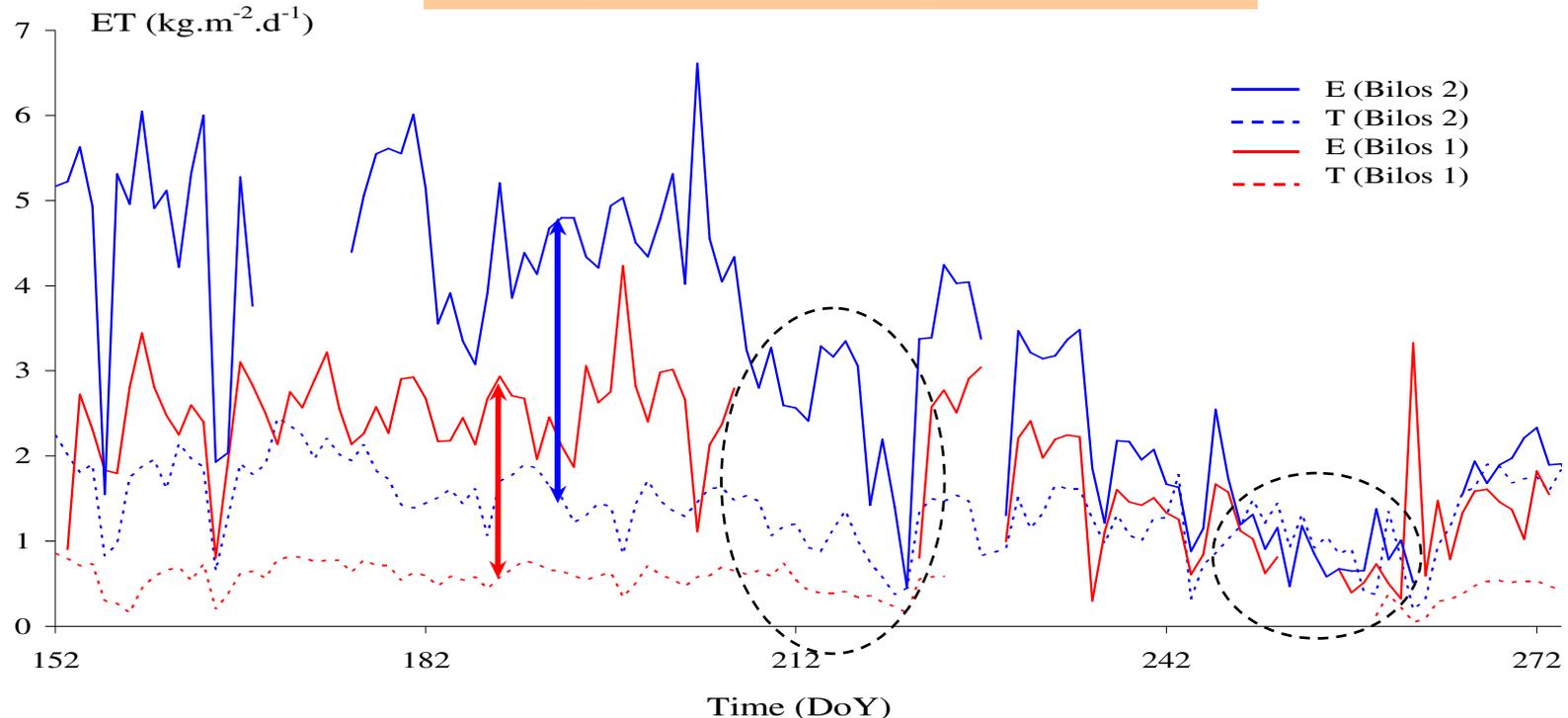
■ Contenu en eau du sol : assèchement important des sols



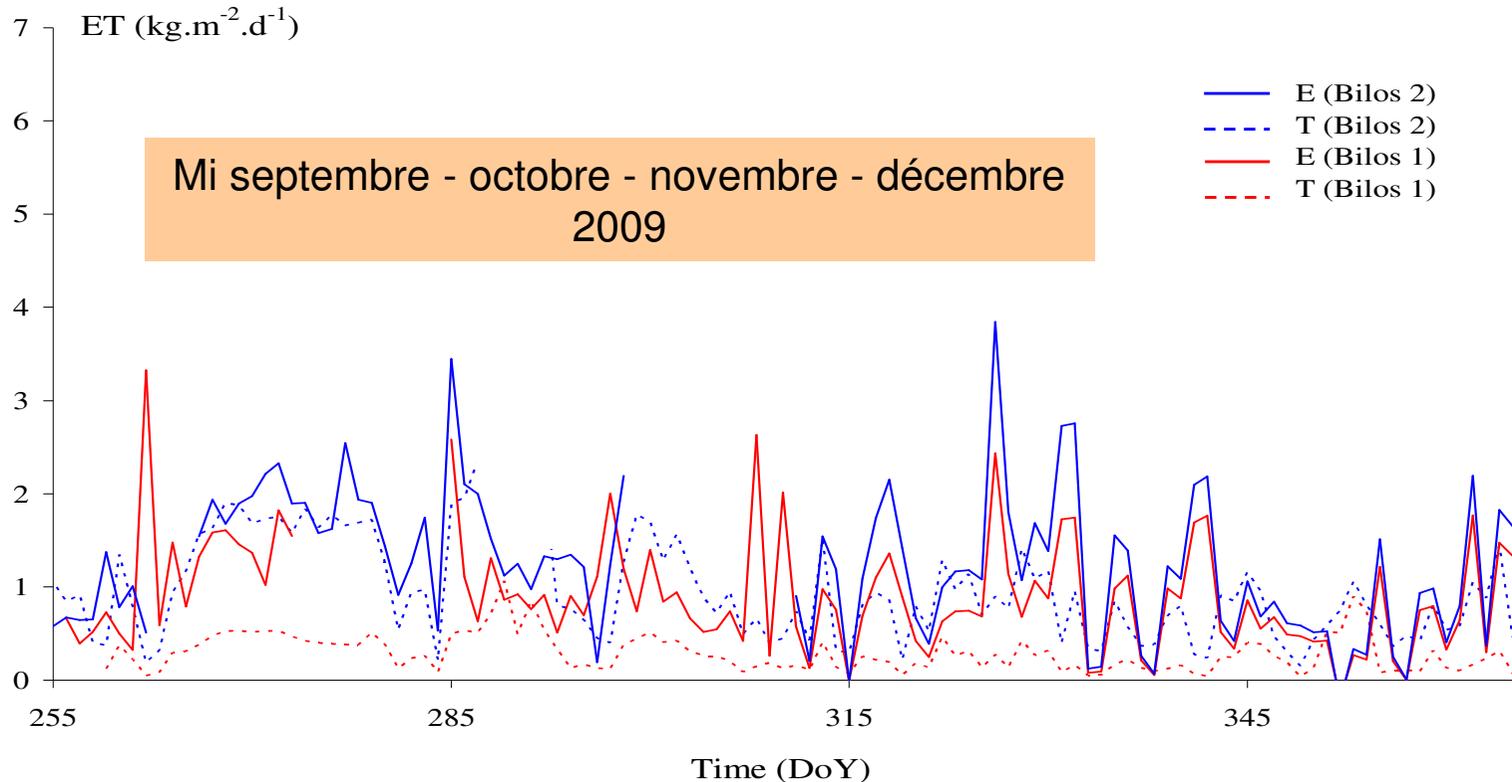
- Prélèvement d'eau en surface et en profondeur pour Bilos 1 et 2
- Zone de faibles variations de SWC autour de 45 cm : présence d'un alios
- Valeurs très faibles atteintes sur Bilos 2 au 16/09/09, écart d'environ 35% avec Bilos 1 : effet ajoncs

Comparaison évaporation totale du couvert (E) et transpiration des pins (T)

Juin - juillet - août - septembre 2009



- Importante contribution de la surface/sous bois à l'évaporation totale du couvert.
- Deux périodes marquées par une diminution de l'évaporation totale et de la transpiration.
 - ➡ Fermeture stomatique en période de sécheresse.
- Evaporation totale plus affectée par la sécheresse que la transpiration des pins.
 - ➡ L'ajonc semble plus sensible à la sécheresse



- Augmentation de T mi-septembre
 - ➡ Fort apport d'eau par précipitations et températures élevées.
- Evaporation totale qui semble contrôlée par la transpiration des pins sur Bilos 2
 - ➡ Sénescence de l'ajonc
- La contribution de la surface reste importante sur Bilos 1

Synthèse sur la période juin – décembre 2009

- 214 jours de mesures dont 132 points retenus pour ce bilan, soit 62 % des données

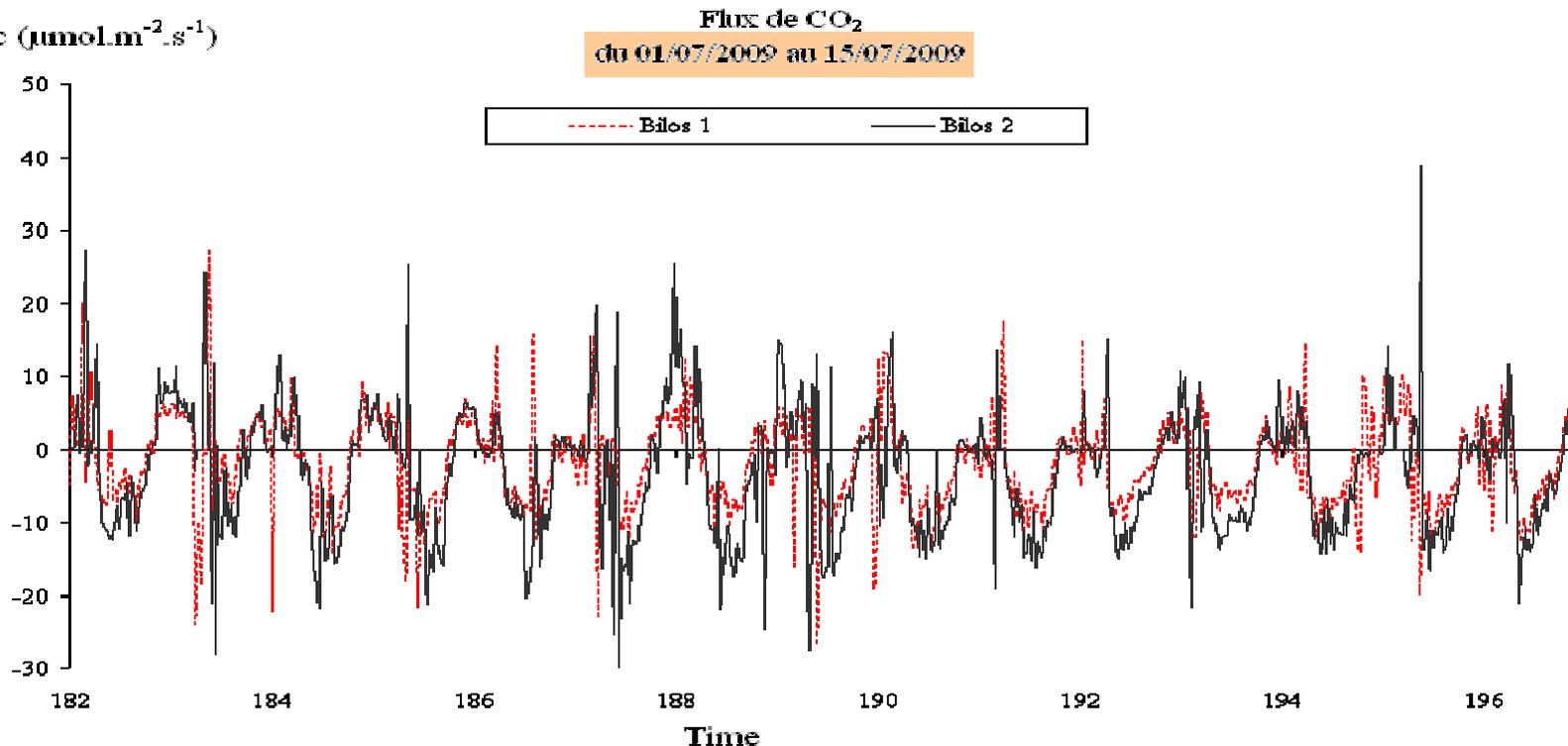
Sites	Précipitations mm	Évapotranspiration mm	Transpiration mm	Erreur standard tranpiration mm	Transpiration surface/sous bois mm
Bilos 1	437	198	53	15	145
Bilos 2	450	330	160	7	170

- Forte contribution de la surface sur Bilos 1 devant la transpiration des arbres
 - ➡ la surface occupée par les pins représente seulement 25 % de la parcelle
- Contribution à l'évapotranspiration du sous bois et des pins sur Bilos 2 similaire
- Transpiration des pins de Bilos 2 trois fois supérieure à celle de Bilos 1 pour une densité de peuplement 10 fois supérieure.

□ Modification du bilan de carbone

➤ Exemple de séries chronologiques

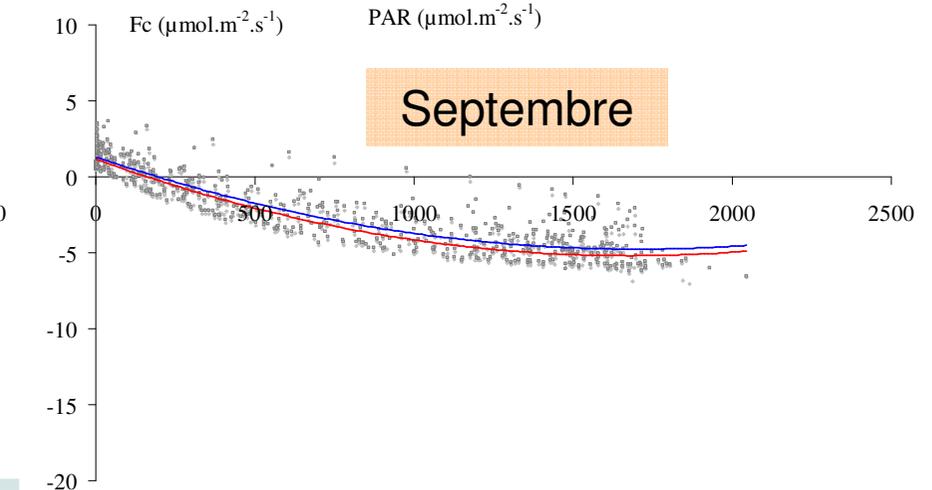
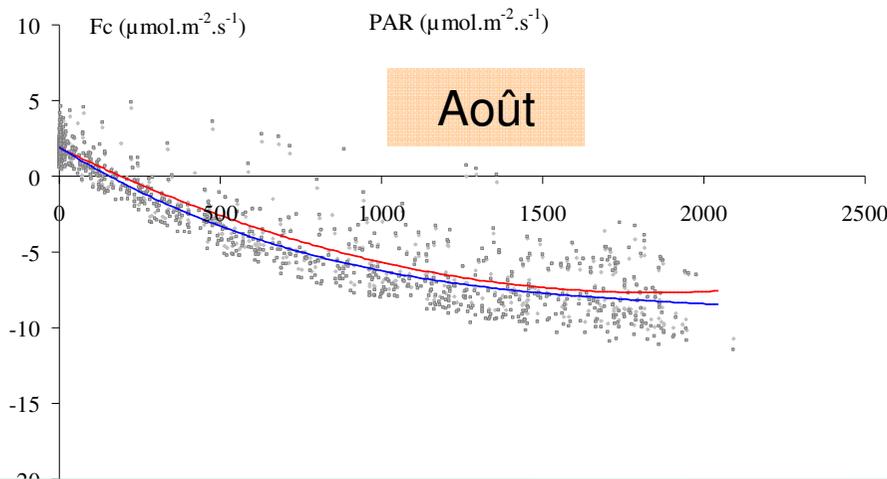
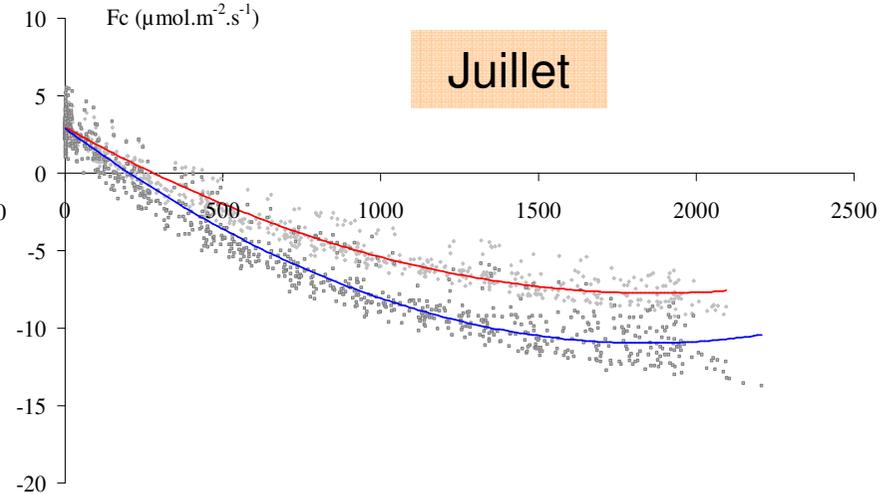
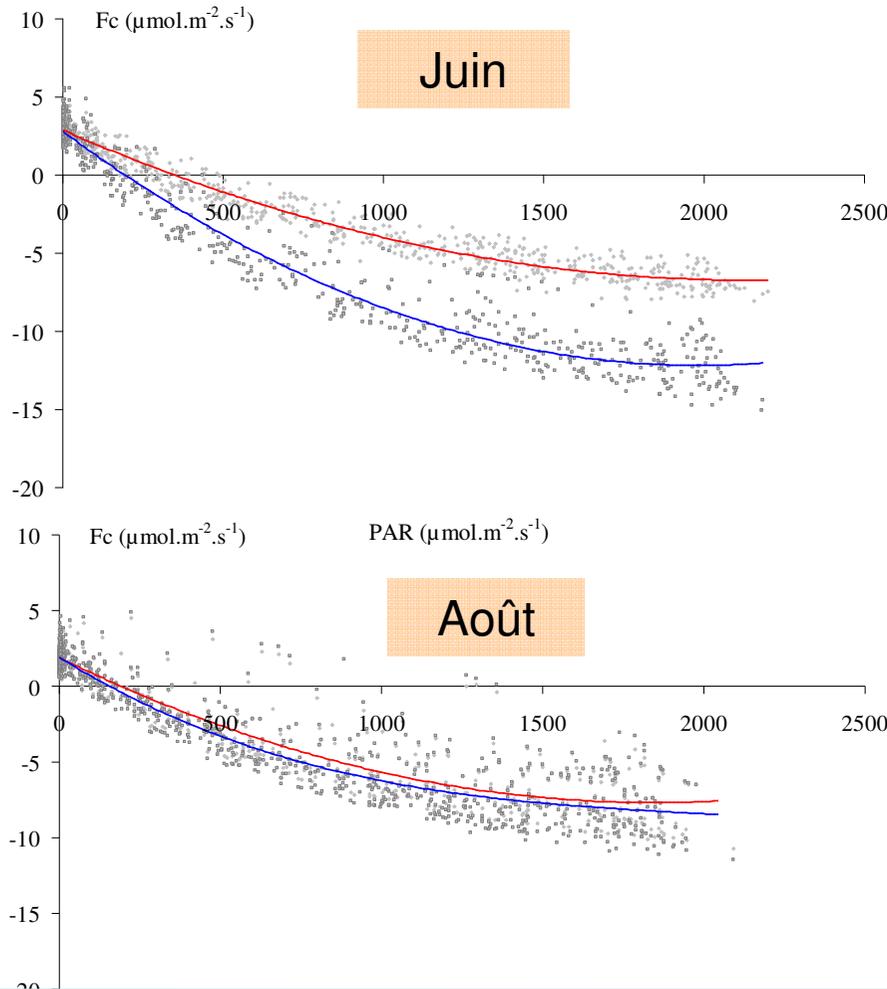
F_c ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)



- Activité photosynthétique plus importante sur Bilos 2.
 - ➡ Partie photosynthétiquement active sur Bilos 2 trois fois plus importantes
- Peu de visibilité sur le processus de respiration (cf. partitionnement des flux).

➤ Analyse photosynthèse – respiration par mois

selon la méthode de Kowalski et al., 2003



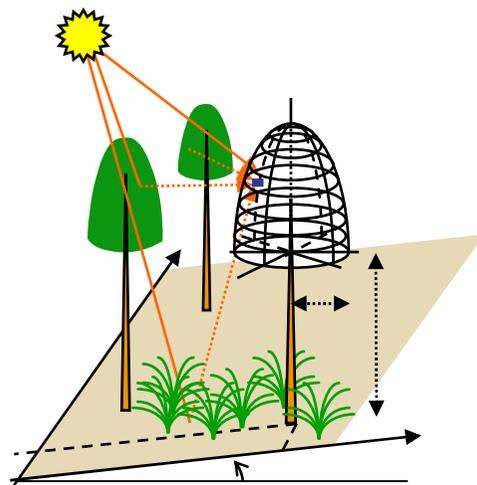
- Fc (Bilos 2) > Fc (Bilos 1) en juin-juillet puis similaires
- Diminution simultanée de Fc sur les deux sites
- Décroissance plus forte sur Bilos 2



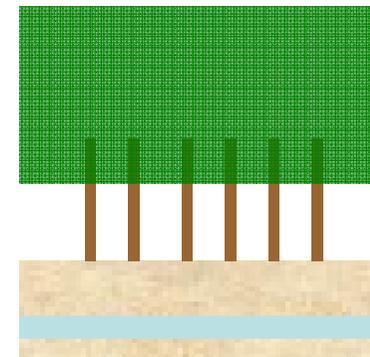
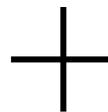
Partie verte 3 fois supérieures sur Bilos 2
Végétation accompagnatrice croissante sur Bilos 1

Perspectives

- ❑ Poursuite des mesures jusqu'à Novembre 2010
- ❑ Validation des données pour la période Juin 2009, Novembre 2010
- ❑ Modélisation des processus de transferts d'énergie d'eau et de carbone des jeunes peuplements aux caractéristiques plus complexes.



Modèle de fonctionnement



Modèle de croissance

- ❑ Projection sur la croissance des peuplements avec un forçage climatique régionalisé 8*8km

MERCI DE VOTRE ATTENTION

