

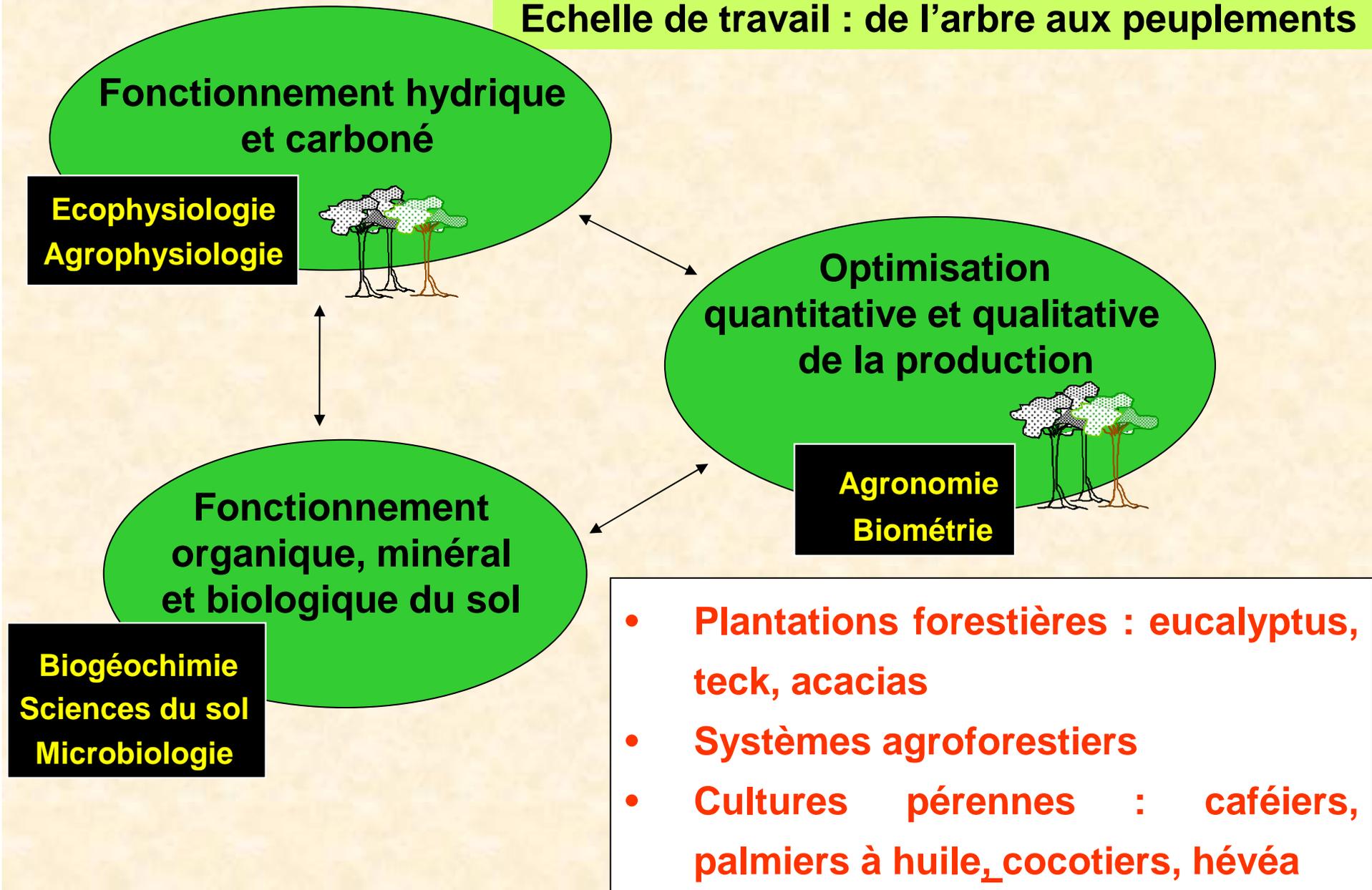
# Ecophysiologie des plantations d'hévéa en Thaïlande



*UPR 80-ETP (Cirad-Persyst)*

*Fonctionnement et Pilotage des Ecosystèmes de Plantations*

**Relations Plante-Sol-Atmosphère**  
**Approche écosystémique**  
**Echelle de travail : de l'arbre aux peuplements**



# Un partenariat bien établi pour un projet multidisciplinaire

"Toward the Improvement of the rubber tree productivity"



Kasetsart University (Bangkok)



Department of Agriculture, RRIT



UMR Piaf (Clermont), UR Ephyse (Bordeaux)



UR Systèmes de pérennes, UMR IATE,  
UMR DAP,...

University Prince of Songkla, IRD, Montpellier SupAgro,...

# L'écosystème hévéa

---

- L'hévéaculture produit du caoutchouc naturel et du bois d'hévéa.
- La Thaïlande est le premier producteur mondial.
- Le latex, produit des cellules laticifères, contient 65 % d'eau et 30 % de caoutchouc naturel constitué à 90 % de carbone.



# L'écosystème hévéa

---

- La première culture pérenne en Thaïlande
- > 2.0 millions ha en 2003  
(Monde > 10 M ha)
- 80 % dans la region Sud
- Region Sud
  - hévéa 54.1 %,
  - culture pérennes/forêt 29.0%
  - riz 11.1%.



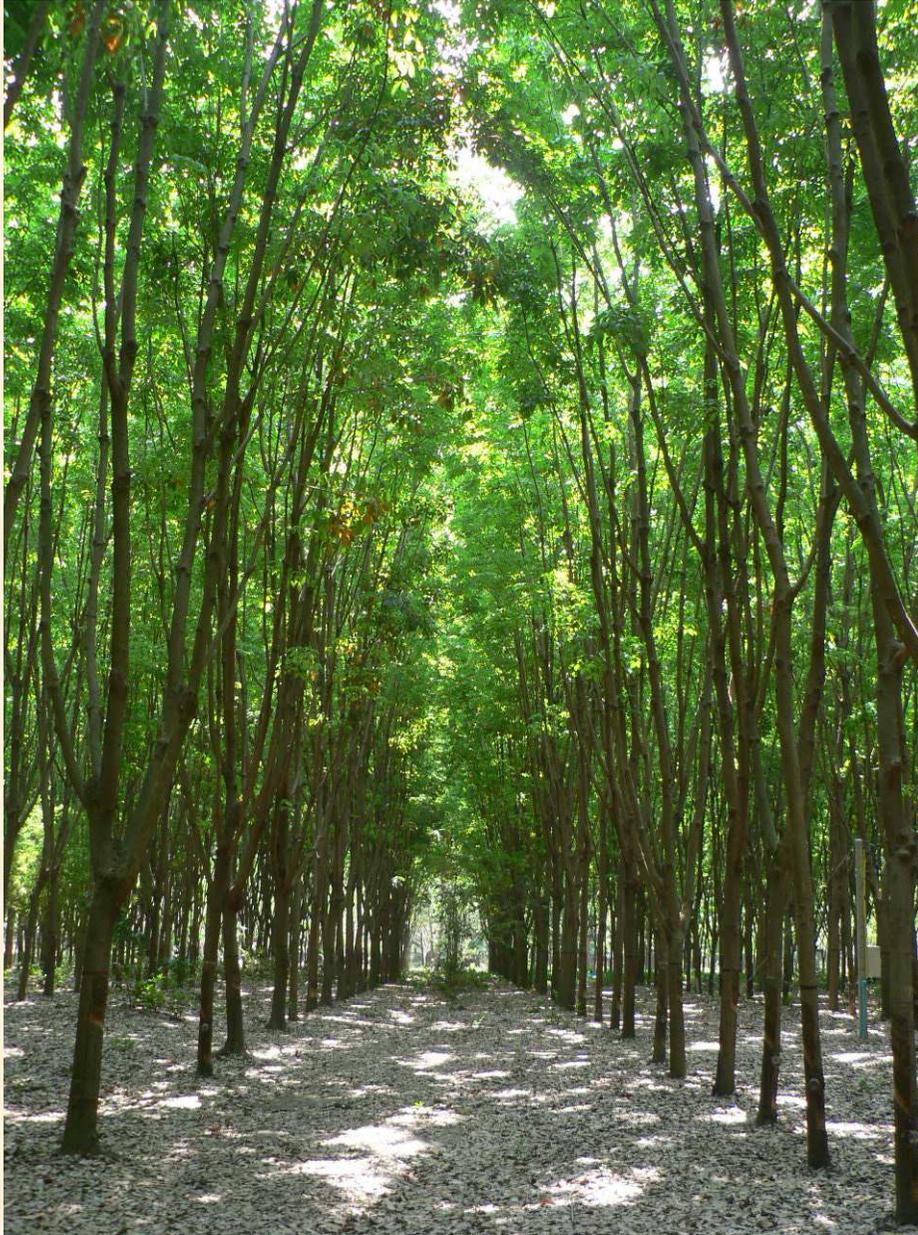
# L'écosystème hévéa

---

- Essentiellement de petites exploitations (< 5 ha)
- Une large majorité de parcelles en monoculture clonale
- Une filière structurée (groupements, coopératives, ORRAF, RRIT,...)



# Rubber tree monoclonal (RRIM 600) stand



# L'écosystème hévéa

---

- Changement d'utilisation des terres: extension dans le Nord et Nord-Est (zones plus sèches)
  - 209,000 ha dans l'E et 95,000 ha dans le NE.
  - Le gouvernement prévoit 1 M d'ha à planter dans le N et le NE.
  - Evaluer les performances des hévéas dans ces nouvelles zones, mais aussi leur impact sur l'environnement, et en particulier sur le bilan hydrique.

# L'écosystème hévéa

---

- Changement d'utilisation des terres: compétition avec le palmier à huile dans le Sud
  - Des choix à long terme sur de larges surfaces
  - Bilan de C comparé ?
  - Compétitivité relative face aux changements climatiques ?

# Objectifs Scientifiques

---

## De l'organe à l'arbre :

- Intégrer le fonctionnement laticifère au fonctionnement de l'arbre entier
- Prévoir l'influence du climat sur les performances

## De l'arbre à l'écosystème :

- Cycle du C et de l'eau dans l'écosystème
- Modélisation des échanges de C, eau et énergie de l'écosystème en fonction du climat
- Changements d'échelle

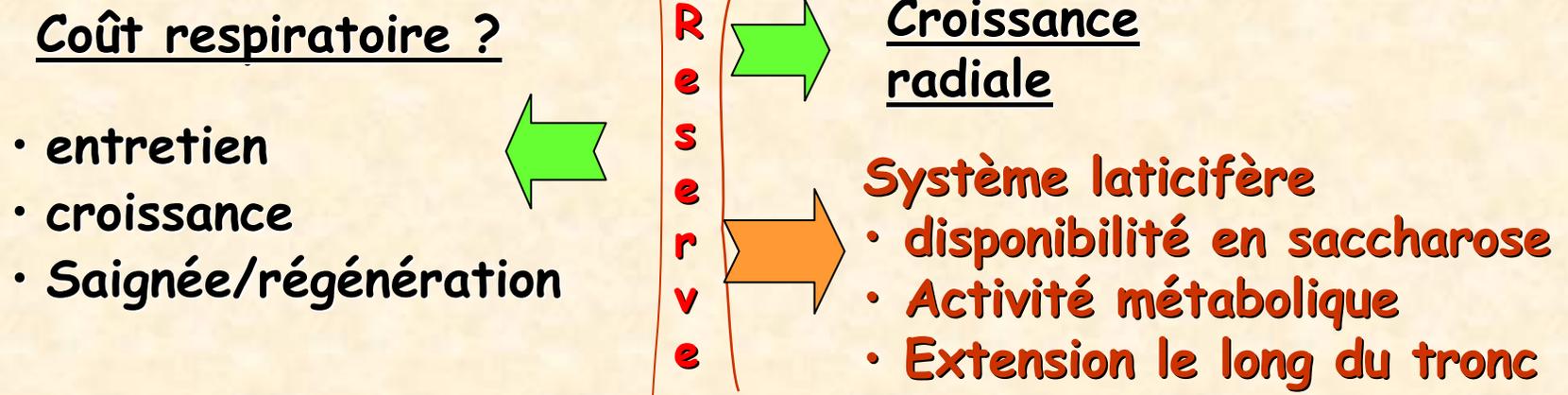
# Insertion dans le Schéma Stratégique du Département Persyst

## Domaine Thématique 2- fonctionnement, durabilité et impacts environnementaux des SP

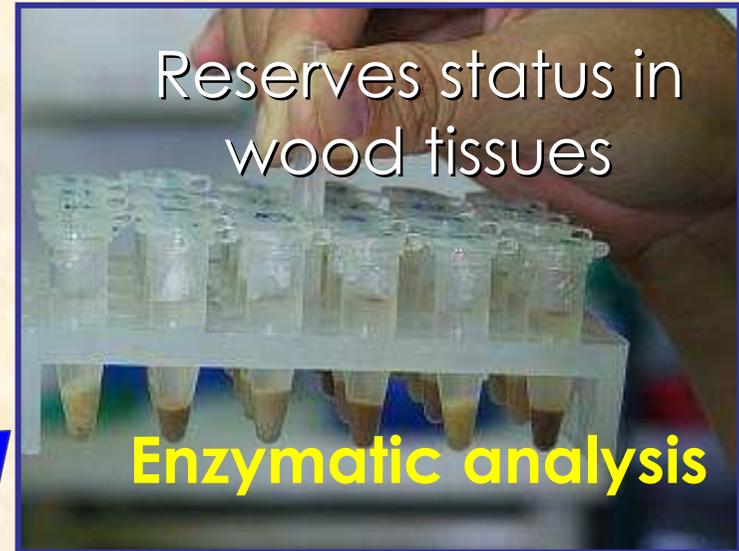
- l'écophysiologie, la biogéochimie, l'analyse des cycles des éléments majeurs ;
- la compréhension et l'utilisation explicite des processus de fonctionnement des systèmes de production, en vue d'en maîtriser leur pilotage biologique, reposant sur un recours à minima aux intrants.
  - quantifier les cycles biogéochimiques (carbone, eau, éléments minéraux, substances polluantes) et d'analyser leurs interactions en fonction des conditions climatiques et des choix de conduite opérés ;
  - établir des modèles de fonctionnement des écosystèmes couplant productions végétales / animales et les impacts environnementaux associés à différentes échelles spatio-temporelles.

# Intégrer le fonctionnement laticifère au fonctionnement de l'arbre entier

La saignée crée un puits artificiellement  
entretenu, qui dérive une partie des  
assimilats



# MULTI-DISCIPLINARY STUDY



## Principale conclusion :

- La saignée, opération « locale » située au niveau du tronc, a un impact « global » sur de nombreux aspects du fonctionnement de l'arbre, notamment la répartition des assimilats carbonés.



## Impact de la saignée :

- Ralentissement drastique de la croissance, en quelques semaines.
- Plus de relation évidente entre croissance et respiration
- Accroissement de la teneur en réserves du bois (amidon)
- Large extension de la zone du tronc métaboliquement affectée par la saignée



# Focus : les réserves hydrocarbonées

- Effet important et étendu de la saignée sur les teneurs en amidon et sucres totaux.
- **Accroissement** de la teneur en amidon dans le bois des arbres saignés, particulièrement pendant les périodes forte production de latex.
- La répartition verticale est affectée par la saignée et la stimulation à l'éthylène.
- La teneur en amidon du tronc est un outil qui peut aider à prévoir les performances à long terme des systèmes d'exploitation

## Un nouveau concept pour les réserves hydrocarbonées chez les arbres

- Un puits compétitif et non un simple réservoir passif.
- Peut être prioritaire sur certains autres puits, comme la croissance radiale.
- Les arbres tendent à adapter leur niveau de réserves à la demande courante en assimilats.

(Silpi et al 2007)

# Influence du climat sur les performances

Extension vers des zones plus sèches



Accroître la  
résistance à la  
sécheresse de  
l'Hévea

-Installation de la  
culture

-Production de latex

# Influence du climat sur les performances

- Modélisation de l'acquisition de  $C$  et de l'utilisation de l'eau en fonction du climat.
- Bases physiologiques de la résistance au stress hydrique et au stress de température (froid et chaud)
- Différences clonale d'acquisition de  $C$  avec ou sans stress hydrique

# Influence du climat sur les performances

**Conclusions principales : tendances très cohérentes**

- Les clones à fort potentiel de croissance ont les meilleures performances en terme d'acquisition de C et d'utilisation de l'eau.
- Contrôle stomatique : éviter l'embolie ?
- Indépendance entre efficacité hydraulique et sensibilité à l'embolie

## Cycle du C et de l'eau dans l'écosystème

- Détermination du potentiel de séquestration de C des plantations en fonction du climat, certification.
- Compréhension des échanges entre les différentes parties du système (atmosphère, canopée, troncs, racines, sol,...)
- Impact des plantations sur le bilan hydrique dans les zones marginales (NE)

# Canopy Carbon Balance

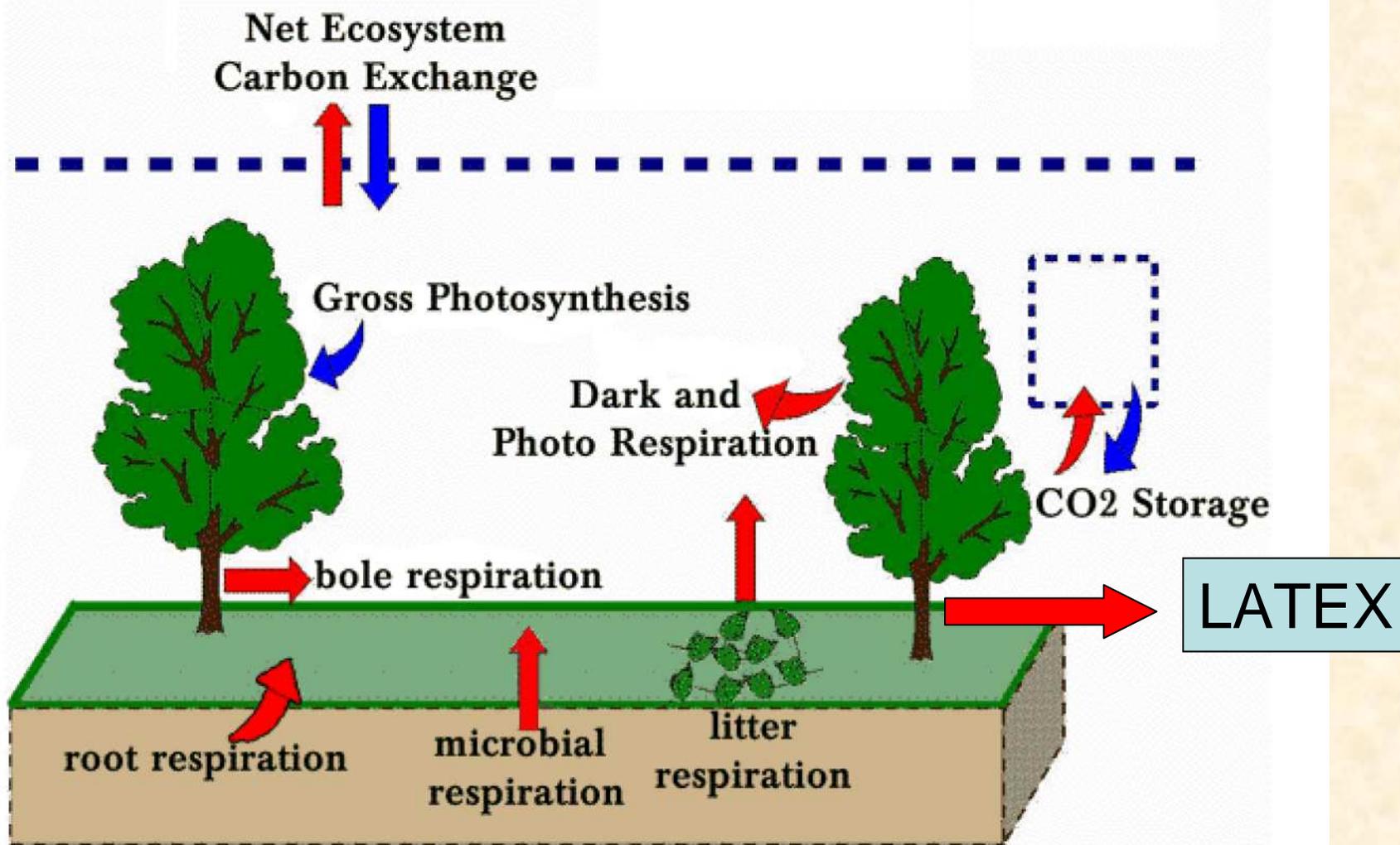
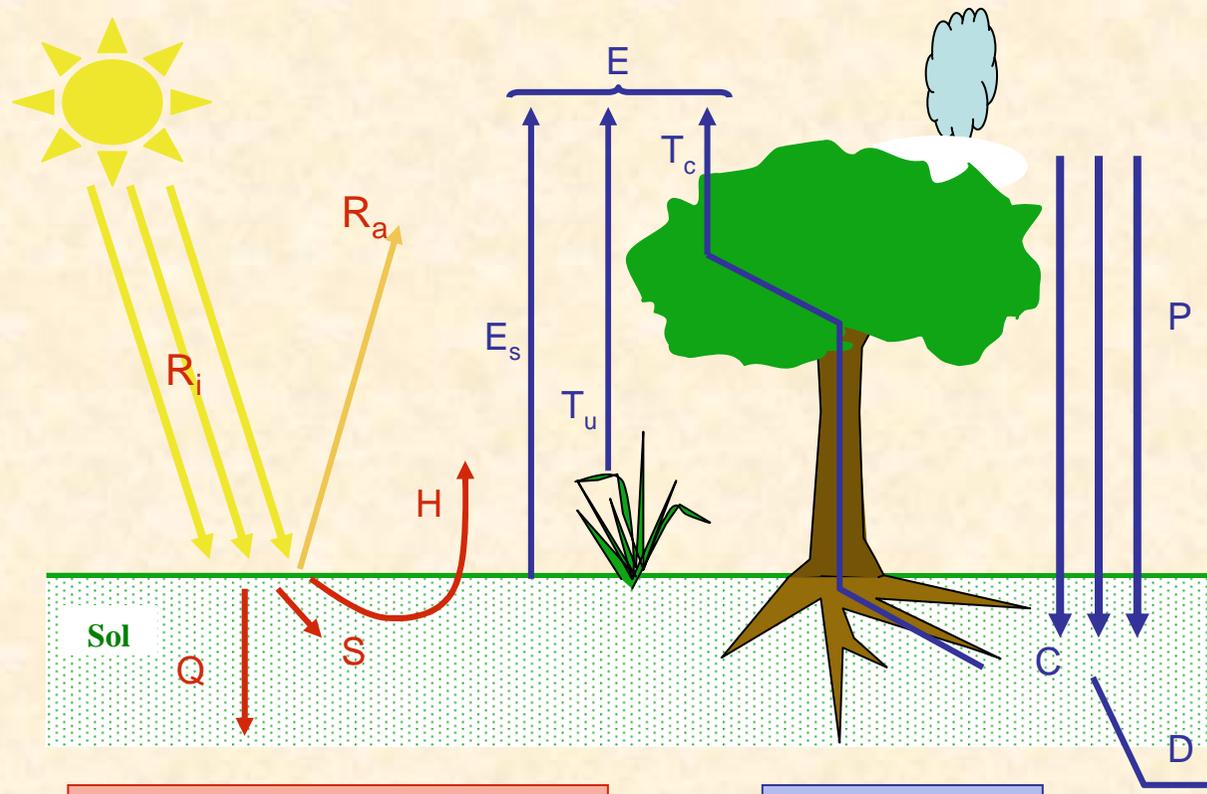


Figure 6 Flows of Carbon dioxide in and out of an ecosystem



(a)  $R_N = R_i - R_a = H + Q + S + L \cdot E$

(b)  $P = C + D + E$

## Water and energy balance of a forest stand.

**R<sub>N</sub>** : Net radiations ( $W \cdot m^{-2}$ ) ; **R<sub>i</sub>** : incoming radiations ( $W \cdot m^{-2}$ ) ; **R<sub>a</sub>** : albedo ( $W \cdot m^{-2}$ )

**H** : low frequency radiations (IR) from the ground ( $W \cdot m^{-2}$ ) ; **Q** : heat conveyed underground ( $W \cdot m^{-2}$ ) ; **S** : heat stored in the ground ( $W \cdot m^{-2}$ ) ;

**P** : rain fall ( $mm \cdot h^{-1}$ ) ; **C** : soil water storage capacity ( $mm \cdot h^{-1}$ ) ; **D** : soil drainage ( $mm \cdot h^{-1}$ ) ;

**E<sub>s</sub>** : soil evaporation ( $mm \cdot h^{-1}$ ) ; **T<sub>u</sub>** : *under-storey* transpiration ( $mm \cdot h^{-1}$ ) ;

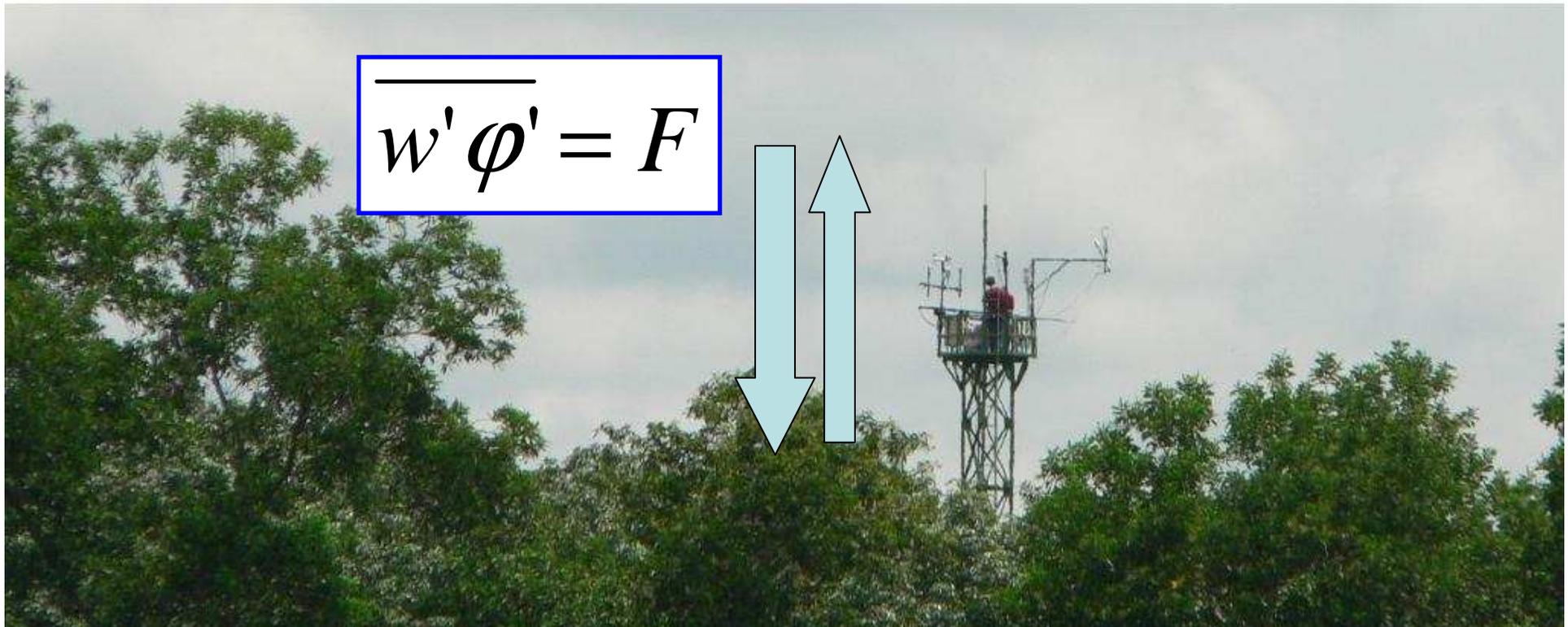
**T<sub>c</sub>** : canopy transpiration ( $mm \cdot h^{-1}$ ) ;

**E** = **E<sub>s</sub>** + **T<sub>u</sub>** + **T<sub>c</sub>** : total evapo-transpiration ( $mm \cdot h^{-1}$  or  $L \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )

**L** : latent heat of water evaporation ( $J \cdot kg^{-1}$ ) ; **L · E** : total heat dissipated through evaporation ( $W \cdot m^{-2}$ )

# Méthode Eddy Covariance

- L'essentiel des échanges à l'interface atmosphère / végétation est transporté par les flux d'air turbulents (tourbillons)



# Applications en écophysiole

---

- Flux de chaleur sensible

$$\overline{c_p w' \rho \theta'}$$

- Flux de chaleur latente  
≈ évapotranspiration

$$\overline{\lambda w' \rho q'}$$

- Flux de CO<sub>2</sub>

$$\overline{w' \rho_c'}$$

A 25 m  
high tower  
5 m above  
canopy.  
Set up in  
2006



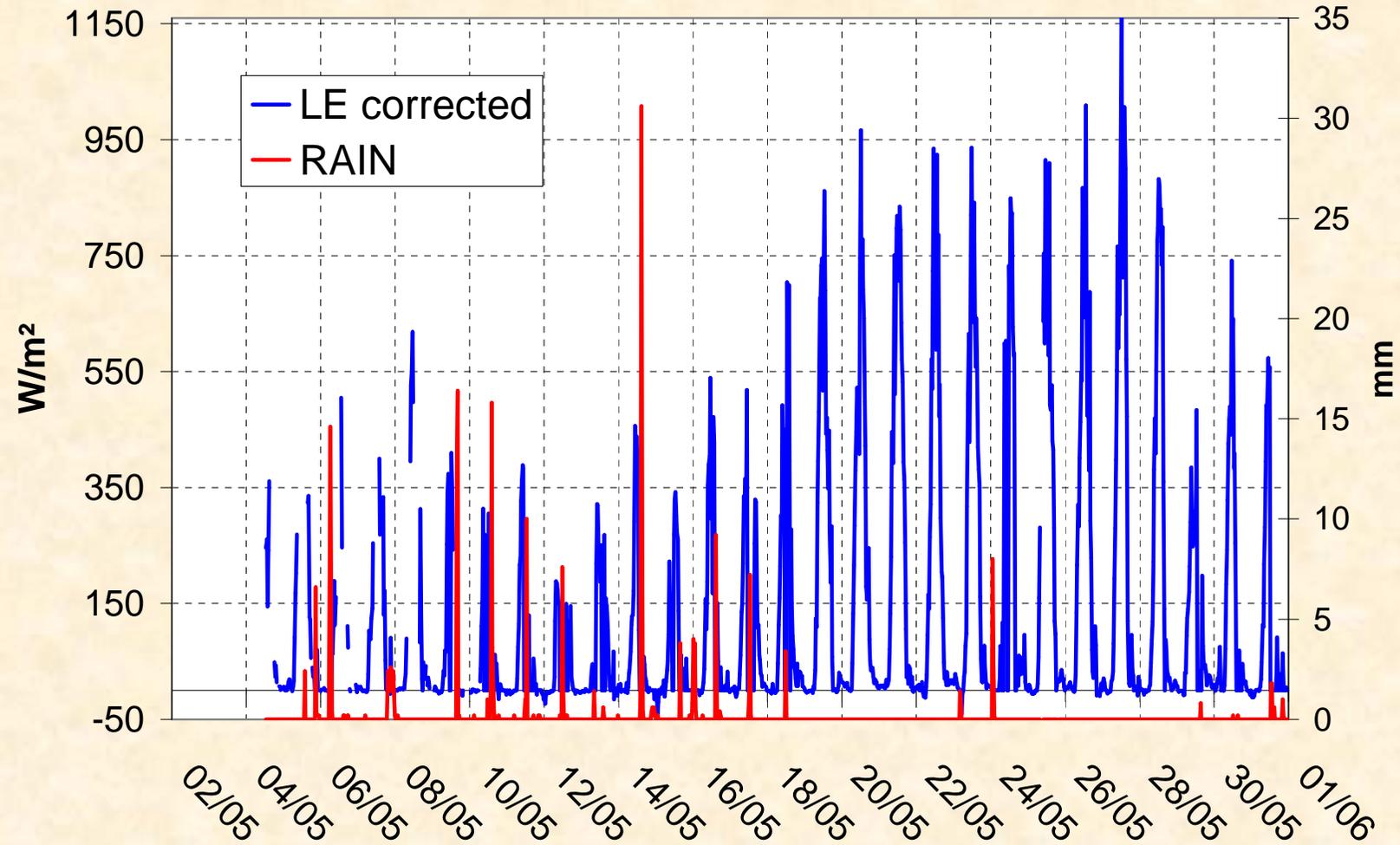
CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O concentration  
Li-Cor 7500

Winspeed, 3 directions,  
20 Hz – Young 8100

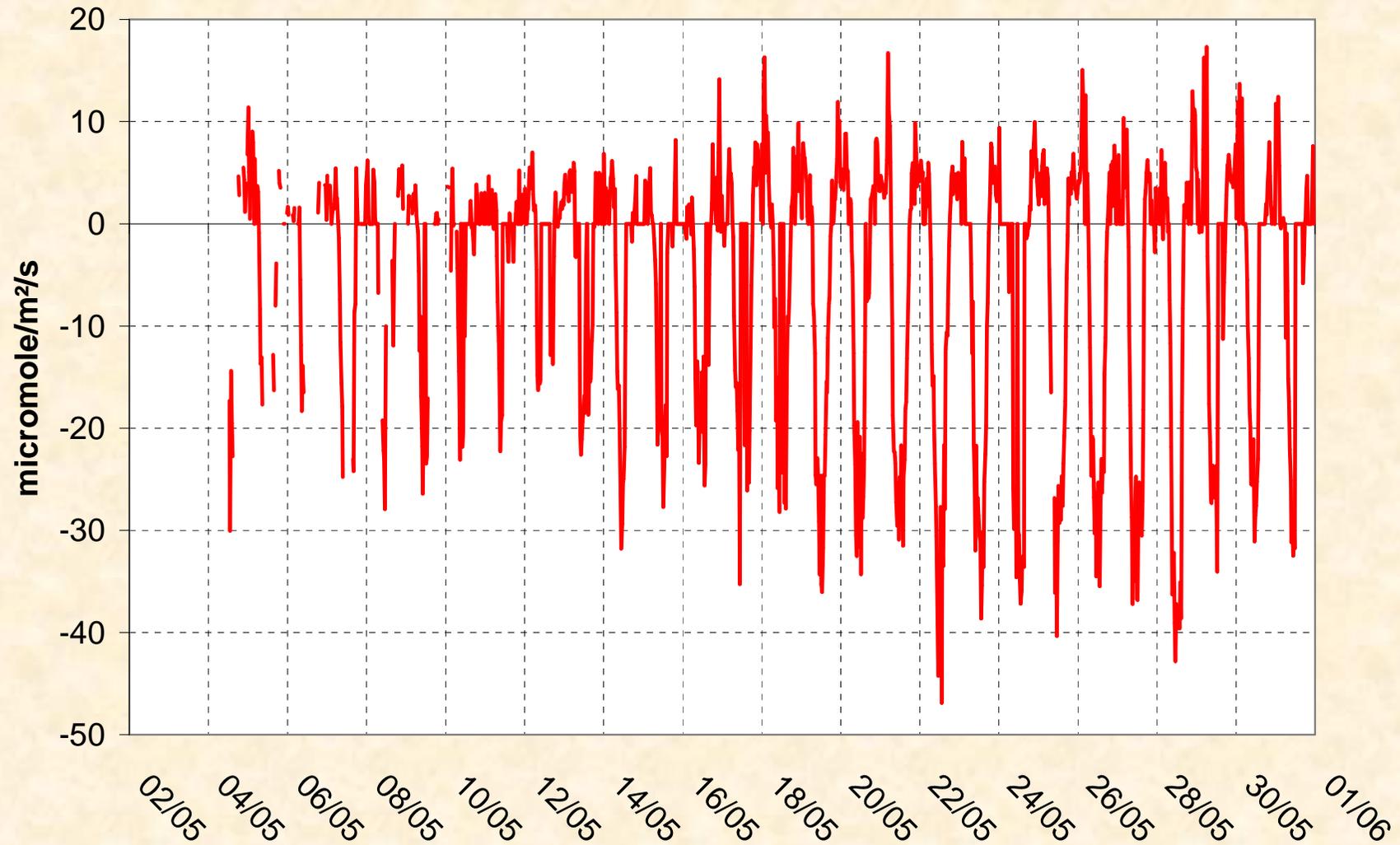


# Latent heat flux

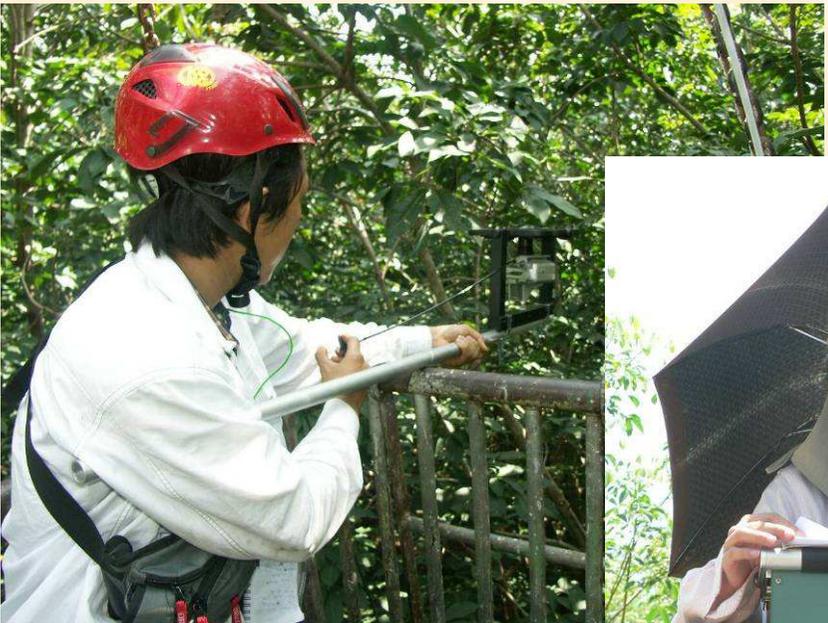
## May 2007, corrected, no gap filling



# CO<sub>2</sub> flux May 2007, corrected, no gap filling

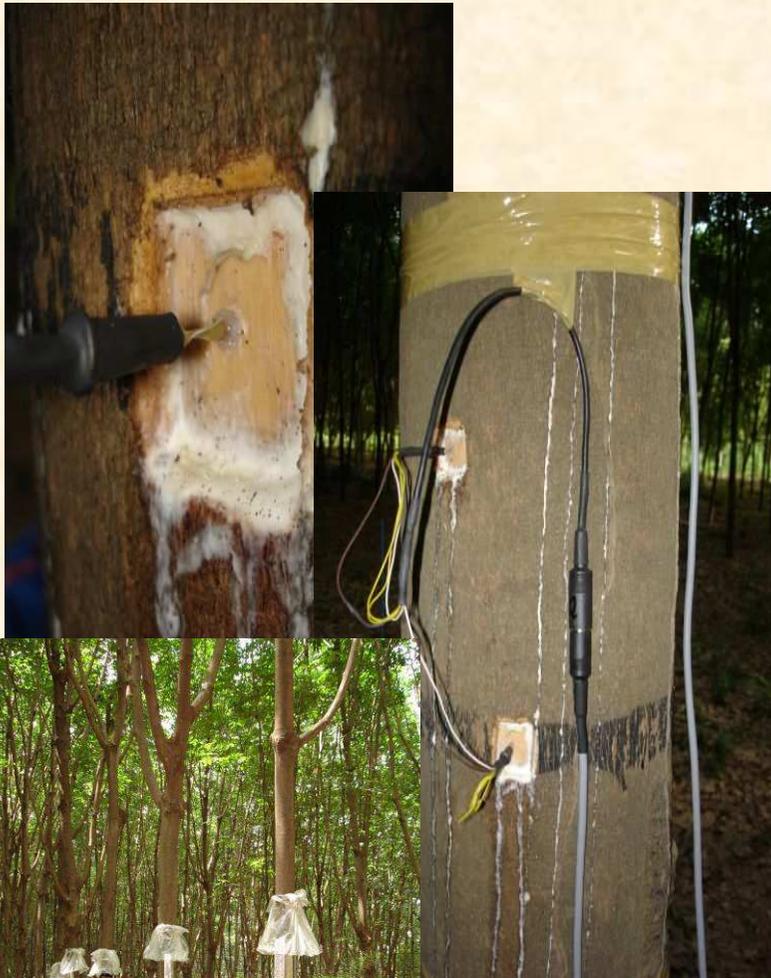


# Processus Ecophysiologiques



**Impact de la saignée?**

# Statut hydrique des arbres adultes



Potentiel hydrique foliaire

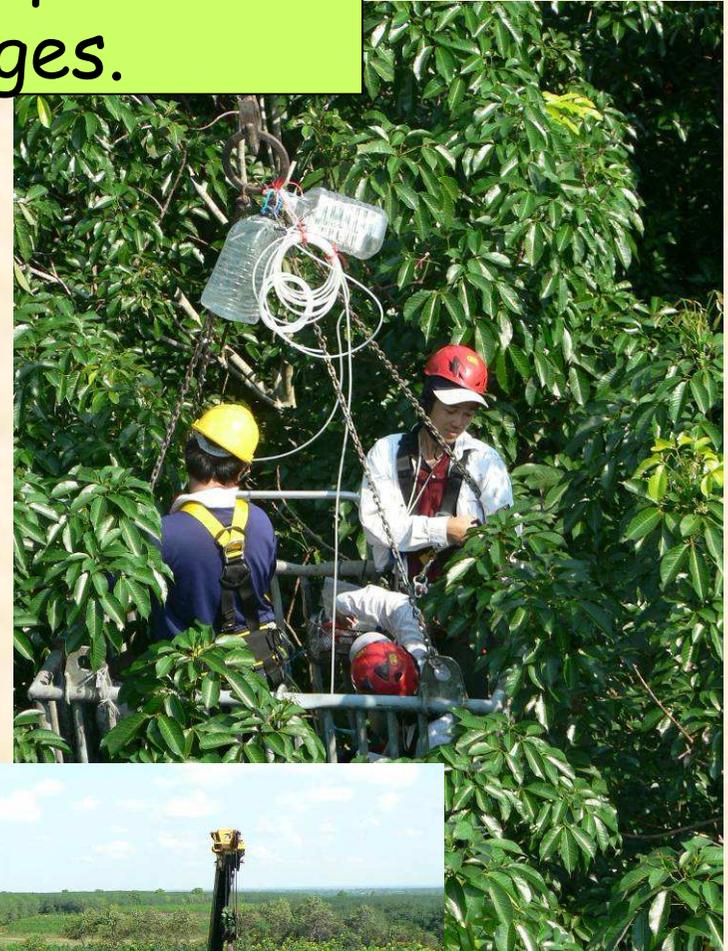


Mesure de flux de sève



Profil hydrique du sol

# Paramétrisation de modèles d'acquisition de C sur arbres de différents ages.

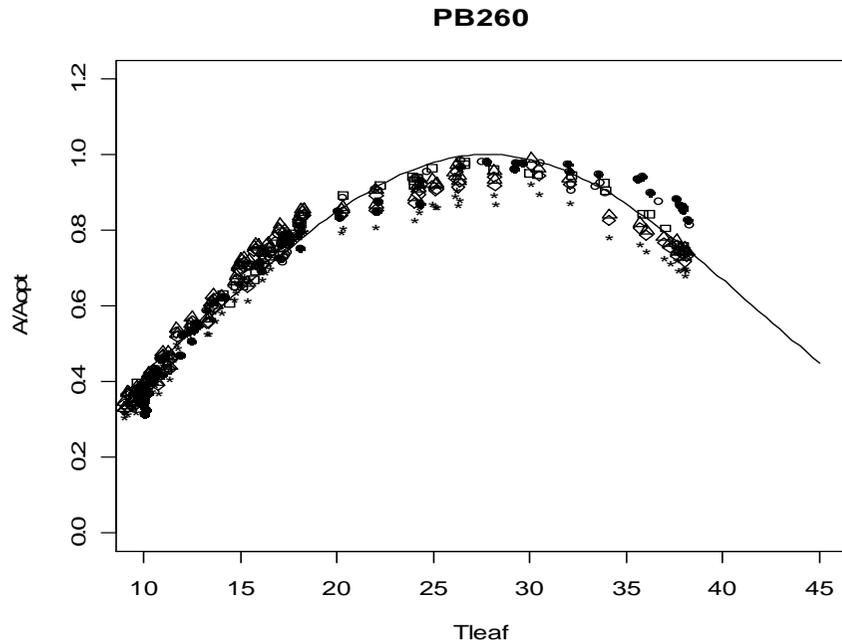


# Réponse de la photosynthese à la température



Temp 10 C

Work in climate chamber (Temp 10 - 40 C)  
at PIAF-INRA, Clermont-Ferrand, France



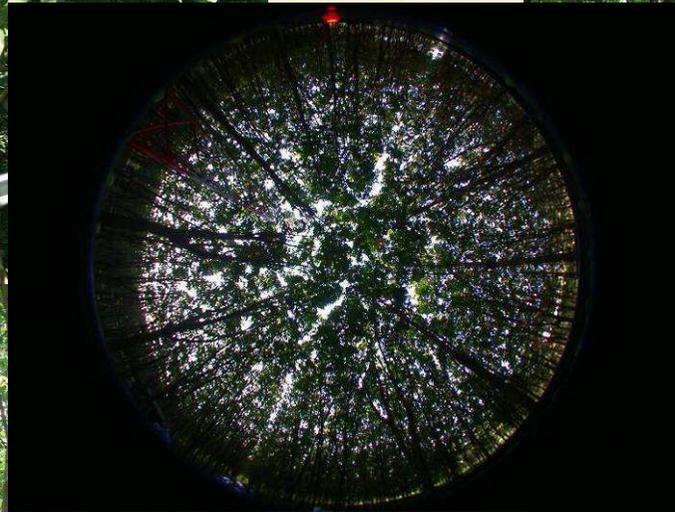
Comparaison de la réponse à la température et acclimatation.

Clone RRIM600 en Thaïlande et PB260 en France

**Table1.** Mean values  $\pm$  SE (n = 4-6) of optimal temperature for net CO<sub>2</sub> assimilation ( $T_{opt}$ ) at ambient CO<sub>2</sub> concentration of 360  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  of rubber clones PB260 and RRIM600 grown at different temperatures ( $T_{growth}$ ) and of the shape coefficient of the temperature response ( $\Omega$ ).

	Exp1	Exp2	Exp3			
<b>Clone</b>	<b>RRIM600 (4 plants)</b>	<b>PB260</b>	<b>PB260</b>		<b>RRIM600</b>	
<b>Growth condition</b>	<b>Nursery, Thailand</b>	<b>Growth chamber</b>	<b>Growth chamber</b>		<b>Growth chamber</b>	
$T_{growth}$ (°C)	27-38	28	18	28	18	28
$T_{opt}$ (°C)	29.4 $\pm$ 0.1	27.8 $\pm$ 0.1	22.3 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	31.1 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	27.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	29.6 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>
$\Omega$	18.1 $\pm$ 0.3	19.2 $\pm$ 0.2	17.6 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	21.1 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	16.7 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>	21.9 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>

# Interception de la lumière - Caractérisation de la canopée



# Projets communs déposés

- PHC. Soil and carbon balance of rubber ecosystem (KU, KKU, DOA, Cirad, IRD, INRA, U. Nancy)
- PHC. Rubber tree water relations (KU, KKU, PSU, DOA, IRD, Cirad, INRA, U. Clermont)
- IFC. Maîtrise de l'enracinement de l'hévéa en vue de l'amélioration des rendements et de l'ancrage des arbres dans le sol.
  - Mise au point d'un système d'imagerie pour le suivi automatique de la dynamique racinaire (collaboration IRD-CIRAD)

# Conclusion

- Une approche biophysique à l'échelle de l'écosystème
- Des sites très instrumentés qui peuvent accueillir de nombreux projets
- Des applications concrètes dans le cadre du projet multidisciplinaire (diagnostics, système d'exploitation, bilan de C,...)
- Des avancées scientifiques de large portée sur l'écophysiologie des arbres.



Merci de votre attention

