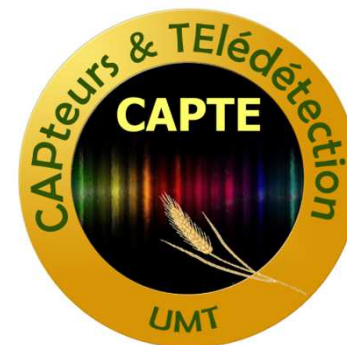


Transfert radiatif et structure du couvert

F. Baret et B. de Solan



Ce que l'on recherche

- **Structure (couvert)**
 - Indice foliaire
 - Fraction verte
 - FIPAR
 - Structure détaillée 3D
 - Hauteur (et distribution)
 - Orientation
 - Surface par organe
 - Agrégation
- **Contenu biochimique surfacique (feuille ou couvert)**
 - Chlorophylle
 - Azote
 - Eau
 - Matière sèche
 - ...

Deux échelles, deux approches

m²

Signal réfléchi (transmis) intégré sur le couvert

Intensité

(spectro)radiomètre

N-sensor, cropsan, cropcircle,
Greenseeker ...

Utilisation de la directionnalité

Mesure de transmittance

LAI2000
Photodiodes
PIETON

mm²

Signal réfléchi par chaque partie d'organe (feuille-tige)

Intensité, distance

Système imageur

Camera
spectro-imageur
Caméra hyperspectrale

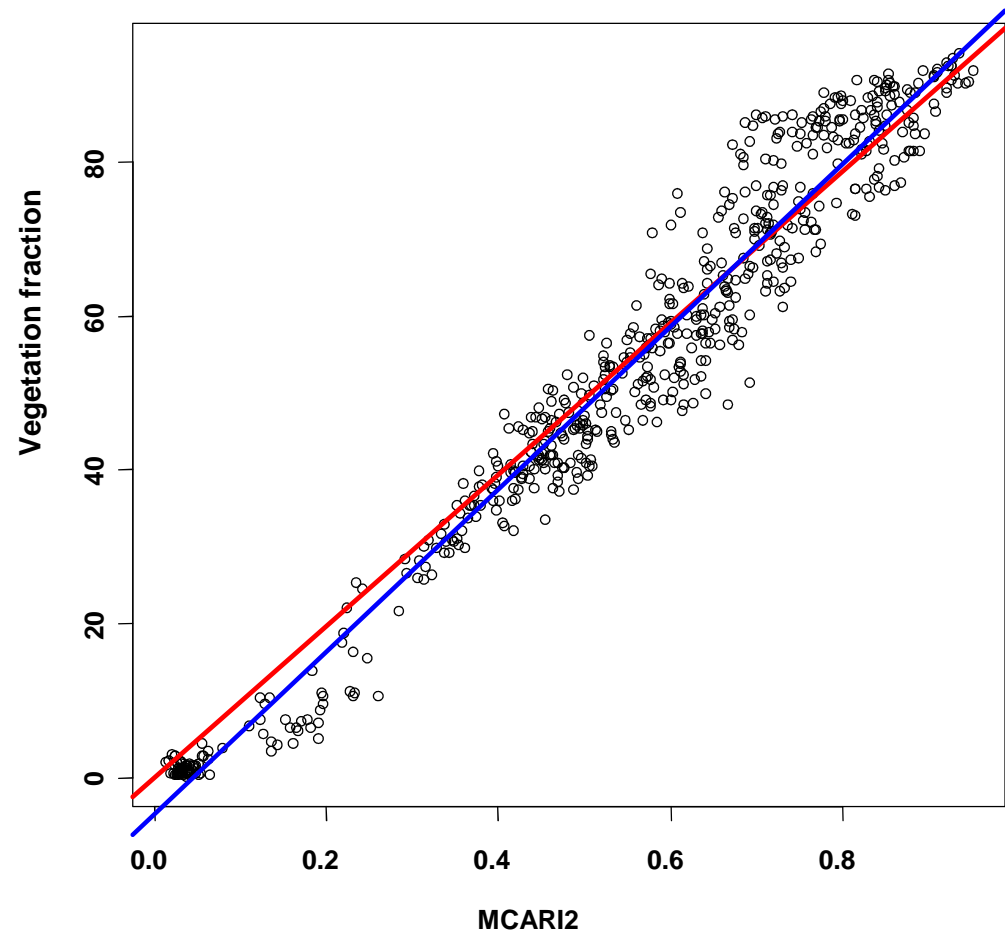
Système échantillonneur

Lidar
ToF camera
éclairage structuré

Convergence entre les 2 échelles

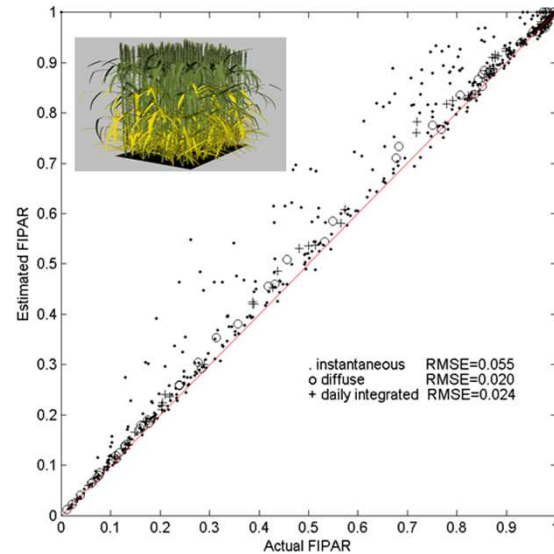
- Redondance entre GF et MCARI2

$$\text{MCARI2} = 1.5 \frac{2.5(\rho_{800} - \rho_{670}) - 1.3(\rho_{800} - \rho_{550})}{\sqrt{(2\rho_{800} + 1)^2 - (6\rho_{800} - 5\sqrt{\rho_{670}}) - 0.5}}$$



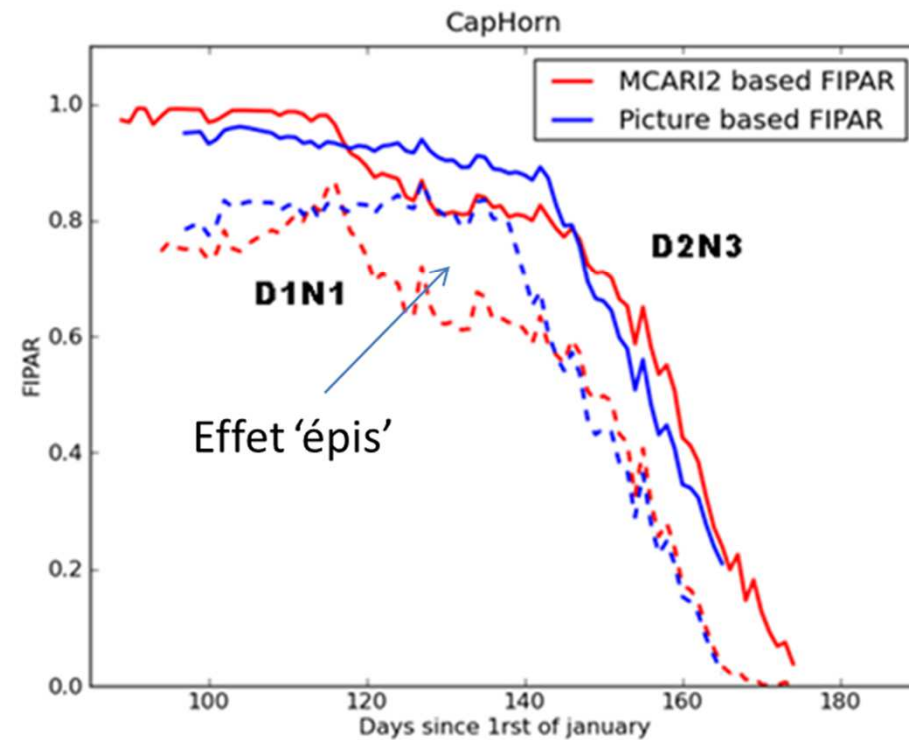
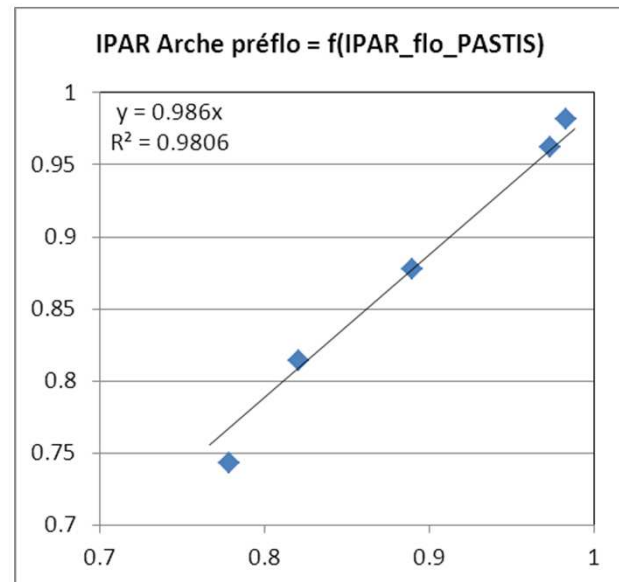
Exemple de l'estimation du FIPAR

$$\text{FIPAR} = f(\text{GF}(0^\circ), \text{GF}(57^\circ))$$



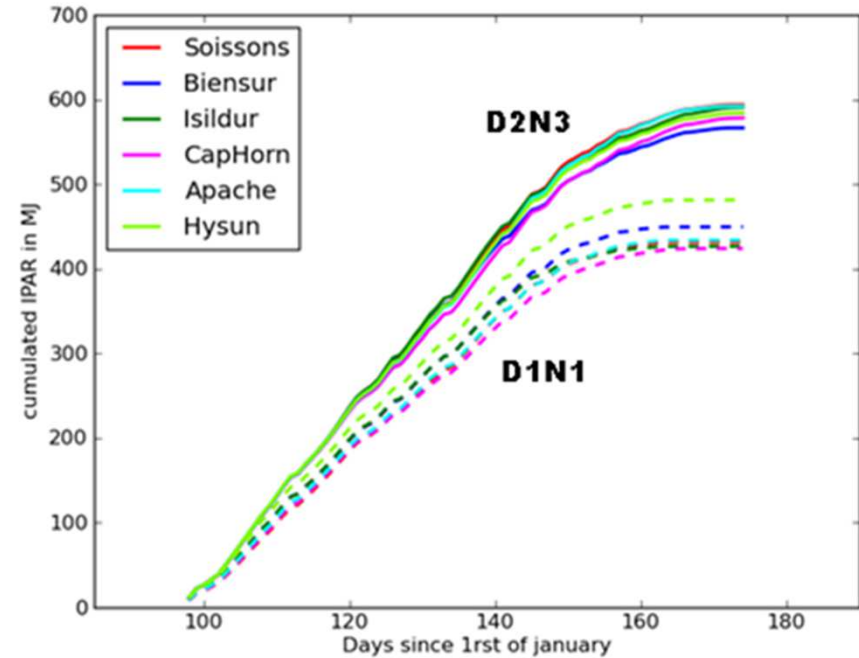
Photos($0^\circ, 57^\circ$) \longrightarrow GF($0^\circ, 57^\circ$) \longrightarrow FIPAR

MCARI2($0^\circ, 57^\circ$) \longrightarrow GF($0^\circ, 57^\circ$) \longrightarrow FIPAR

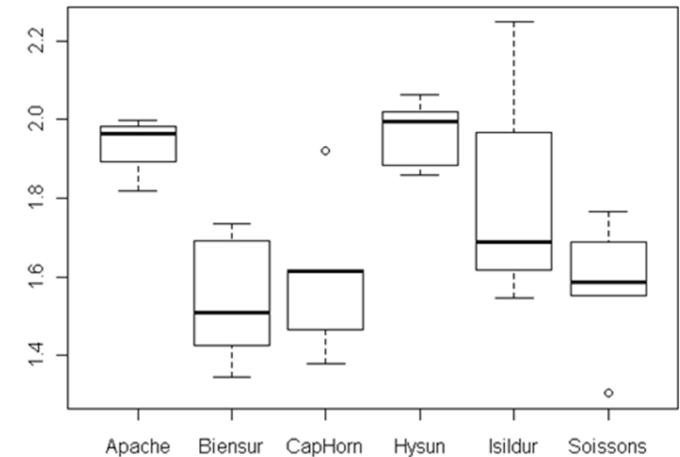
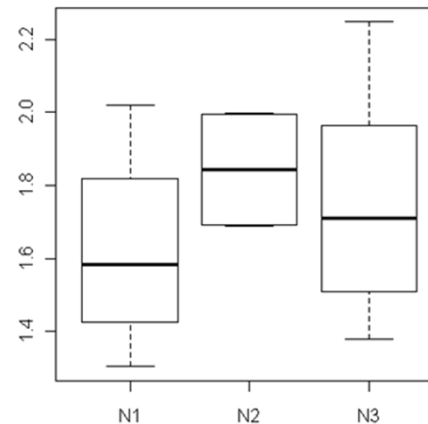


Utilisation du FIPAR

$$\text{Cumulated IPAR} = \int_{t=t_1}^{t_2} FIPAR \cdot PAR_i dt$$



$$LUE := \frac{\Delta_{t_1}^{T_2} \text{Biomass}}{\int_{t_1}^{t_2} FIPAR \cdot PAR_i \cdot dt}$$



Les difficultés d'interprétation du m^2

- **Approche empirique:** de très nombreux facteurs de variabilité de la réponse:
 - Difficulté d'obtenir un jeu d'étalonnage représentatif
 - Intérêt de mesures en actif (sources contrôlées)
- **Approche modèle de transfert radiatif**
 - Problème mal posé (sous-dimensionné, erreurs...)
 - Nécessite des hypothèses sur la structure
 - Complexité accrue dans le cas de sources artificielles (systèmes actifs)
 - Confusion d'effets (structure/biochimie)

Intérêt du mm²

- **Information plus riche:**
 - Accès à l'échelle de l'organe
 - identification (comptage)
 - Dimension
 - Orientation
 - contenu biochimique
 - et la structure fine (distribution des hauteurs, interception, normales, aggrégation...)
- **Pas de nécessité absolue d'hypothèses sur la structure**
- **Intégration possible au m²**
 - Prendre en compte directionnalité

Des questions sur le mm²

- **Structure 3D**
 - LIDAR (limite de la résolution spatiale)
 - Stéréo-photographie (lumière structurée ou non)
 - Combinaison LIDAR/image

Des questions sur le mm²

- **Accès à la biochimie**

- Radiance dépend de:

- Distance à la source (si non collimatée)
 - Inclinaison de l'organe (incidence et BRDF)
 - Environnement local lumineux

- Les systèmes

	Illumination large spectre	Illumination spectrale
Image (matrice)	Roue a filtre Multi-CCD	LEDs+camera mono
Push-broom (ligne)	Camera hyper-spectrale	
point		LIDAR

- Contraintes:

- Mesures spectrales simultanées en un point
 - Échantillonnage spatial possible

CONCLUSION

- **Limitations des observations m^2**
 - Intérêt pour première approche
 - Accès aisé par drone (dynamique)
 - Intérêt pour avoir de la redondance avec mm^2
 - Difficulté de prendre en compte les effets de structure: possibles artefacts résiduels
- **Développements de systèmes imageurs (mm^2)**
 - LIDARs (échantillonnage?)
 - Stéréo-photo (configuration, lumière structurée?)
 - Traitement plus lourd
 - Illumination (caméra)
 - L'accès à la biochimie nécessite
 - Plutôt une illumination locale
 - Une richesse spectrale: choix sources/capteurs et longueurs d'onde
 - une bonne description de la structure locale (avec environnement ou non)

Programme de travail 2013

- Mise en œuvre du LIDAR (3 sur phenomobile)



- Stéréo-photo

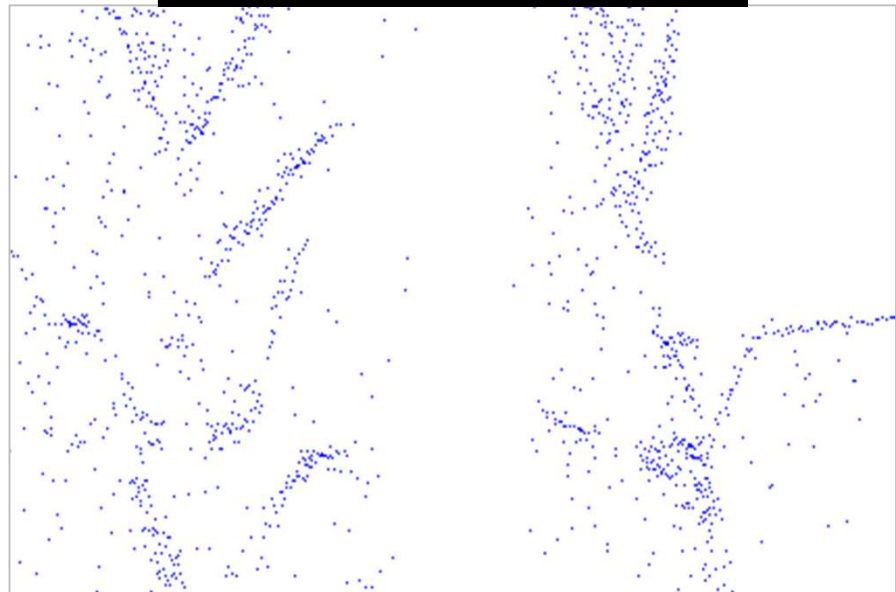
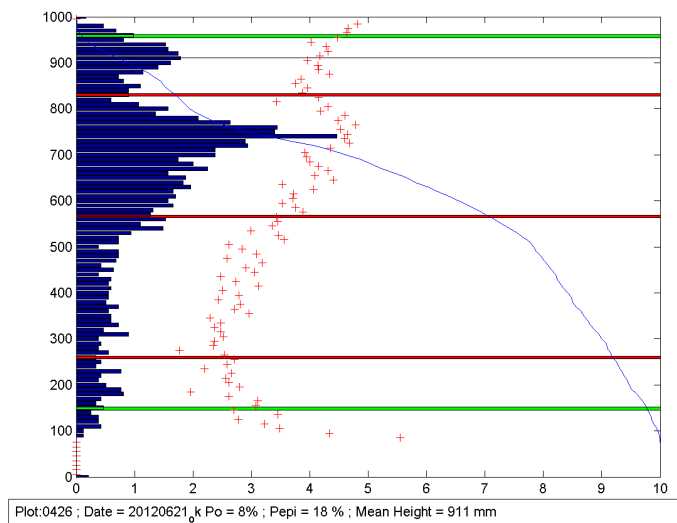
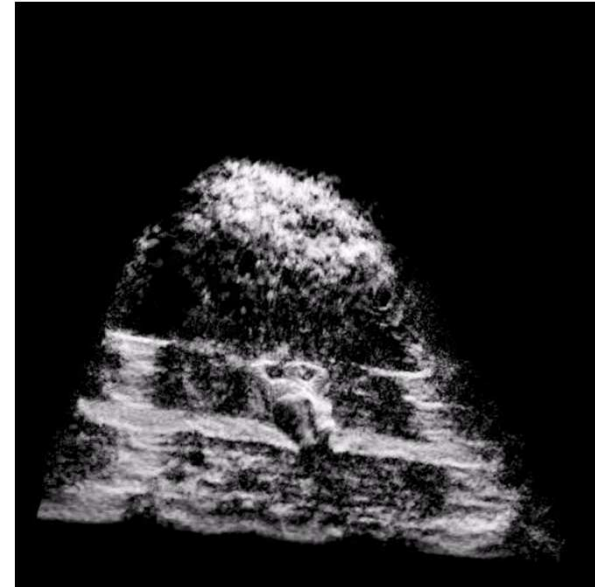


- Camera-multispectrale
 - Roue à filtre
 - LEDs multispectrales



Interception du rayonnement – Structure

LIDAR: Profil moyen en Z



PHENOMOBILE

