

Phénologie et estimation de la distribution verticale de Chlorophylle dans un chêne *Quercus pubescens* par spectroscopie à fente

Luc Arnold¹, Ilja Reiter², Jean-Philippe Orts³, Brigitte Ksas⁴,
Thierry Gauquelin⁵

1 Aix-Marseille Université, Institut Pythéas (UMS 3470), CNRS, Observatoire de Haute Provence, 04870 Saint-Michel-l'Observatoire, France - email: Luc.Arnold@osupytheas.fr

2 ECCOREV (FR 3098), CNRS, Observatoire de Haute Provence (OHP), 04870 Saint-Michel-l'Observatoire

3 Aix-Marseille Université, IMBE (UMR 7263) - Observatoire de Haute Provence, 04870 Saint-Michel-l'Observatoire

4 CEA Cadarache

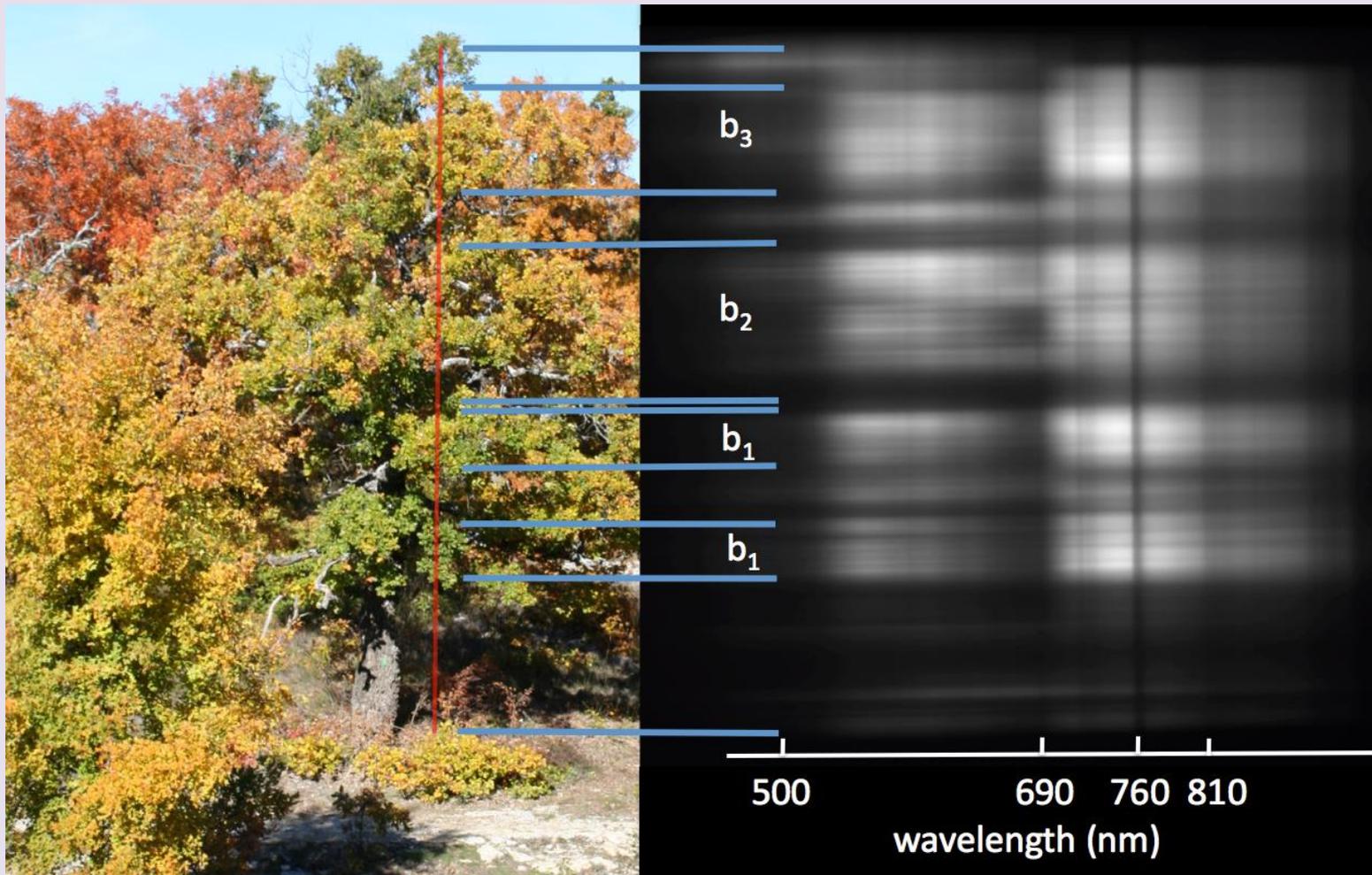
5 Aix-Marseille Université, IMBE (UMR 7263) - Campus Saint-Charles Case 4 Bât. Sciences Naturelles 3, place Victor Hugo 13 331 Marseille cedex 03

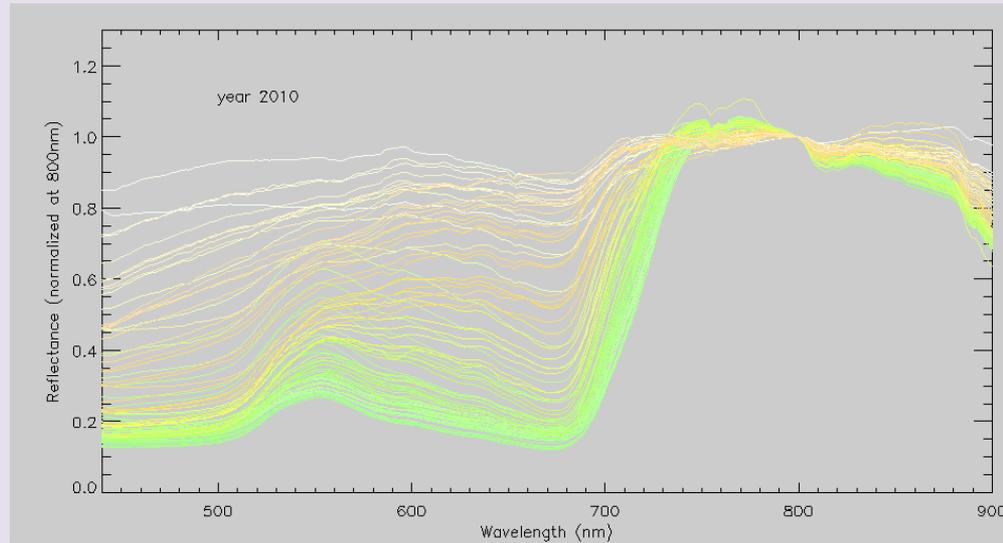


- O3HP: Oak observatory @ OHP <https://o3hp.obs-hp.fr/>
- Infrastructure de recherche dont **l'objectif est d'étudier les chênes pubescents et l'évolution de l'écosystème forestier soumis aux changements globaux** (passerelles h=4m, réseau de capteurs, système d'exclusion de pluie, etc...)
- ICOS tower flux CO2
- Contacts: Thierry Gauquelin IMBE / Ilja Reiter ECCOREV



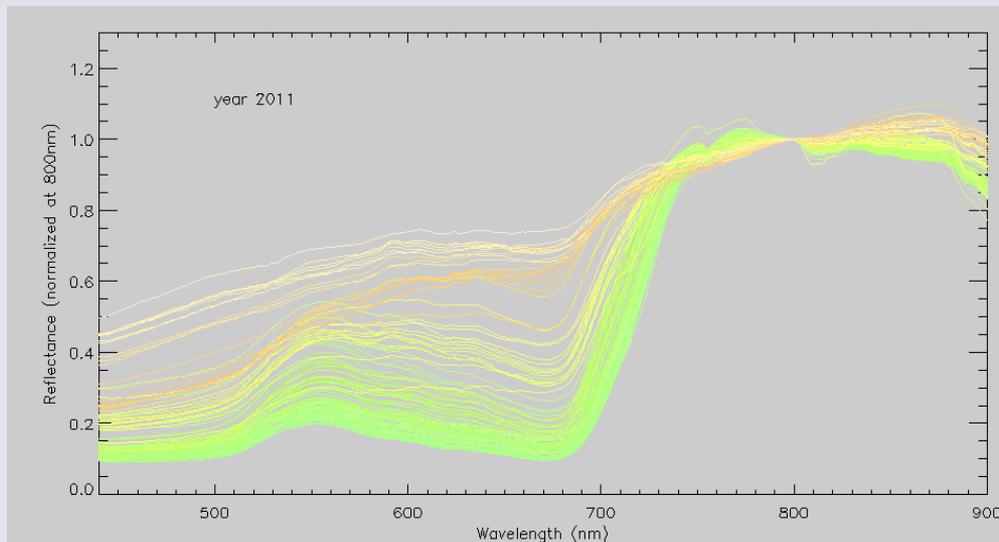
- Suivi d'un chêne par spectro à fente / complément à la phéno visuelle
- 260 pixels sur 5.7m de houppier, en 3 branches
- Résolution spatiale 2.2cm/pixel, spectro R=200



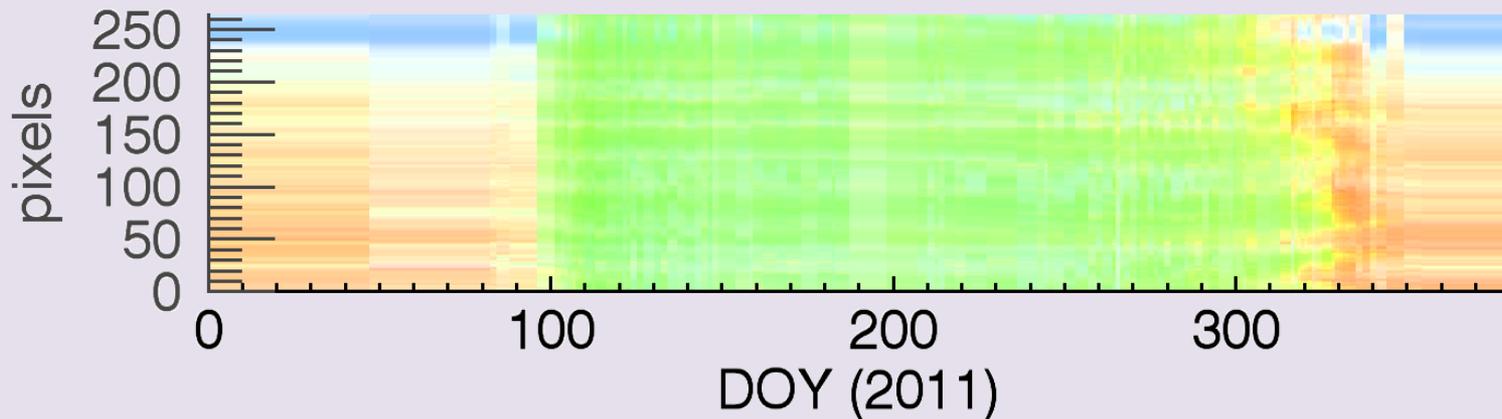
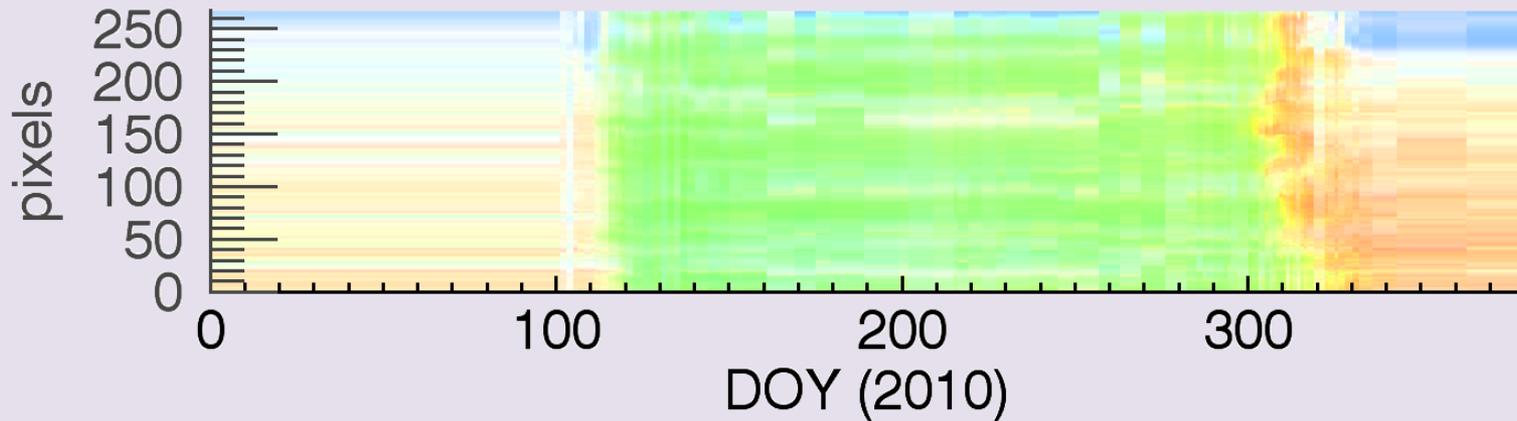


Série temporelle de spectres
moyennés sur le houppier
(= $b_1+b_2+b_3$)

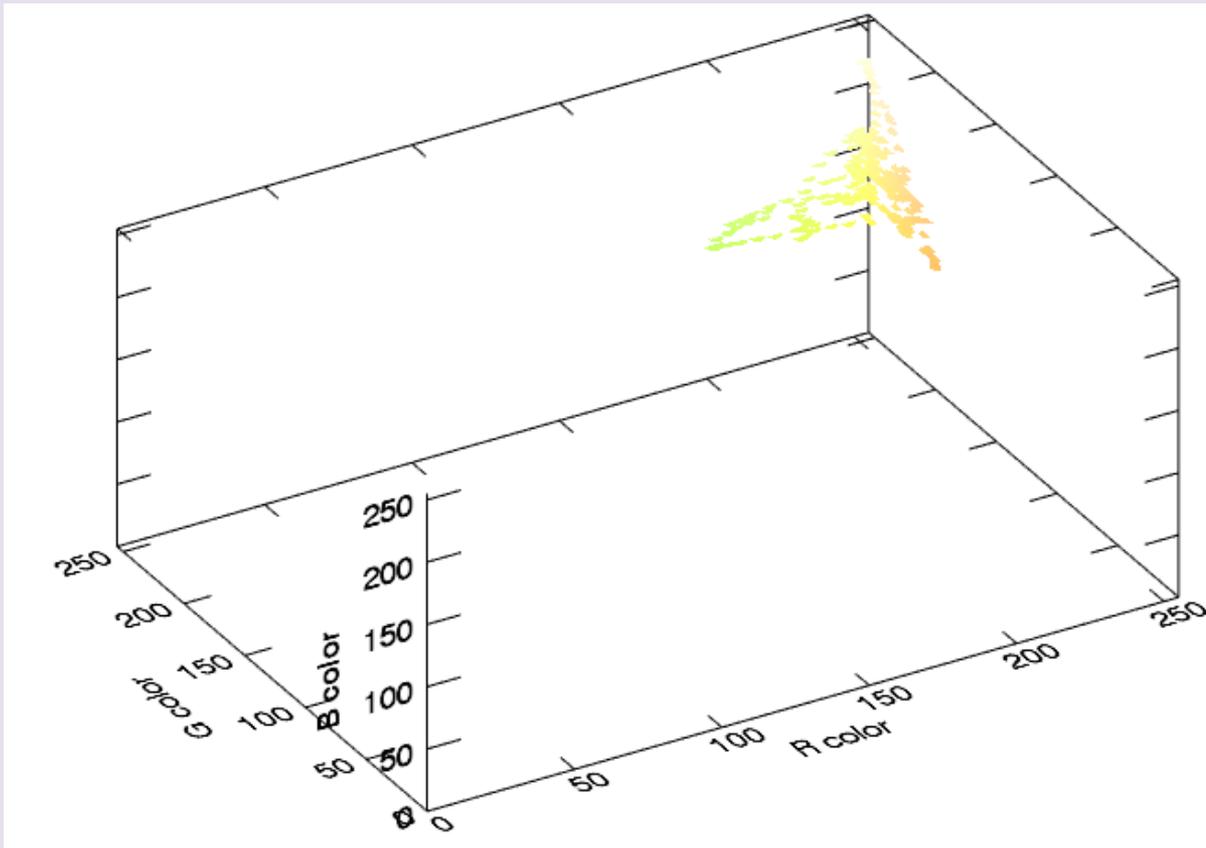
89 observations en 2010
127 observations en 2011



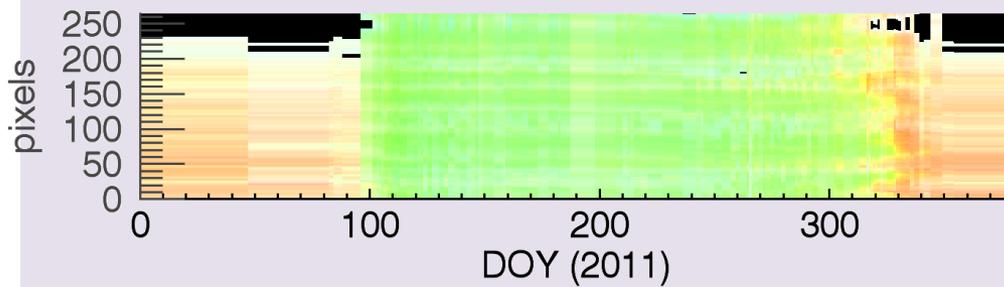
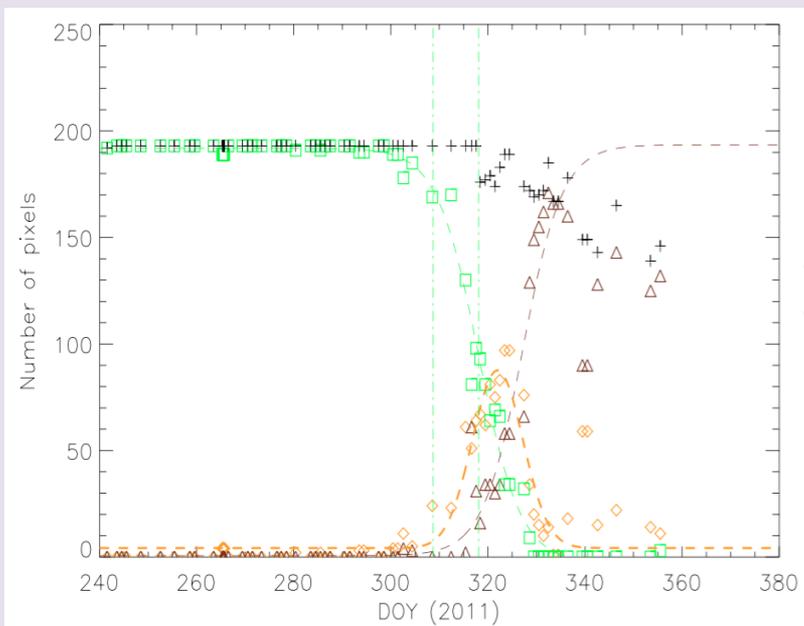
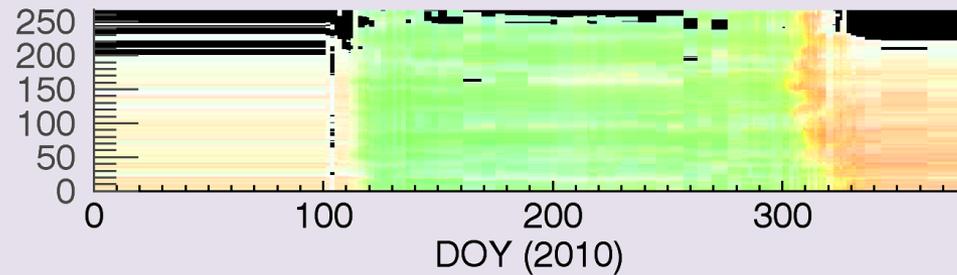
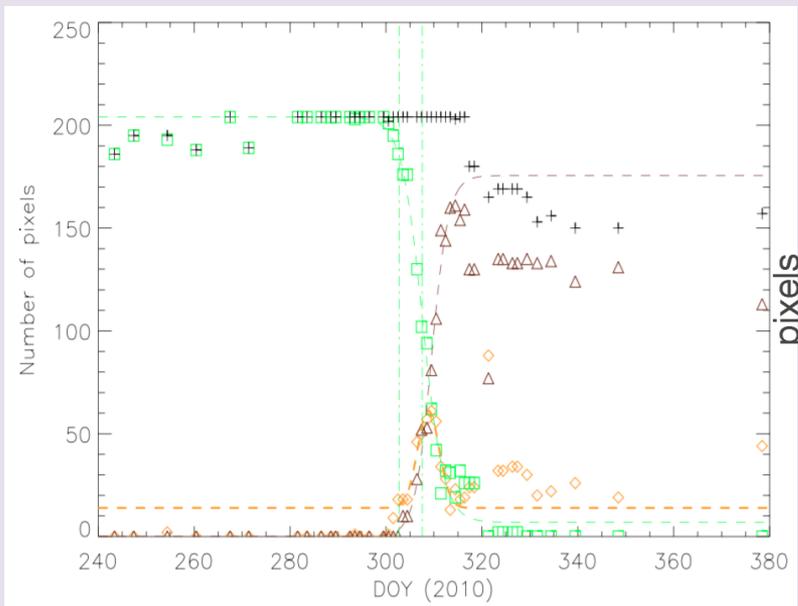
- Reconstitution des couleurs RGB à partir des spectres
- 23000 spectres en 2010, 33000 en 2011 == autant de pixels colorés
- Séries temporelles des couleurs verticales (*i.e.* le long de la fente verticale)



- Comptages des feuilles vertes, jaunes et marrons



Couleurs le 23 nov 2011, DOY 323



- Modélisation par tanh (verte et marron) et gaussienne (jaune)
- Comparaison phéno visuelle / modèle: très bon accord, 0 à 2jours

Year	2010 DOY from visual data mean O3HP	2010 DOY from visual data studied tree	2010 DOY from spectroscopic data studied tree
90% green leaves (BBCH 91 stage)	295	302-303	302.6 $\sigma = 0.5$
50% green leaves (BBCH 95 stage)	304	307-308	307.6 $\sigma = 0.2$
Max of yellow leaves			308.8 $\sigma = 1.8$
50% brown leaves			309.4 $\sigma = 0.6$
Year	2011 DOY from visual data mean O3HP	2011DOY from visual data studied tree	2011 DOY from spectroscopic data studied tree
90% green leaves (BBCH 91 stage)	300	310-311 (*)	308.3 $\sigma = 0.5$
50% green leaves (BBCH 95 stage)	320	320 (*)	318.2 $\sigma = 0.3$
Max of yellow leaves			322.3 $\sigma = 0.4$
50% brown leaves			327.2 $\sigma = 0.9$

Table 3 : Dates (in DOY) of phenological interest measured from the spectra and from visual observations. Data for a mean of 25 oaks from O3HP are given, showing that the studied oak is a rather late individual compared to the O3HP sample. RMS estimations from bootstrapping with up to 2000 samples. (*) These dates are interpolated from visual observations done at 312 and 329.

- Calcul de 2 index de végétation

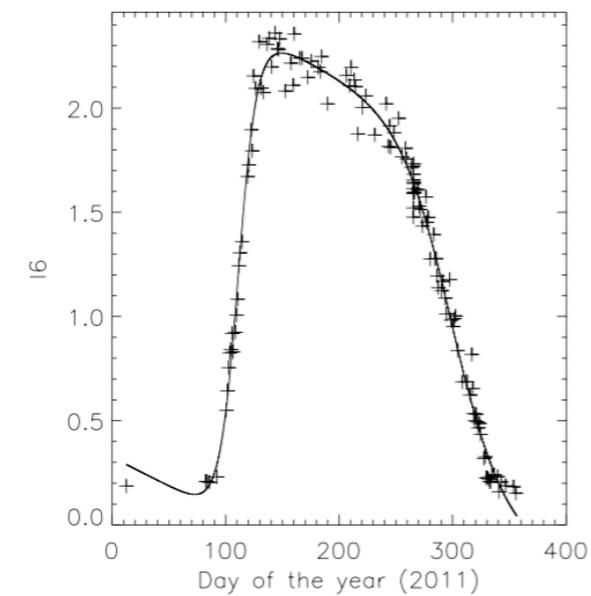
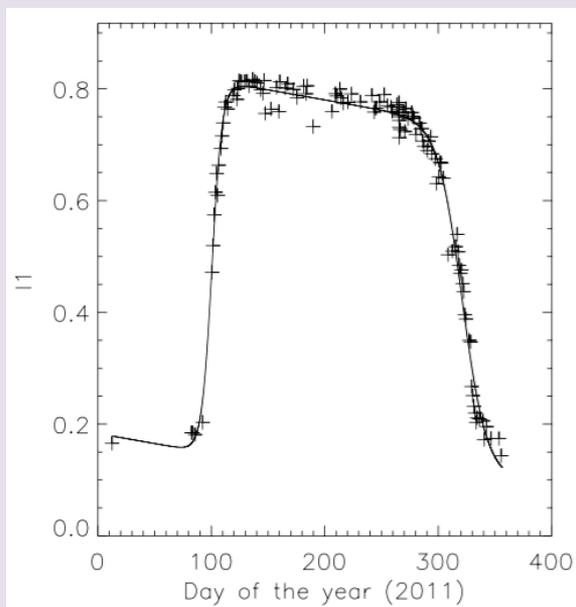
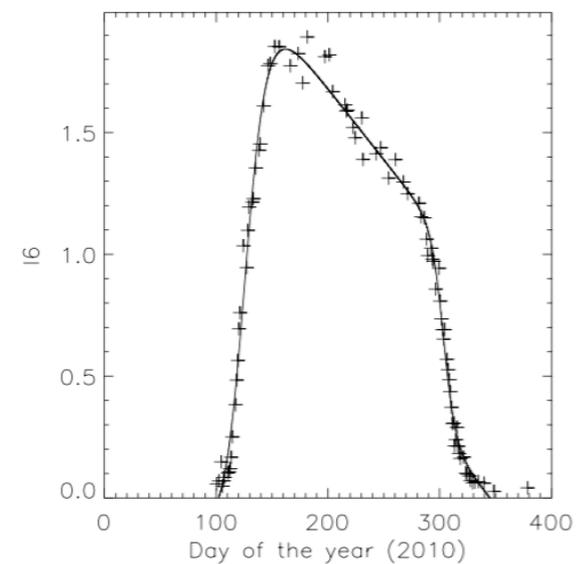
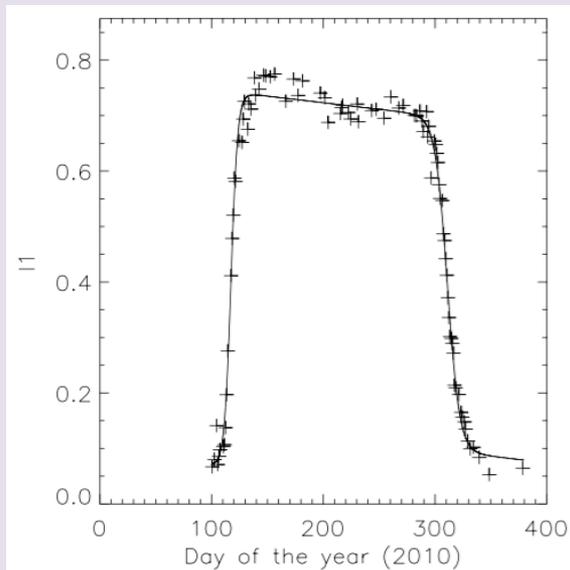
(Gitelson et al. 2006)

- $I_1 = (R_{800} - R_{680}) / (R_{800} + R_{680})$

- $I_6 = (R_{760-800} / R_{690-720}) - 1$

- Fit des données avec fonction ADS

(Hmimina et al. 2013)



Dates caractéristiques

sj, sa, si, sm, fj, fa, fi

sj = max jerk

sa = max acceleration

si = inflexion

sm = max index

Modèle

Pour I1: (2011)

sj = 90.35 +/- 1.14 d

sa = 94.65 +/- 0.79 d

Pour I6:

sj = 91.62 +/- 1.51 d

ja = 99.85 +/- 0.88 d

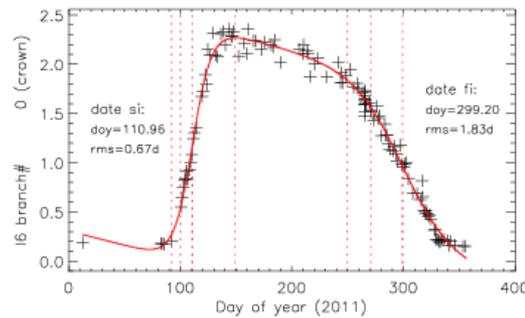
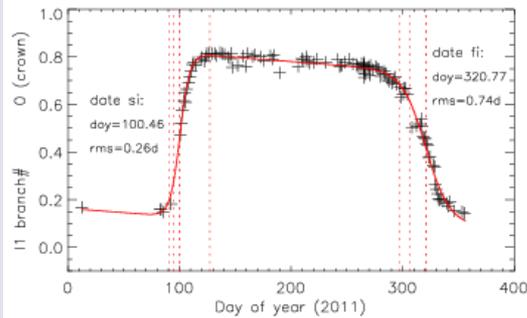
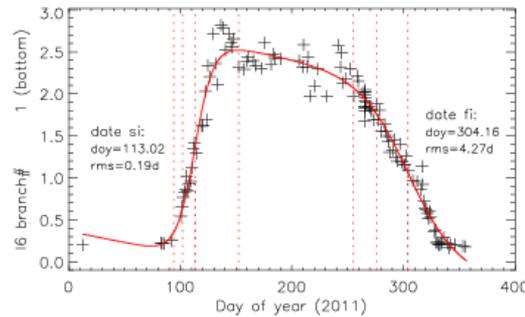
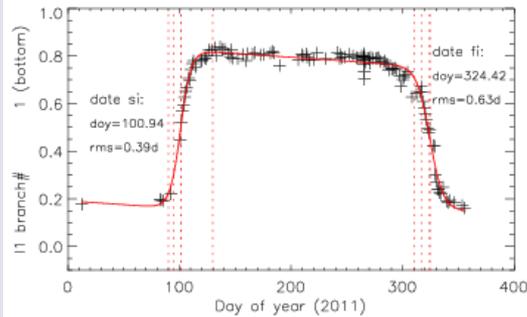
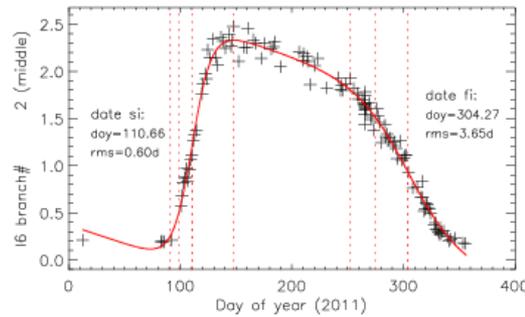
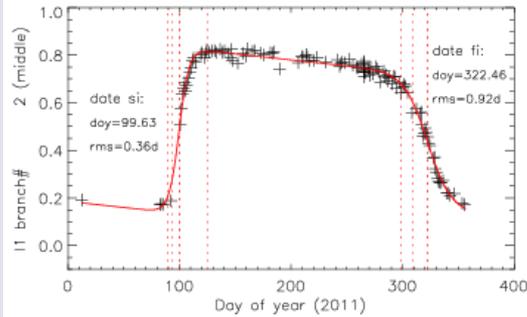
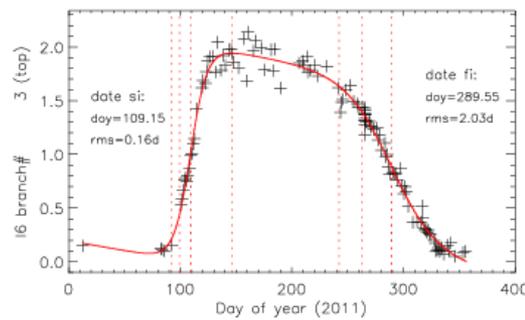
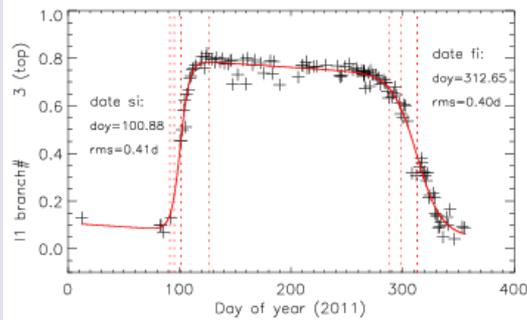
Phéno visuelle

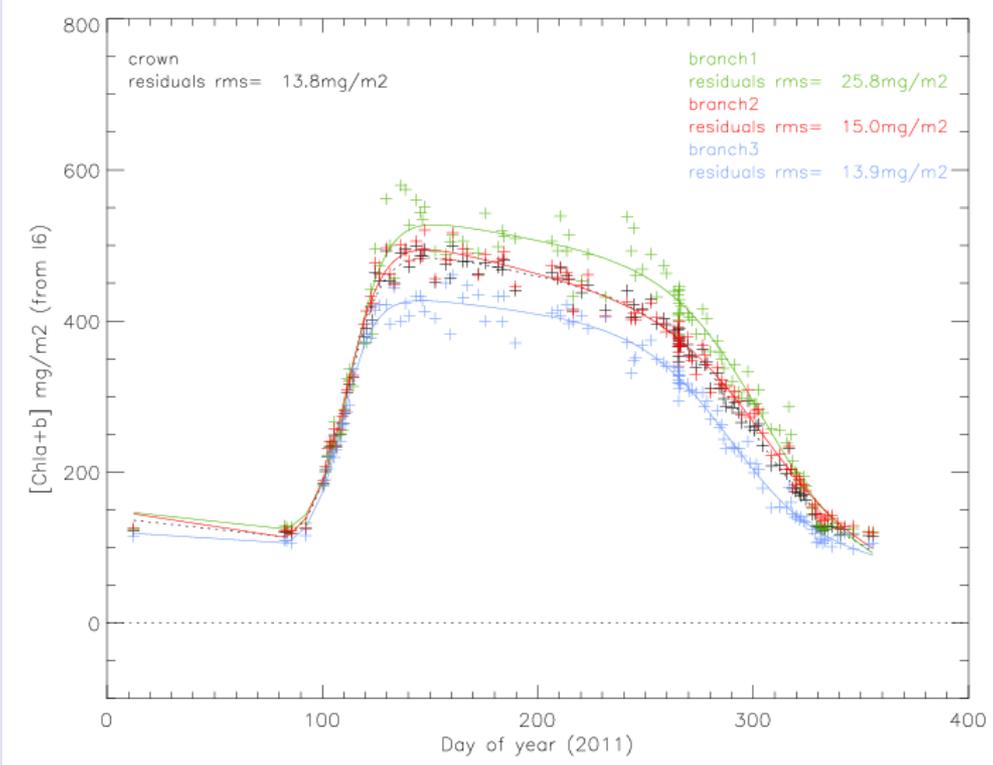
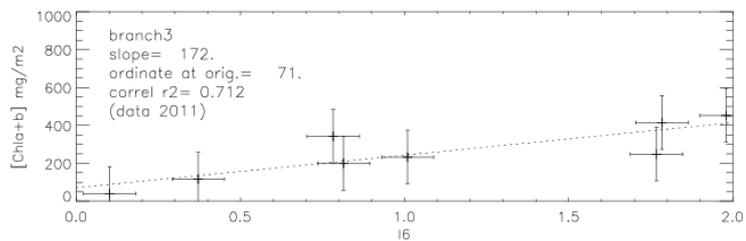
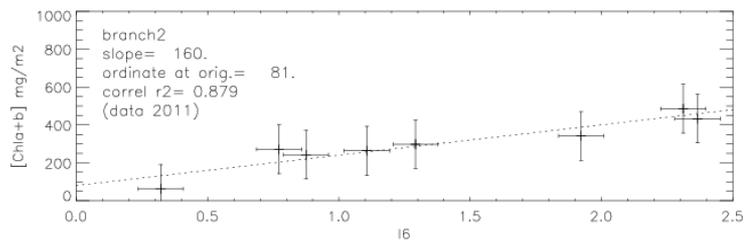
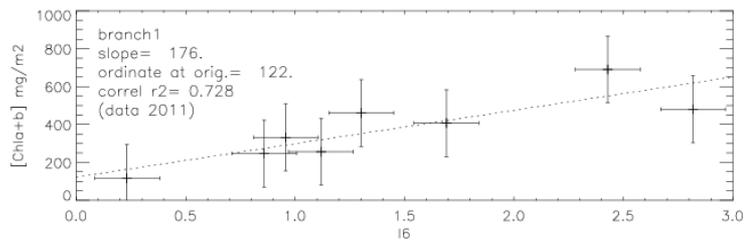
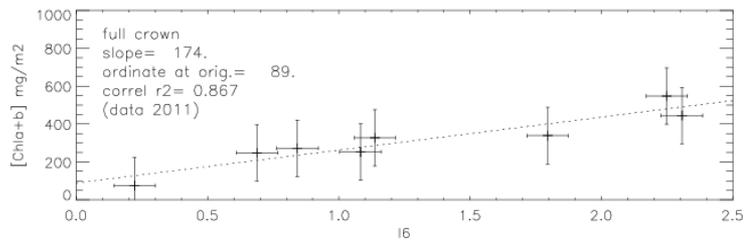
Grossissement des bourgeons

les plus précoces: doy = 90

Débourrement: doy= 92 à 94

Même correspondance en 2010

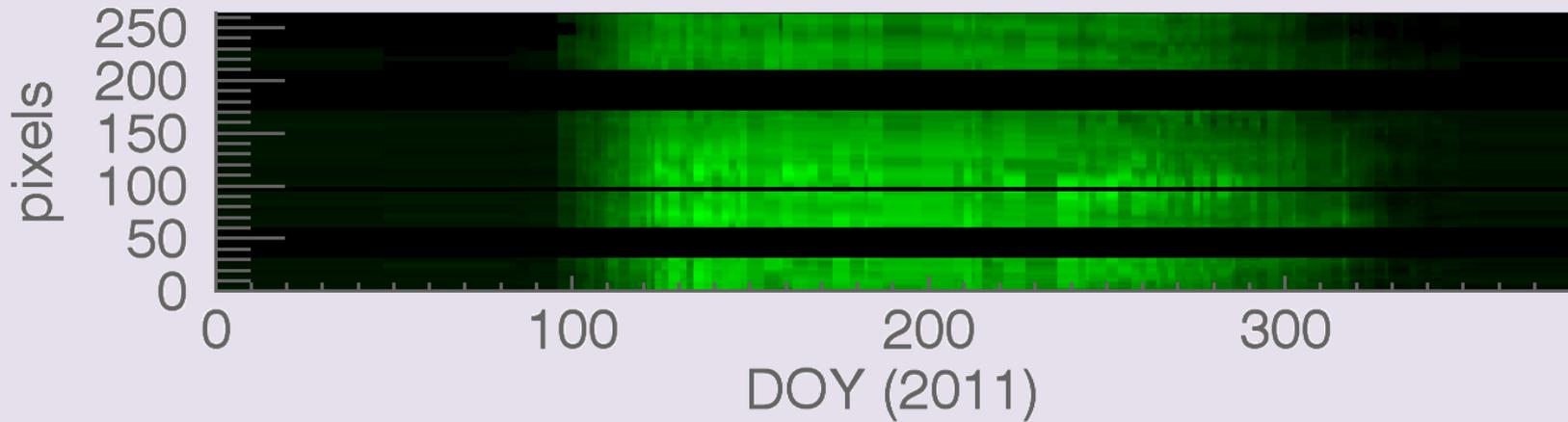
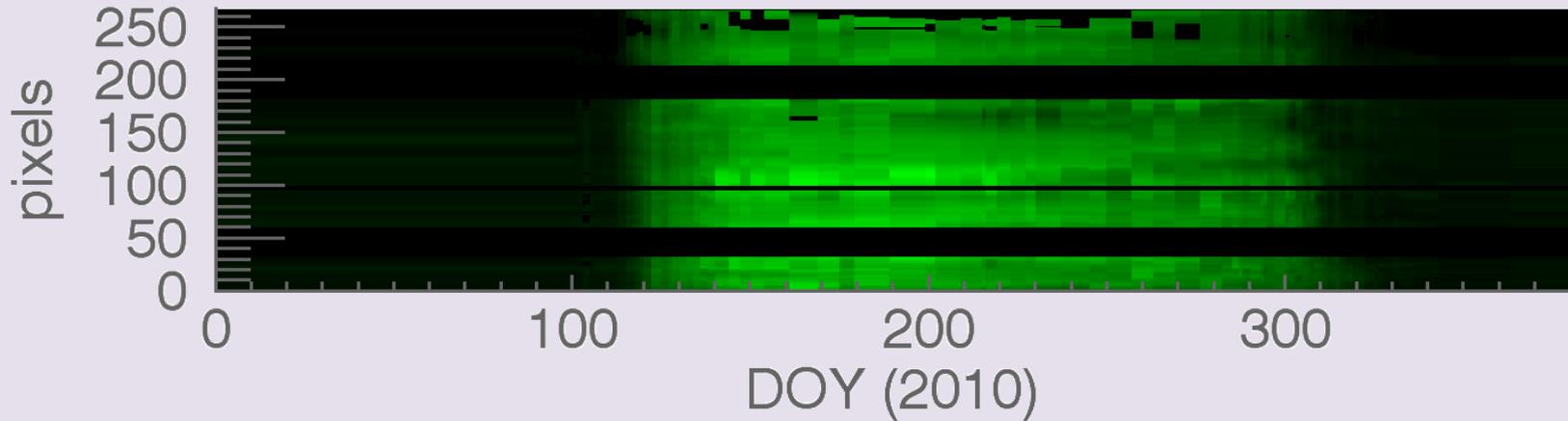




Chlab versus DOY 2011
Gradient négatif de b1 à b3
Écart significatifs à 2 et 3 sigma.

Même pente, mais oao différents
(pas de biais du ciel bleu)

- Série temporelle de I6 (donc [Chlab]) le long de la fente verticale



conclusion

- Spectro versus observations visuelles
 - Bon accord *comptage des couleurs* (stade BBCH 91 etc.)
 - S_j et S_a de I1 encadre le débourrement
 - Au-delà de S_m (I6 max) 1^{ere} quinzaine de juin début altération des feuilles
 - Etc.
- Modèle ADS pour I1 et I6 => dates d'occurrence RMS < 1j
- Séries temporelles couleurs verticales => aperçu global sur l'année/entre années
- I6 calibré en [Chlab] + résolution verticale => observation d'un gradient négatif de [Chlab] de bas en haut

- Maitriser: stabilité latérale de la fente, mieux maitriser le pointage
- Maitriser le *background*: autres arbres + ciel pour éviter des biais

=> intérêt de la resolution spatiale+ spectrale

Publication à venir Arnold et al. 2016