Projet CANOPÉE – 2011-2014

Echange de composés organiques entre la surface et l'atmosphère : impact des processus intra-canopée

Juliette Lathière - LSCE

Le projet

- ANR-JCJC Février 2011 (3 ans)
- Budget
  - ANR = 210 k€
  - CHARMEX/MISTRALS = 12 k€ (WP Emissions)
- 11 participants: expérimentateurs et modélisateurs
  - 2 thèses: Anne-Cyrielle Genard (ADEME-PACA, Christophe Boissard LSCE, Catherine Fernandez et Elena Ormeño, IMBE) et Cerise Kalogridis (ADEME-CEA, Valérie Gros et Bernard Bonsang, LSCE)
- Nouvelles collaborations

Objectifs

- Comprendre et quantifier le rôle des processus intra-canopée dans les échanges de composés entre la surface et l'atmosphère
  - Composés Organiques Volatils Biogéniques (isoprène), ozone, oxydes d'azote.

Objectifs

- Comprendre et quantifier le rôle des processus intra-canopée dans les échanges de composés entre la surface et l'atmosphère
  - Composés Organiques Volatils Biogéniques (isoprène), ozone, oxydes d'azote.

Un site forestier particulier:

→ Multi-échelle: de la branche à la canopée (structurelle, écologique, chimique)

→ Intégratrice mesures et modèles

Objectifs

- Comprendre et quantifier le rôle des processus intra-canopée dans les échanges de composés entre la surface et l'atmosphère
  - Composés Organiques Volatils Biogéniques (isoprène), ozone, oxydes d'azote.

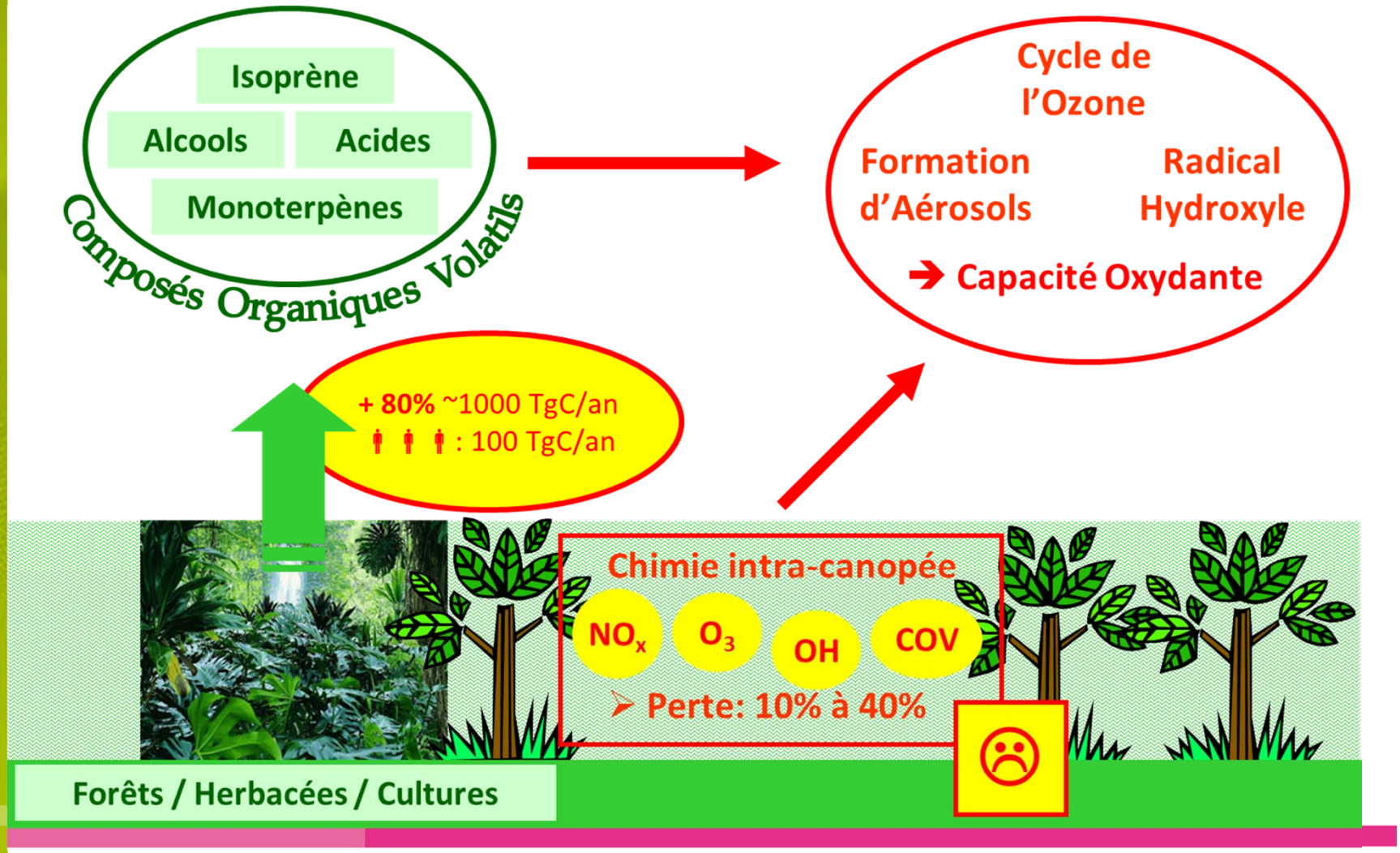
Un site forestier particulier:

→ Multi-échelle: de la branche à la canopée (structurelle, écologique, chimique)

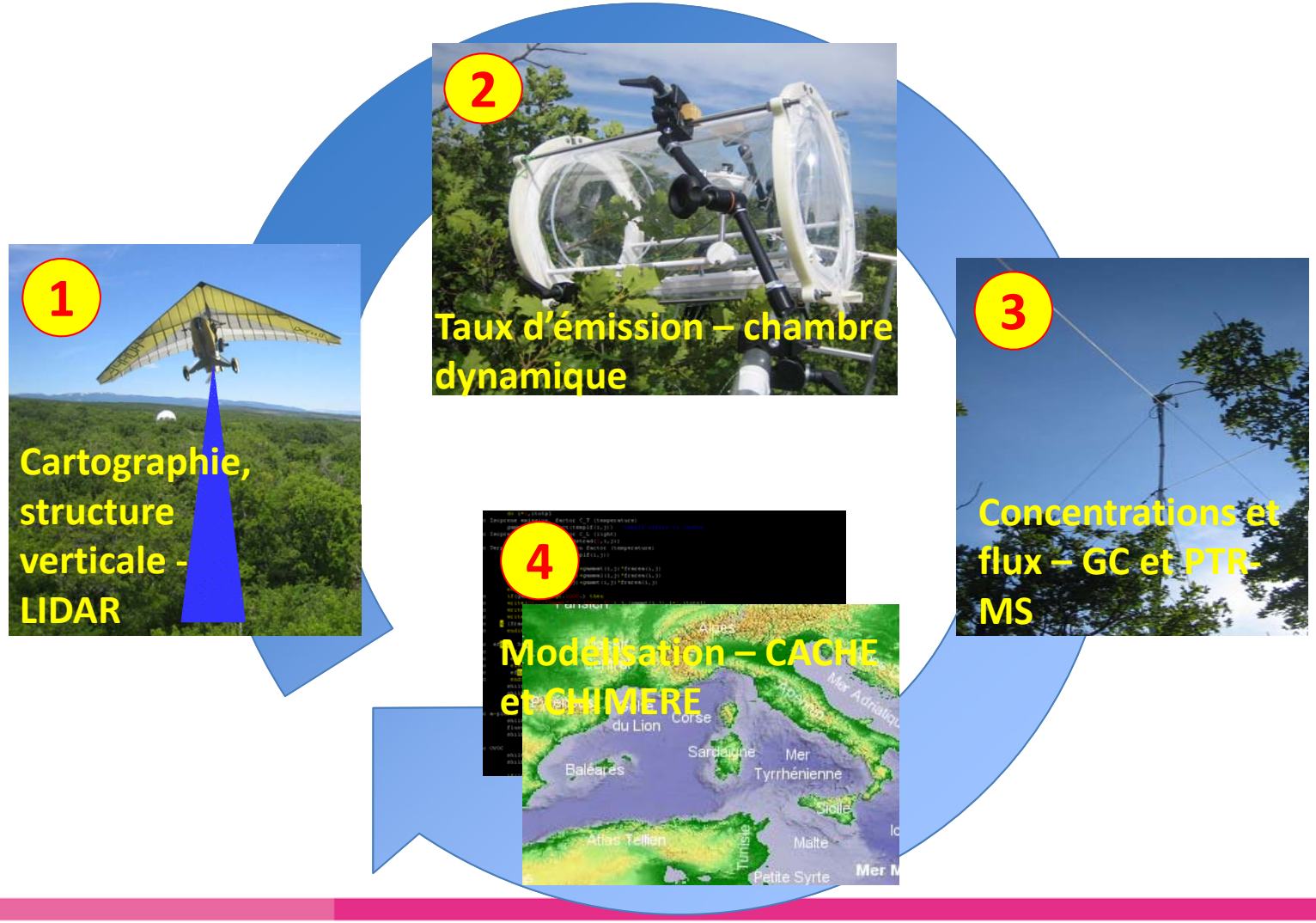
→ Intégratrice mesures et modèles

✓ Compétences intra-LSCE et LSCE-IMBE

Contexte

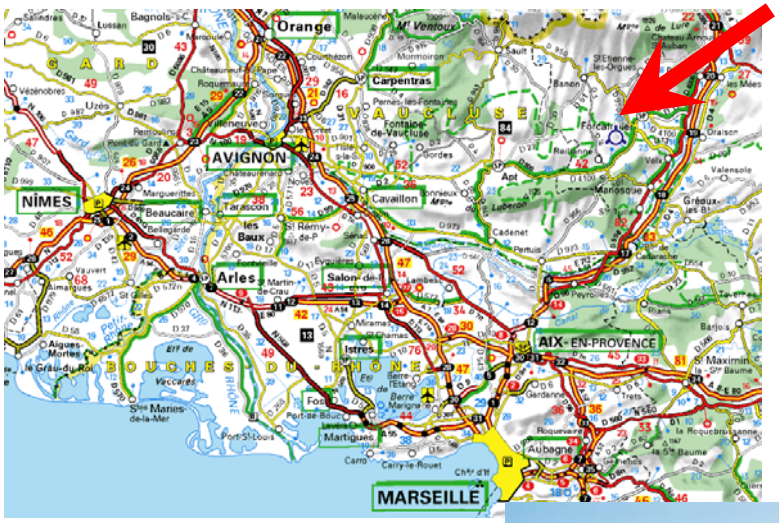

Isoprène
Alcools
Acides
Monoterpènes
Composés Organiques Volatils
Cycle de l'Ozone
Formation d'Aérosols
Radical Hydroxyle
➔ Capacité Oxydante
+ 80% ~1000 TgC/an
: 100 TgC/an
Chimie intra-canopée
NO_x
O_3
OH
COV
➢ Perte: 10% à 40%
Forêts / Herbacées / Cultures

Stratégie


1
Cartographie, structure verticale - LIDAR
2
Taux d'émission – chambre dynamique
3
Concentrations et flux – GC et PTR-MS
4
Modélisation – CACHE et CHIMERE

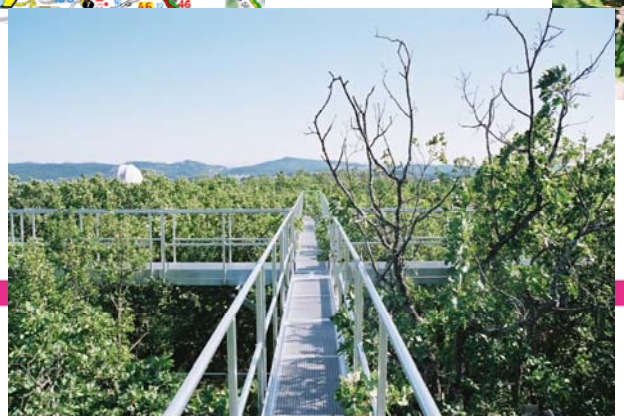
Stratégie

- Campagne intensive mai-juin 2012
  - Observatoire de Haute Provence: Chêne Pubescent



Oak Observatory at OHP

Quercus pubescens



1 Structure de la canopée

→ **Observations lidar embarqué sur un ULM**

Plans de vol afin d'échantillonner le site. L'échantillonnage a été effectué au-delà du site afin de permettre une généralisation des résultats à plus grande échelle.

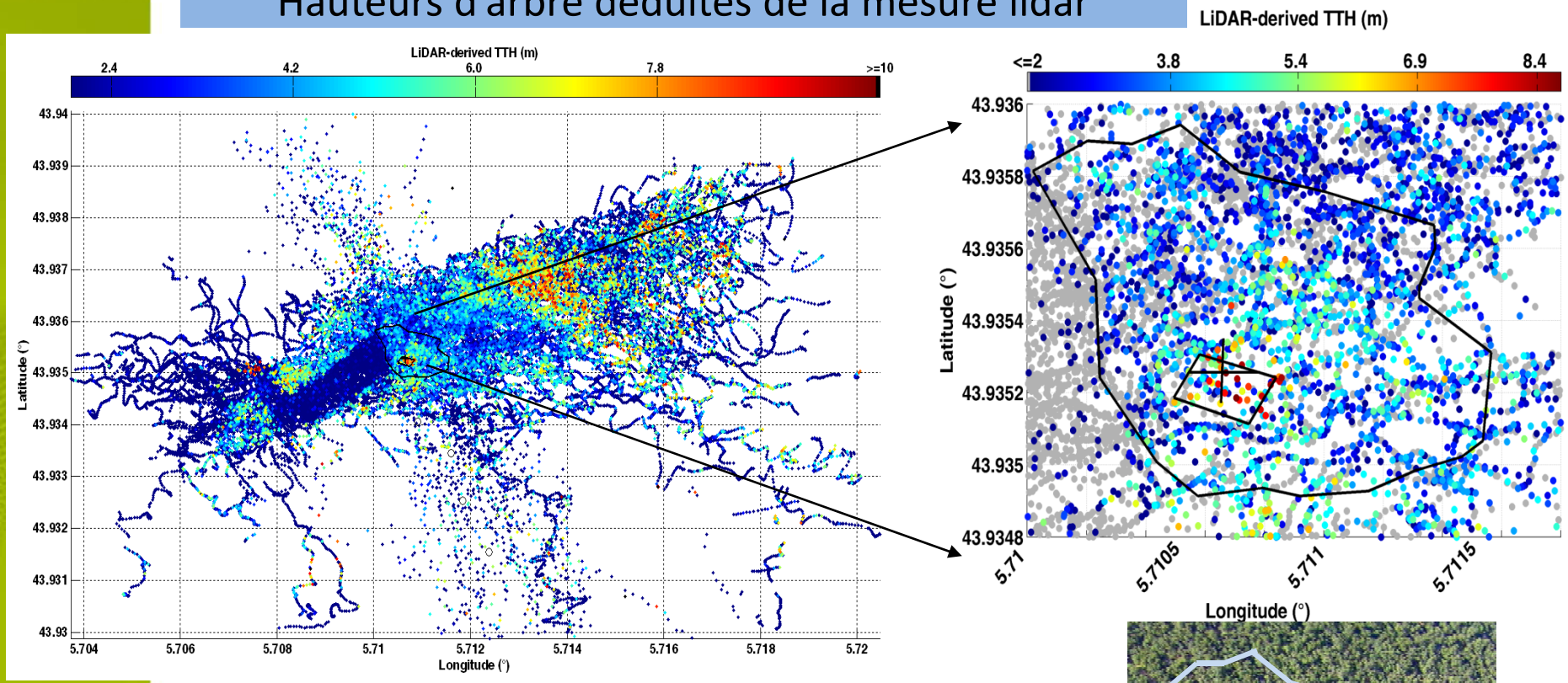
Lidar embarqué sur l'ULM durant la campagne CANOPEE

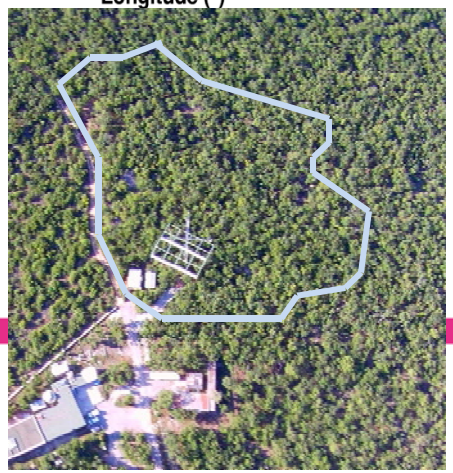
Hauteur des arbres : 4 à 7m

→ **Patrick Chazette, LSCE**

1 Structure de la canopée: Résultats lidar

Hauteurs d'arbre déduites de la mesure lidar





Bon fonctionnement de l'instrument et restitution des hauteurs d'arbre avec une résolution verticale ~ 1 m.

Echantillonnage lidar: Les spots au sol d'environ 2 m de diamètre sont répartis de manière homogène sur l'ensemble du site et en dehors.

② COVB à l'échelle de la branche

→ **Chambres dynamiques d'enfermement**

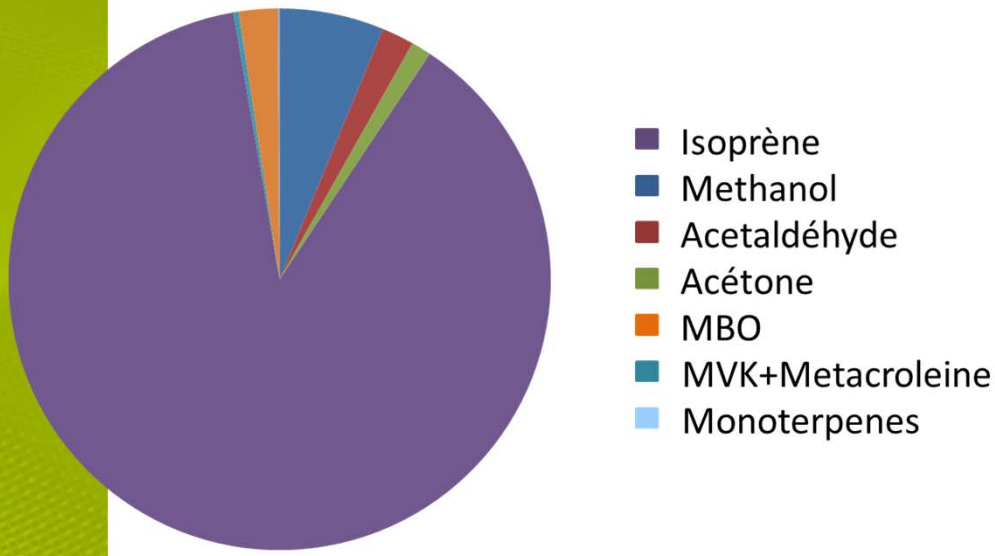
- Structures téflonées de 60 L
- Enfermement d'une branche
- Renouvellement de l'air toutes les 6 min
- Analyses de l'air entrant et sortant :

  - COVB (⇨ taux d'émission)
  - CO_2 (⇨ photosynthèse)
  - H_2O (⇨ transpiration, conductance stomatique)

→ **Anne-Cyrielle Genard (LSCE-IMBE), Christophe Boissard (LSCE), Catherine Fernandez et Elena Ormeño (IMBE)**

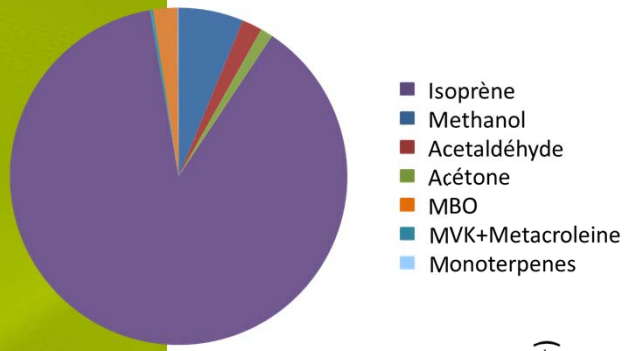
2 COVB à l'échelle de la branche: Résultats

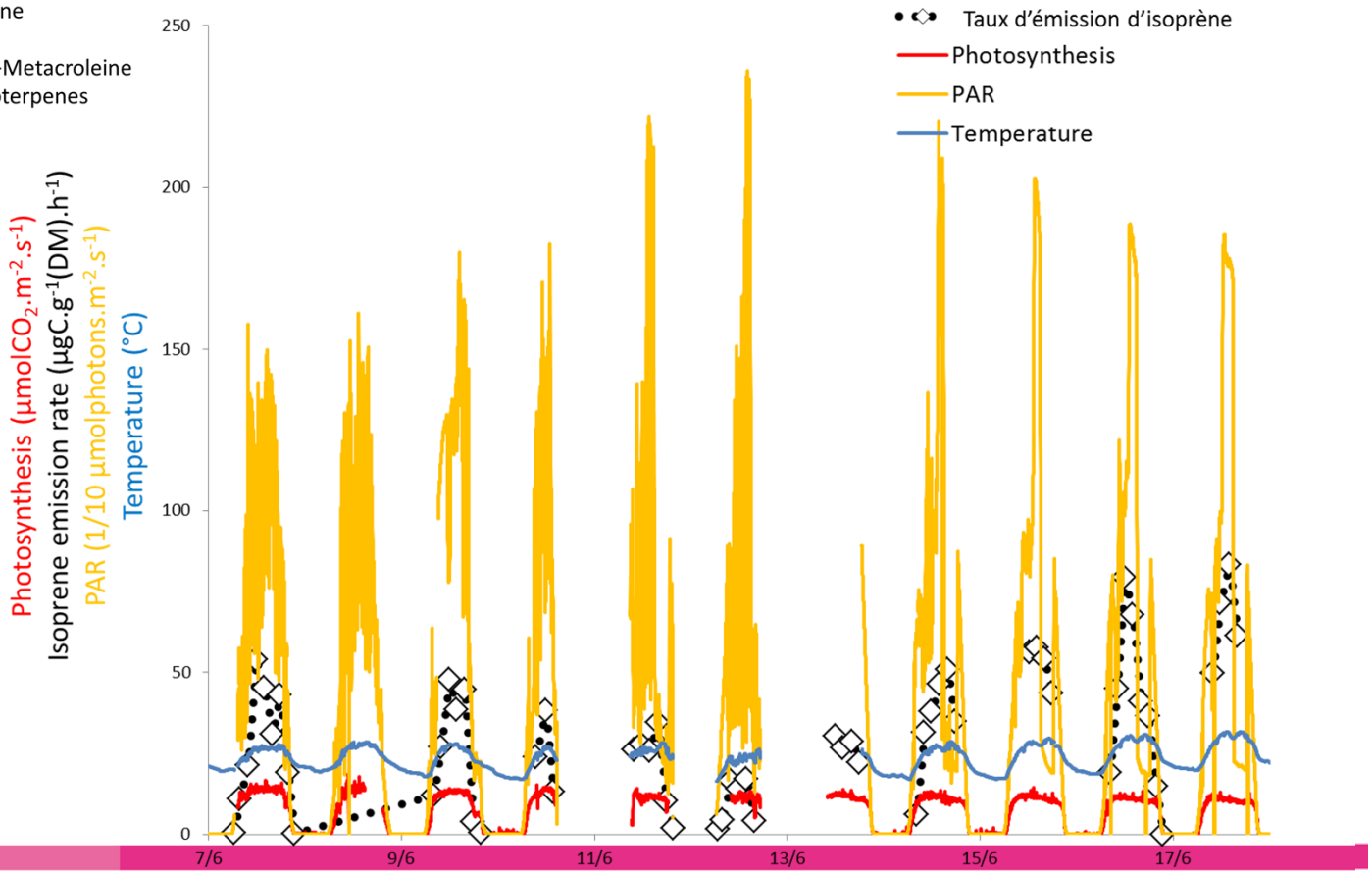
Composition des COVB émis par *Q. pubescens*



2 COVB à l'échelle de la branche: Résultats

Composition des COVB émis par *Q. pubescens*



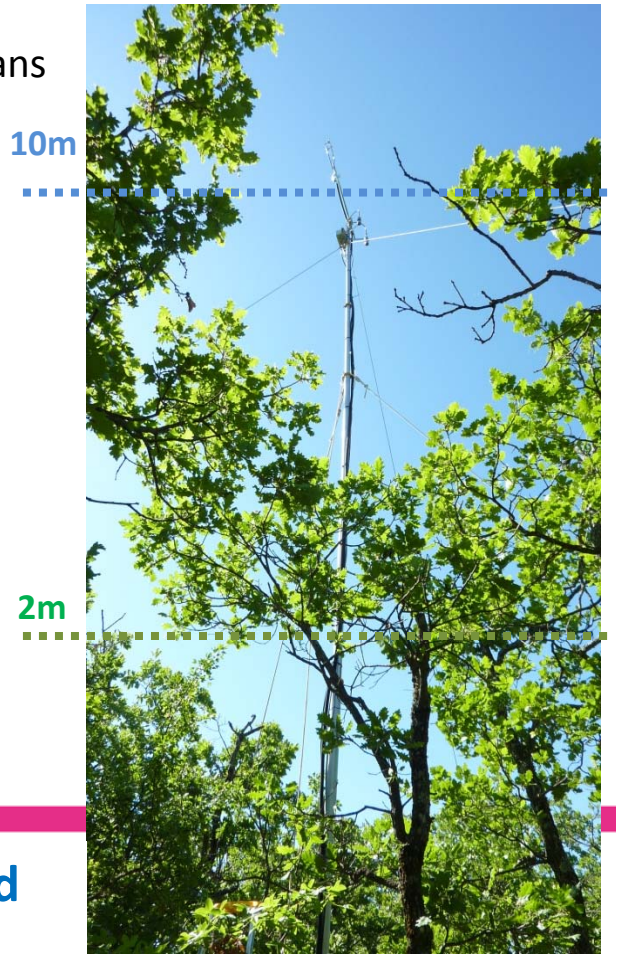


Variations diurnes des émissions d'isoprène de *Quercus pubescens*.

3 Chimie dans le couvert végétal

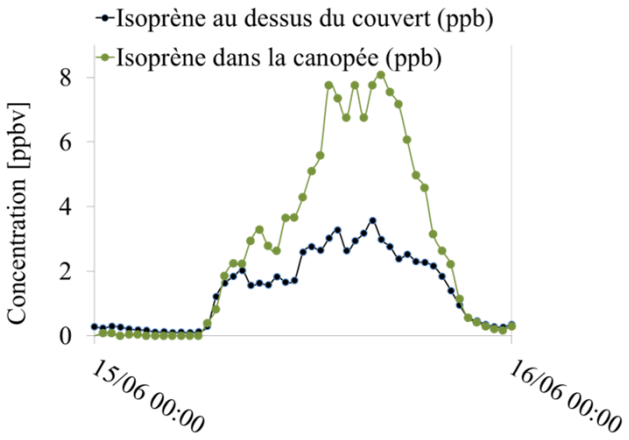
- **Identifier and quantifier** les COVs biogéniques à l'O3HP
- Etudier leur **variabilité diurne** et l'influence des facteurs environnementaux (Température, lumière, vent)
- Evaluer l'importance des processus chimiques intra-canopée, notamment sur **la chimie de l'isoprène**
- **Quantifier les flux** nets des COV biogéniques entrant dans l'atmosphère

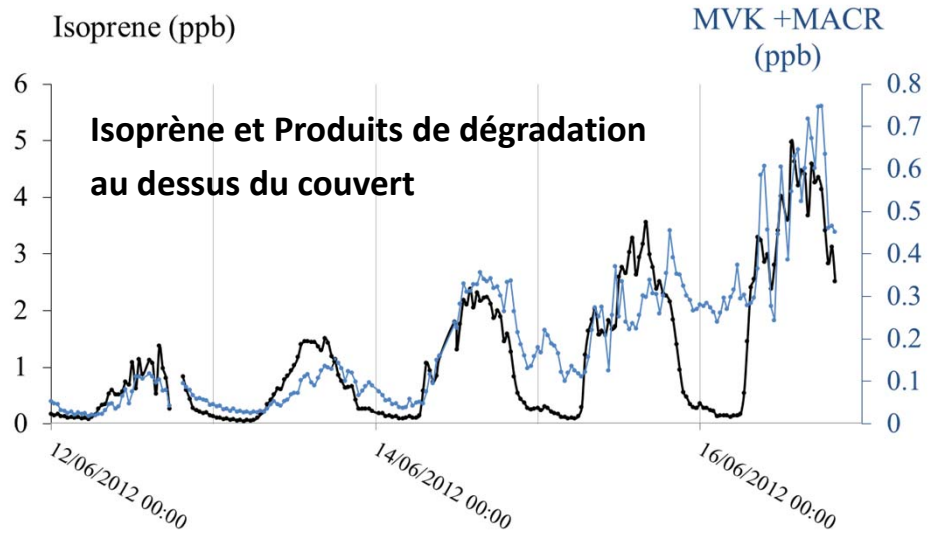
Dans la CANOPEE (2m au dessus du sol)		Au dessus du couvert (10 mètres au dessus du sol)	
Mesure	**Instrument**	**Mesure**	**Instrument**
Isoprène	GC-FID	Flux et concentrations de COV	PTR-MS couplé à un anémomètre (Eddy Covariance)
NOx	Ozone-induced chemi-luminescence	Flux de CO_2/H_20	Licor 75000
Ozone	UV absorption	Flux d'ozone	



→ **Cerise Kalogridis, Valérie Gros, Bernard Bonsang, Roland Sarda, Nicolas Bonnaire (LSCE), Benjamin Loubet (INRA)**

3 Chimie dans le couvert végétal: Résultats





- Concentrations et flux d'isoprène très importants: **forêt fortement émettrice**
  Max: 2-4 ppb (17 ppbv dans la canopée)
  Max: 0.8-8 mg/m^2/h
- Cycles diurnes en réponse aux variations de température de rayonnement: **source biogénique**
- **Oxydation intra-canopée de l'isoprène faible:**
  (MVK+MACR)/isoprene = 0.1 en journée
  Pas de flux de MVK+MACR
- Décroissance **nocturne** différente pour l'isoprène et ses produits de dégradation: **dynamique vs chimie?**

☺ Etudes Bonus

- Flux de CO2/H2O:
  - INRA (Benjamin Loubet)
- Aérosols:
  - LSCE (Jean Sciare, Nicolas Bonnaire) et INERIS (Laura Chiappini et Caroline Rio)

  → Contribution des COV biogéniques (isoprène) à la formation d'aérosols organiques secondaires
- Oxysulfure de carbone:
  - LSCE (Sauveur Belviso)

  → Indicateur de la production primaire

Aérosols

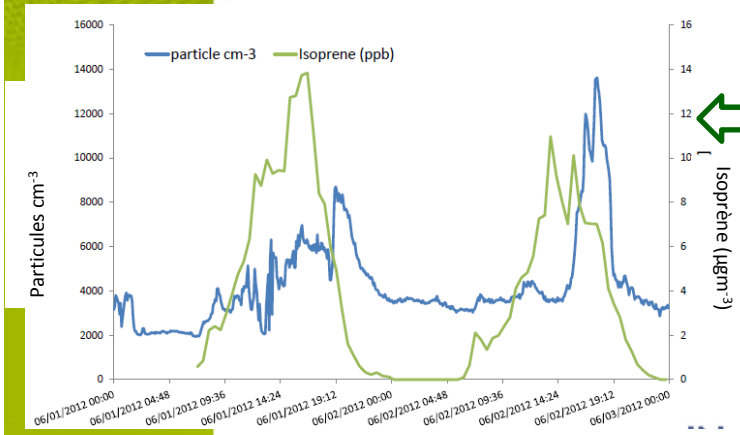
→ **Etude simultanée de composés oxygénés en phase gazeuse et particulaire pour l'AOS**

Gaz: Tubes Tenax 100 ml min^{-1} 3 à 5 h **/ Particules**: Filtres Quartz ou Teflon débits 16,7 L/min 3 to 5 h

Derivatisation directe sur supports prélèvement => analyse des composés secondaires multifonctionnels: **PFBHA** : aldehydes, cétones / **MTBSTFA** : alcools, acides carboxyliques

Analyse : TD-GC-MS EI + CI

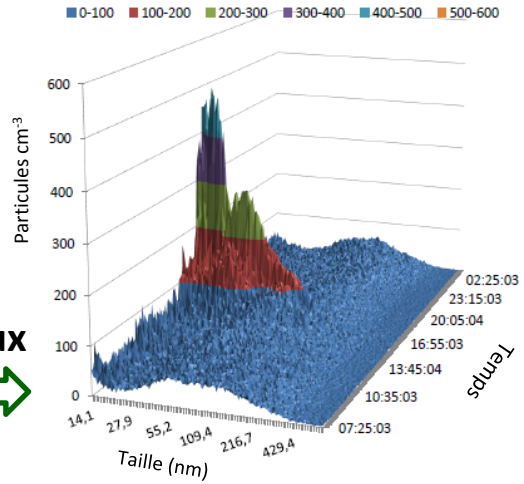
Determination de coefficients de partage en condition réelle



Variations diurnes isoprène et nombre de particules corrélées

+

Observation de phénomènes de nucléation journaliers successifs aux pics d'isoprène



 → **Caroline Rio et Laura Chiappini (INERIS)**

Aérosols

Echantillonnage sur filtre (1m3/h, toutes les 6h) et analyses en laboratoire (LC-MS/MS)

Réplicats avec déviation standard ~ 15%

Pas de signal diurne net

Mais des périodes associant concentrations élevées de COVB et de produits d'oxydation particulaires

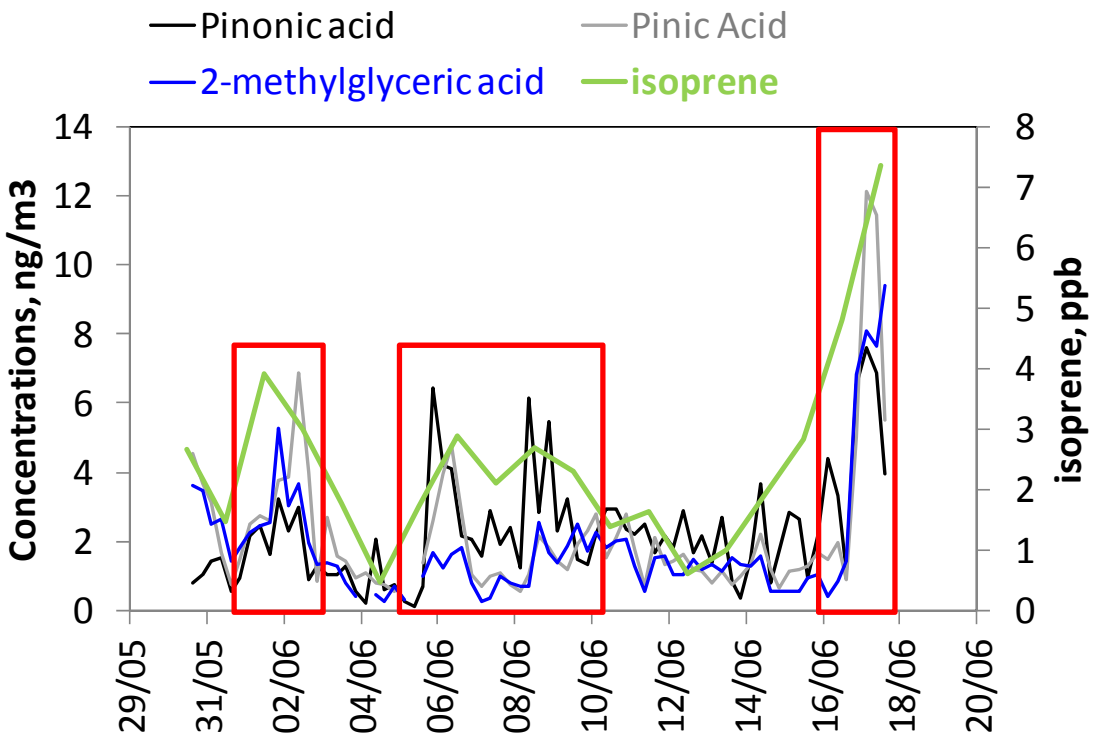
→ Suivi des composés d'oxydation pour 3 composés organiques :

✓ Acide **2 –methylglycéric**

(produit intermédiaire d'oxydation de l'isoprène)

✓ **Acides Pinic & Pinonic**

(produit intermédiaire d'oxydation de l'α-pinène)



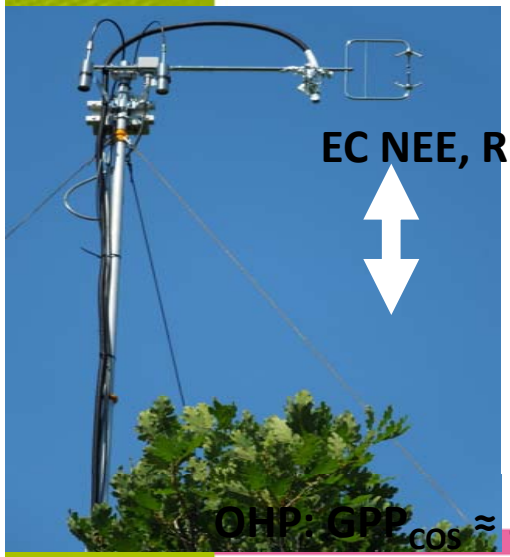
→ **Jean Sciare et Nicolas Bonnaire (LSCE)**

Oxysulfure de Carbone (COS)

The potential of carbonyl sulfide as a proxy for gross primary production at flux tower sites (Blonquist et al., 2011)

$$\frac{GPP}{NEE} = ERU\left(\frac{1}{LRU}\right)$$

Ecosystem Relative Uptake **Leaf Relative Uptake**



EC NEE, RECO, GPP

OHP: GPP_{COS} ≈ 3.4 x NEE

Mai-juin 2012

OHP forest

10m

Mesures atmosphériques autour de midi

[CO2], [COS] au-dessus de la canopée

ERU= (ΔCOS m^{-1}/COS) / (ΔCO2 m^{-1}/CO2)

LRU

Mesures dans les chambres dynamiques d'enfermement

2m

Mesures atmosphériques autour de midi

[CO2], [COS] dans la canopée

→ **Sauveur Belviso, LSCE**

4 Modélisation à l'échelle du site

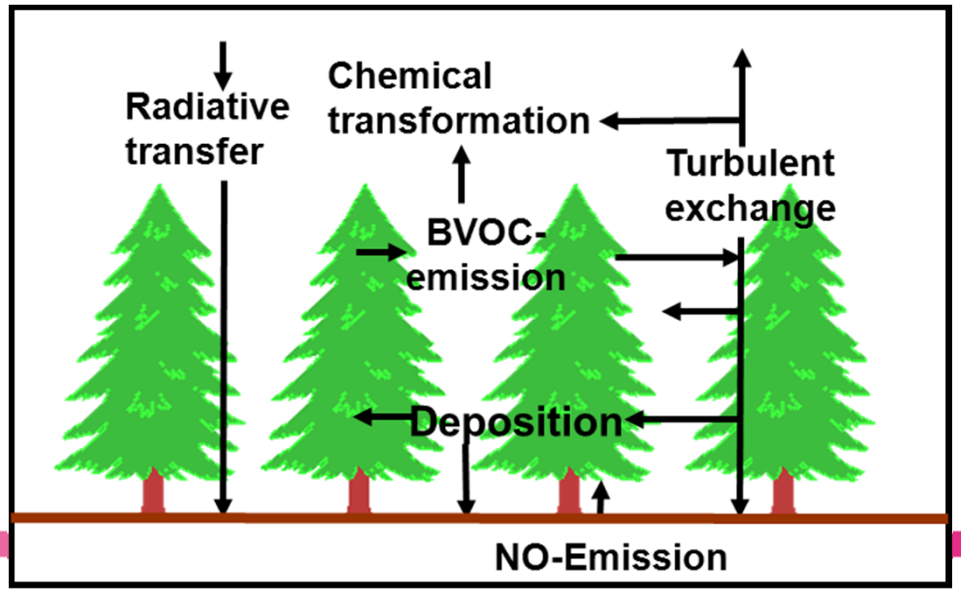
Campagne CANOPEE
O_3HP

- LAI (2-3)
- Hauteur (lidar)
- EF (chambre)
- Météo
- Concentrations initiales (chimie)

Flux
Concentrations
Variabilité verticale
et journalière

CACHE

Canopy Atmospheric CHemistry Emission model



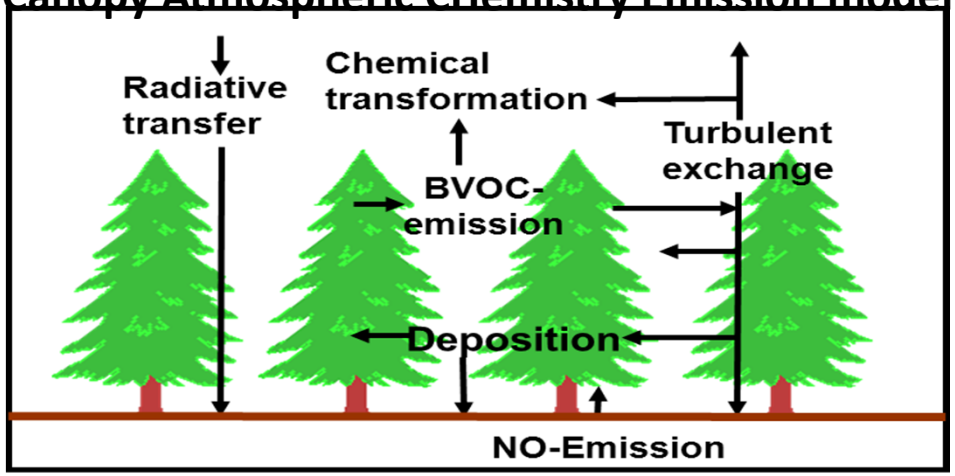
Forkel et al. 2006

→ Renate Forkel (KIT/IMK-IFU), Juliette Lathière et Sophie Szopa (LSCE)

4 Modélisation à l'échelle du site

CACHE

Canopy Atmospheric CHemistry Emission model



- **Evaluation du modèle sur un nouveau site**
- **Identification des processus manquants**
- **Amélioration du modèle**
- **Outil d'investigation (dépôt/transport/chimie)**

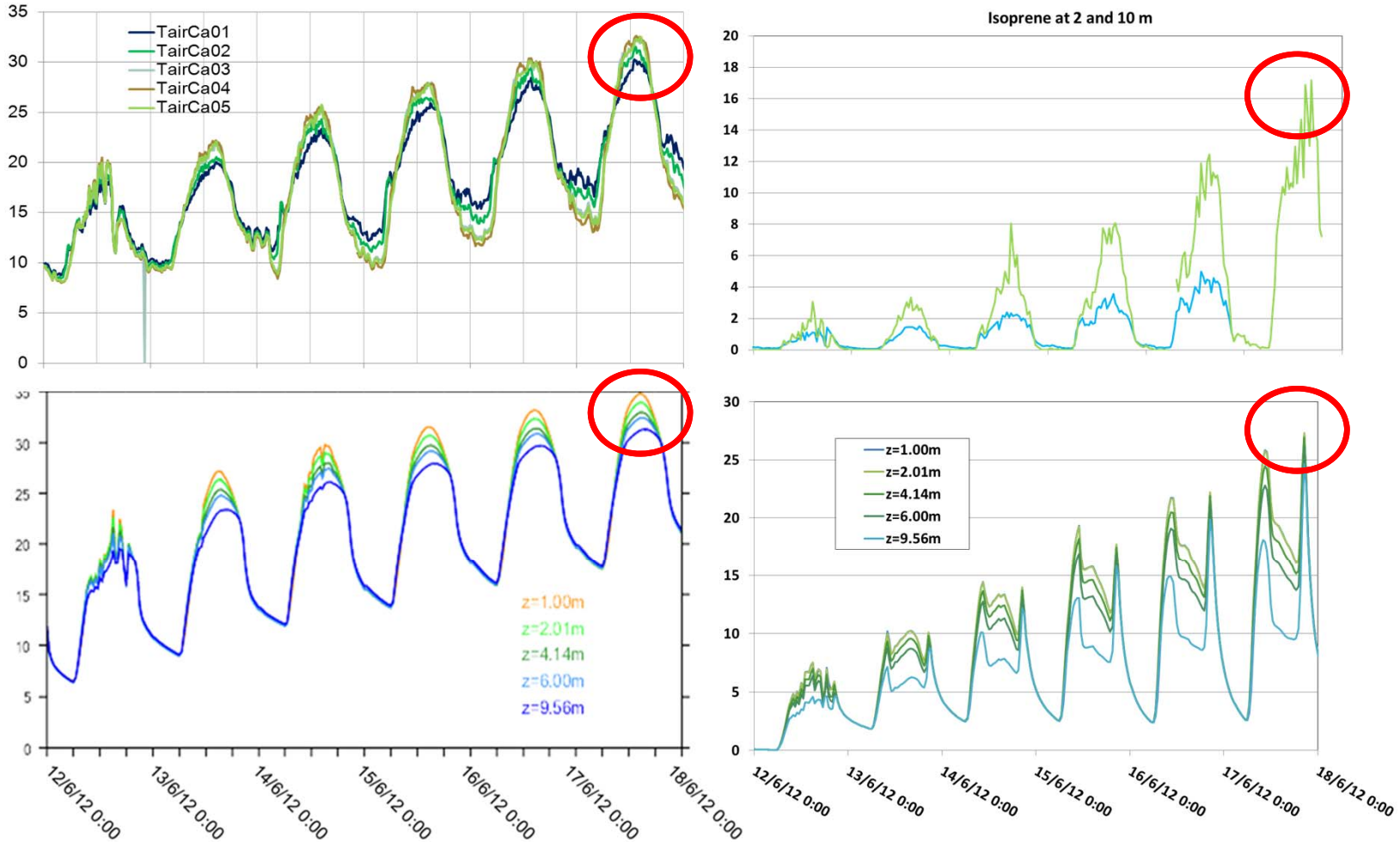
4 Modélisation: Résultats

Température

Isoprène – Concentrations (ppbv)

Observations

Modèle

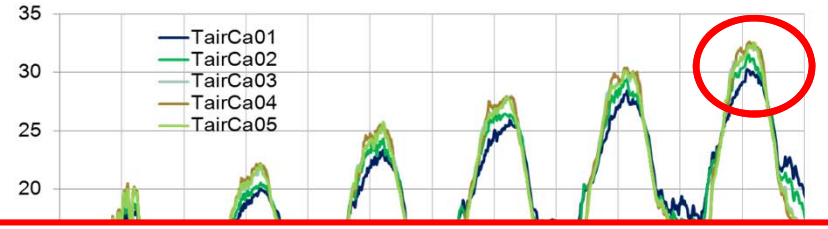


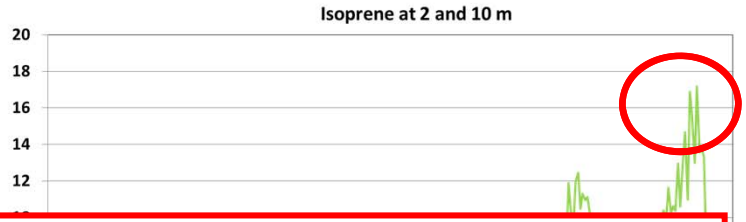
4 Modélisation: Résultats

Température

Isoprène – Concentrations (ppbv)

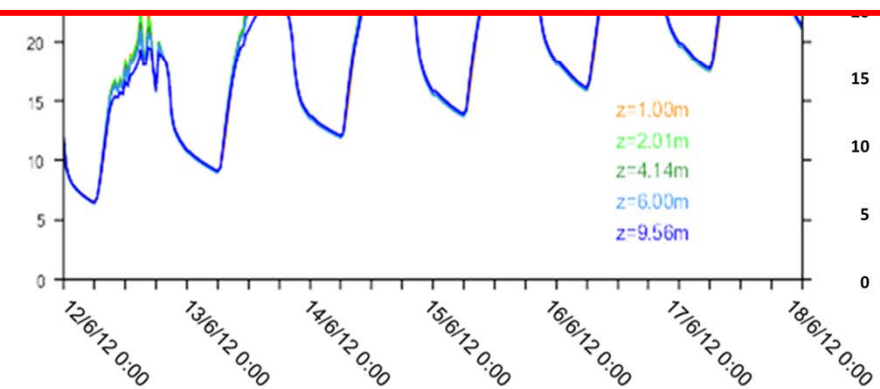
Observations

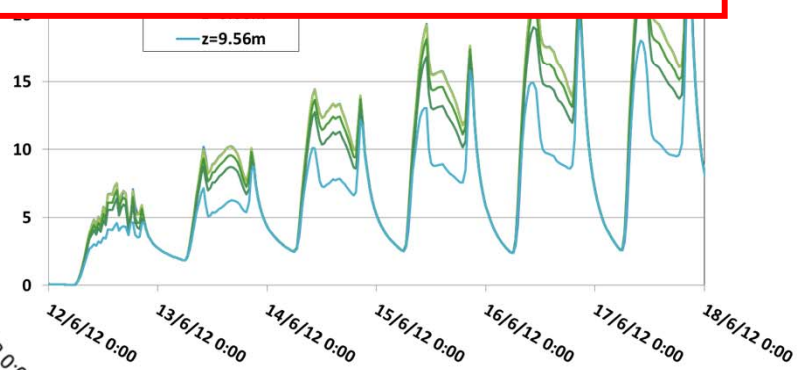




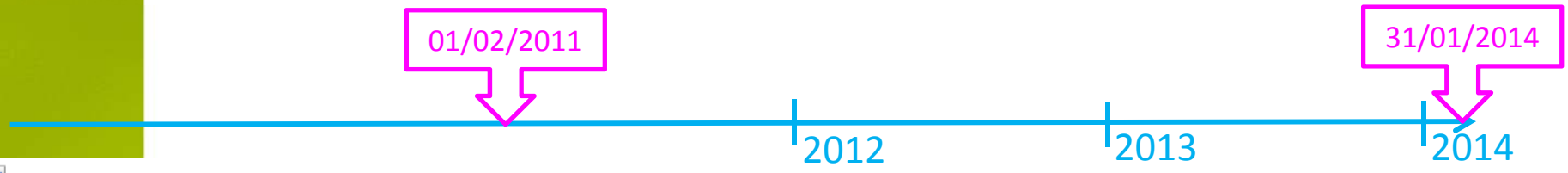
- **Poursuite du travail d'adaptation et d'analyse conjointe mesures / modèle**
- **Intégration des informations lidar**
- **Extension à la région avec le modèle CHIMERE**

Modèle





Calendrier et aléas



Task	Task short name	Year 1											Year 2											Year 3										
		1					6					12						18					24						30					36
0	Coordination	K					R					R						R					R						R					FR
1	Setting a combined experimental-modelling approach																																	
	1A-Canopy vertical structure																																	
	1B – Measuring isoprene emission rate																																	
	1C – Analysing the air chemical composition																																	
	1D – Setting model experiment																																	
2	Measurement campaign at the OHP																																	
3	Analysing data and model simulations																																	

K: Kick-off meeting organised at the OHP for every participants
R: progress and expenses report
FR: final progress and expenses reports

17
Mai-juin 2012

→ **Campagne de terrain repoussée à la 2e année du projet**

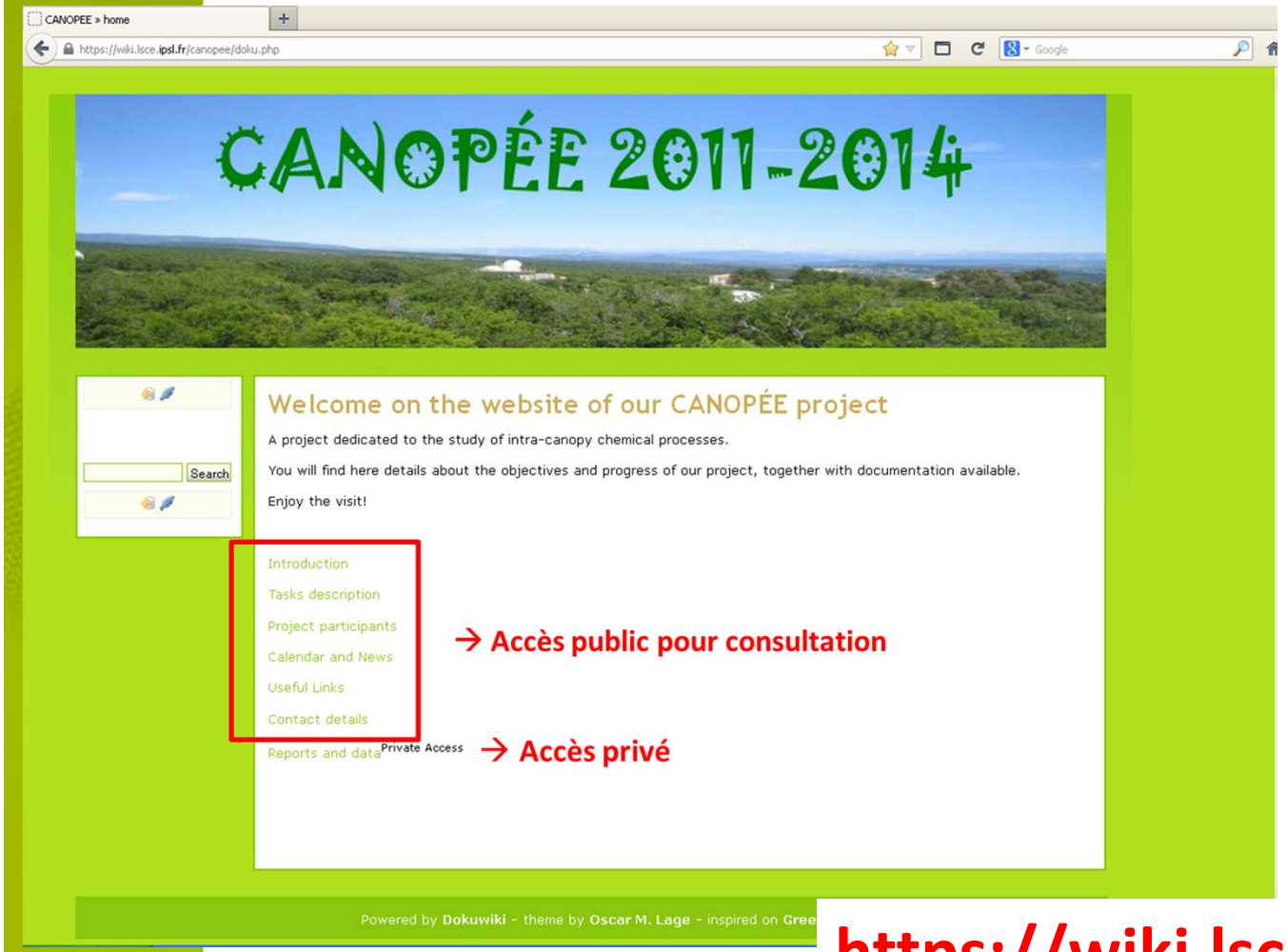
→ Décalage des livrables et jalons correspondant

→ Réduction du temps d'analyse des données et d'intégration mesures/modèles

A venir…

- Demande de prolongation du projet
  - Temps d'analyse et d'intégration mesures/modèles
  - Publications: par activités et transverses
- Présentations à plusieurs conférences (Gordon BVOC, EGU…)
- 3 publications en cours d'écriture
- Un site dédié à CANOPÉE !

Dissémination et valorisation



https://wiki.lsce.ipsl.fr/canopee