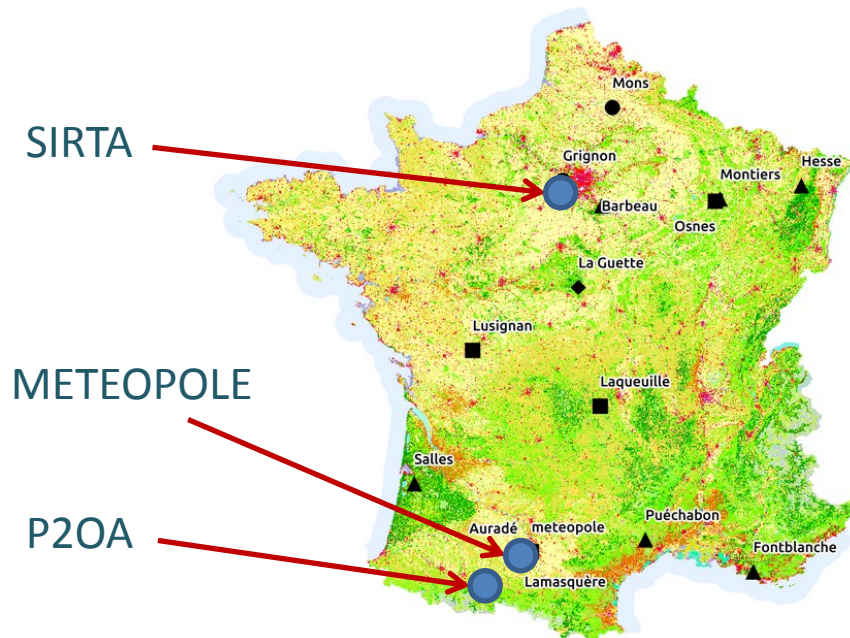


MOSAI

Model and observation for Surface Atmosphere Interactions

F. Lohou, , S. Bastin, E. Bazile, A. Boone, G. Boulet, A. Brut, G. Canut, F. Cheruy, M. Chiriaco, J.-M. Cohard , F. Couvreux, J. Darrozes, B. Decharme, S. Derrien, J.-C. Dupont, F. Gibert, F. Hourdin, L. Jarlan, S. Lafont, Z. Mehrez, P. Le Moigne, M. Lothon, P. Marquet, P. Medina, O. Merlin, W. Maurel, V. Moreaux, A. Paci, G. Ramillien , V. Rivalland, R. Roehrig, C. Román, Y. Seity

MOSAI: Model and Observation for Surface-Atmosphere Interactions

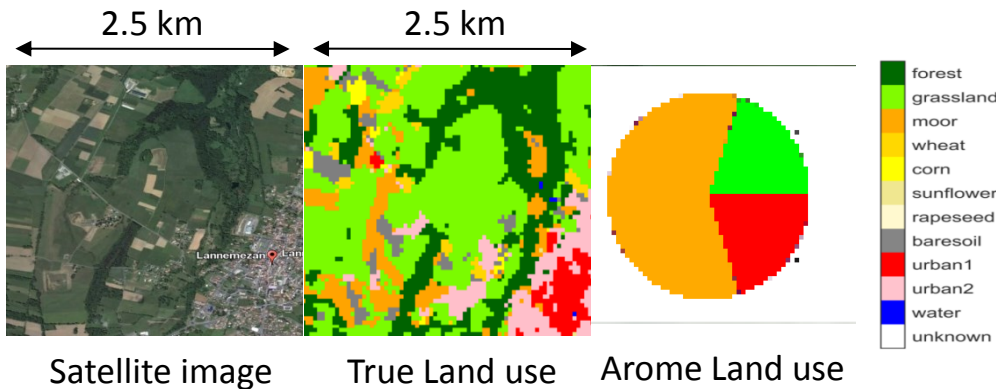
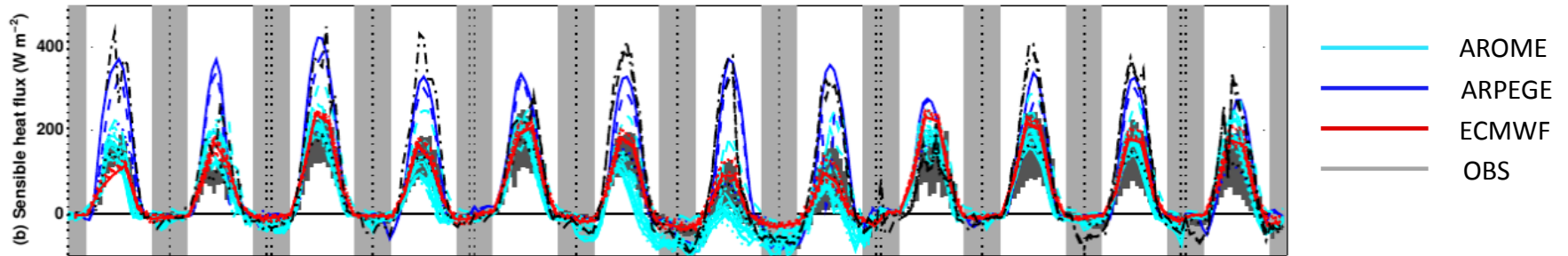


Un projet basé sur les mesures long terme de flux d'énergie de sites instrumentés nationaux et l'évaluation des modèles sur les échanges surface/atmosphère qui peut désormais s'appuyer sur ces longues séries

Évaluation modèle global LMDZ, et prévision du temps ARPEGE, AROME

Motivations

- Une évaluation poussée des modèles dans le cadre de la campagne BLLAST
- Variabilité spatial des flux observés élevée – difficulté de la représentation
- Sensibilité au LU des modèles



Couvreux, 2016

Motivations

- « Area-averaged flux-map »: un produit intéressant de la campagne BLLAST déduit de la carte fine de l'occupation des sols et des mesures des flux sur les surfaces caractéristiques
- Un travail d'intercomparaison des modèles qui soulève plusieurs questions

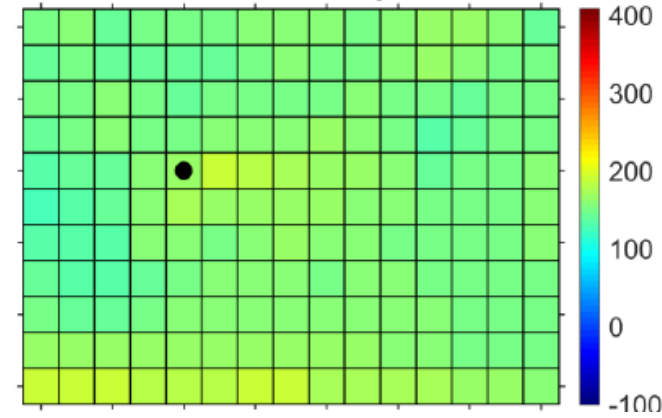
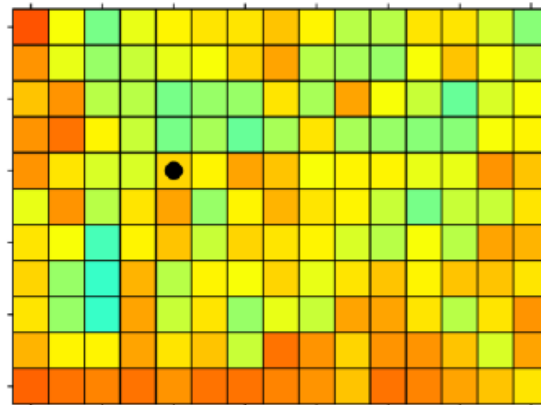
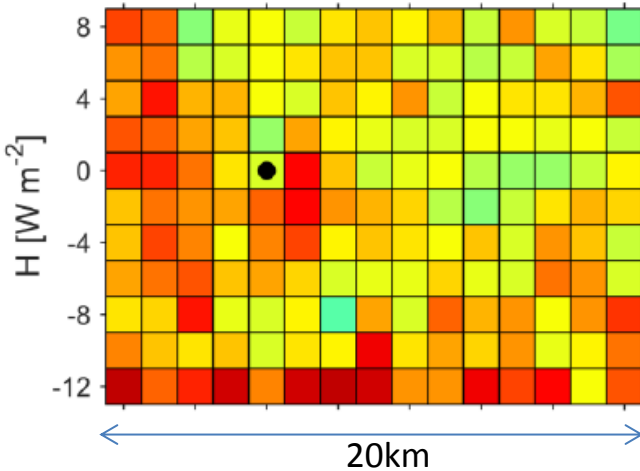
MESO-NH - 25June-IOP5 - 12:00

Hartogensis, 2015

Measurements on True-LU

Measurements on MESONH-LU

MESO-NH output

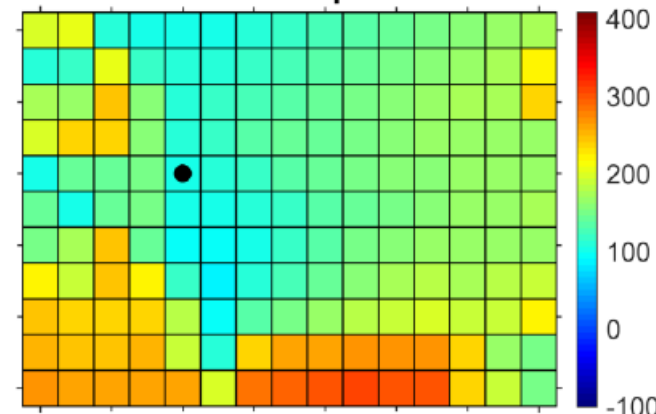
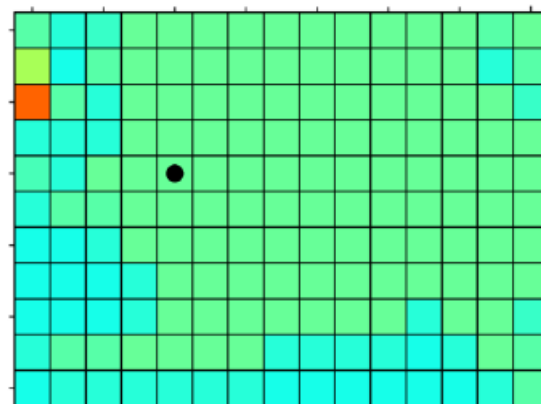
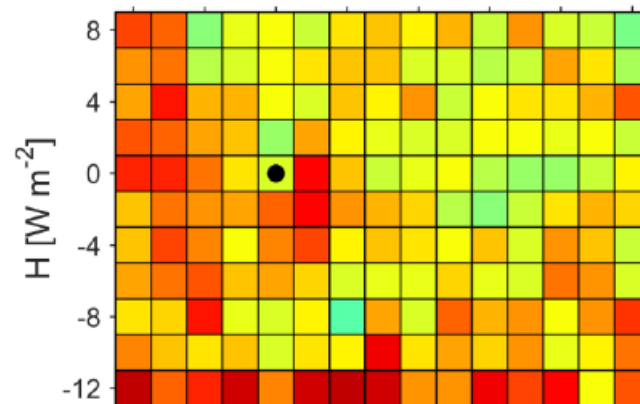


WRF - 25June-IOP5 - 12:00

Measurements on True-LU

Measurements on WRF-LU

WRF output



Motivations

- « Area-averaged flux-map »: un produit intéressant de la campagne BLLAST déduit de la carte fine de l'occupation des sols et des mesures des flux sur les surfaces caractéristiques
- Un travail d'intercomparaison des modèles qui soulève des questions.

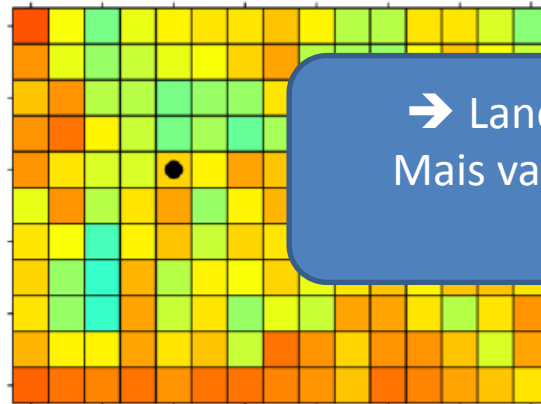
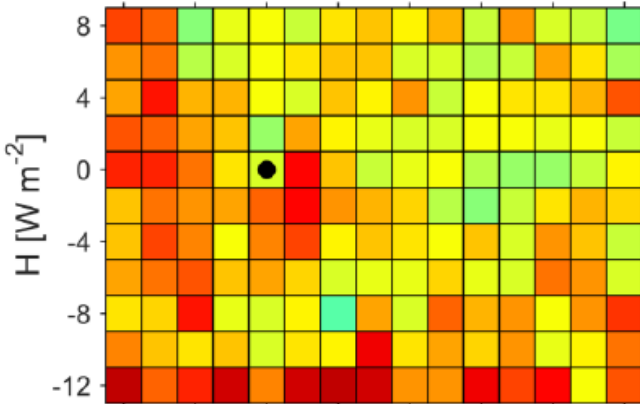
MESO-NH - 25June-IOP5 - 12:00

Hartogensis, 2015

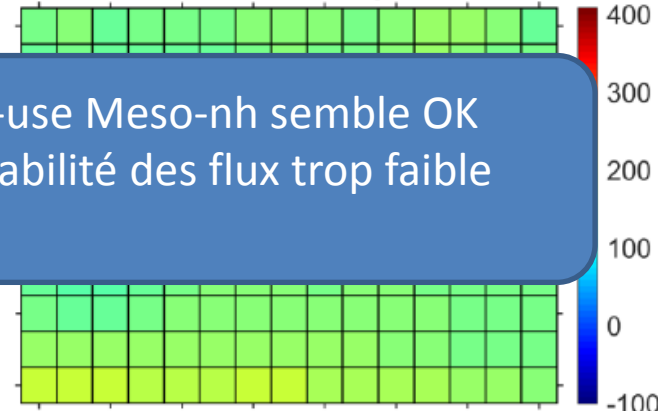
Measurements on True-LU

Measurements on MESONH-LU

MESO-NH output



→ Land-use Meso-nh semble OK
Mais variabilité des flux trop faible

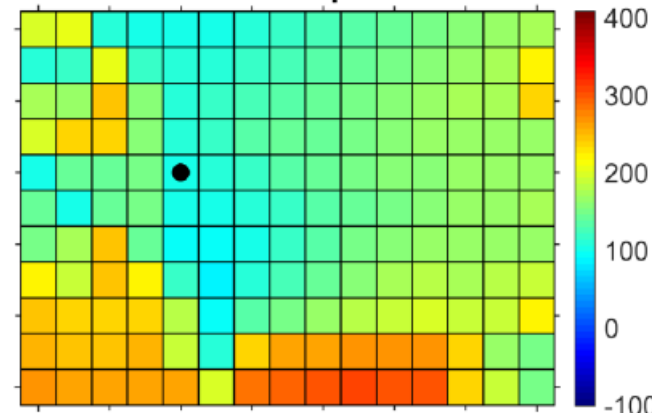
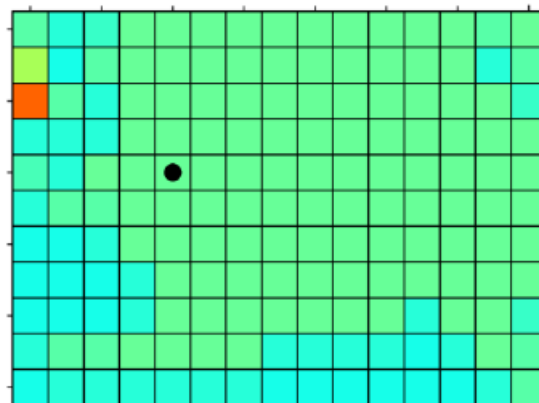
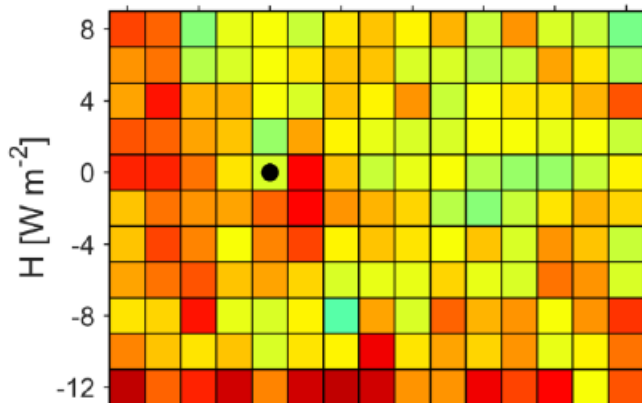


WRF - 25June-IOP5 - 12:00

Measurements on True-LU

Measurements on WRF-LU

WRF output



Motivations

- « Area-averaged flux-map »: un produit intéressant de la campagne BLLAST déduit de la carte fine de l'occupation des sols et des mesures des flux sur les surfaces caractéristiques
- Un travail d'intercomparaison des modèles qui soulève des questions.

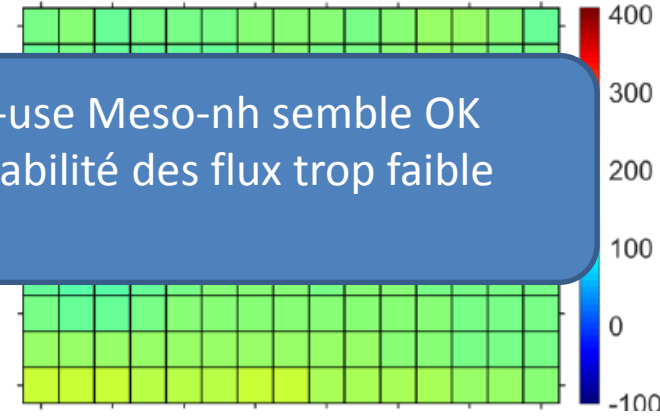
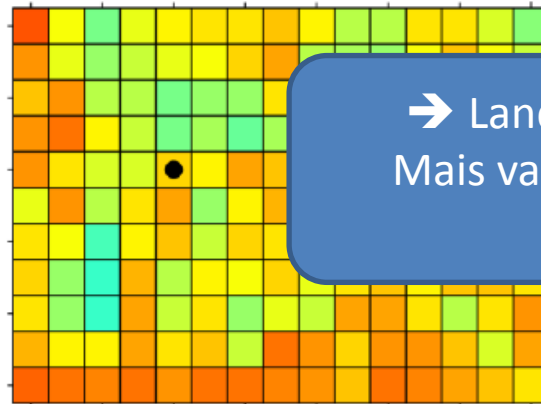
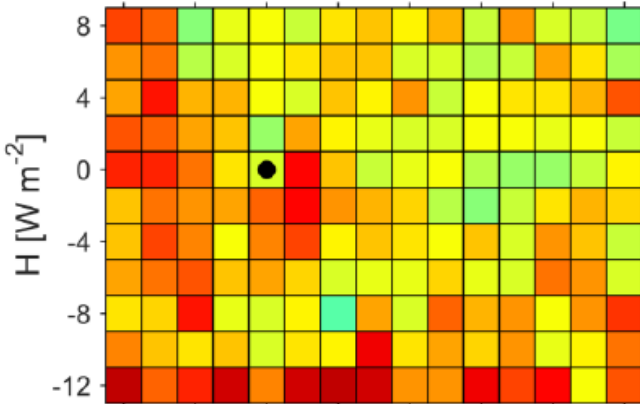
MESO-NH - 25June-IOP5 - 12:00

Hartogensis, 2015

Measurements on True-LU

Measurements on MESONH-LU

MESO-NH output



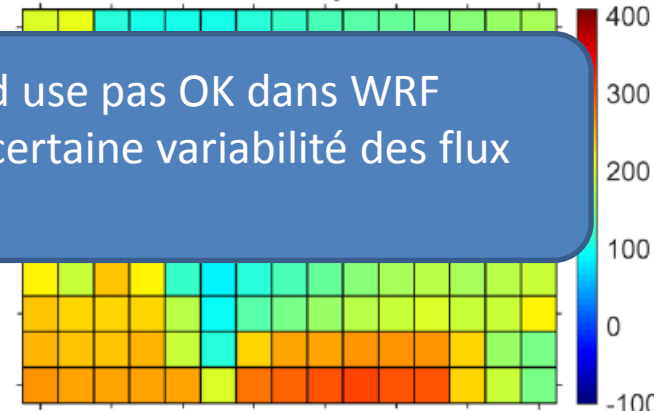
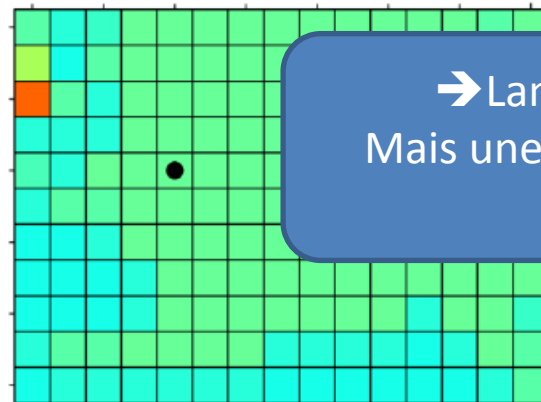
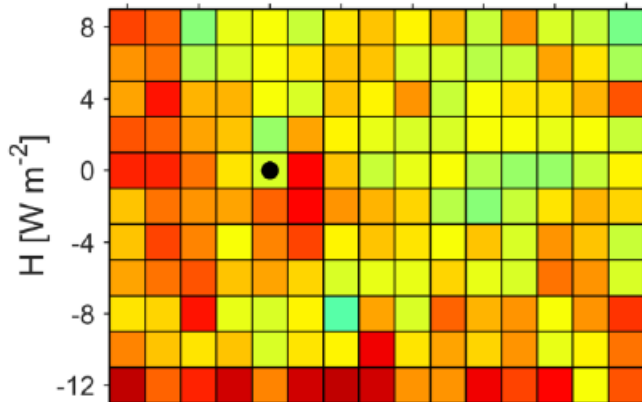
→ Land-use Meso-nh semble OK
Mais variabilité des flux trop faible

WRF - 25June-IOP5 - 12:00

Measurements on True-LU

Measurements on WRF-LU

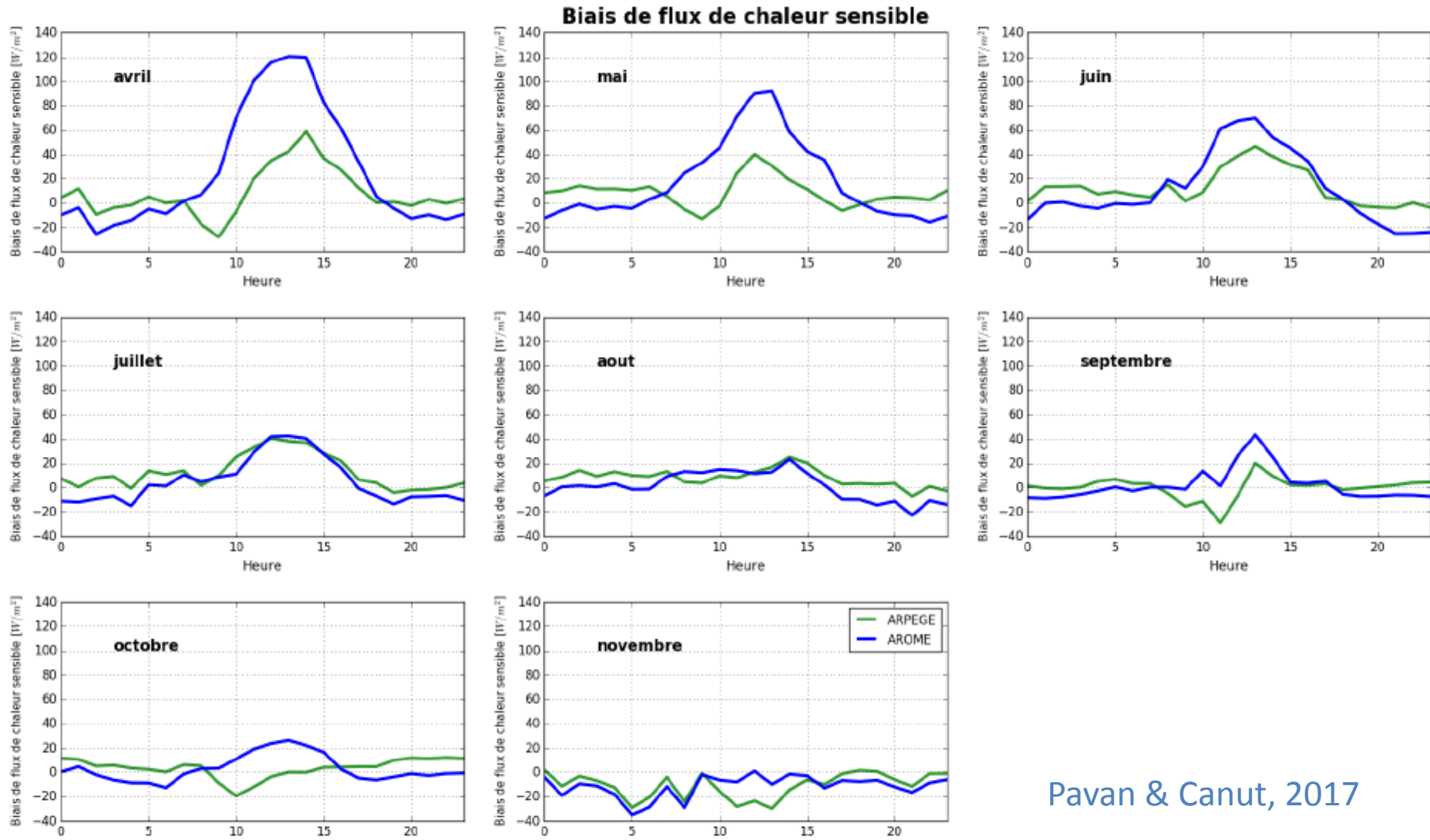
WRF output



→ Land use pas OK dans WRF
Mais une certaine variabilité des flux

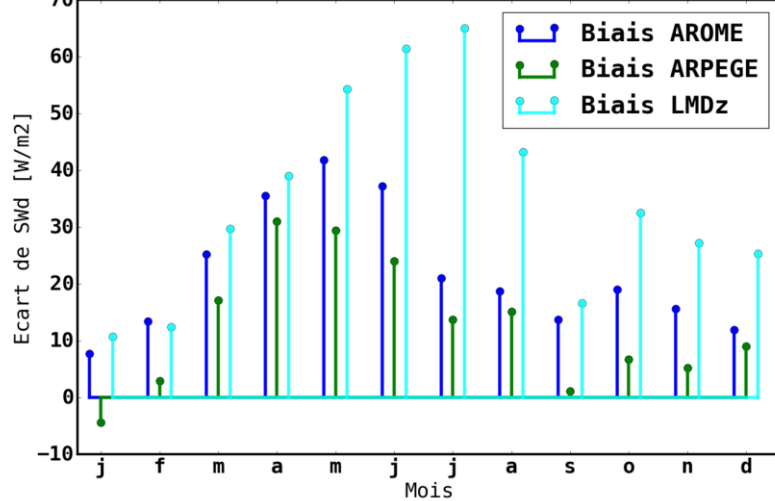
Motivations

- Des évaluations systématiques des modèles avec les mesures continues de sites instrumentés
- Mise en valeur de biais systématiques sur les flux de chaleur



Motivations: bénéficié des longues series d'obs. sur sites instrumentés

Ecart moyen mensuel: Modele (AROME,ARPEGE) - Observations

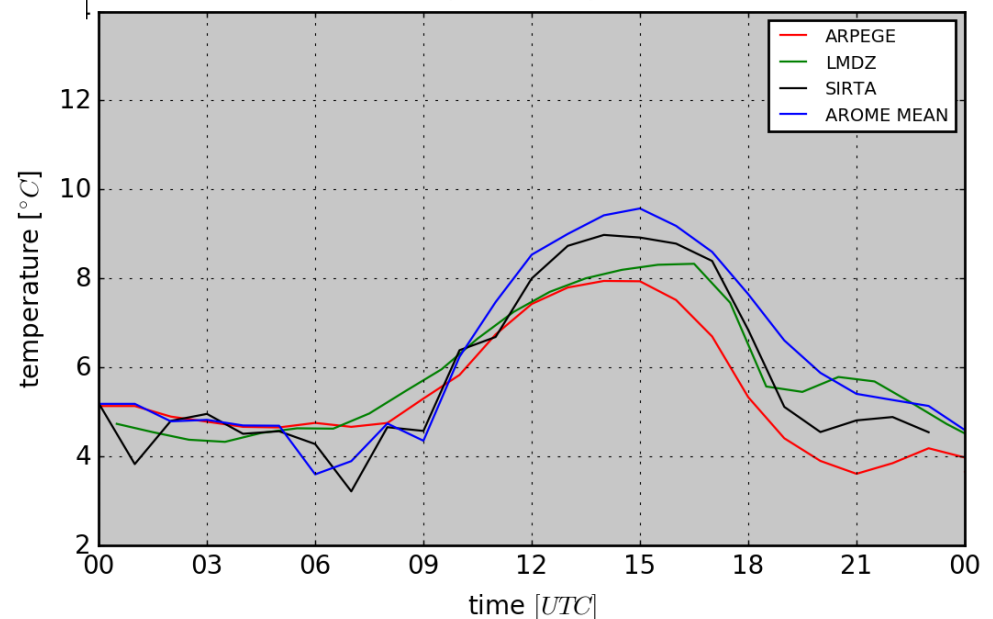


Météopole

Projet COSY
Simu. Temps réel(JJ+1)

air temperature 2m

2019/03/11
SIRTA (48.7N, 2.2E)



Motivations

- Turbulent fluxes, and surface-atmosphere interaction in general, in the models still need to be improved and validated.
- Representativeness of local measurements in a heterogeneous landscape, as well as their accuracy need to be documented
- The comparison between observations and models raises several methodological questions that need to be investigated

MOSAI proposes **to come back to fundamental issues that lean behind the observed and modeled surface flux**, and which have not been thoroughly addressed before.

Modeling and experimental communities will work together to set up a method **to better evaluate the restitution of the surface-atmosphere interactions by the models**, in order to point out weaknesses of the models and propose improvements

Questions and goals

- **Q1: Are turbulent flux over homogeneous surfaces correctly measured and simulated?**

- Document uncertainties of the flux estimated from measurements (non-closure of the SEB, systematic and random errors)

- Evaluate LSM : responses of the flux to its main physical and biological drivers

- Evaluate LES: Address the relevancy of the application of bulk formulas for locally and instantaneous flux estimation in LES

Questions and goals

- **Q2: How does the surface heterogeneity impact measured and modeled fluxes?**

→ Evaluate the impact and relevancy of several simplifications:

1/ the averaged roughness length for a grid-mesh

2/ the consideration of the surface heterogeneity as a sum of different surfaces without considering heterogeneity scale and spatial distribution

3/ a unique atmosphere for all the surfaces in the grid-mesh preventing interactions between the different surfaces

4/ a unique aggregate flux as the lower atmospheric conditions preventing for the secondary circulations formation

→ Make model/observation comparison accounting for the spatial heterogeneity around the instrumental set-up and according to the representativity of the permanent observation

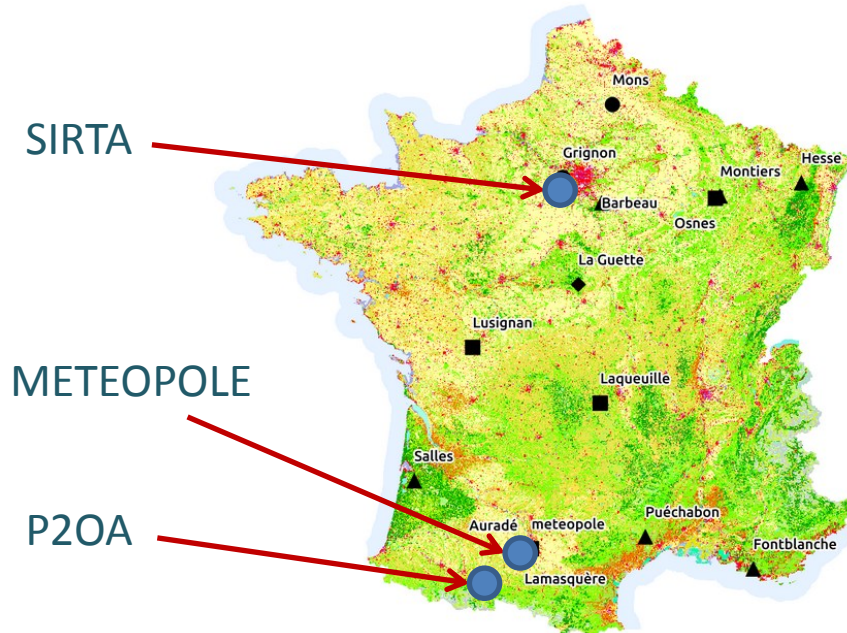
Observational Tools

long-term measurements

ICOS (surface flux stations over homogeneous surfaces)

ACTRIS-FR (three multi-instrumented sites over heterogeneous surfaces)

Satellite data for soil-moisture and surface temperature

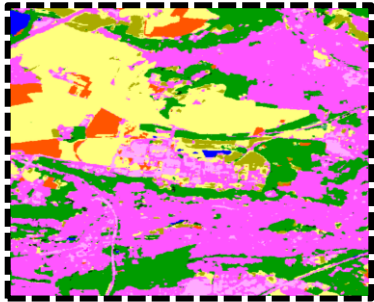


Observational Tools

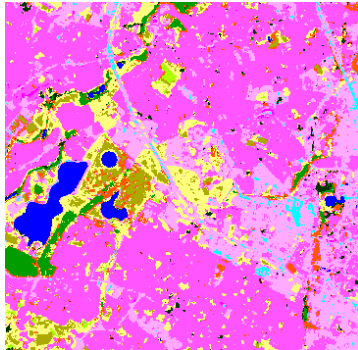
Field campaigns

- *Existing Field campaigns* like LITFASS and BLLAST
- *Enhanced Observing Period (EOP)*
- *Special Observing Period (SOP) – within EOP at P2OA*

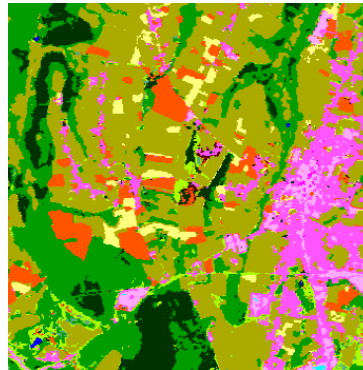
SIRTA



METEOPOLE



P2OA



EOP

- 1 year at each of the 3 ACTRIS sites
- within a 5 km x 5 km square
- Between 3 to 6 surface-flux stations on different characteristic surfaces, with soil and surface meteorology sensors; scintillometers,

Observational Tools

field campaigns

- Existing Field campaigns like LITFASS and BLLAST
- Enhanced Observing Period (EOP)
- Special Observing Period (SOP) – within EOP at P2OA

Piper Aztec

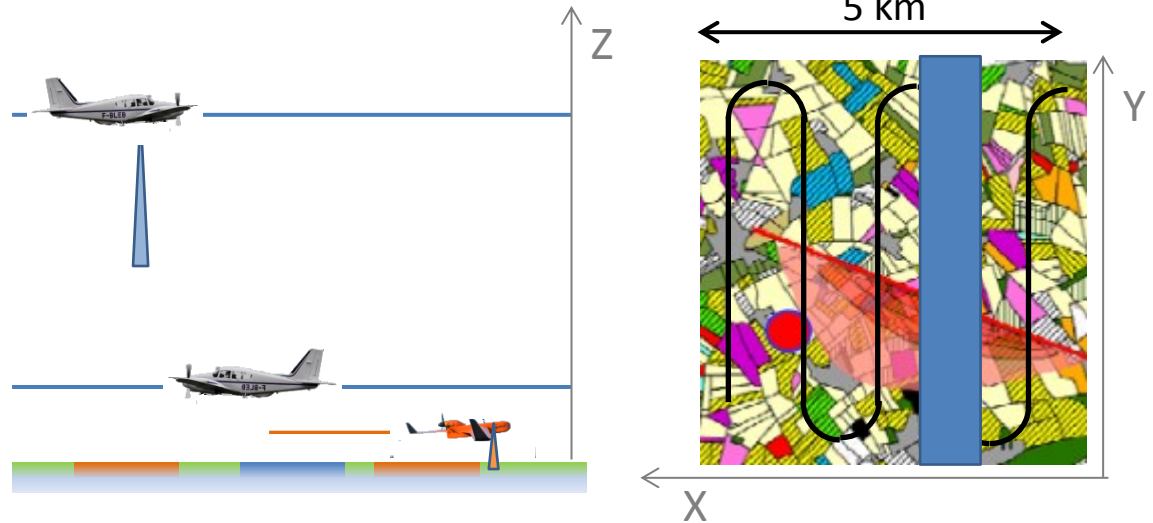
70 m/s true airspeed

Turbulence measurement

Mid-size drone

20 m/s true airspeed

Turbulence measurements



SOP:

A more intensive field to further document specific questions

Extending the exploration within the atmosphere above

Adding: aircraft/drone with airborne remote sensing (GNSS, hyperspectral?),
soundings and profiling

Modelling Tools

LES models (Meso-NH/SURFEX)

Mesoscale models (Meso-NH/SURFEX, WRF/Noah,
LMD-LAM/Dubos-OR)

NWP models (AROME and ARPEGE / SURFEX)

Climate models (LMDZ/Orchidee, ARPEGE-Climat)

Surface model driven by satellite data (SPARSE)

Consortium

ACTRIS (groupe flux, sites SIRTA, MeteoPole, P2OA)

ICOS (ecosystème)

DEPHY (groupe de paramétrisation physique dans les modèles)

+ IGE, CESBIO, GET – technique scintillométrie, interaction surface/atmos

+ LATMOS – regional climate modeling

Participants

Researcher	Laboratory	Community	Expertise	Task
E. Bazile		DEPHY	NWP model, atmos phys param	1.1, 1.2, 2.1, 2.2
G. Canut		ACTRIS/ICOS-eco	Meteopole obs site, surf/atmos interaction	1.1, 1.3, 2.3, 2.4, 3.2
F. Couvreur *		DEPHY	LES, atmos phys param, BL processes	1.2, 2.1
P. Le Moigne			LSM, surface/atmosphere interaction	1.1, 1.2
B. Decharme			LSM	1.1, 2.2
R. Rochrig			Numerical modeling, climate change	2.2
P. Marquet		DEPHY	NWP models, LSM, surface/atmosphere interaction	1.2, 1.3
Y. Seity		DEPHY	NWP models, atmos phys param	1.1, 2.2
A. Paci	CNRM	ACTRIS/ICOS-eco	Meteopole observational site	2.4
A. Boone				
S. Lafont *		ICOS-ecosystem	Flux obs.	1.3, 2.3
V. Moreaux	ISPA (INRA)		Flux obs.	1.3
E. Lohou *		ACTRIS/DEPHY	P2QA, surf/atmos interaction, BL processes	1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.4
M. Lethien		ACTRIS/DEPHY	P2QA, BL processes	1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.4
C. Román			P2QA, flux&sat, soil moisture issue	1.1, 2.3, 2.4
P. Medina	OMPLA		Mesure des flux embarquées sur UAV	2.4
E. Cheruy *		DEPHY	LMDZ model, Surface/atmos interaction	1.1, 2.1, 2.3, 2.4
J.-C. Dupont		ACTRIS	SIRTA site, cloud & BL processes	1.3, 2.3, 2.4
F. Hourdin		DEPHY	LMDZ model, atmos phys param, BL	1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4
T. Dubos			DYNAMICO-LAM	2.2
L. Mellul	IPSL/LMD		LMDZ model	1.1, 2.2
N. Vuichard	IPSL/LSCE		LSM	1.1
S. Bastin		ACTRIS	RegIPSL, SIRTA/ReOBS, BL processes	2.2
M. Chiriac *	IPSL/LATMOS	ACTRIS	SIRTA, REOBS, data simulator	3.1
J.-M. Cohard *	IGE		Scintillo, flux obs, surf/atmos interaction	2.4
ITA ??				
A. Brut *		ICOS-ecosystem	Scintillo, flux obs, surf/atmos interaction	1.3, 2.3, 2.4
G. Boulet			Surface flux modeling, remote sensing	2.2
V. Rivalland			Surface flux modeling, remote sensing	2.2
L. Jarlan			LSM, surface/atmosphere interaction	1.1
O. Merlin	OMP/CESBIO		Soil moisture issues, remote sensing	2.2
J. Darrozes *			Soil conditions, reflectometry measurement	2.4
G. Ramillien	OMP/GET		Soil conditions, reflectometry measurement	2.4

Calendrier

	Météopole		SIRTA	P2OA	Stations EC Disponibles
S-O 18					
N-D 18					
J-F 19					
M-A 19					
M-J 19					
J-A 19					
S-O 19					
N-D 19	Brouillard				1-P2OA +
J-F 20	Brouillard				1-ANDRA +
M-A 20	Brouillard				1-Nv +
M-J 20	Brouillard				1-Sirta
J-A 20	Brouillard				1-P2OA +
S-O 20	Brouillard				1-ANDRA +
N-D 20	Brouillard				1-Nv +
J-F 21	Brouillard				1-Sirta
M-A 21	Brouillard				
M-J 21	Brouillard				
J-A 21	Brouillard				
S-O 21	Brouillard				
N-D 21	Brouillard				
J-F 22	Brouillard				
M-A 22	Brouillard				
M-J 22	Brouillard				
J-A 22	Brouillard				
S-O 22	Brouillard				
N-D 22	Brouillard				

Stations EC Disponibles	Camapgne	Ante-post	Chgts sur Site	MOSAI
1-P2OA +				
1-ANDRA +				
1-Nv +				
1-Sirta				
1-P2OA +				
1-ANDRA +				
1-Nv +				
1-Sirta				
1-P2OA +				
1-ANDRA +				
1-Nv +				
1-Sirta				
1-P2OA +				
1-ANDRA +				
1-Nv +				
1-Sirta				
1-Sirta +				
2-MTO				

Financement

Demande ANR (accepté pour la deuxième étape)

→ campagne intensive SOP

→ Personnel thèse, postdoc

Demande ACTRIS-FR → participation aux EOPs

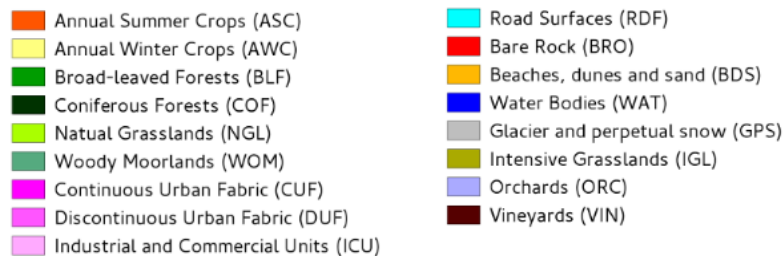
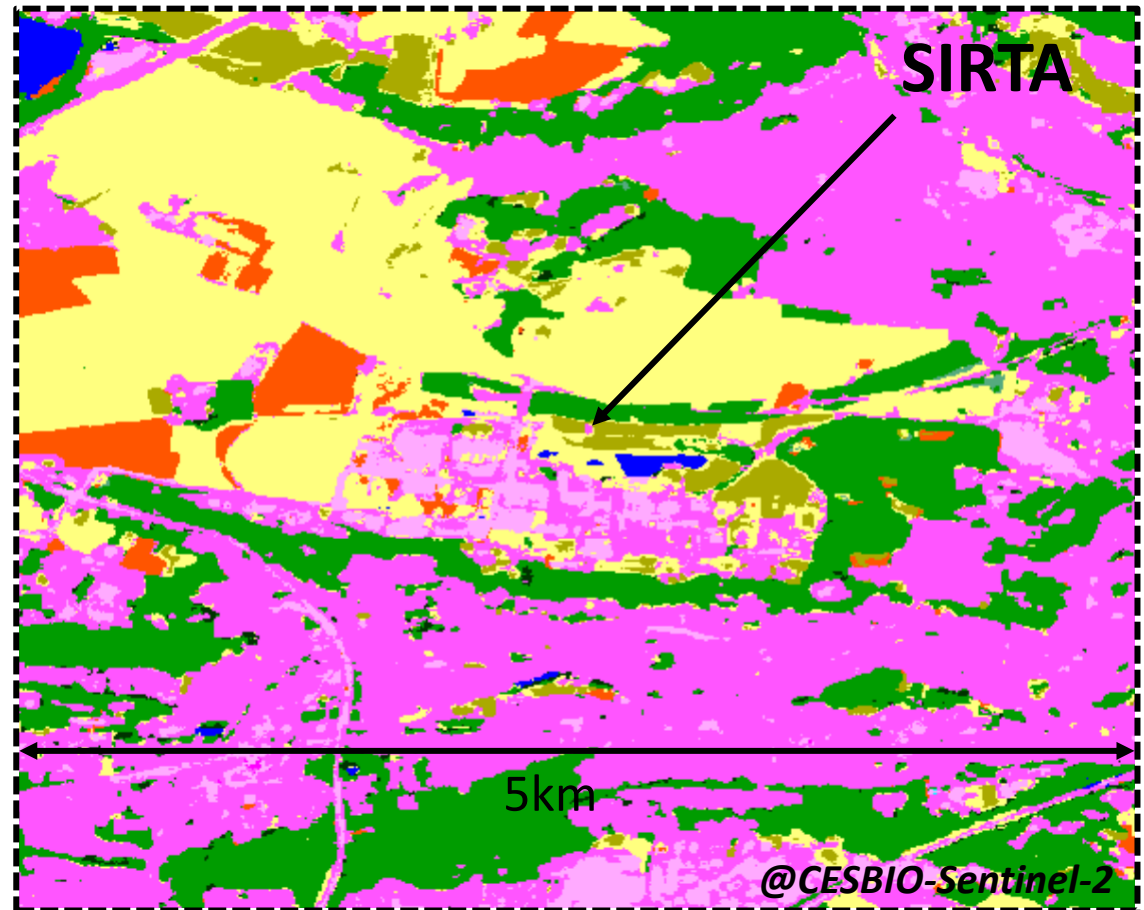
supplément

SIRTA: site péri-urbain

Principales surfaces :

1. Urbain
2. Culture hivernale
3. Forêt
4. Surface herbeuse
5. Culture estivale
6. Etendue d'eau

6+ surfaces à échantillonner

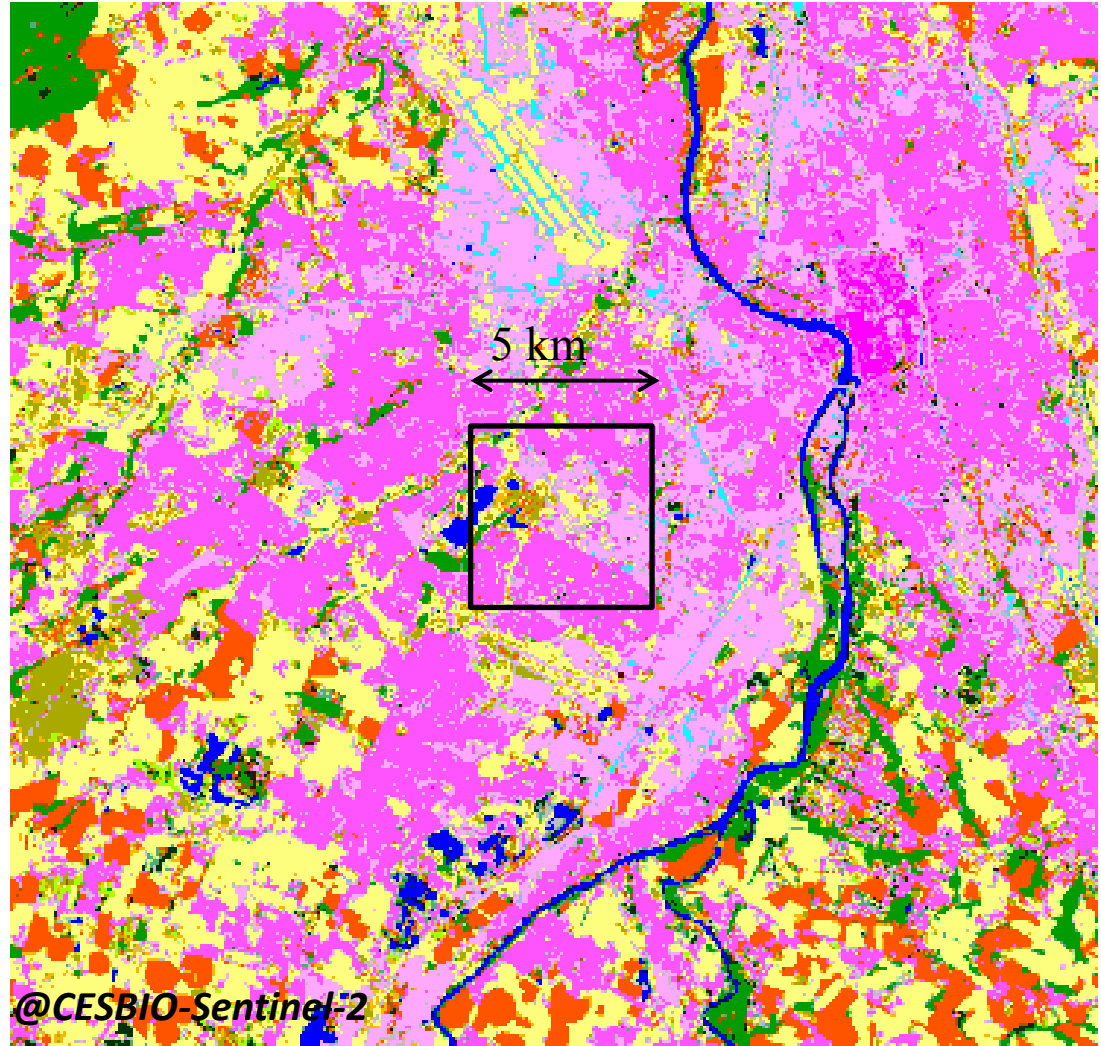
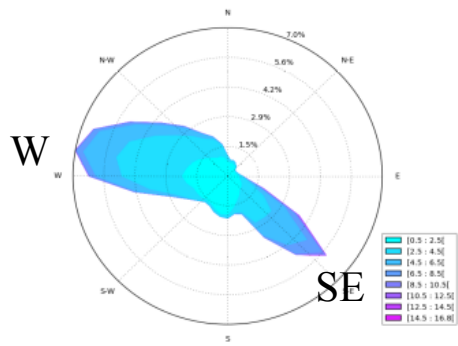


SIRTA: site péri-urbain

- Mesures de flux turbulents, de météo et de rayonnement
- Réparties sur 5 zones de mesures
- Deux pylônes de 30 m
 - Mesures de flux à 2 m, 3 m, 10 m et 30 m
- Des séries de 12 à 15 ans d'observation
- Un pool instrumental très complet pour la documentation de la colonne atmosphérique, des nuages et des aérosols (lidar, radiomètres, radar)



Meteopole-flux: prairie urbaine

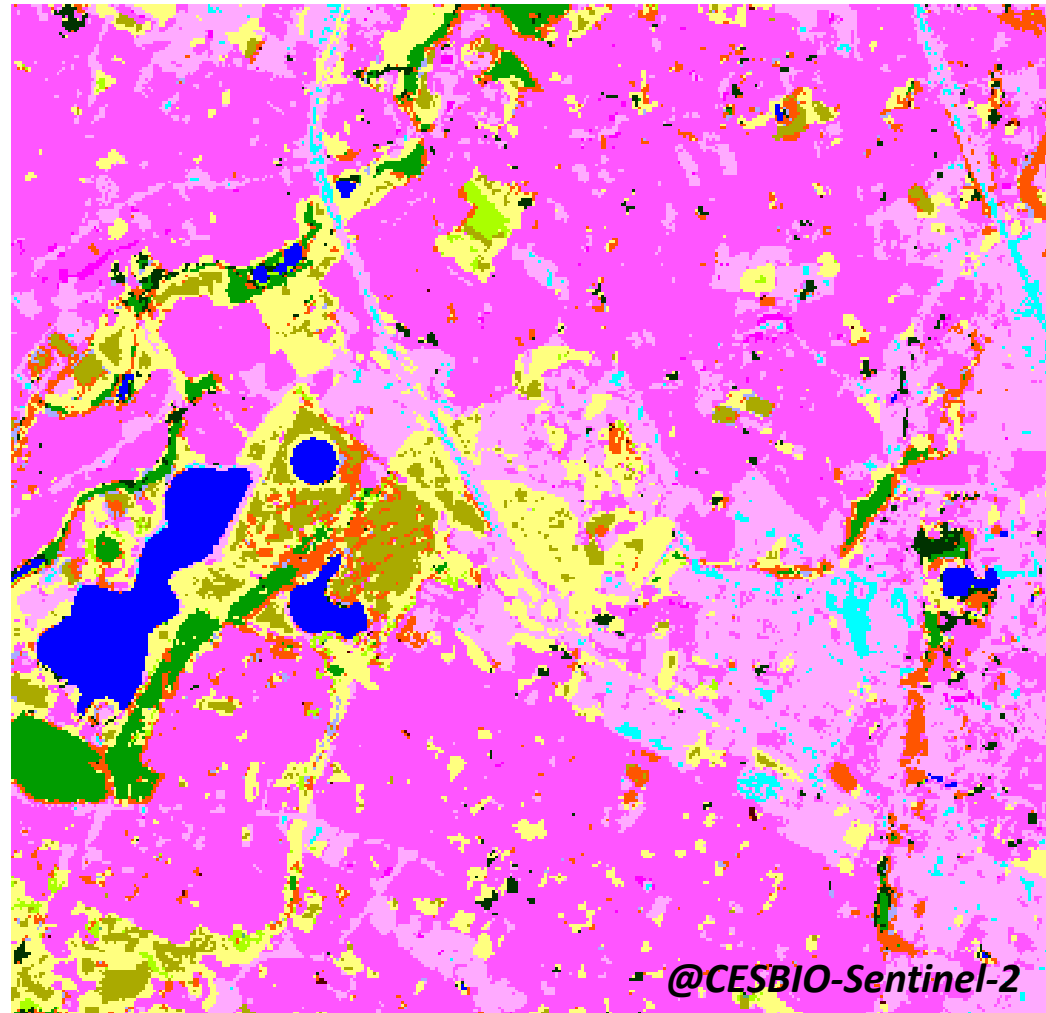


Meteopole-flux: prairie urbaine

Principales surfaces :

1. Urbain
2. Pelouses
3. Prairies
4. Etendues d'eau

4 surfaces à échantillonner



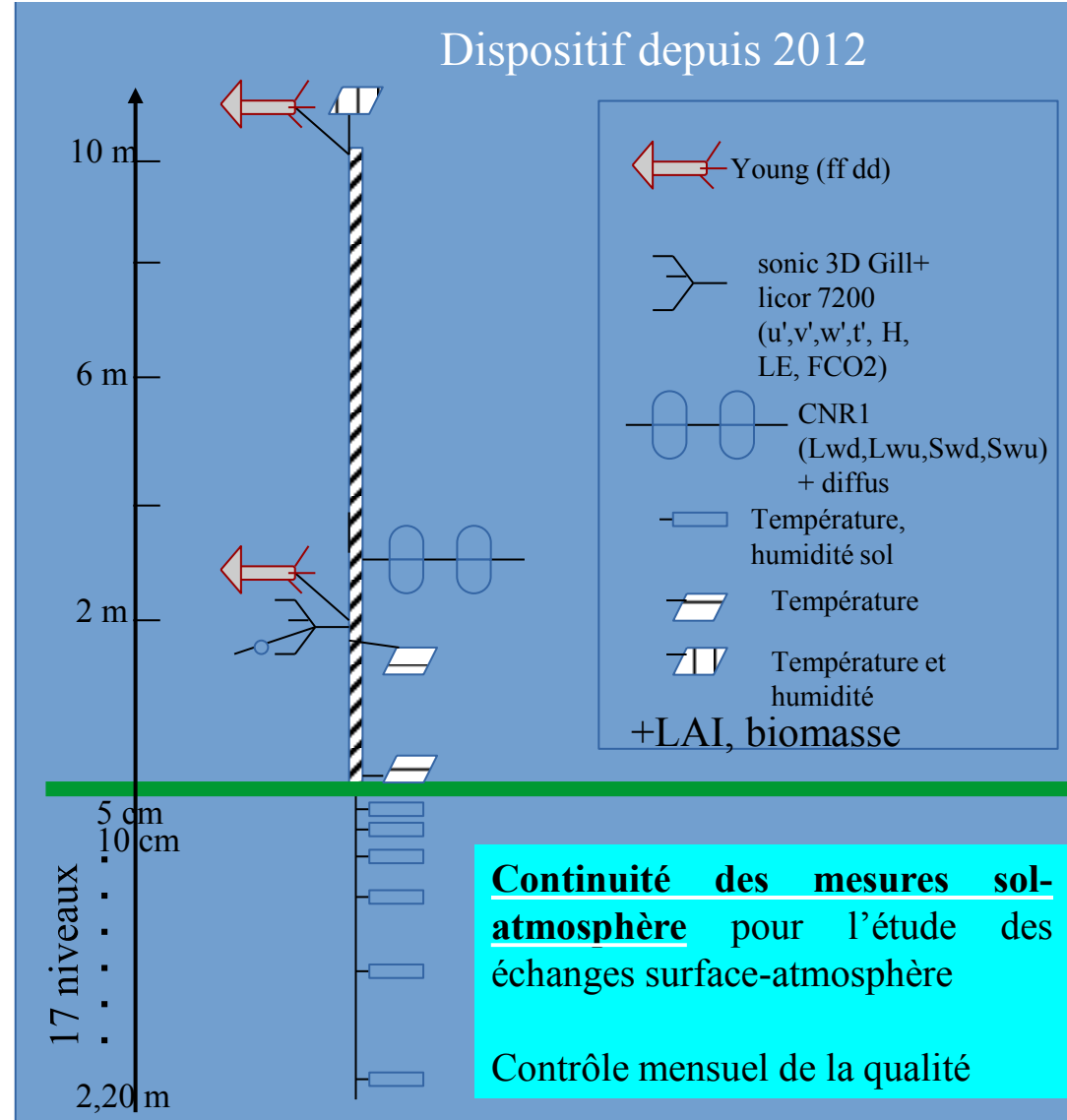
Meteopole-flux: prairie urbaine

Station de mesure Météopole-flux
Site sur une prairie urbaine



Dispositif à partir de 2018

- un licor closepath
- une nouvelle fosse (capteurs prêts mais pas installés)
- profil de température plus fin dans abris ventilés

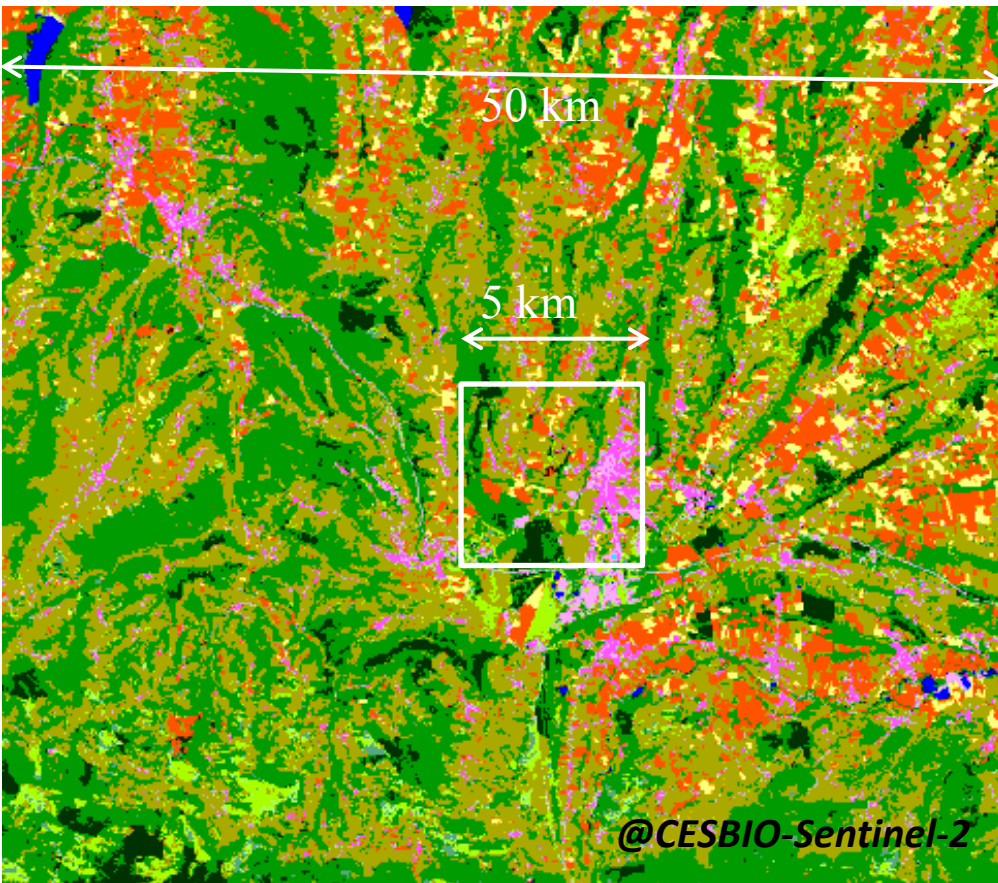


Une série de 6 an pour l'étude des échanges sol/atmosphère
Une documentation des conditions du sol importante

Guylaine Canut

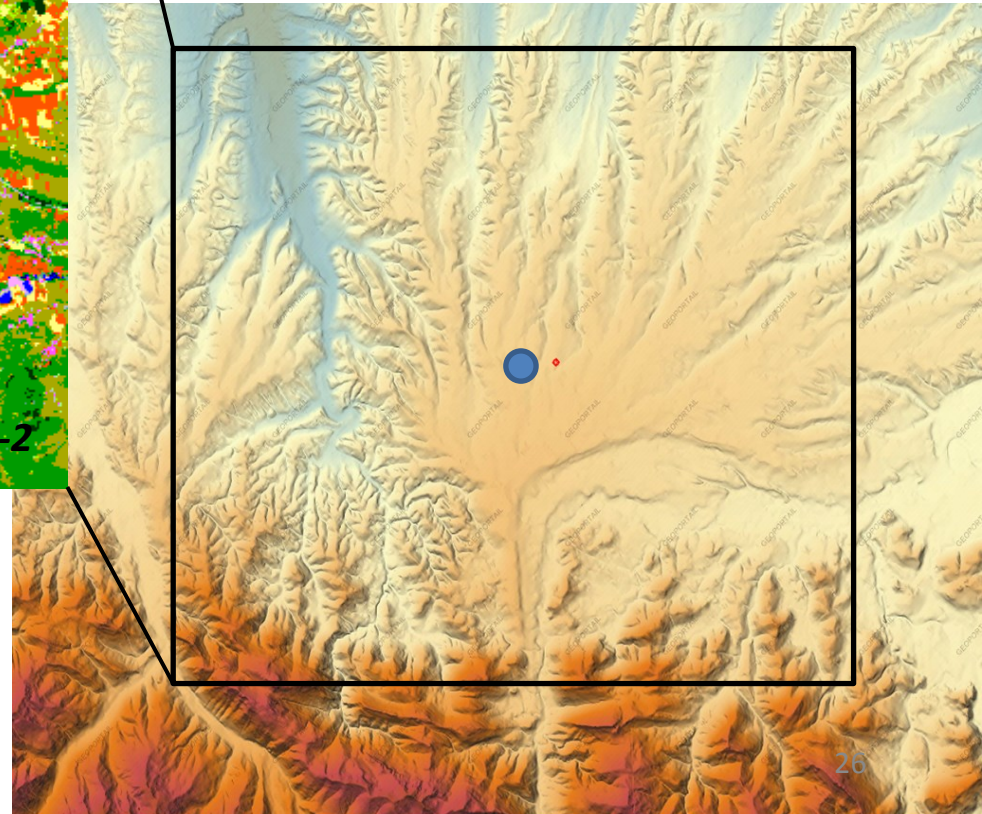
P20A: site rural en piémont

Maille 50 km x 50 km

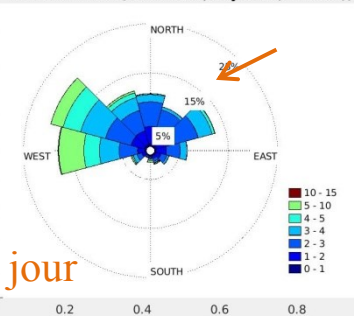


Principales surfaces (> 5%):

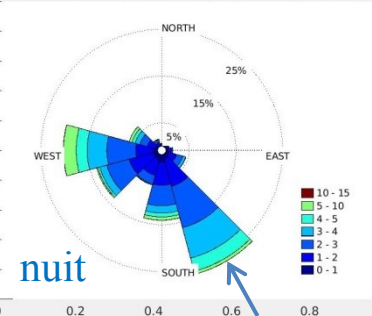
1. Forêts feuillus 30%
2. Prairies 26%
3. Cultures d'été 13%
4. Pelouses 10%
5. Forêts conifères 8%
6. Cultures d'hiver 6%



Wind rose CRA (2006-2015, daytime (11h-14h))



Wind rose CRA (2006-2015, nighttime (23h-02h))



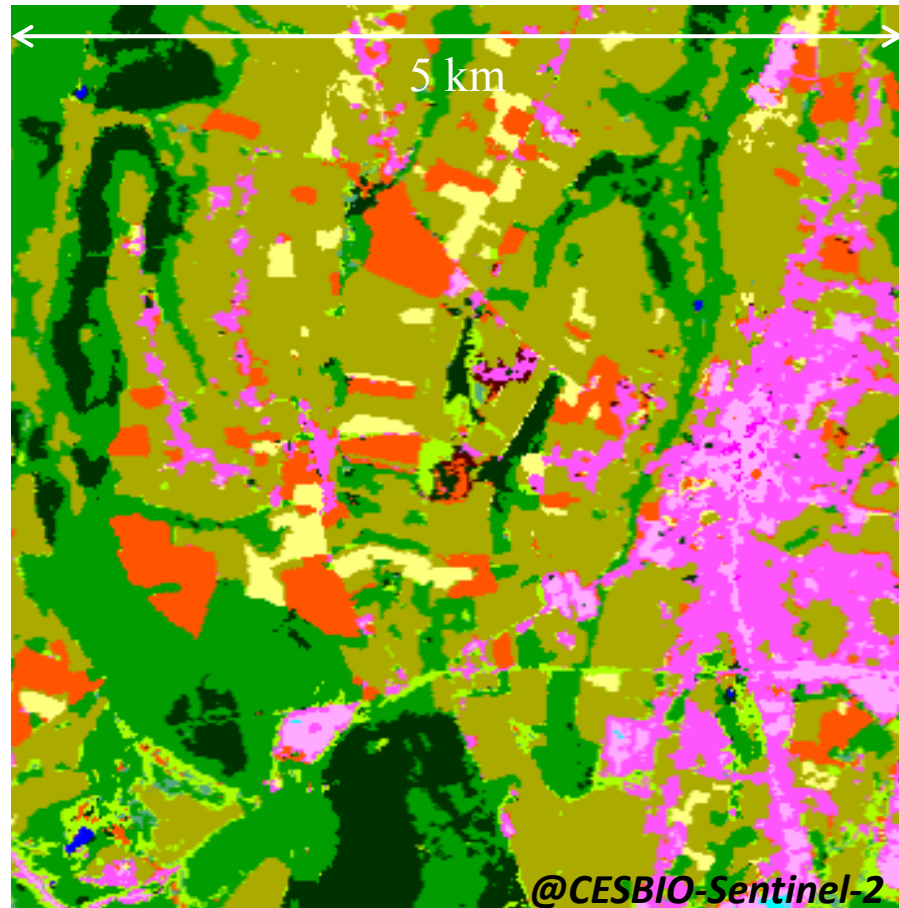
P20A: site rural en piémont

Principales surfaces (> 5%) :

1. Prairies (40%)
2. Forêts feuillus (25%)
3. Urbain diffus (8%)
4. Cultures d'été (8%)
5. Forêts conifères (6%)
6. Pelouses (6%)

4+ surfaces à échantillonner

Maille 5 km x 5 km



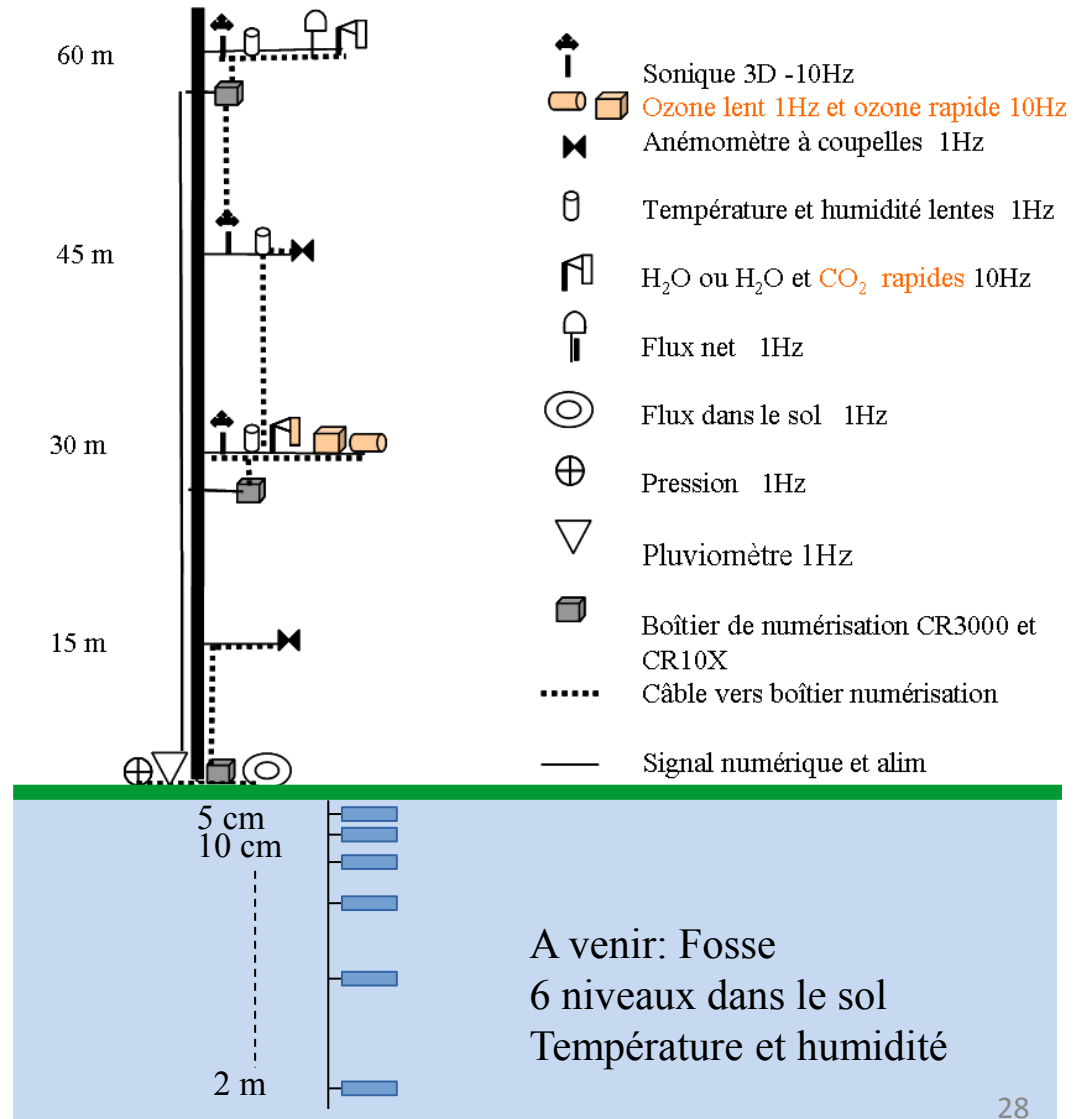
P20A: site rural en piémont

Dispositif depuis 2010



- 5 niveaux MTO
- 3 niveaux flux turbulents 30, 45, 60 m
- 1 station supp de turbulence à 2 m
- Rayonnement – 4 composantes
- Précipitation
- Flux de chaleur dans le sol

**Une série de 8 ans récents pour l'étude
de la couche de surface**
Une série d'archive 1996-2001



Stations mobiles disponibles pour les campagnes annuelles

Pour compléter la mesure fixe par des stations distribuées sur les couverts
Végétaux caractéristiques de la maille 5 km x 5 km:

Stations « flux »

2 stations CNRM

1 station SIRTÀ

1 station LA-P2OA

1 nouvelle station ACTRIS-ICOS

2 stations ANDRA-OPE

Stations météorologiques de surface

Instrumentation de mesure dans le sol

... ?

Campagne intensive à la P20A

Des observations intensives pour

- Décrire plus exhaustivement la variabilité spatiale
- Aborder certaines problématiques plus spécifiquement

Proposition de complément instrumental:

- **Scintillométrie** (IGE, CESBIO)

- **Mesure aéroportée**

 - Drone instrumenté pour la mesure de turbulence (LA)

 - Avion SAFIRE PA équipé d'instrumentation hyper- ou multi -spectrale (ONERA)
et instrumenté pour la mesure de turbulences (LA)

- Lidar H2O et Doppler (LMD)

- Images satellitaires (voir projet Carlos RC)

- ...

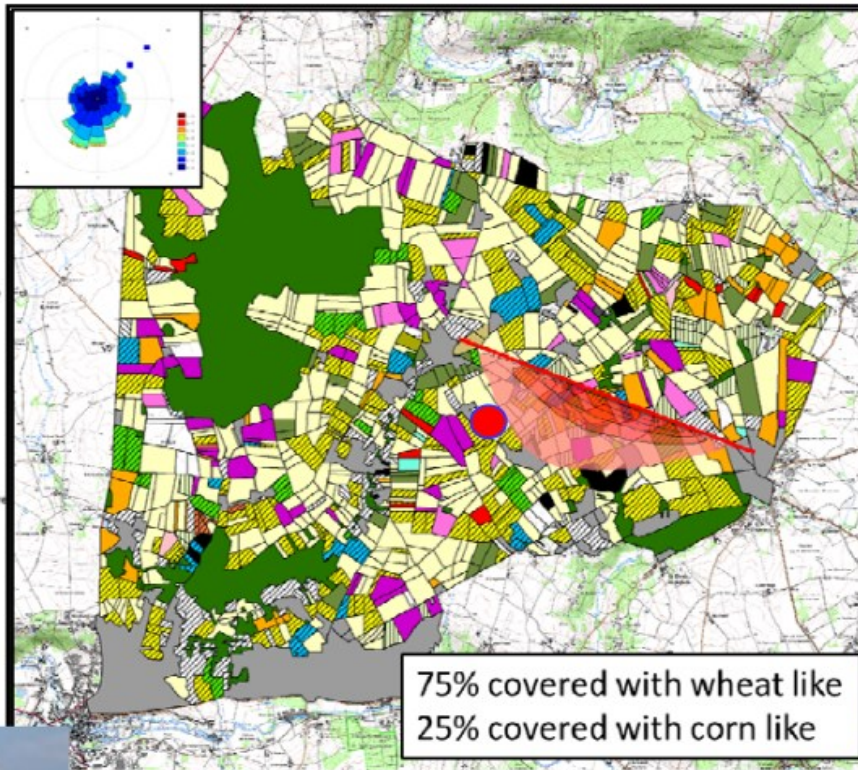
Scintillométrie

Une mesure des flux à l'échelle du paysage

- Mesure moyenne
- Méthode indirecte mais capacité d'agrégation sur couvert hétérogène
- IR \rightarrow H , IR + MW \rightarrow H et LE



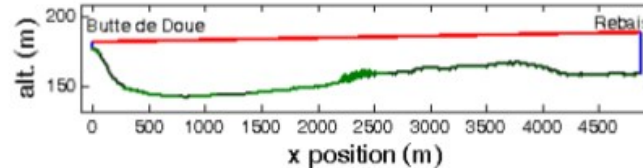
Boissy le Chatel
60km from Paris



Récuteurs des scintillomètres Infra-Rouge et Micro-Onde sur la butte de Doue



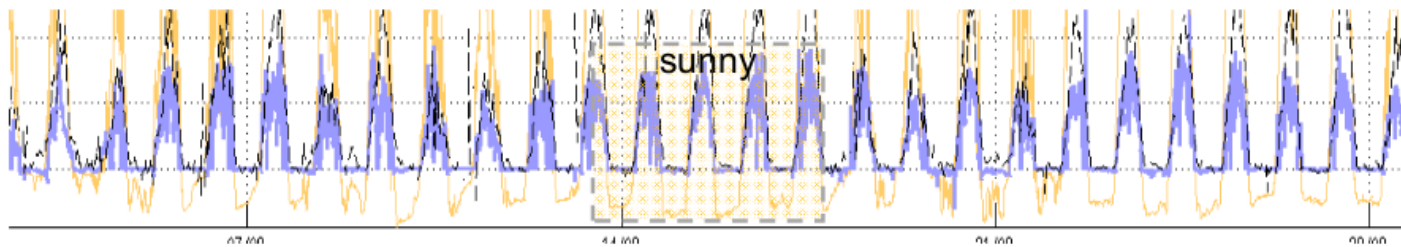
Station Eddy-Covariance de référence



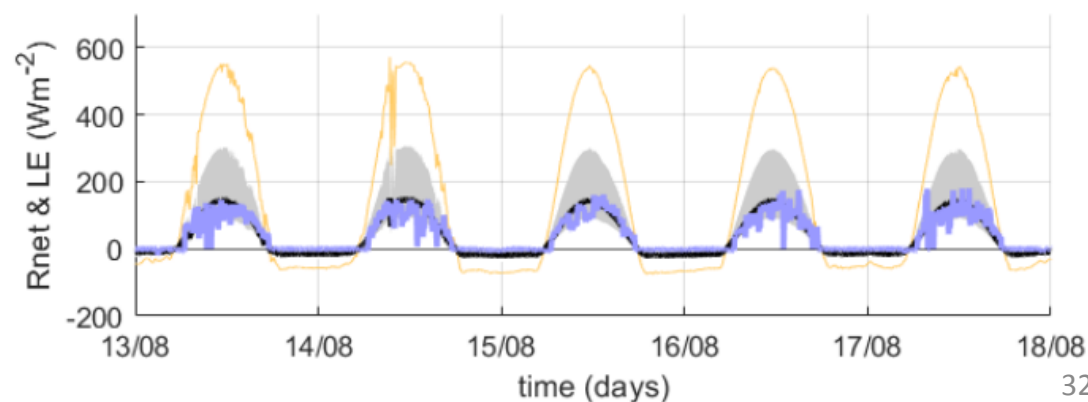
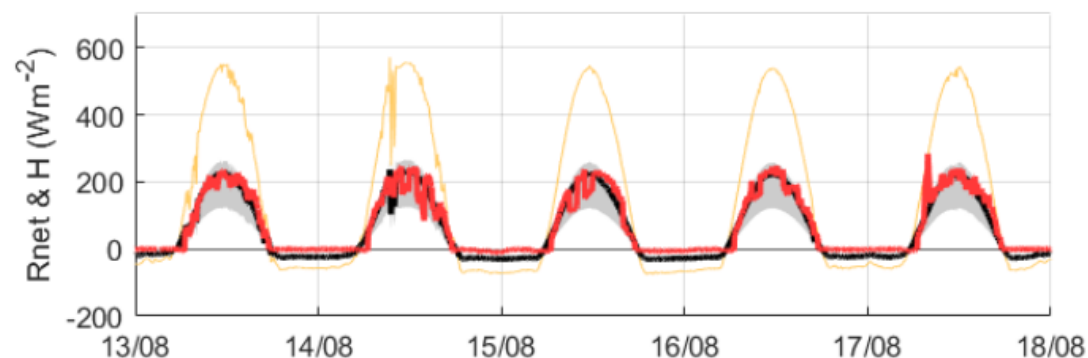
Jean-Martial Cohard

Scintillométrie

Une mesure des flux à l'échelle du **paysage**



- Net Radiation
- Flux Variability
- Weighted Fluxes
- IR&MW Fluxes



Mesures aéroportées

Des observations complémentaires dans la couche limite et la couche de surface
Téledétection embarquée pour la description de l'hétérogénéité de la surface

Avion piper

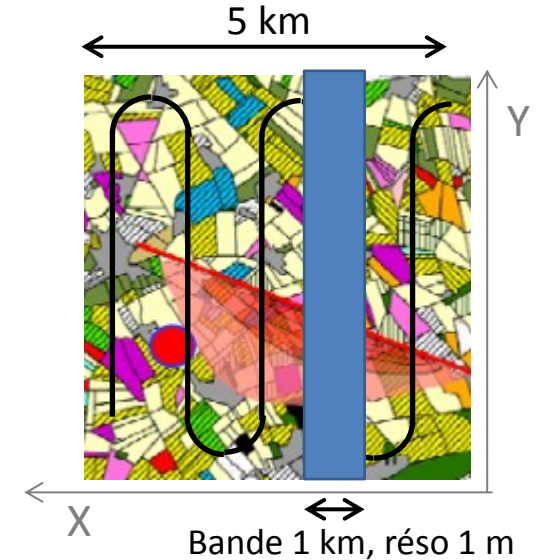
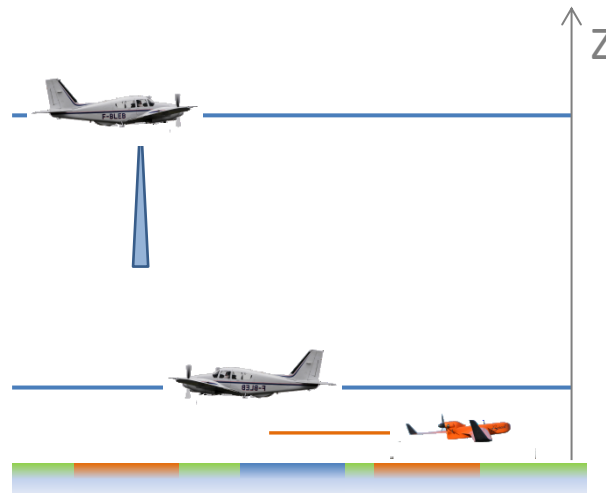
70 m/s vitesse de croisière

Mesure in situ de la turbulence

Drone moyen type BOREAL

20 m/s vitesse de croisière

Mesure in situ de la turbulence



Yannick Boucher

Caméra hyperspectrale 0.4-2.5 μm

Système multi-spectral multi-angulaire très haute résolution

Lidar 3D topographique

Imageurs IR multibandes

→ Description poussée et très fine de la surface: type de végétation, type de sol, humidité, température de brillance, topo 3D, ...

Premiers objectifs coté observation

O1: Climatologie des flux convectifs en France

- Quelle variabilité saisonnières des flux en France?
- Quelle variabilité spatiale pour un couvert végétal donné?
- Quels rôles de l'humidité du sol, du climat régional, de la végétation sur les flux?
- Retrouve-t-on ces tendances grandes échelles (si elles existent) dans les modèles?

Moyens: 10 ans de mesure sur 10-15 stations ICOS + 5 ans de mesure sur 3 stations ACTRIS.

