

Télédétection et problématiques agricoles

Emmanuelle VAUDOUR
(AgroParisTech-UMR ECOSYS)

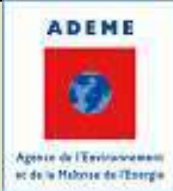
Unité 1402 ECOSYS « Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes »

Axe de recherche « Valorisation des déchets » / Quel bilan global et quelle évaluation intégrée de la pratique, tant à des niveaux d'organisation spatiale locale (parcelle, exploitation) qu'au niveau d'organisation du territoire ?

Axe de recherche « Démarches d'intégration pour l'évaluation des effets des pratiques agricoles sur les agroécosystèmes »

Equipe et projets

E. Vaudour, Gilliot J.M., Houot S., Noirot-Cosson, P.E., Hadjar D.

Période	2010-2013	2013-2015	2016-2017	2015-2018	2016-2019
	  			 	 
Projet	Prostock-Gessol 3 www.gessol.fr	SOCSENSIT	Réseau SOLFIT 	TOSCA PLEIADES-CO	TOSCA CNS http://sol-theia.org/
	CNES Orfeo – Pléiades RTU+ SPOT4-Take5 + ISIS  				
Porteur	E. Vaudour	E. Vaudour	E. Vaudour/ J.M Gilliot	E. Vaudour	P. Lagacherie

Bouleversements agriculture et paysages agricoles XXe-XXIe s

Battance, perte C – bassin Parisien 2013



Artificialisation des terres - Saclay



Mortalité vigne – Vinsobres 2015



Déprise viticole – St Chinian - 2012



Agriculture francilienne

Agriculture péri-urbaine
recyclage des déchets
Sols pauvres en carbone organique (CO)
Pas ou peu d'élevage (sauf chevaux)



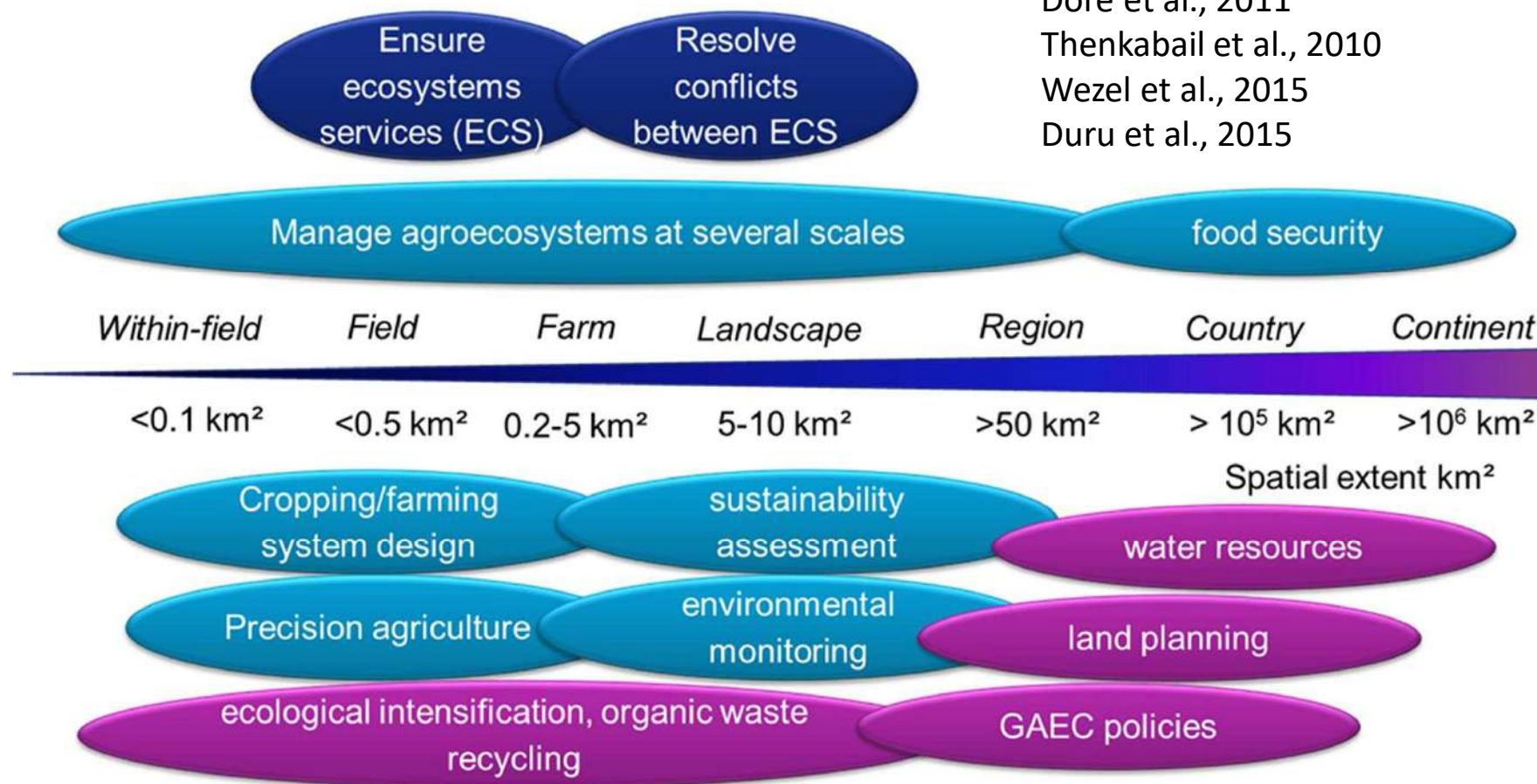
©E. Vaudour, UMR ECOSYS



↗CO horizon de surface ↔ ↗valeur agronomique du sol
stockage de CO dans le sol ↔ atténuation changement climatique

Défis de l'agriculture aujourd'hui et leurs niveaux d'organisation spatiale

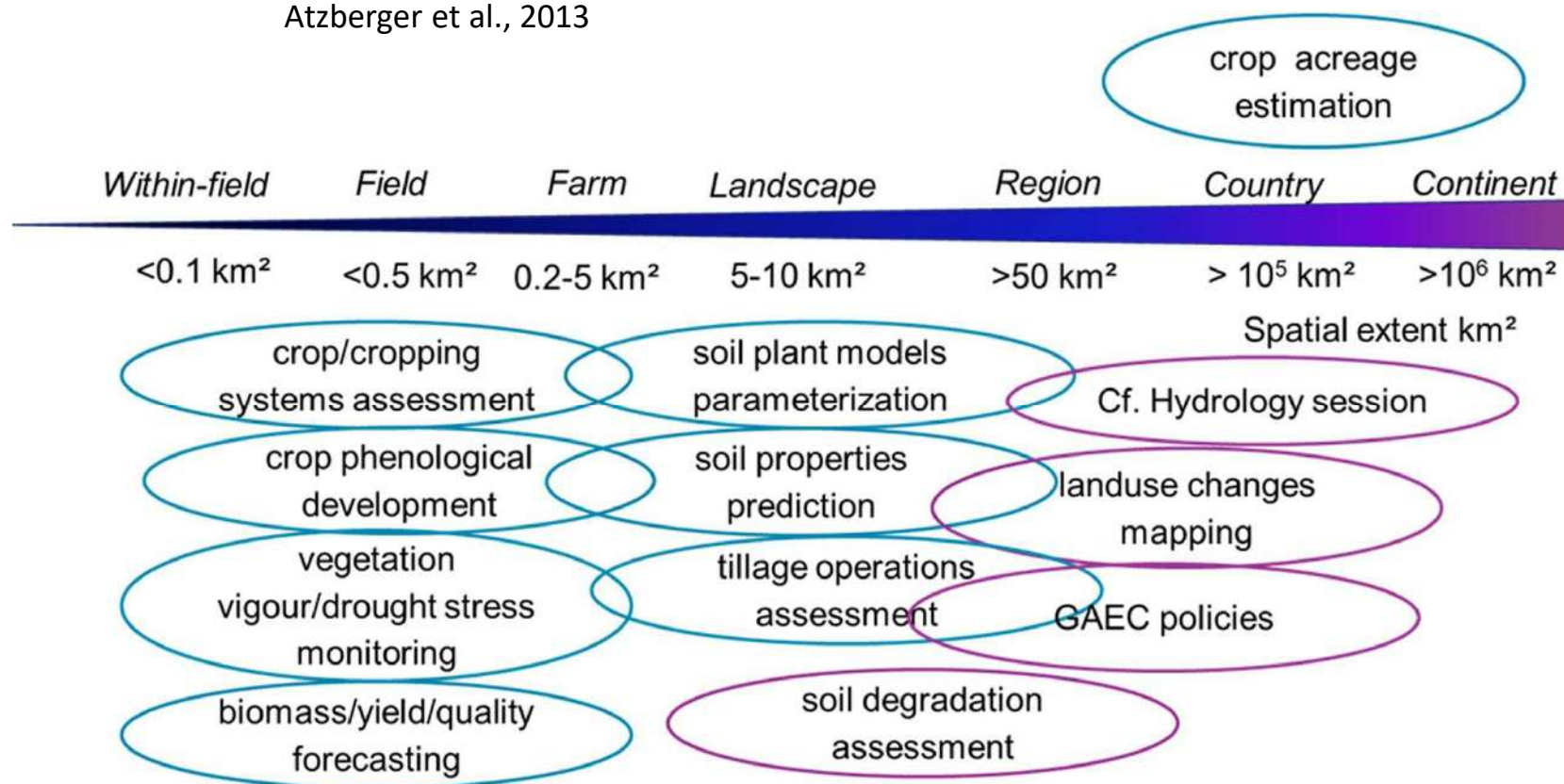
Doré et al., 2011
Thenkabail et al., 2010
Wezel et al., 2015
Duru et al., 2015



VAUDOUR, 2014, Agriculture session introduction. Pléiades Days 2014, CNES, Airbus Defense&Space, Toulouse, 1-3 April 2014

Apports de la télédétection en agriculture

Atzberger et al., 2013



VAUDOUR, 2014, Agriculture session introduction. Pléiades Days 2014, CNES, Airbus Defense&Space, Toulouse, 1-3 April 2014

Bouleversements agriculture et paysages agricoles XXe-XXIe s

1950 - IGN



2400 hab.



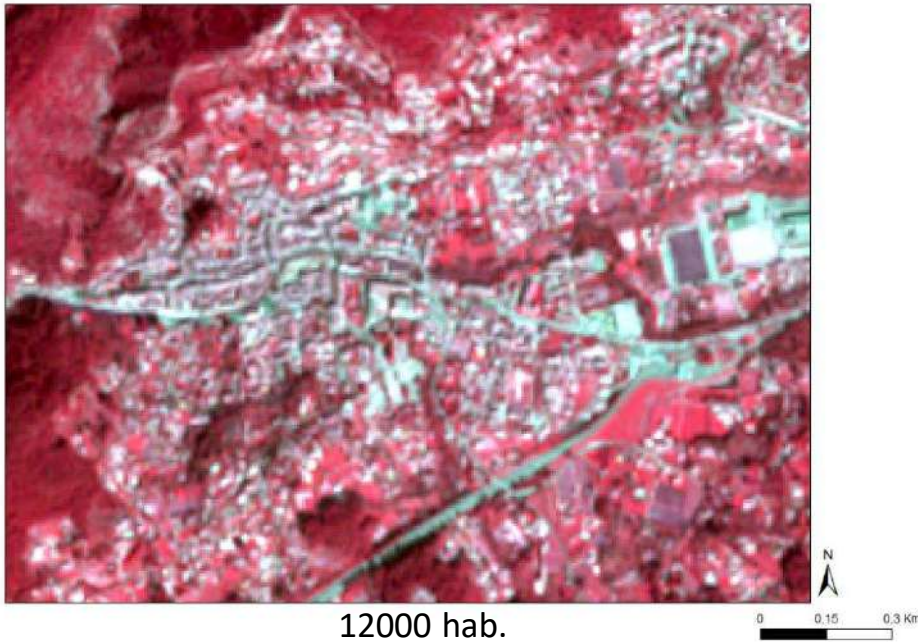
Vaudour J., 1962. Méditerranée, 1, 73-80.

Mini-projet Module ATHENS « Imagerie Spatiale et Surveillance de l'Environnement »

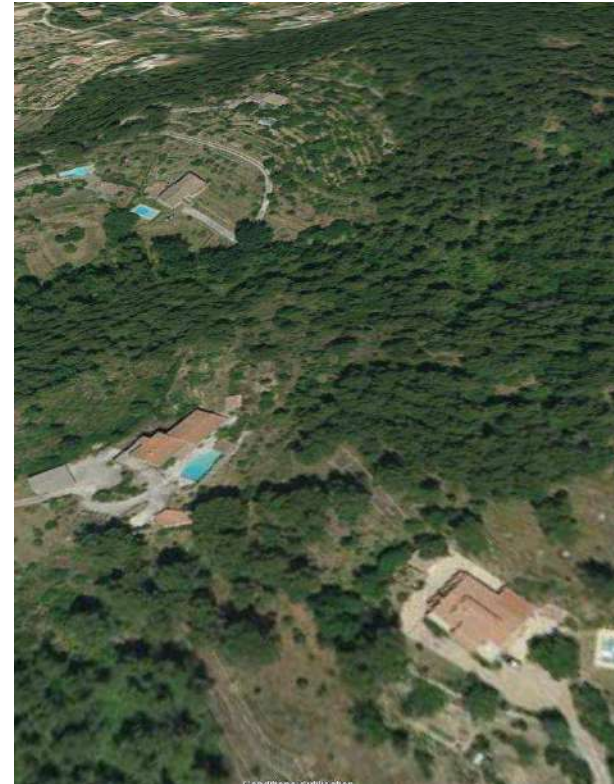
Resp. E. Vaudour

Bouleversements agriculture et paysages agricoles XXe-XXIe s

SPOT6 – 2014 – Equipex Geosud



Géoportail 3D - 2016



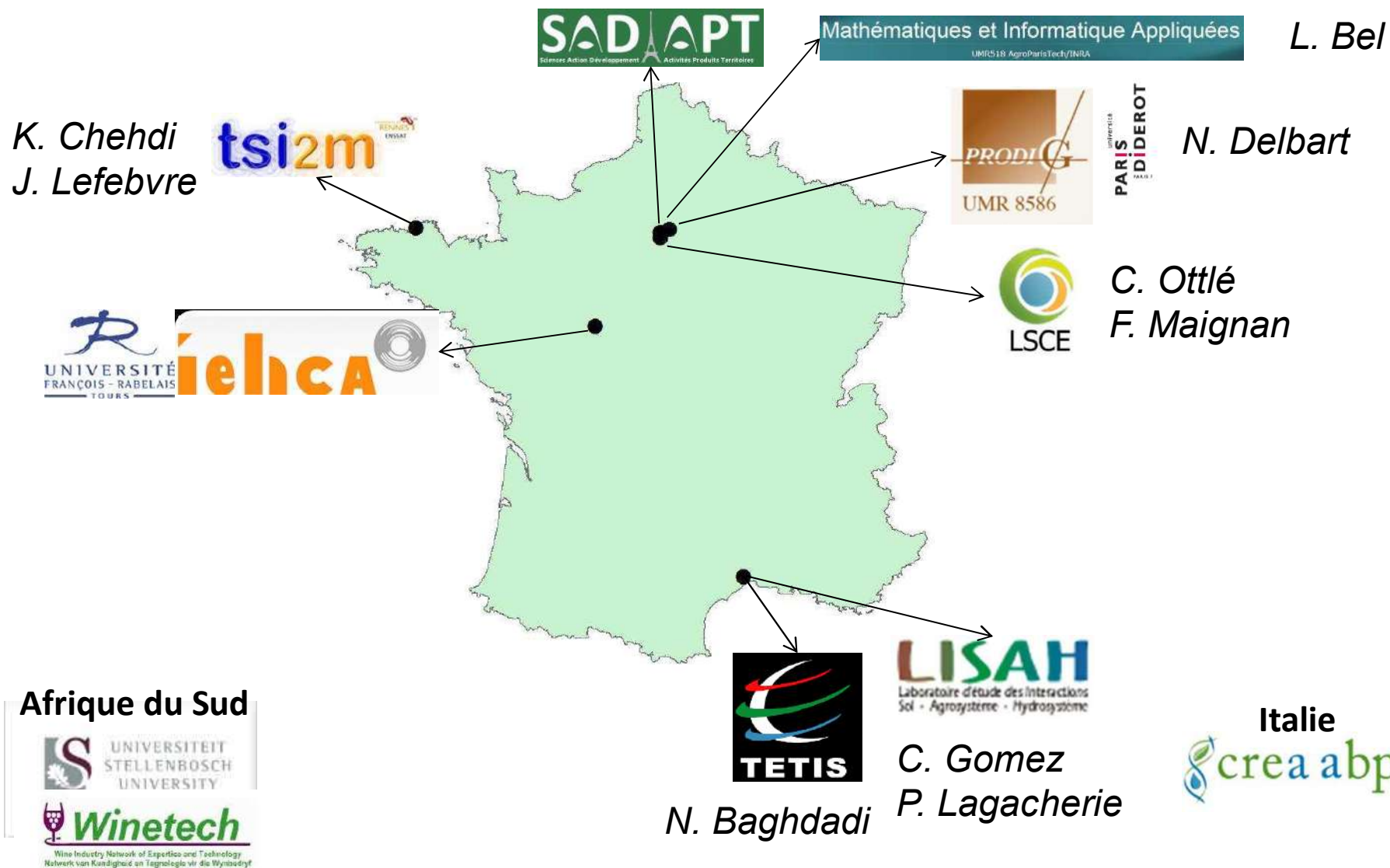
Mini-projet Module ATHENS « Imagerie Spatiale et Surveillance de l'Environnement »
Resp. E. Vaudour

Objectifs

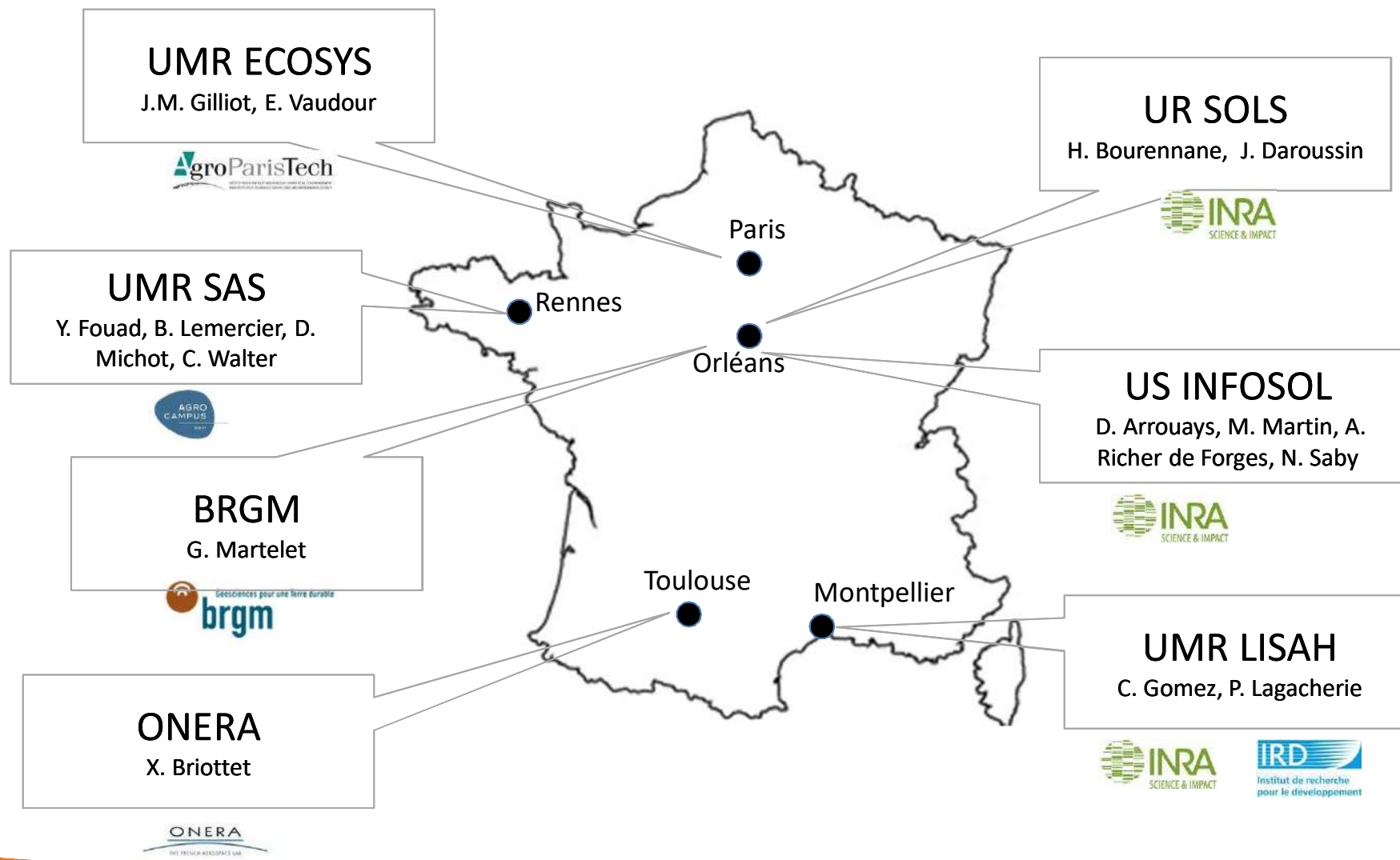
Apports de la télédétection et/ou de la spectroscopie de terrain à/au :

- (i) l'estimation de propriétés de sol
- (ii) la cartographie des opérations culturales
- (iii) la cartographie des cultures et/ou de leurs stades de développement en début de saison végétative
- (iv) la détection d'autres pratiques agricoles
- (v) zonage des terroirs

Collaborations



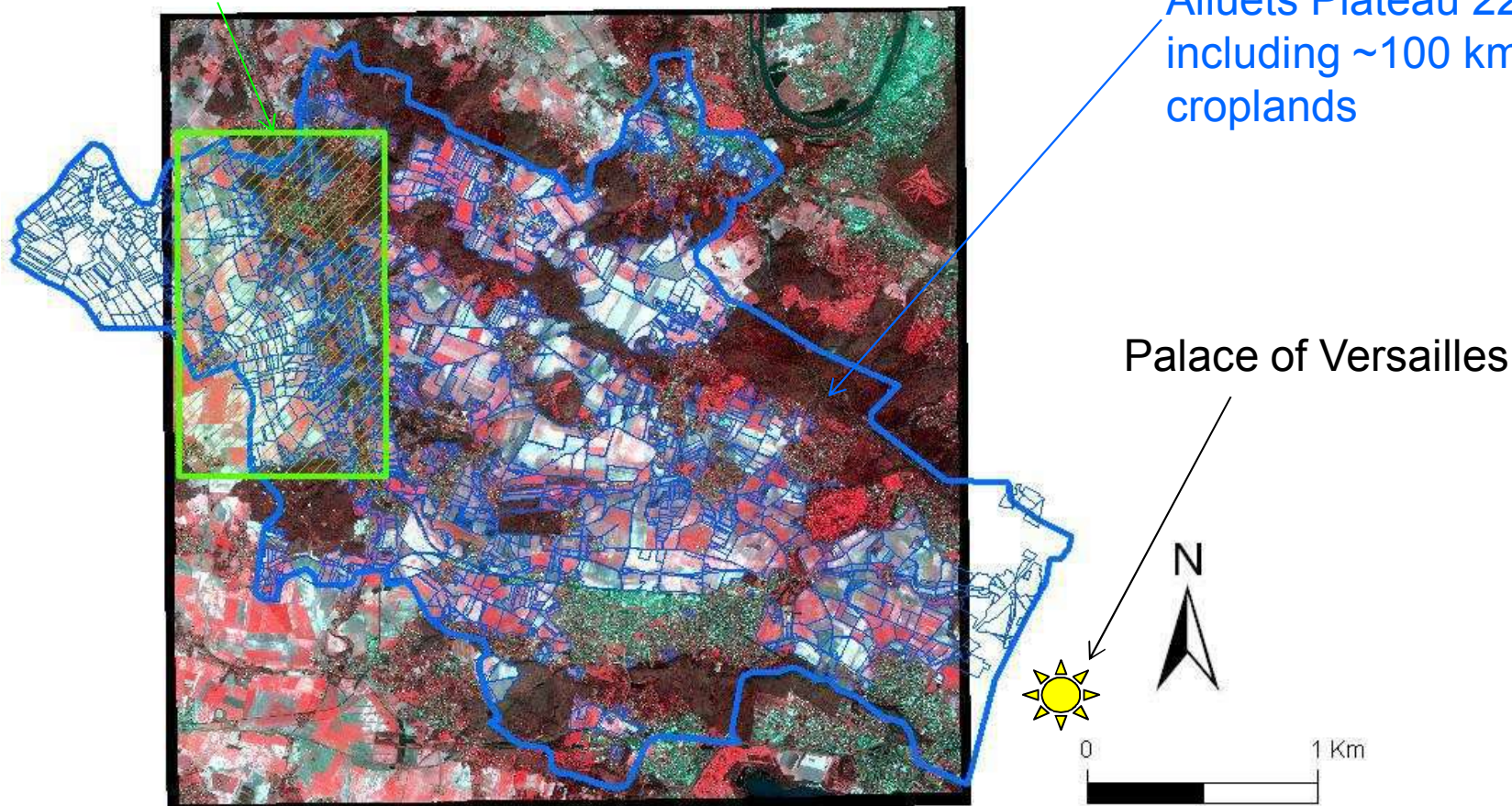
Participants CES “Cartographie Numérique des Sols”



Le territoire de la Plaine de Versailles

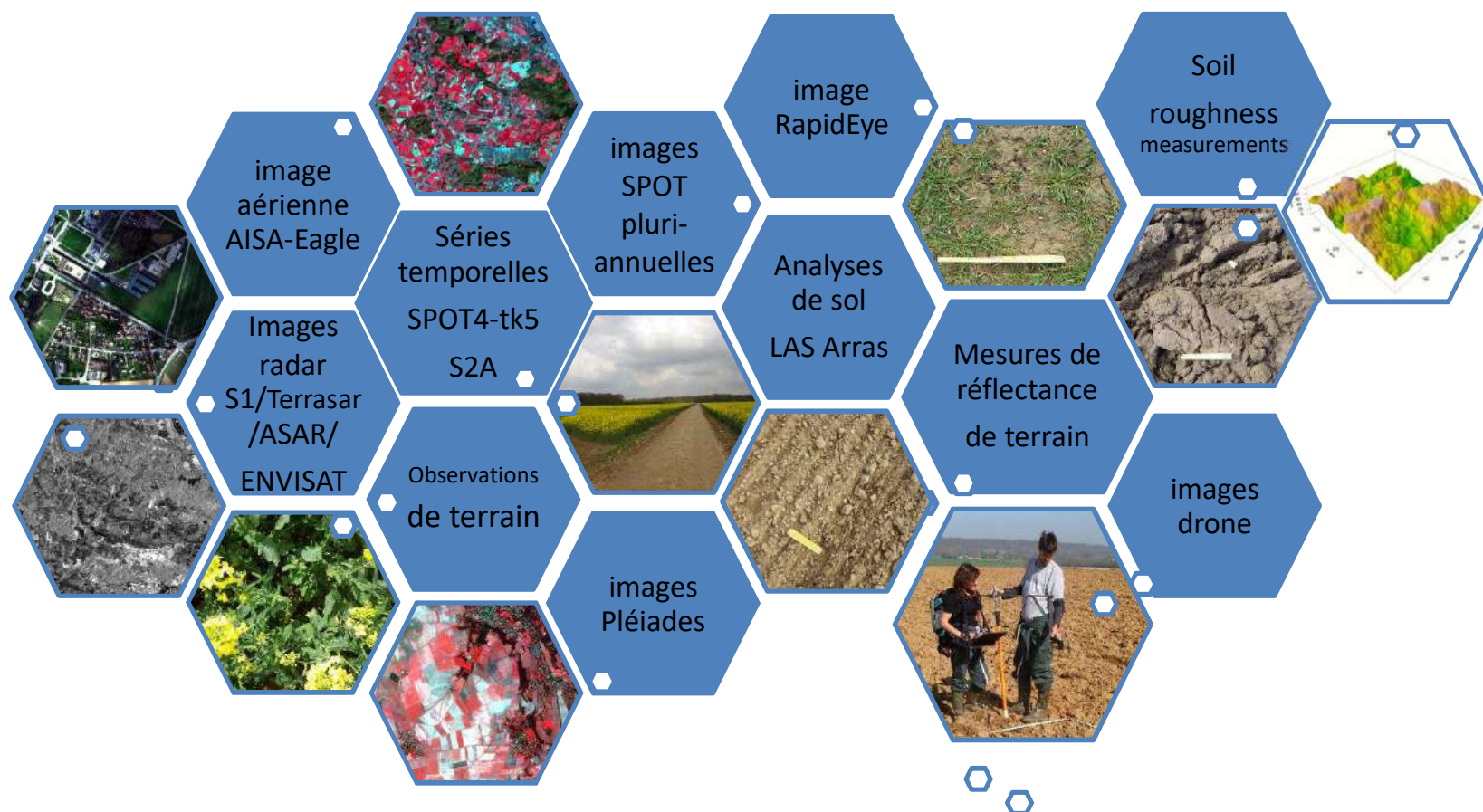
Subzone 40 km² including 21 km² croplands

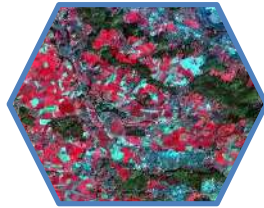
Versailles Plain and the
Alluets Plateau 221 km²
including ~100 km²
croplands



Pléiades image of 3 April 2013. ©CNES 2013, distribution Spot Image, S.A. RPG2010

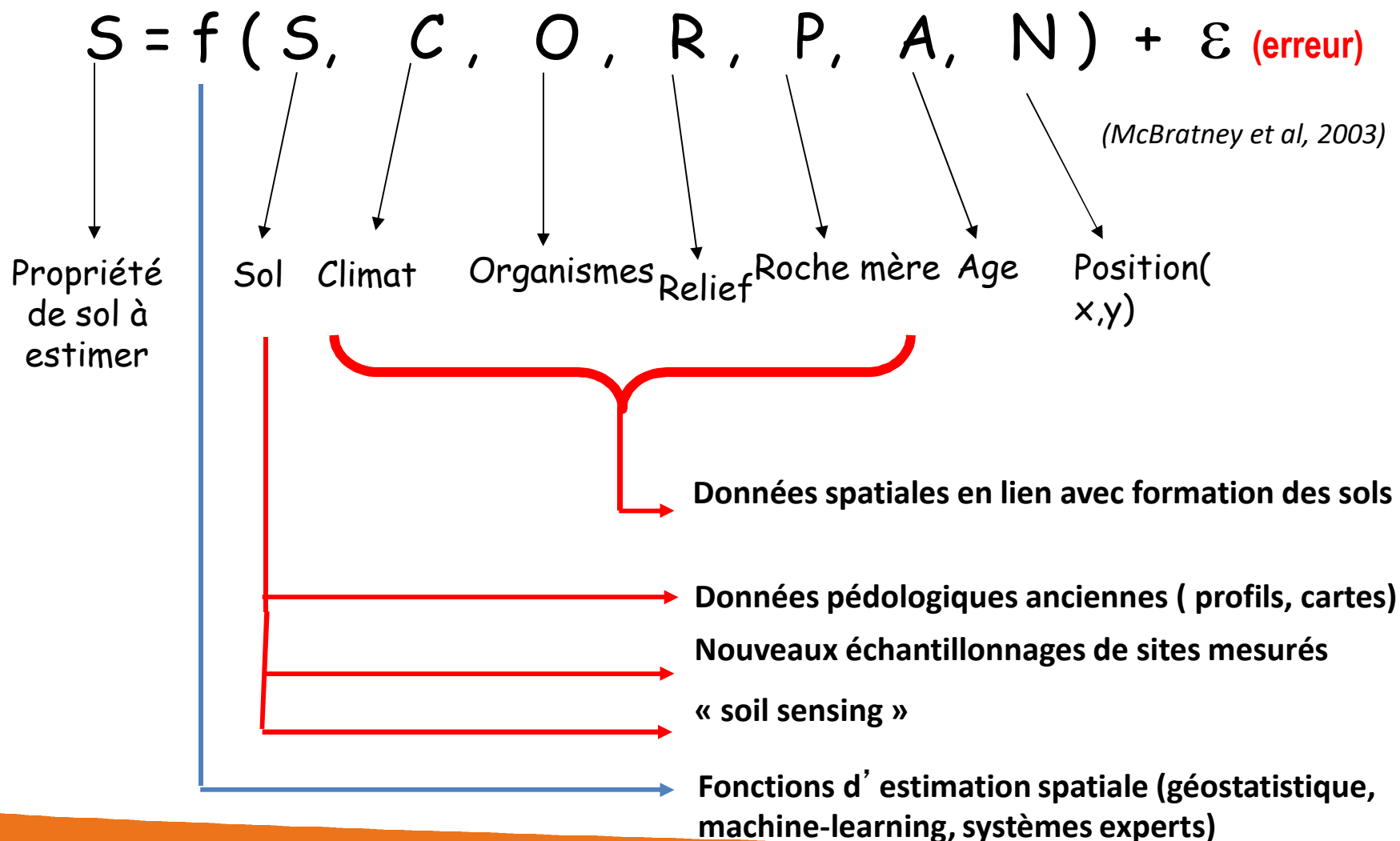
Imagerie spatiale et observations recueillies 2010-2017





Estimation de propriétés de sol

Un cadre méthodologique fédérateur



Notre objet d'étude : le sol



FERSIALSOL



LITHOSOL sur calcaire en plaquettes



FERSIALSOL lessivé hydromorphe



COLLUVIOSOL calcaire sur marnes

- ◆ Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble peu altérée ou peu marquée par la pédogénèse (AFES 2014)

Des spécifications de produits cartographiques définies à l'échelle mondiale



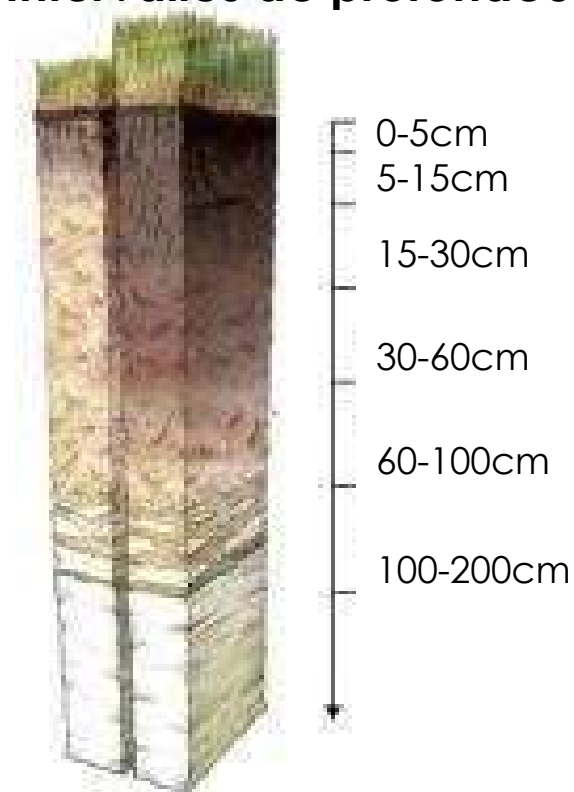
- ◆ Estimations de propriétés du sol sur une grille 3 arc/s (90x90 m en France)
- ◆ Exprimées sous formes d'intervalle de confiance à 90% (*GlobalSoilMap, 2014*)

Propriétés ciblées

Argile%, Limon%, Sable%,
Éléments grossiers%
pH
Carbone organique%,
CEC
Densité apparente
Réserve Utile

+ profondeur du sol

À 6 Intervalles de profondeurs



Incubateur du CES CNS: défis méthodologiques

◆ Utiliser la Télédétection optique Vis-NIR pour la cartographie Numérique des sols

- ◆ Tester Sentinel 2 pour prédire les propriétés de sol (Mémoire P. Michura, ECOSYS LISAH)
- ◆ Etendre les prédictions de sol à partir d'imagerie hyperspectrale aux surfaces semi-végétalisées (Mémoire O. Sakri, LISAH ONERA)
- ✧ *Elaborer une image Synthétique Sentinel 2 sol nu (ECOSYS, LISAH)*
- ✧ *Estimer l'incertitude de prédiction issue d'images de télédétection (URSOLS, LISAH)*

◆ Améliorer les données d'entrées sur les facteurs de formation du sol

- ◆ Choisir les indicateurs de relief pertinents pour la cartographie numérique des sols (Mémoire T. Loiseau, SAS Rennes, URSOLS)
- ◆ *Optimiser la production de données spatiales sur la roche mère et le régolithe (INFOSOL, BRGM)*

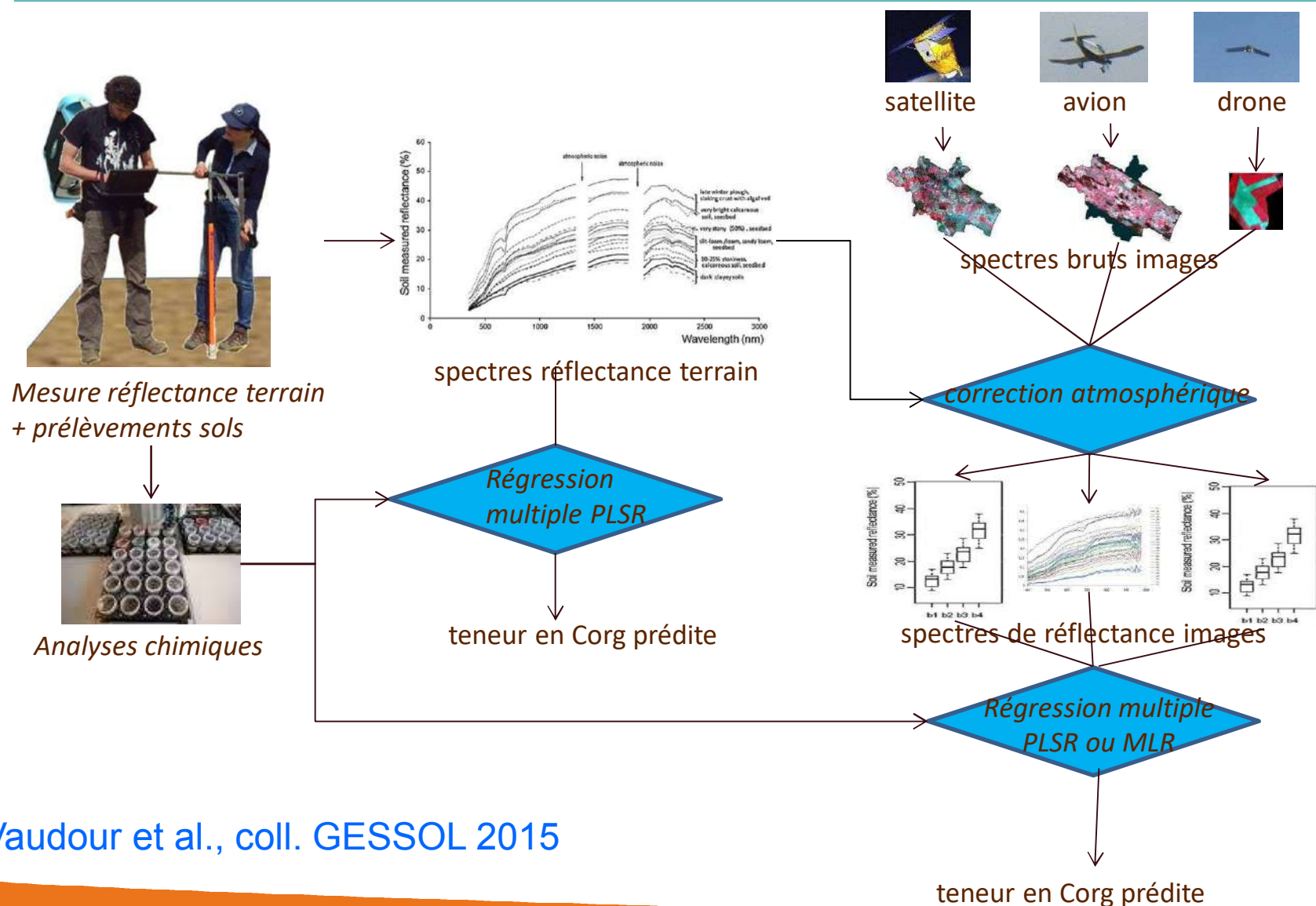
◆ Améliorer les modèles de CNS et leurs stratégies de calibration/validation

- ◆ Utiliser « Survival Random Forest » pour spatialiser la profondeur du sol (Mémoire Q. Styc, LISAH)
- ✧ *Développer des procédures de calibration/validation non biaisées par rapport à l'incertitude de prédiction URSOLS,, INFOSOL, LISAH)*

◆ Organiser la collecte et l'utilisation des données pédologiques anciennes

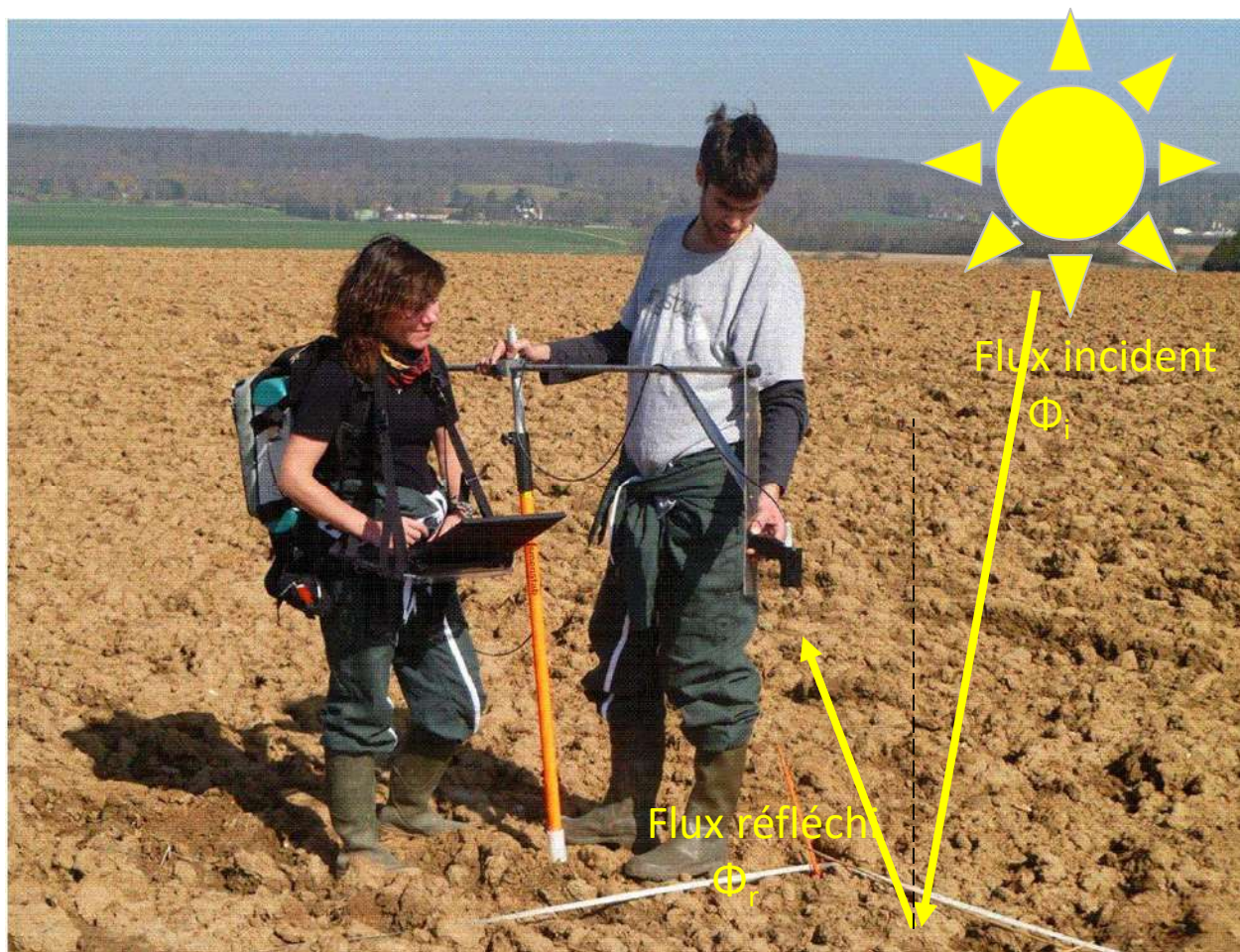
- ✧ *Développer une méthodologie de récupération et de traitement informatique des données pédologiques anciennes (INFOSOL, LISAH)*

Modèles de « spectrotransfert »



Vaudour et al., coll. GESSOL 2015

Mesures de réflectance



$$R_{\lambda} = \frac{\Phi_{r\lambda}}{\Phi_{i\lambda}}$$

©UMR EGC-Equipe Sol, cliché E. Vaudour, mars 2012

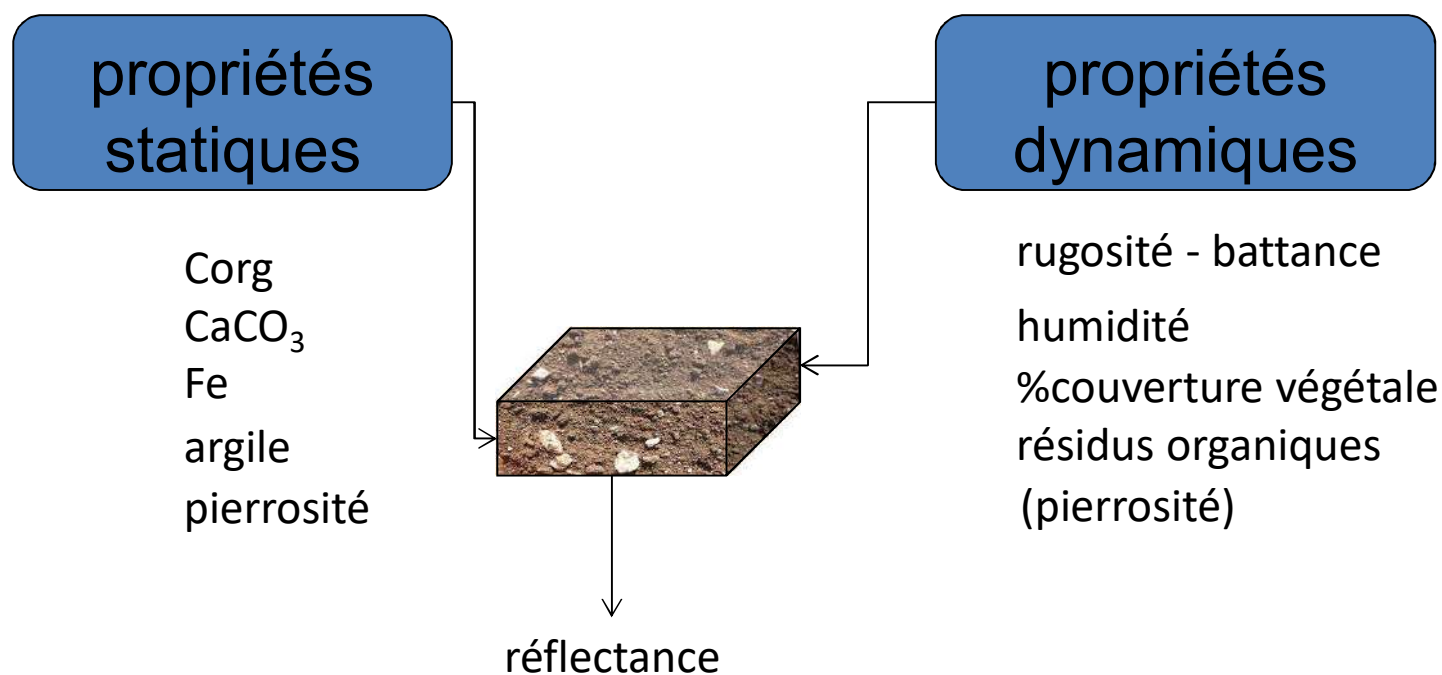
« composition et organisation de la surface du sol à un instant donné » - R. ESCADAFAL, 1989



©E. Vaudour

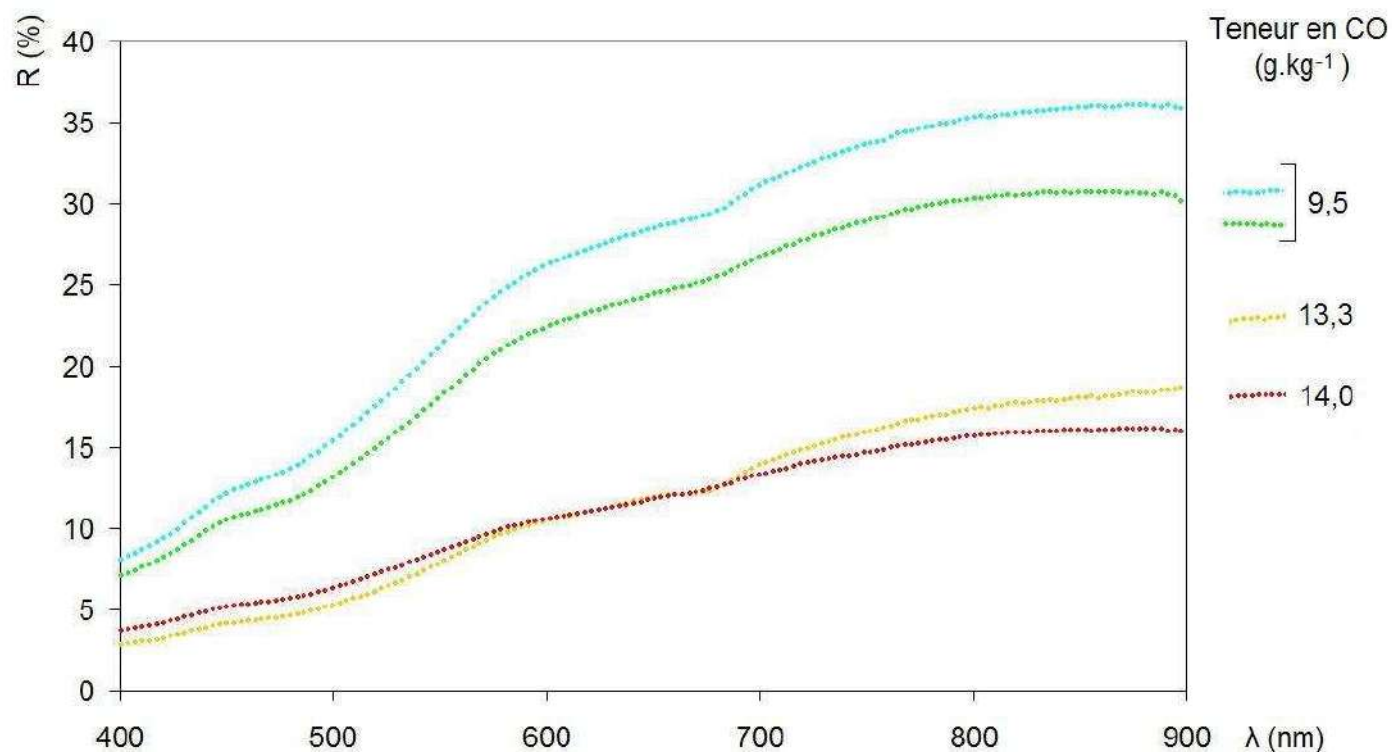
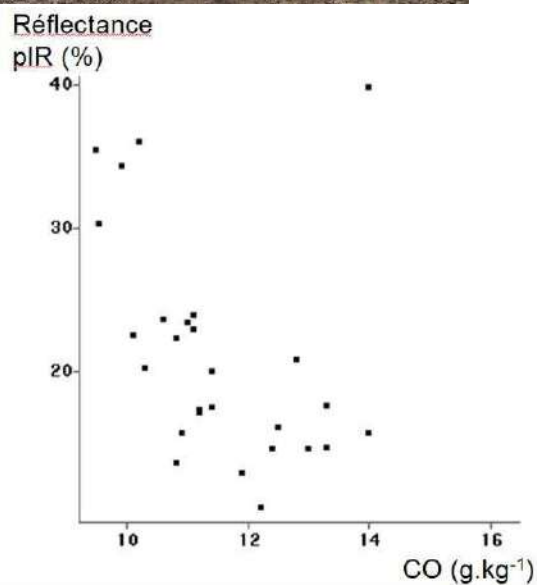
VAUDOUR E., GIRARD MC., 2010, *Pédologie*, chapitre 23. In Girard MC et Girard CM, *Traitement des images de télédétection*, Dunod, Paris.

Principales propriétés influant sur la réflectance du sol nu



Vaudour, E., Gilliot, J.M., Bel, L., Lefevre, J., Chehdi, K., 2016. Regional prediction of soil organic carbon content over temperate croplands using visible near-infrared airborne hyperspectral imagery and synchronous field spectra. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49, 24-38.

Influence du carbone organique sur la réflectance du sol



Berthier et al., Etude et Gestion des Sols 2008

Teneurs en Corg des sols de la Plaine de Versailles



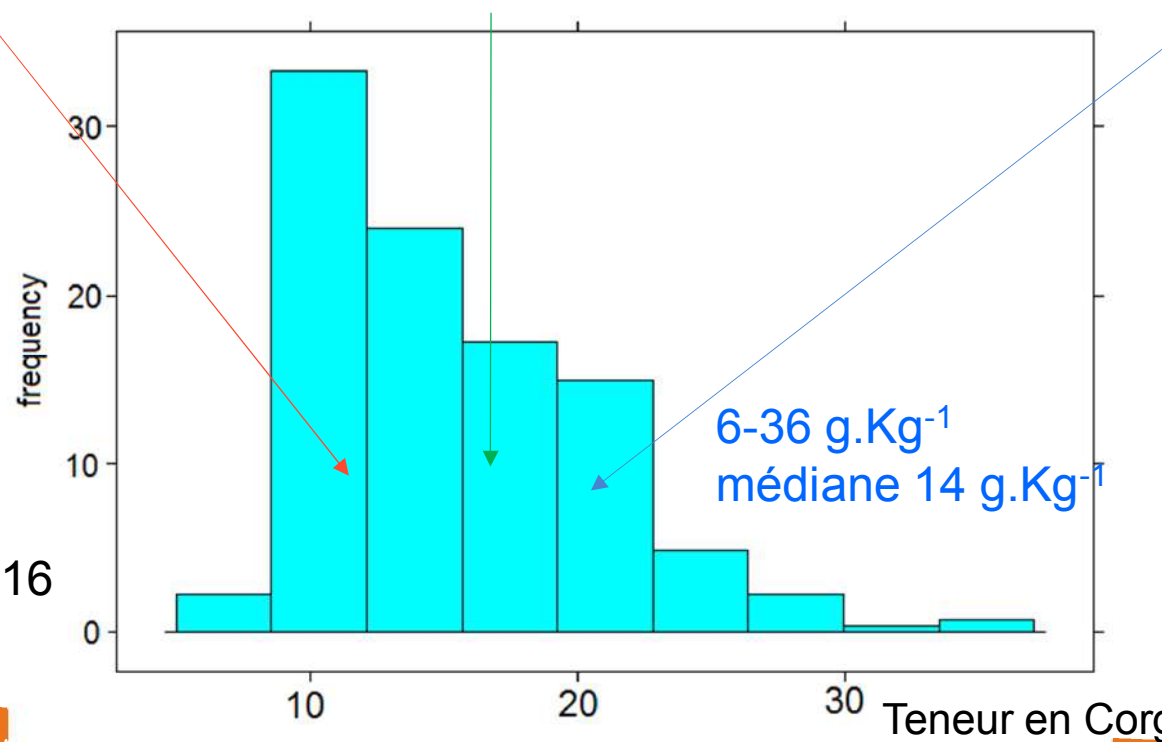
LUVISOLS de loess



CALCOSOLS,
COLLUVIOSOLS calcaires



FLUVIOSOLS, COLLUVIOSOLS
calcaires ©E. Vaudour



Vaudour et al., JAG 2016

Réflectance des sols de la Plaine de Versailles

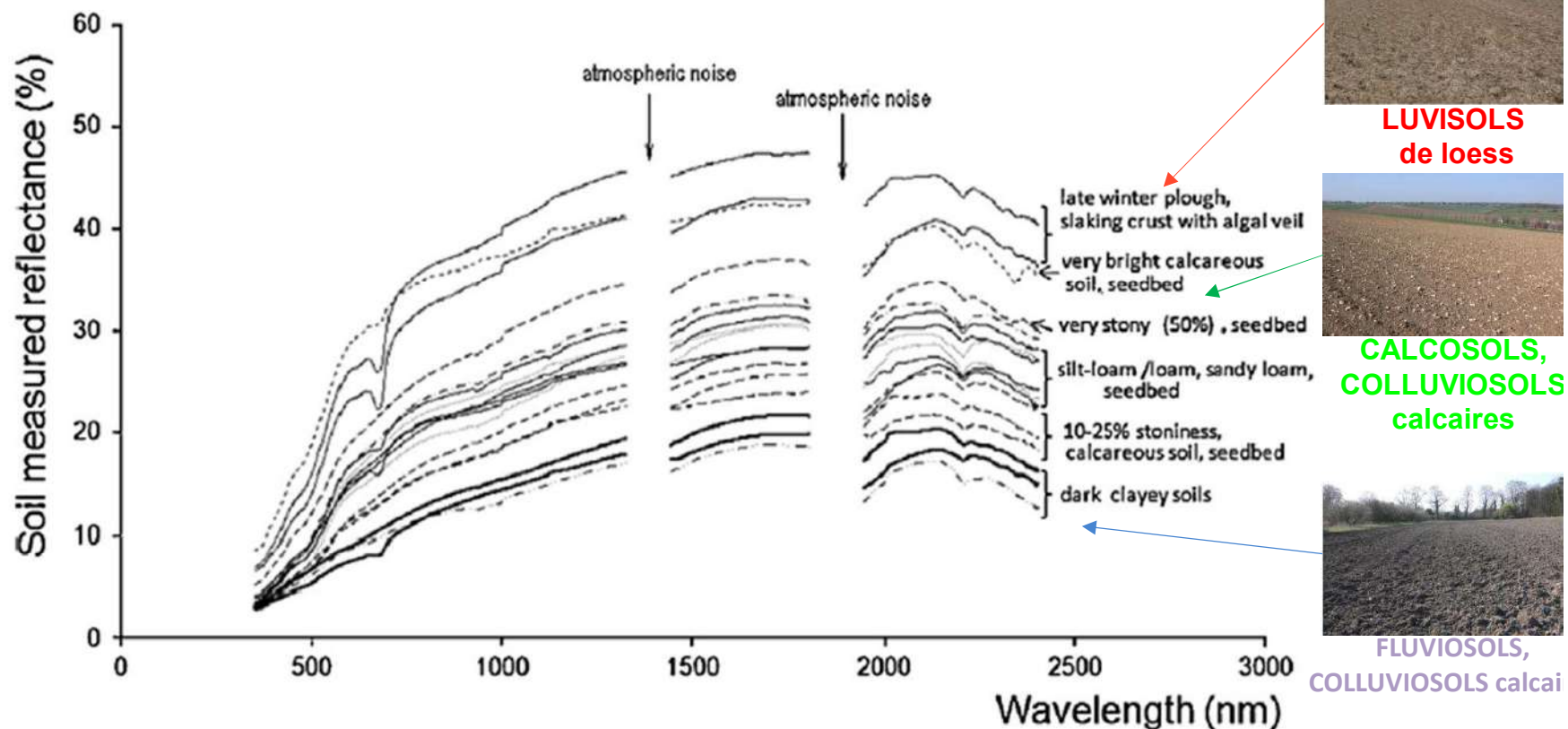
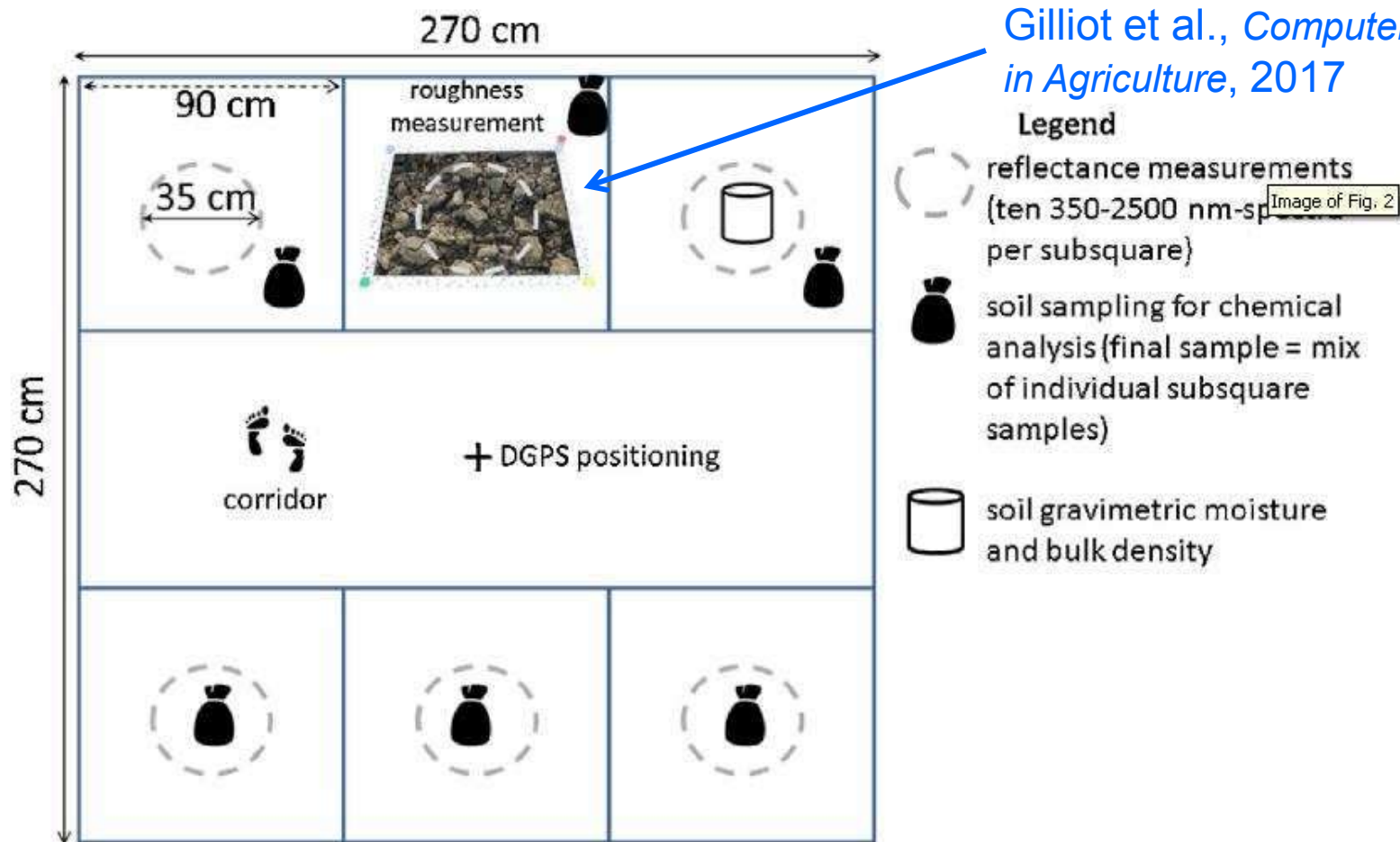


Fig. 2. Selection of various soil reflectance spectra measured in the study zone and covering the whole dataset reflectance range.

Vaudour et al., JAG 2014b

Protocole de terrain

E. Vaudour et al. / International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 28 (2014) 43–59



Gilliot et al., *Computers&Electronics in Agriculture*, 2017

Fig. 2. Design of a field site.

Vaudour et al., JAG 2014b

Base de données régionale

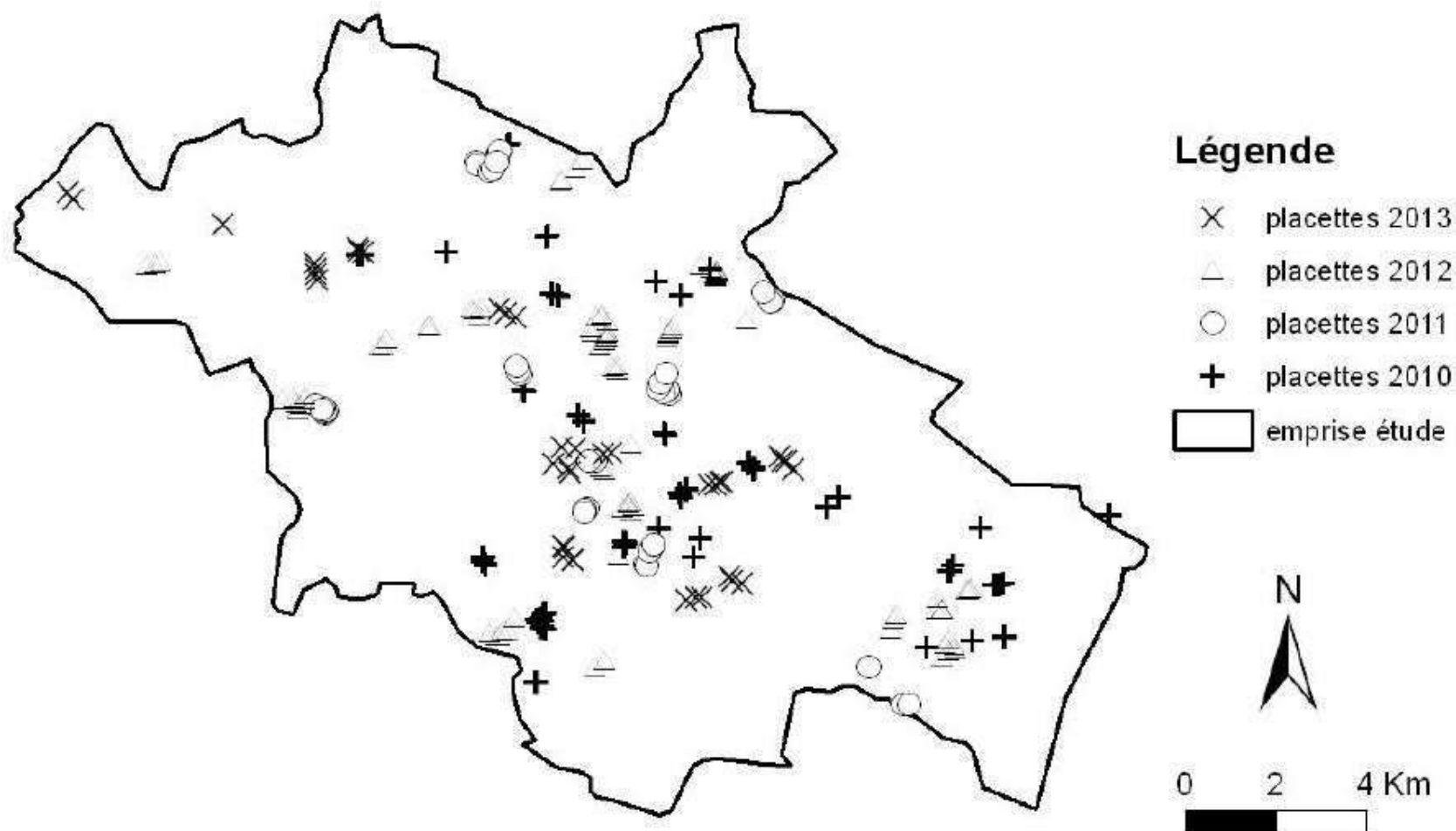
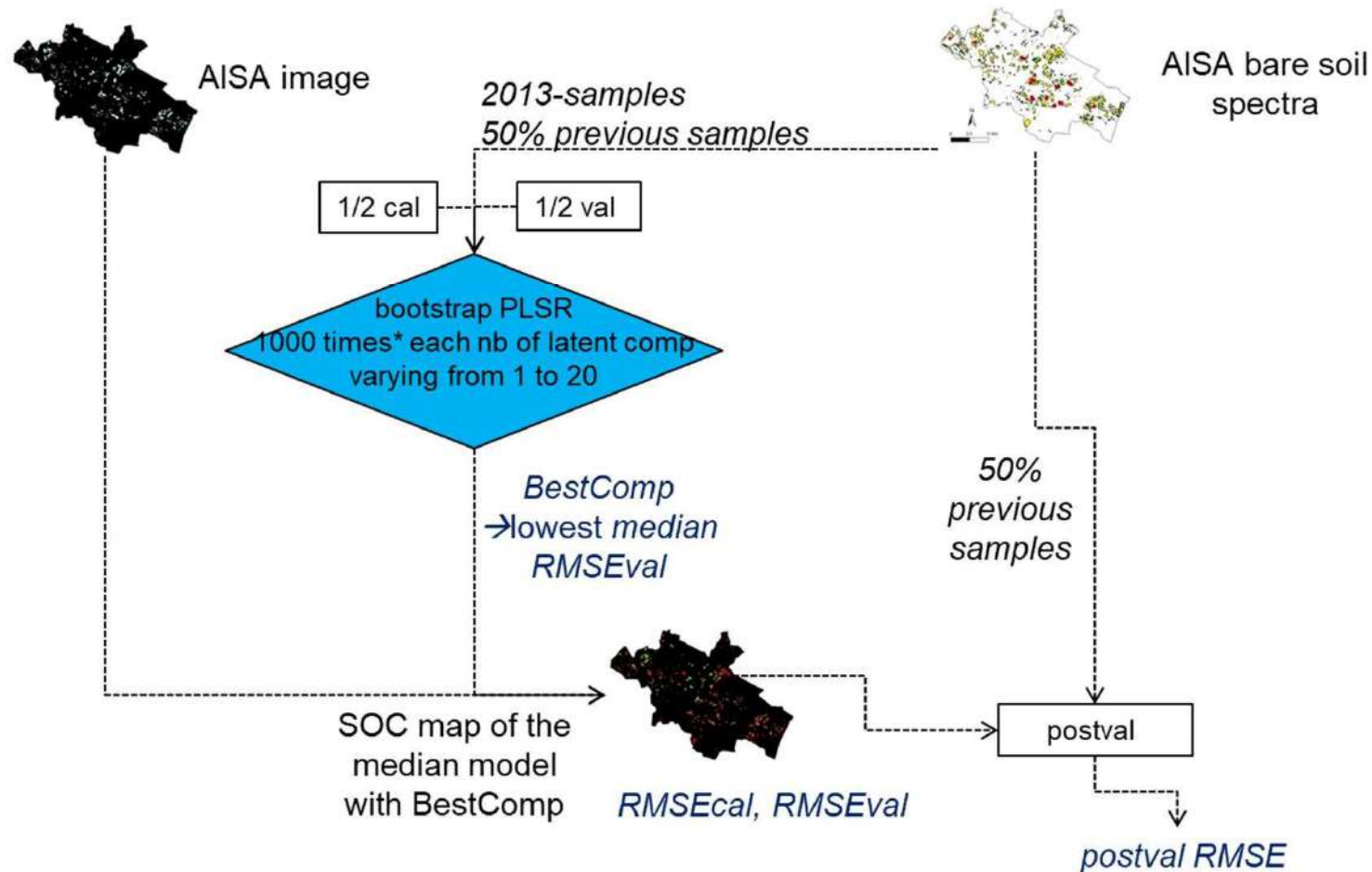


Figure 4. Emplacements des placettes de mesure collectées de 2010 à 2013

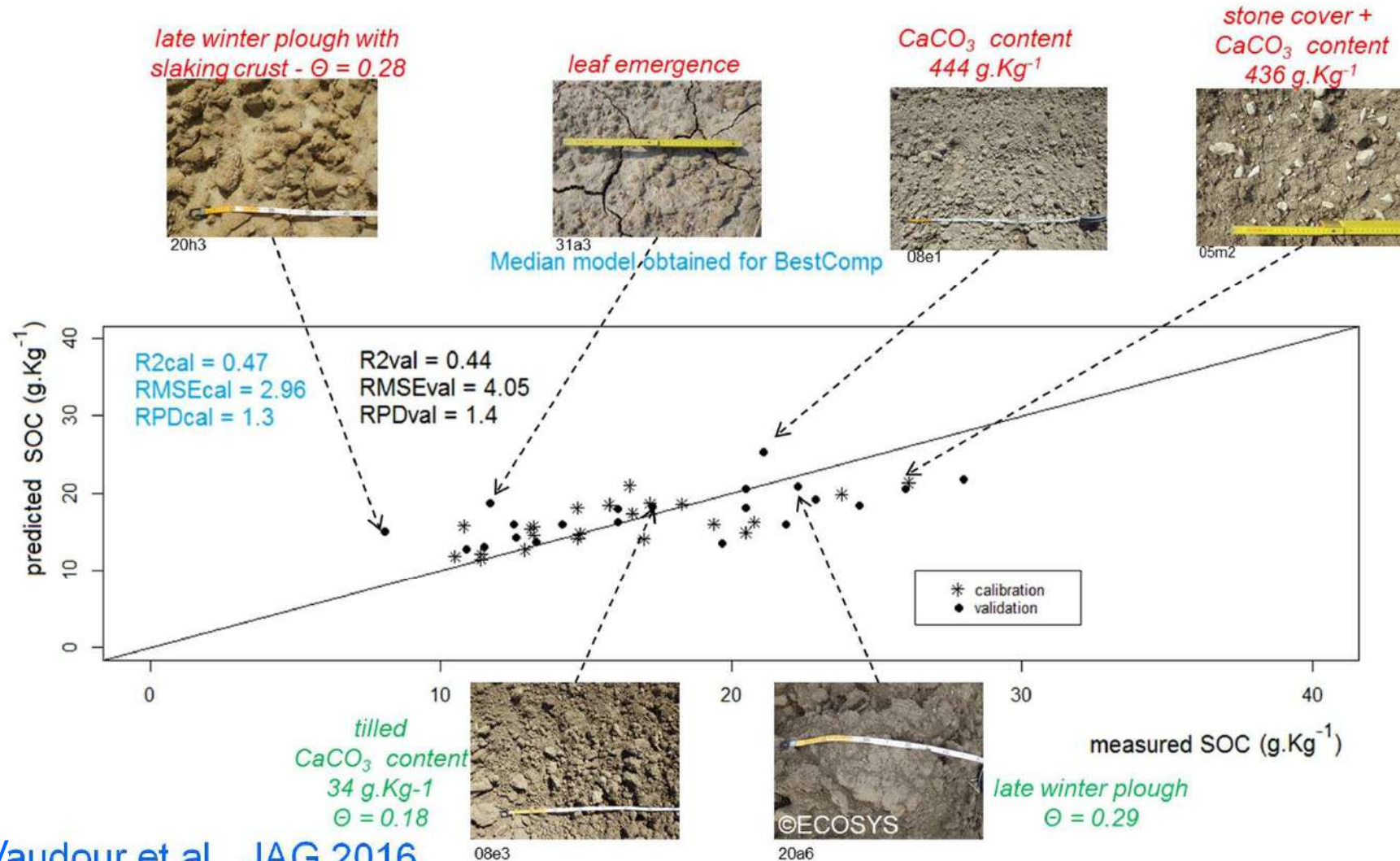
In Vaudour (coord) 2014. Rapport final Prostock

Echantillons de calibration/validation



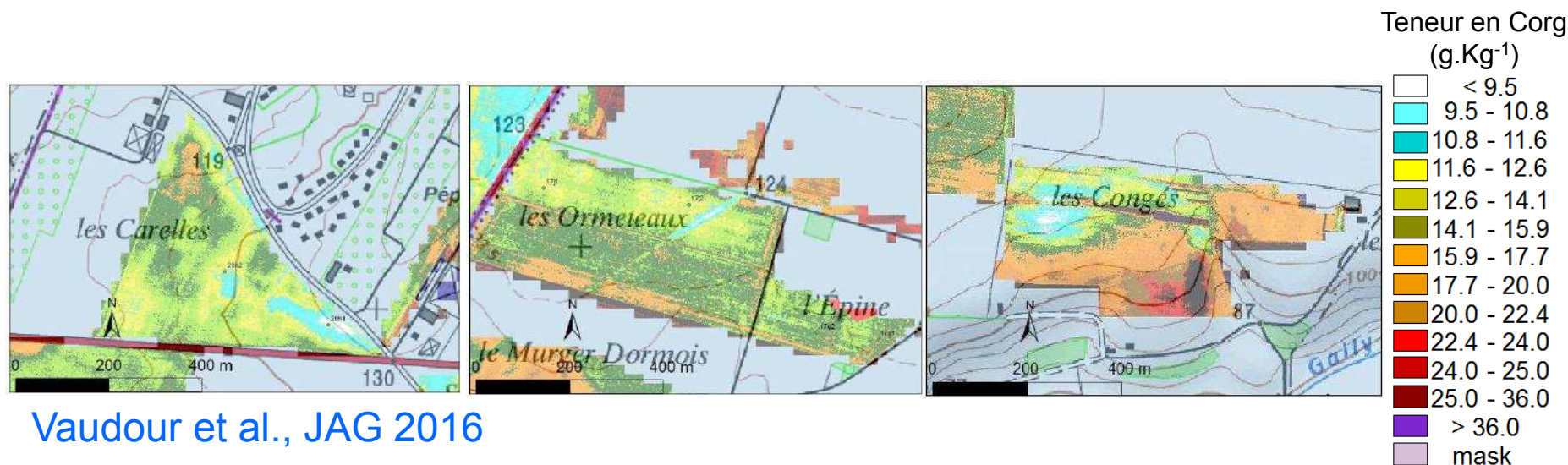
Vaudour, E., Noirot-Cosson, P.E., Membrive, O., 2015. Early-season mapping of crops and cultural operations using very high spatial resolution Pléiades images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42, 128-141.

Prédiction des teneurs en Corg- image hyperspectrale ALSA-Eagle (400-1000nm)

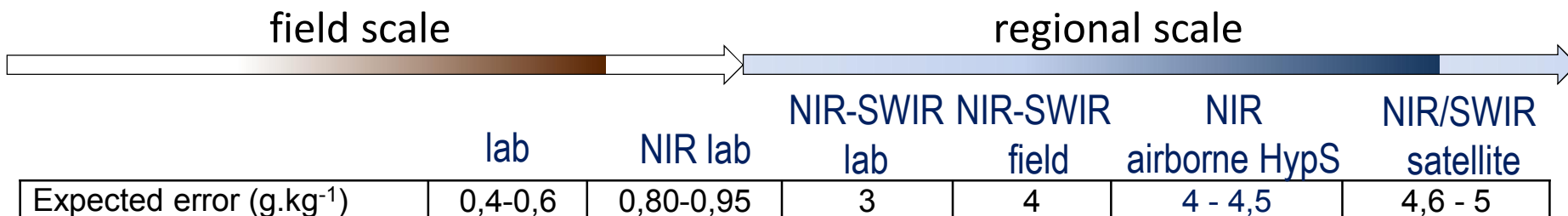


Vaudour et al., JAG 2016

Cartes de Corg des sols issue d'image hyperspectrale ALSA-Eagle (400-1000 nm)



Vaudour et al., JAG 2016



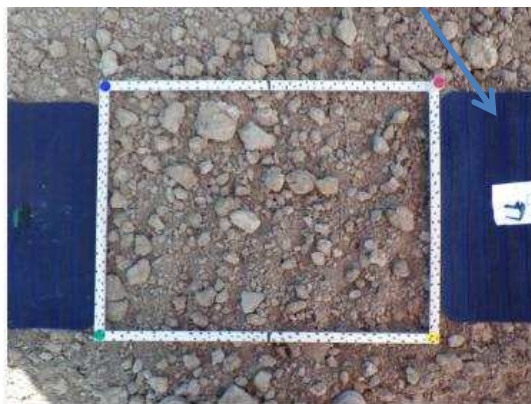
Vaudour et al., SSSAJ 2013

Vaudour et al., JAG 2016

Acquisitions par drone : échelon parcellaire (13 ha)

Gilliot et al., EGU 2016

cibles

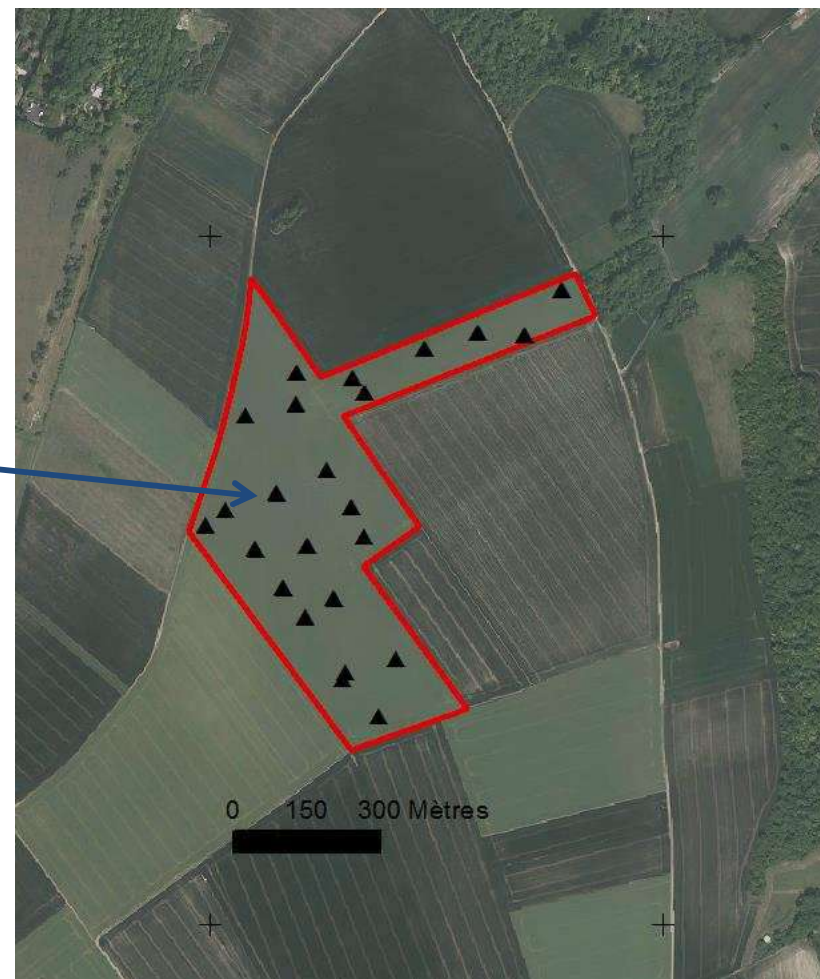


23 placettes de contrôle



Choix des bandes spectrales de la caméra :

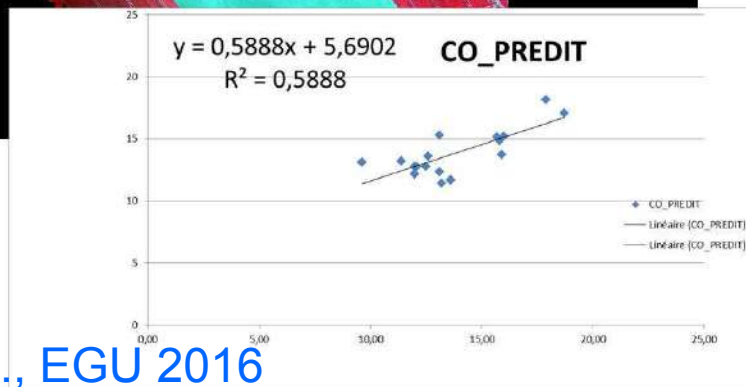
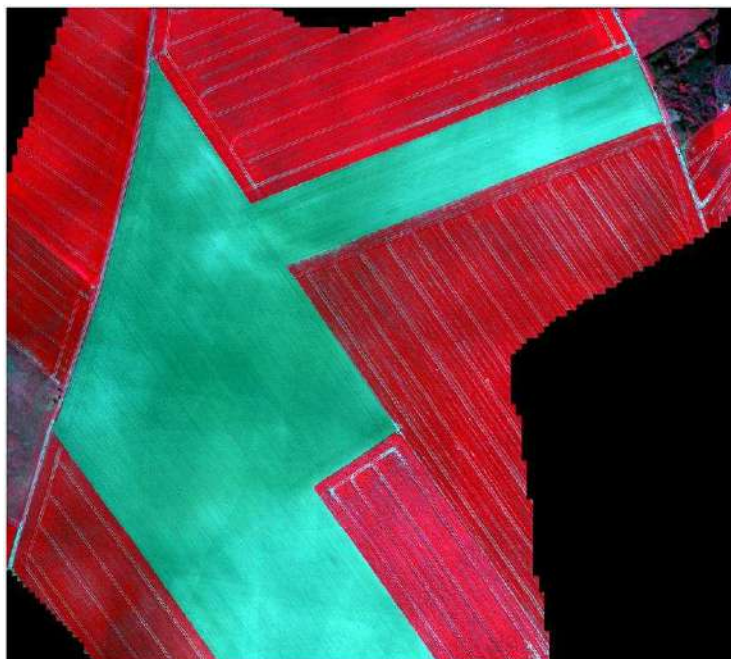
- 1) bande centrée à 550nm de FWHM 40nm
- 2) bande centrée à 660nm de FWHM 40nm
- 3) bande centrée à 735nm de FWHM 10nm
- 4) bande centrée à 790nm de FWHM 40nm



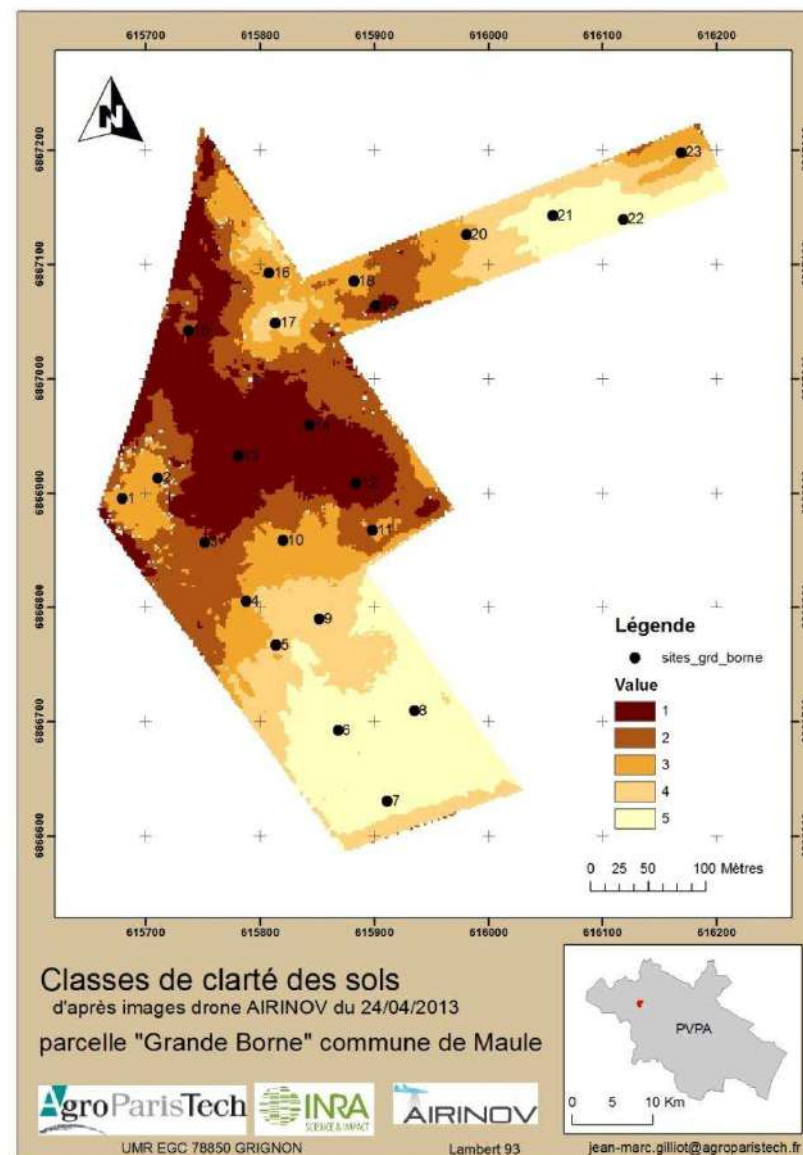
Carte de teneurs intra-parcellaires en Corg des sols

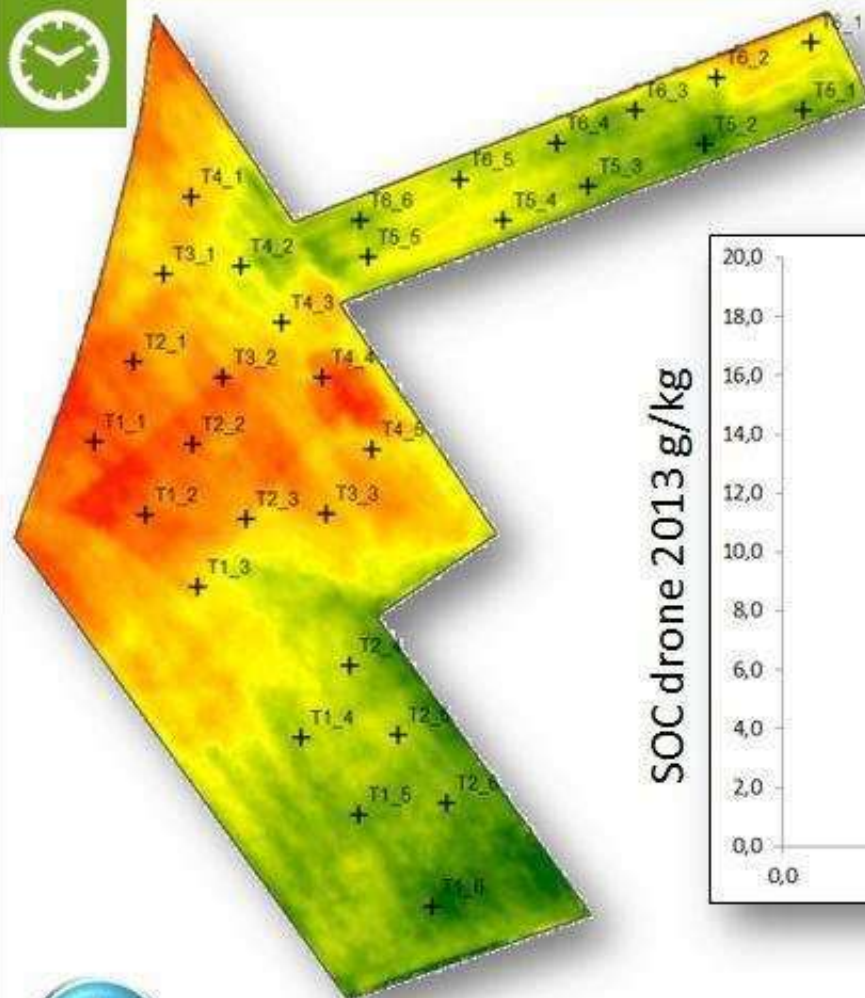
Modèle MLR

$$CO = 1074.38 * "G" - 2999.62 * "R" - 1286.88 * "NIR" + 3247.15 * "REDEGE" + 30.55$$



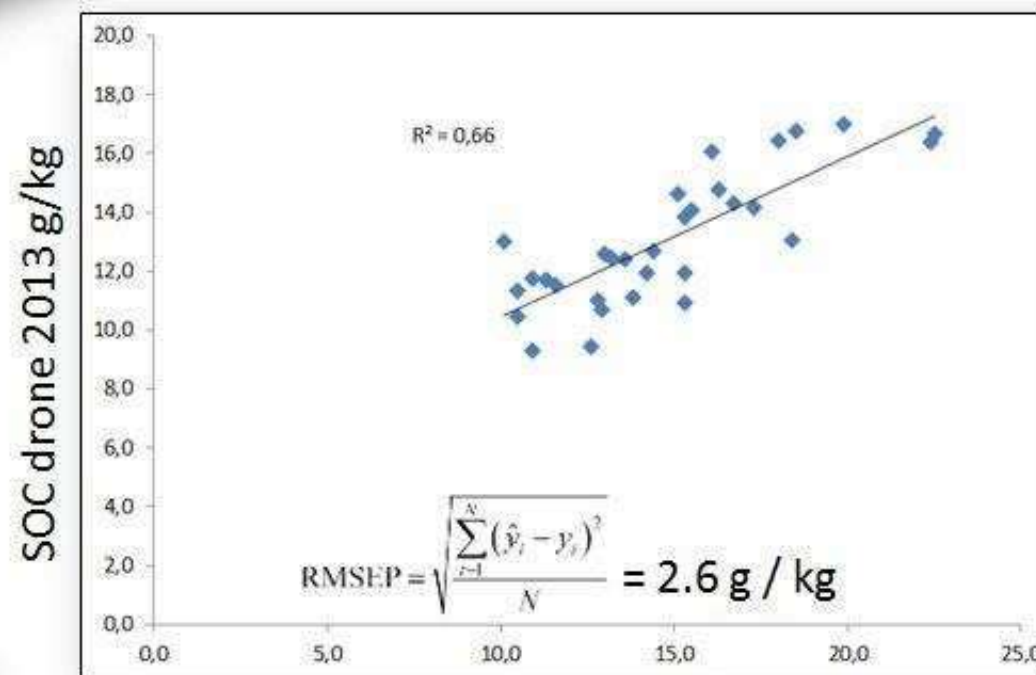
Gilliot et al., EGU 2016





31 new soil samples in 2015

Min= 10 g/kg Mean=14.8 g/kg Max=22.5 g/kg



Comparison prediction drone 2013 Vs analyses 2015

(model without roughness and moisture correction)

Gilliot et al., EGU 2016



Relations précision-échelle spatial-résolutions
spatiale et spectrale ?

Transposable à d

Déterminismes des teneurs en Corg observées
?
influences des sols/usage passé/pratiques
amendement organique ?

Prédictions de propriétés de sol de surface à partir d'images Sentinel 2

- ◆ Deux sites d'études avec mesures de propriétés de sol sur le terrain, images corrigées atmosphériquement (ATCOR2) et masquée (uniquement sols nus, NDVI < 0.35)

Plaine de Versailles (78)

année d'analyse

221 km²
Grandes
cultures

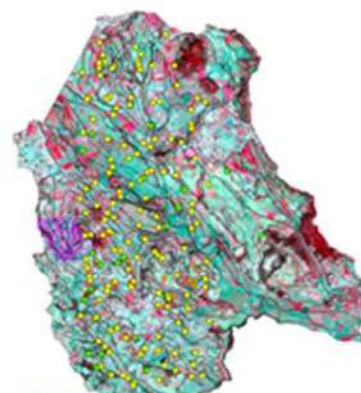


Luvisols de loess

72 sites sur sols nus

Vallée de la Peyne (34)

48 km²
Vignes



*Calcosols de molasse
Fersiallsols éluviques*

143 sites sur sol nus

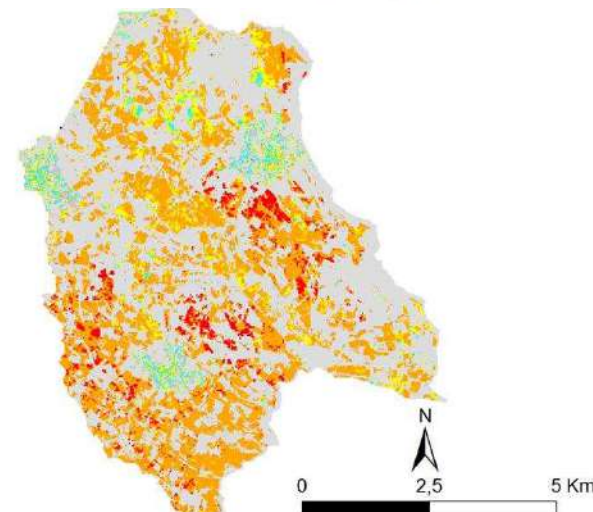
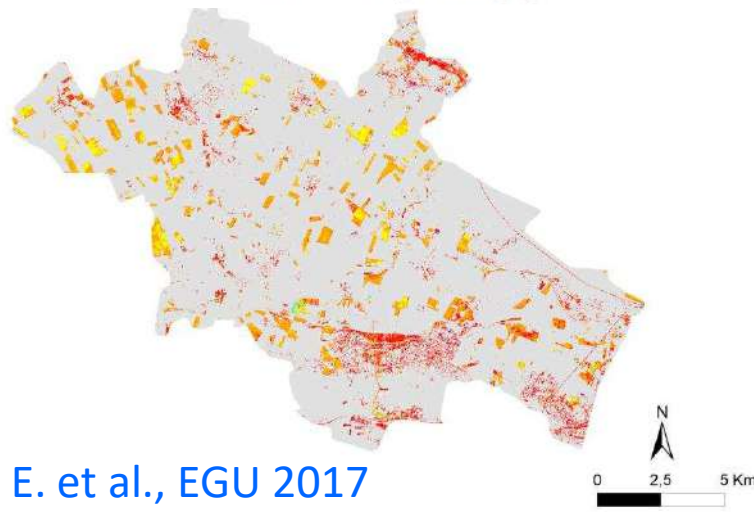
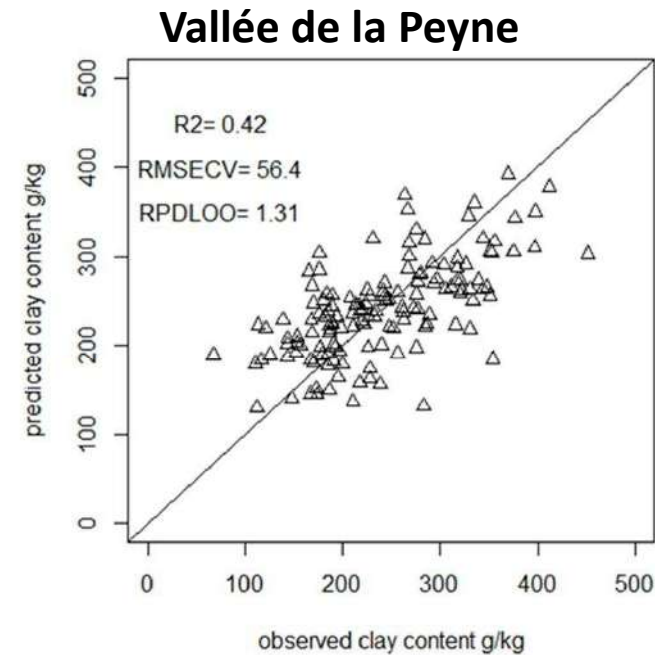
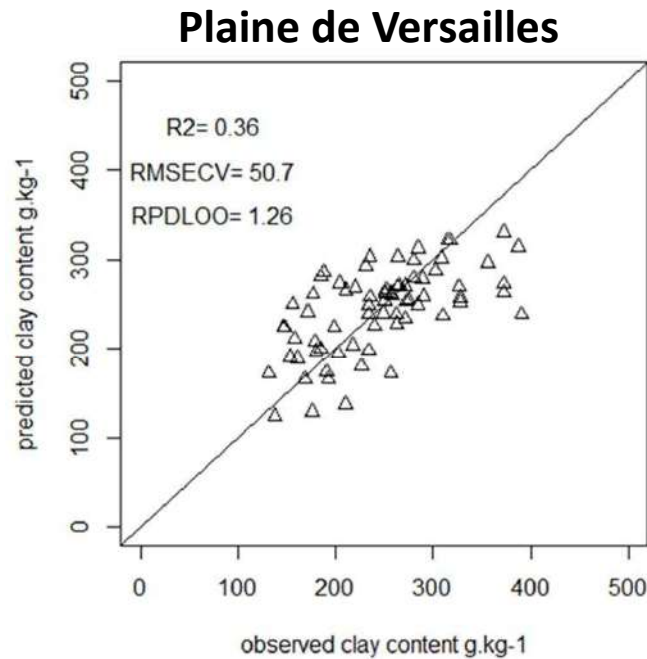
- ◆ Modélisation: PLSR cross-validation leave-one-out – 10 bandes spectrales

Vaudour E., Gomez, C., Lagacherie, P., en préparation

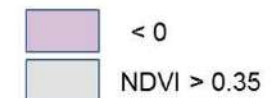
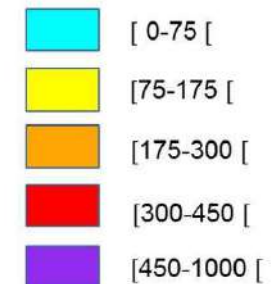
Prédiction de propriétés de sols à partir d'images



SENTINEL 2A – 10 bandes Vis-NIR-SWIR



Clay content (g.Kg⁻¹)



Vaudour E. et al., EGU 2017

Animation Régionale Theia - 28 juin 2017 – IGN Saint Mandé

Emmanuelle.Vaudour@agroparistech.fr

Carte de teneurs en Corg des sols

Geostatistical model

Bel et al., conf. ICAS 2016, 26-28 oct. 2016, Rome

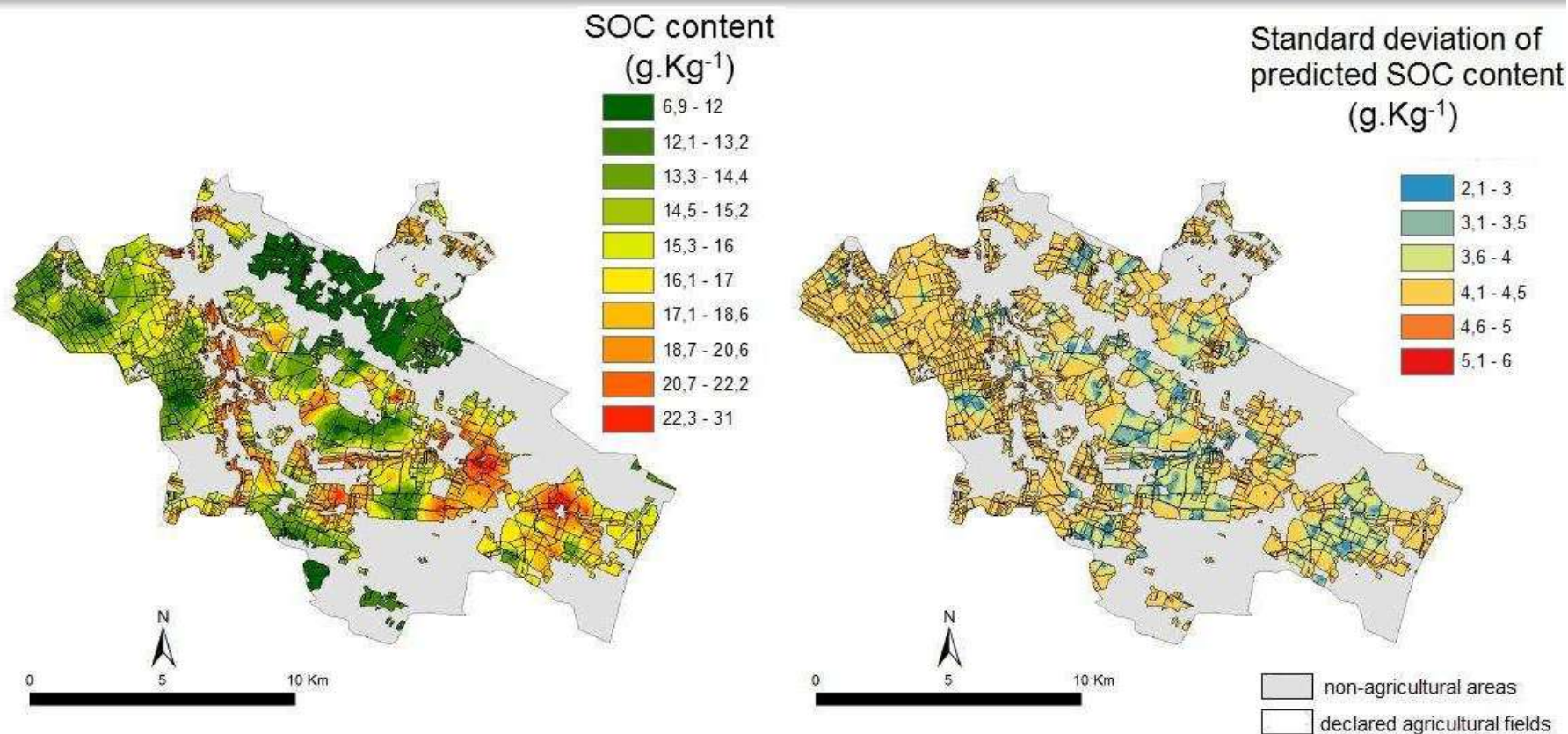
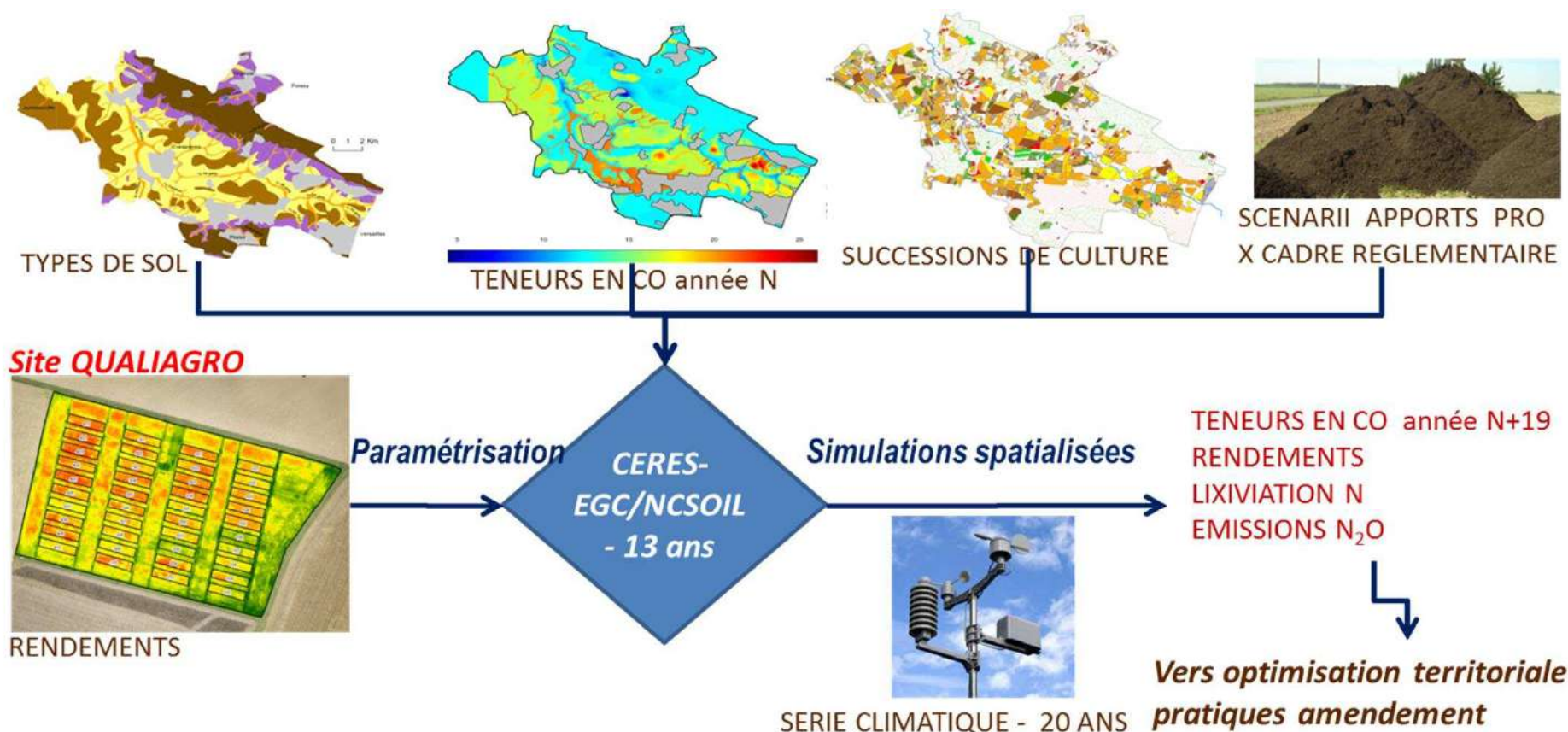


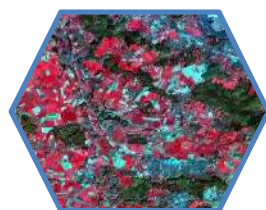
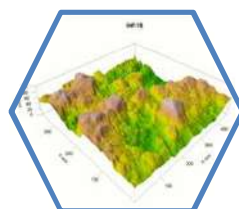
FIGURE: Cokriging with external drift : predicted C and standard deviation maps

Median RMSE on 1000 63-size sample test : 3.17 g.kg⁻¹

Simulations spatio-temporelles des effets des pratiques d'amendement organique



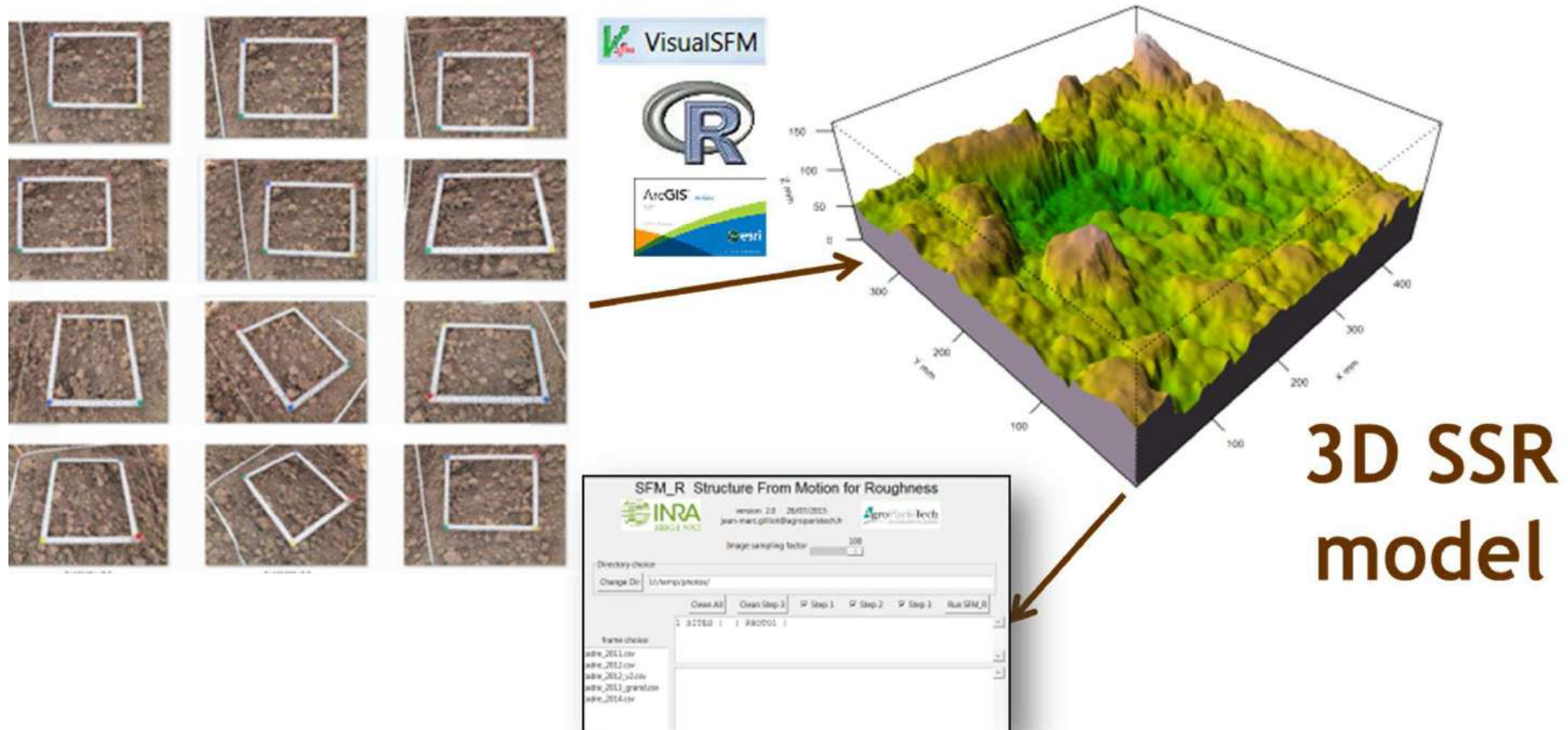
thèse Noirot-Cosson 2016
Noirot-Cosson et al., SBB 2016, SBB 2017



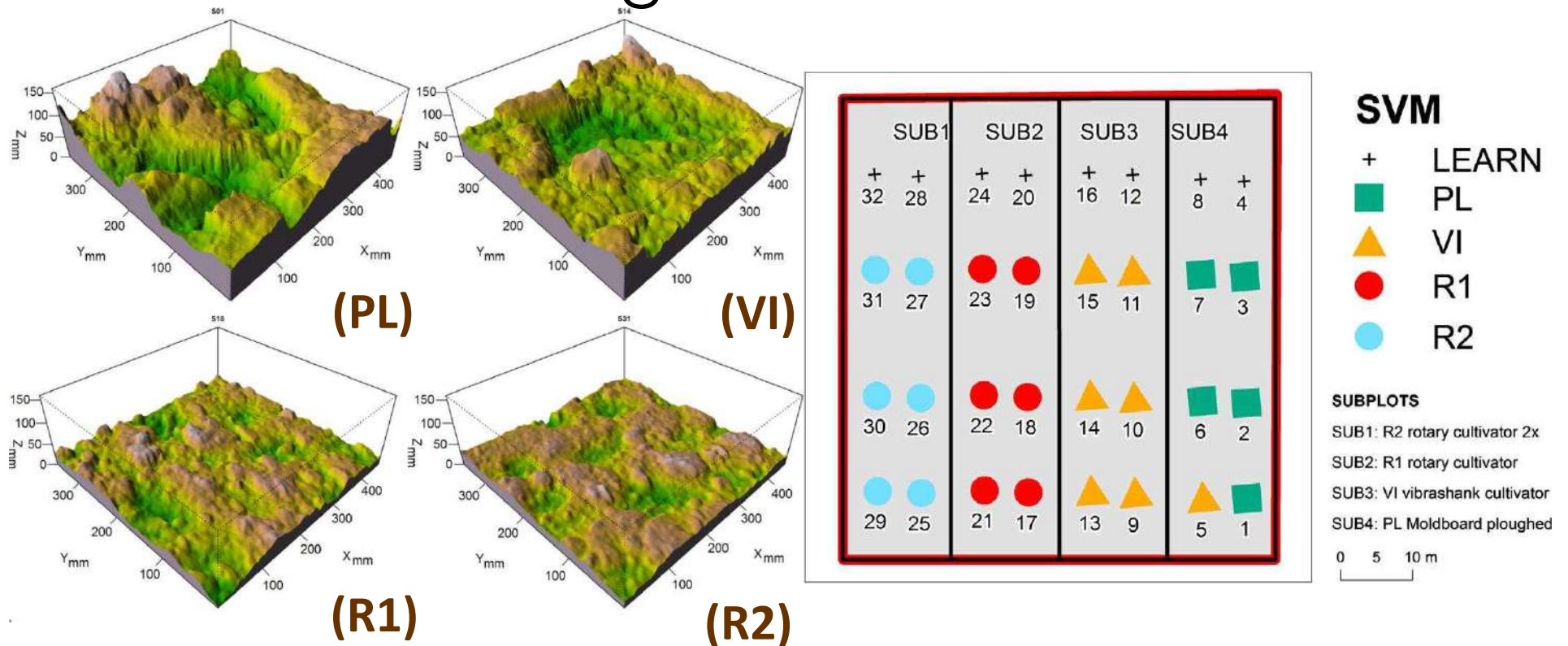
Cartographie des opérations culturales



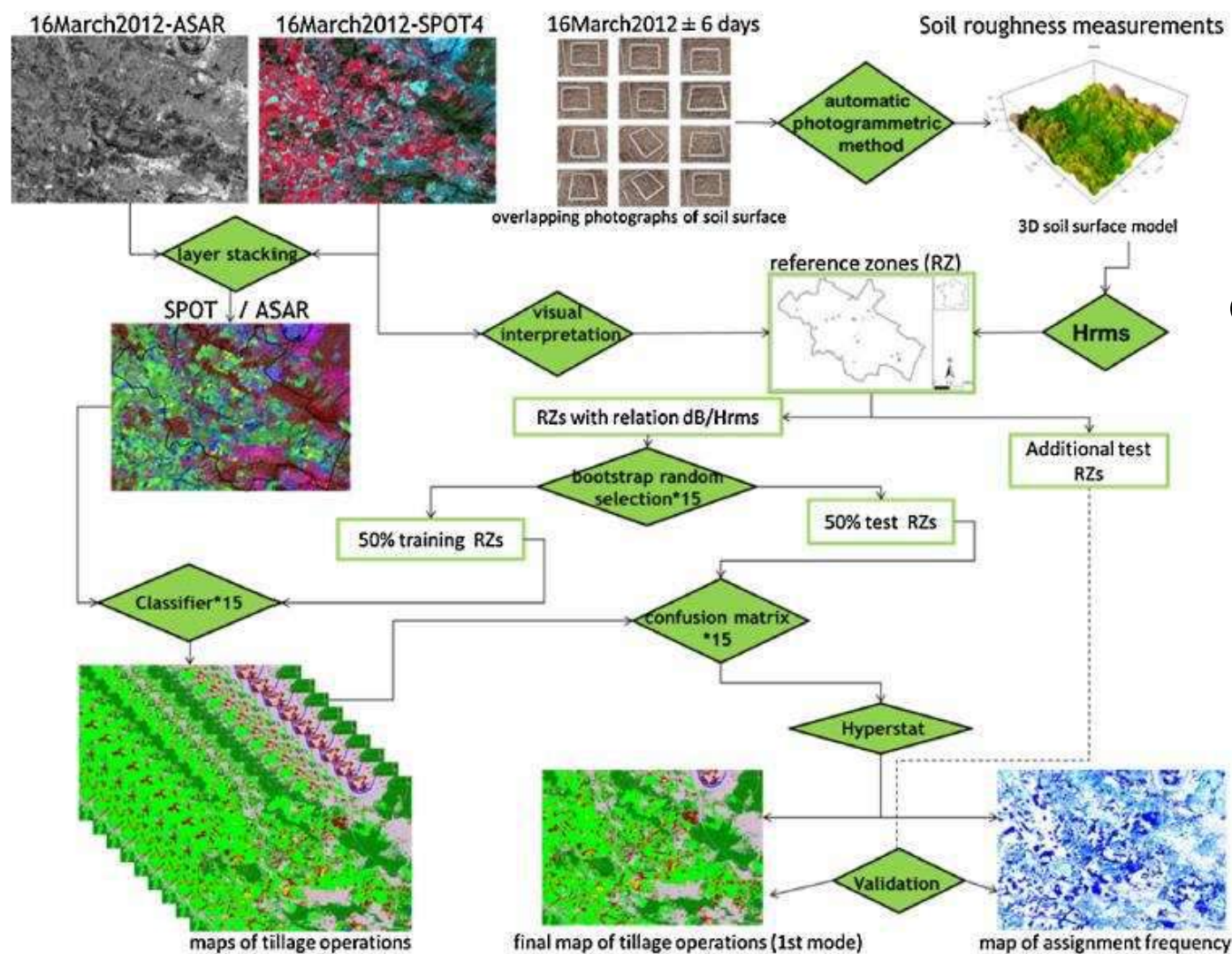
Soil surface roughness estimation : a 3D photogrammetric approach based on Visual SFM (Gilliot et al., 2017)



SVM classification into 4 roughness levels using SSR indices



Gilliot, J.M., Vaudour, E., Michelin, J., 2017. Soil surface roughness measurement: a new fully automatic photogrammetric approach applied to agricultural bare fields. Computers&Electronics in Agriculture, 134, 63-78.

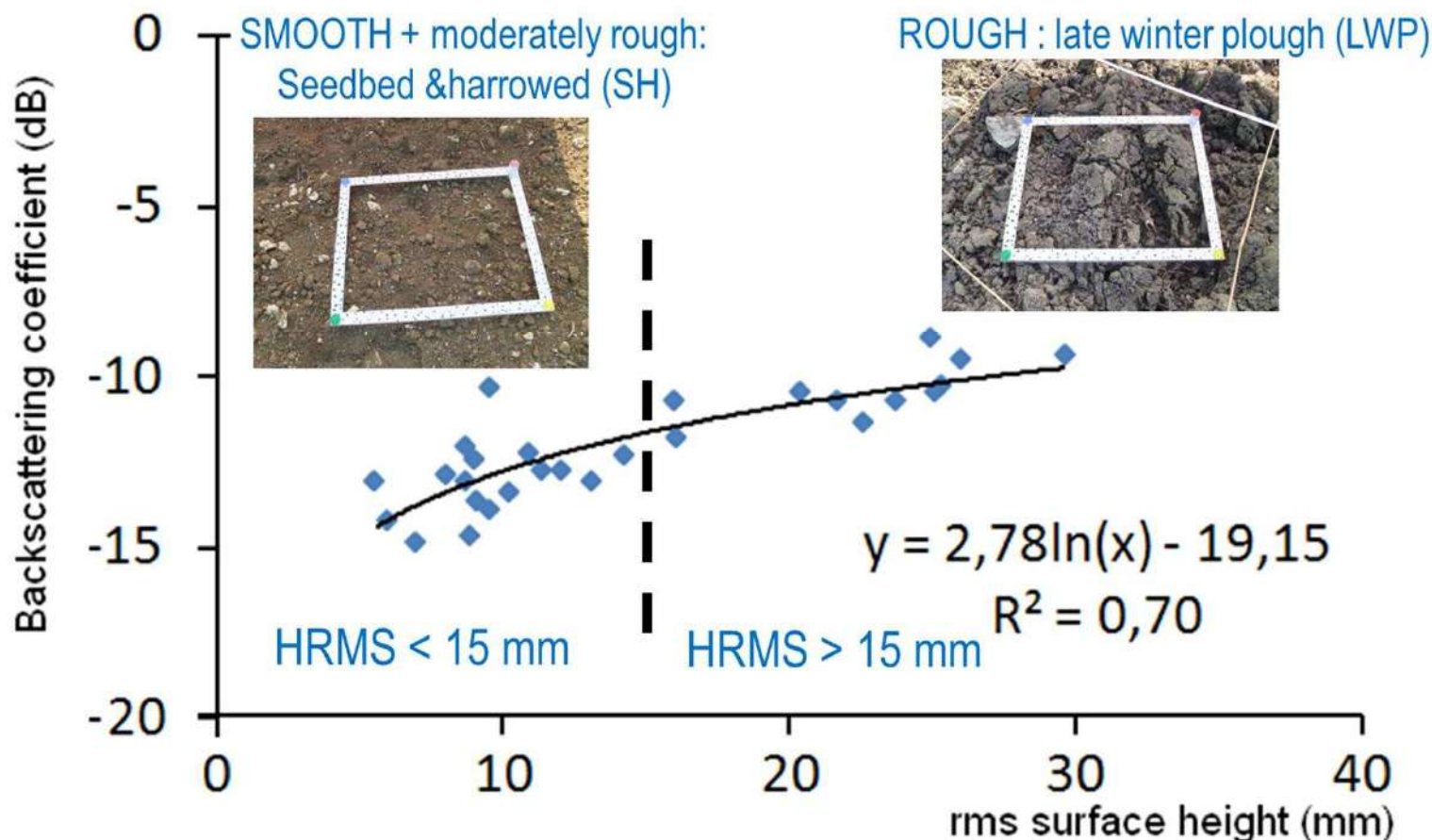


Utilisation
d'une paire
synchrone
optique/radar
pour
discriminer les
opérations
culturales
(mars 2012)

Vaudour et al., JAG 2014a

Fig. 4. Flowchart of the processing stages.

Rugosité et opérations culturales



▲ Dependence of radar signal in C-band (~5.6 GHz)
with the surface roughness in HH polarization

Vaudour et al., JAG 2014a

Table 4

Comparison of mean validation accuracies for combined and single images and different classifiers. ML, maximum Likelihood; pSVM, support vector machine with polynomial kernel (SPOTc, atmospherically corrected SPOT image); rSVM, support vector machine with radial basis kernel; ANN, artificial neural network; RT, regression tree (RT – ASAR: 'Late winter plough' not in final classes for 13 maps out of 15).

Classifier	Number of iterations	Seedbed&harrowed producer's accuracy	Seedbed&harrowed user's accuracy	Late winter plough producer's accuracy (%)	Late winter plough user's accuracy (%)	Overall accuracy (%)	Kappa (%)
pSVM – combined SPOT/ASAR	15	91.7	89.8	73.2	73.3	95.8	94.3
pSVM – combined SPOTc/ASAR	15	91.6	84.9	73.2	73.0	95.7	94.2
pSVM/SPOT	15	91.1	82.5	61.6	53.0	93.2	90.9
pSVM – ASAR	15	63.7	64.7	0.1	6.7	67.4	57.4

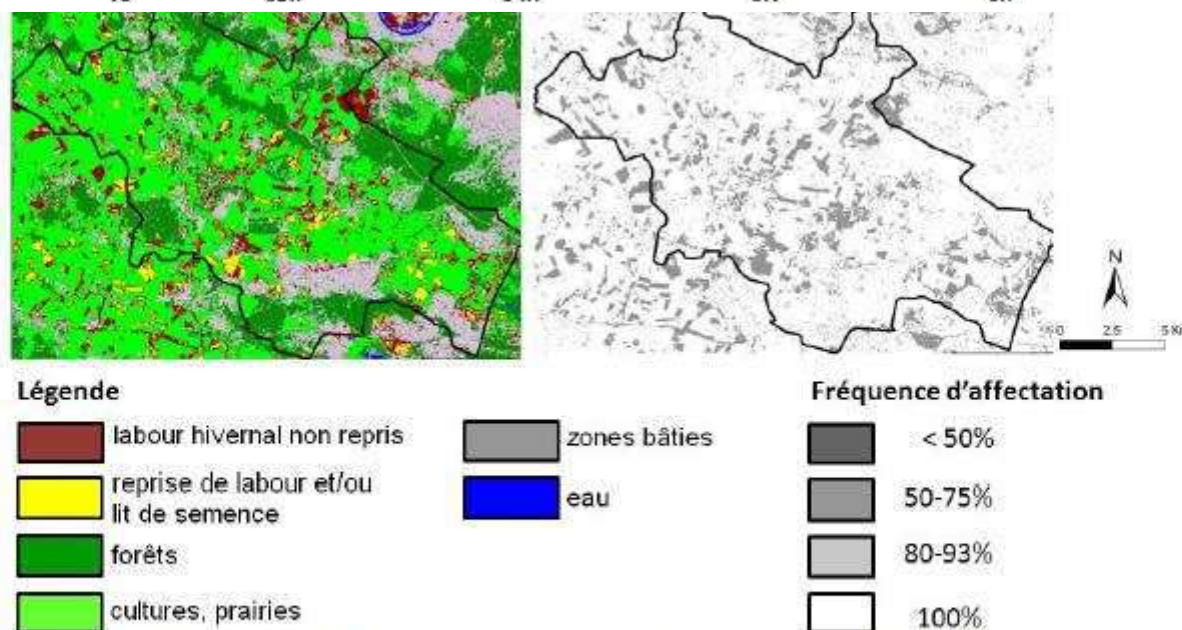
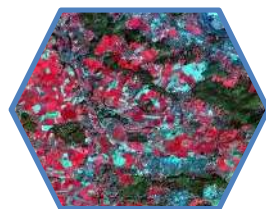
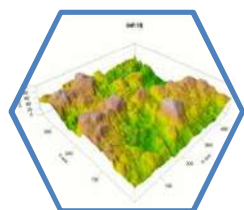


Figure 23. Carte des opérations culturales issue de l'approche utilisant la classification de machine à support de vecteur à fonction noyau polynomiale (adapté de Vaudour et al., 2014a)

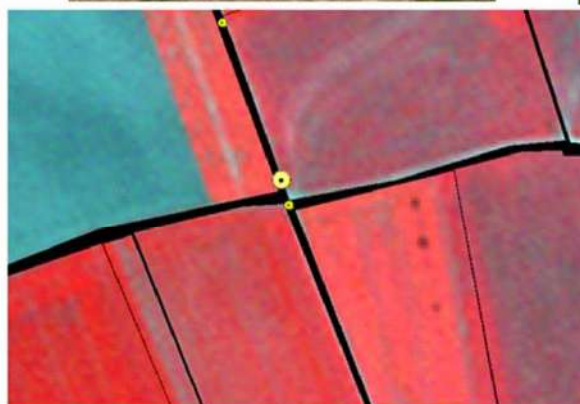
Vaudour et al., JAG 2014a



Cartographie des cultures et de leur développement

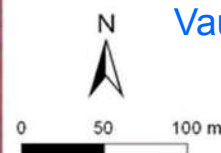


Observations de terrain



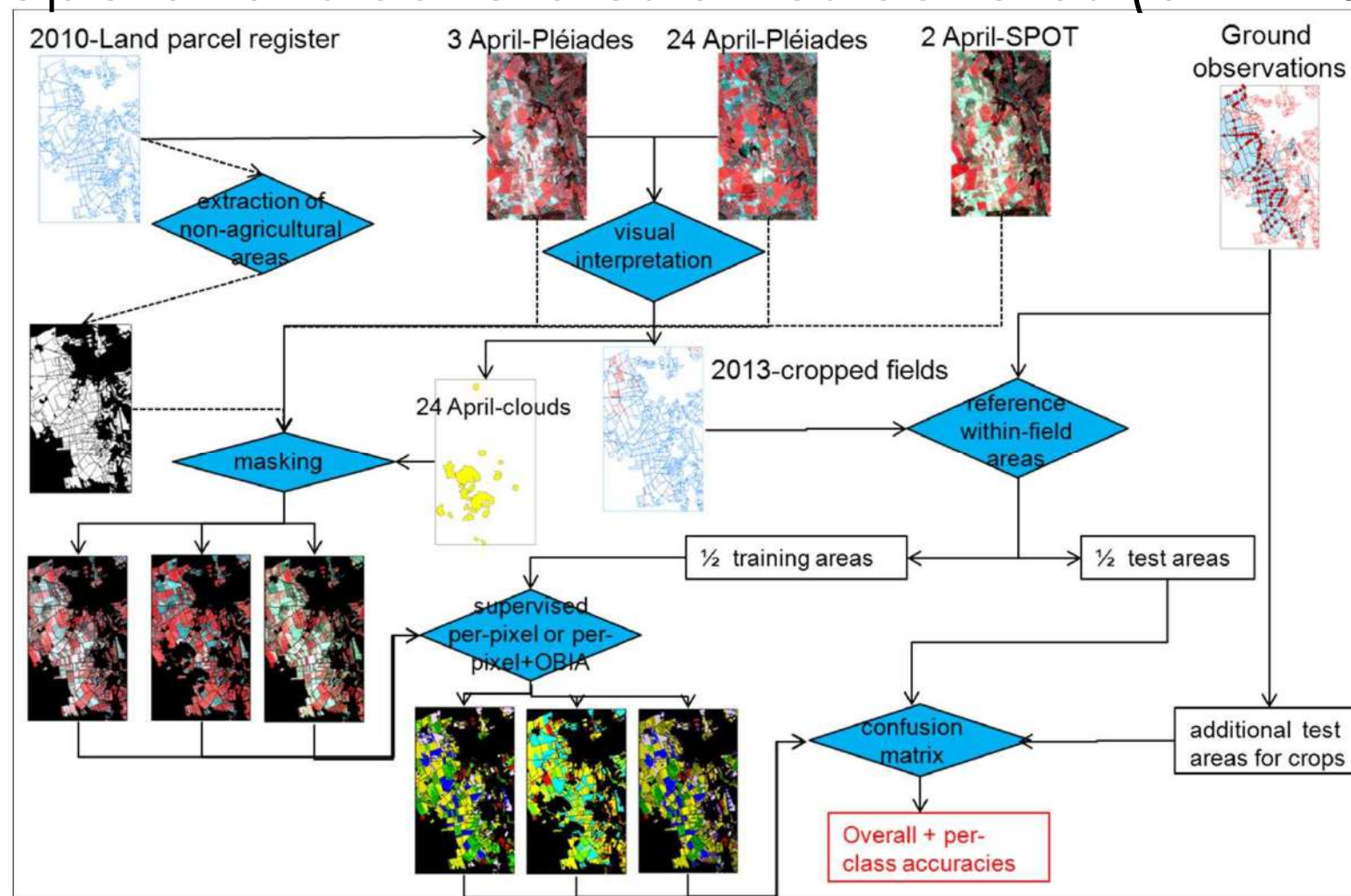
Vaudour et al., SFPT
2014

Vaudour et al., JAG 2015



©E. Vaudour, UMR EGC, 22 April 2013

Utilisation d'images Pléiades discriminer les opérations culturales et les cultures (avril 2013)



Vaudour et al.,
SFPT 2014
Vaudour et al.,
JAG 2015

Image		

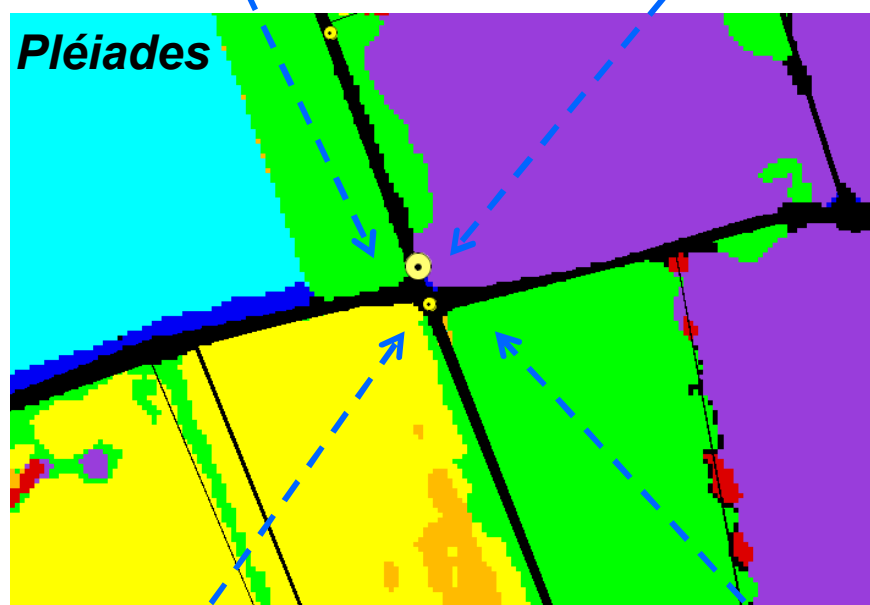
Bi-temporal, SVM on 8B+2NDVI



« Oilseed rape »



« grassland »



« wheat »

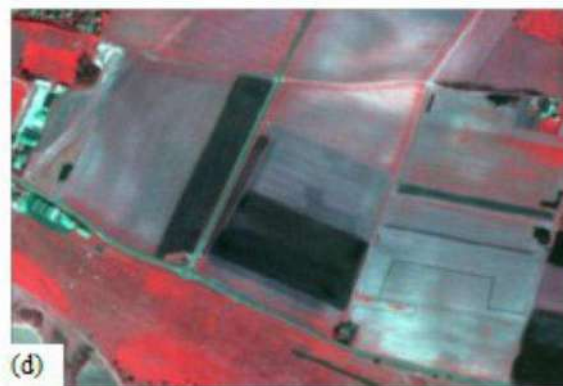
« Oilseed rape »



- Winter wheat
- Winter barley
- Oilseed rape
- Spring barley
- Other spring crops
- Fallows
- Grasslands

Vaudour et al.,
JAG 2015

Pratiques d'amendement



© UMR EGC

©CNES 2013, distribution Spot Image, S.A.

Mapping agricultural phenology using repetitive optical remote sensing over a peri-urban region

Nicolas DELBART¹, Emmanuelle VAUDOUR², Mihaela DRAGOP³, Fabienne MAIGNAN⁴, Catherine OTTLE⁴
¹ PRODIG (UMR 8586), Université Paris-Diderot, CUE Sorbonne-Paris-Cité.
² ECOSYS UMR AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, 78850, Thiverval-Grignon, France
³ Master Course student (TGAE Remote Sensing and Geomatics applied to the Environment)
⁴ LSCE (UMR8212), Orme des Merisiers, Gif-sur-Yvette, France
 nicolas.delbart@univ-paris-diderot.fr

Delbart et al., EGU 2016

Framework : map soil organic carbon content, using remote sensing, ground and laboratory measurements, modelling. Project SURFAC_EGC_SENTINEL_PLEIADES_CO, financed by CNES (French National Space Agency).

Objectives of this work : determine typology of crop rotations as a further input to modelling.

Remote sensing data used : Landsat-8 surface reflectance, PROBA-V, SPOT4-TAKE5, Pleiades.



Data presentation and preparation

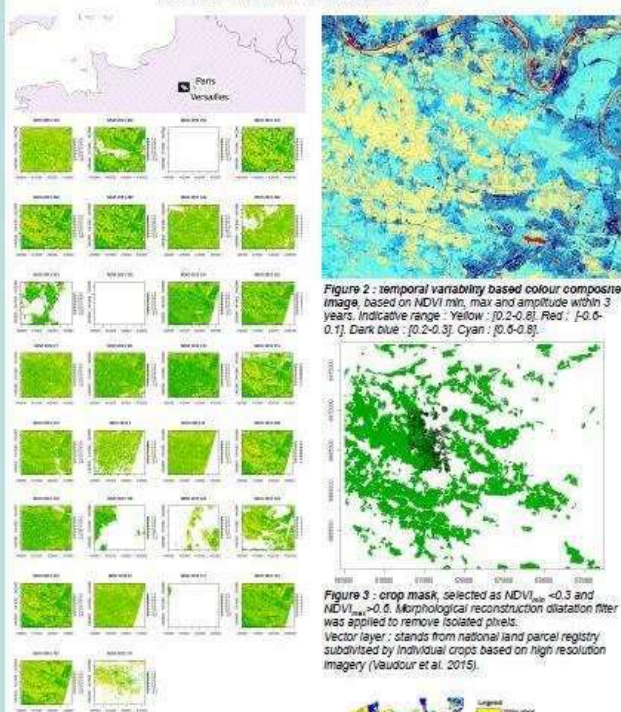


Figure 1 : NDVI from Landsat-8 surface reflectance (L8SR), subsetted and masked for clouds and strong aerosols loads.

Figure 4 : Comparative dataset, Vaudour et al. (2015). See area in Fig. 3. Crop map obtained from the SVM classifier implemented on the bi-temporal 3 and 24 April 2013 Pleiades images.

Typology of NDVI temporal variations in NDVI for agricultural areas.

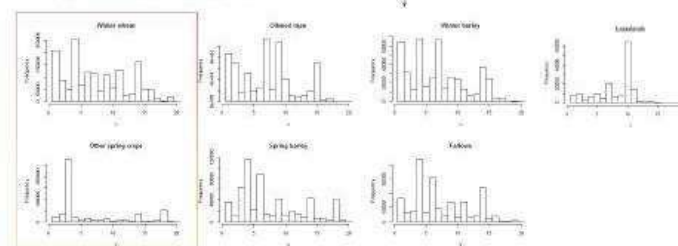
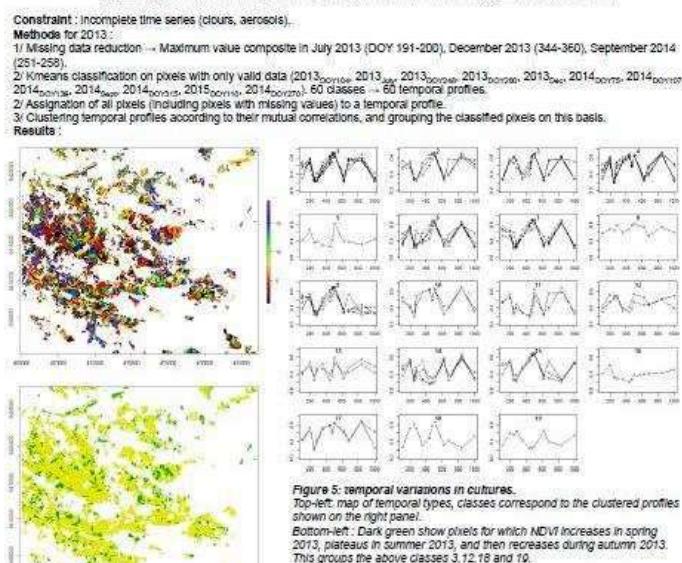


Figure 6 : comparison of the temporal classes (Fig. 5) with classes obtained from multi-spectral classification in April 2013 (Fig. 4)

Conclusion

Pixel aggregation based on NDVI temporal variations across 3 years (cultural cycle of 4 years in the study area).

Some agreement with multi-spectral classification in spring 2013 : e.g. NDVI variation type 3 matches well to spring cultures.

Some disagreement : e.g. NDVI variation type 4 is not specific to any crop mapped.

Perspective 1 : Densifying time series

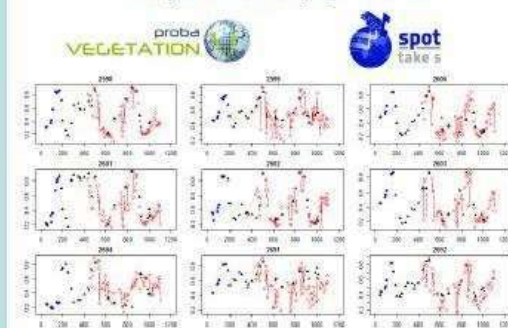


Figure 7: NDVI temporal variations, stand-wise. Landat, PROBA-V (100m central camera), SPOT4-TAKES. 0 stands from Fig. 3.

Perspective 2 : input to crop models for soil organic carbon modelling

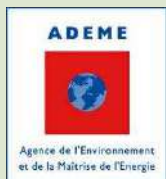


Vaudour, E., Gilliot, J.M., Bel, L., Lefevre, J., Chehdi, K., (2016a). Regional prediction of soil organic carbon content over temperate croplands using visible near-infrared airborne hyperspectral imagery and synchronous field spectra. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 49, 24-38. DOI: 10.1016/j.jag.2016.01.005
 Vaudour, E., Noiret-Cosson, P.E., Membre, O., (2015). Early-season mapping of crops and cultural operations using very high spatial resolution Pleiades images. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 42, 128-141. DOI:10.1016/j.jag.2015.06.003

Session BG4.9
 Mapping, Monitoring & Modelling of Vegetation
 Characteristics using Earth Observation

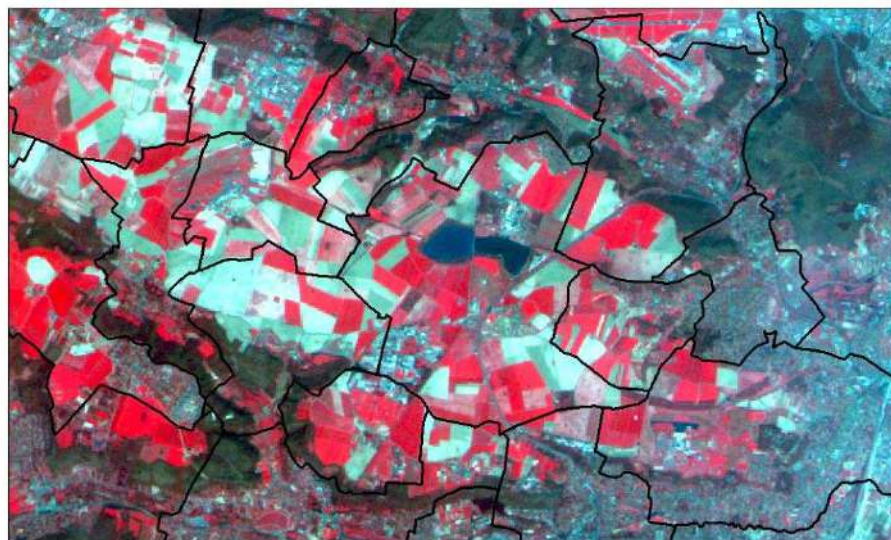
European Geosciences Union
 General Assembly 2016
 Monday 1 October 17:17 April 2016

Nouveaux projets

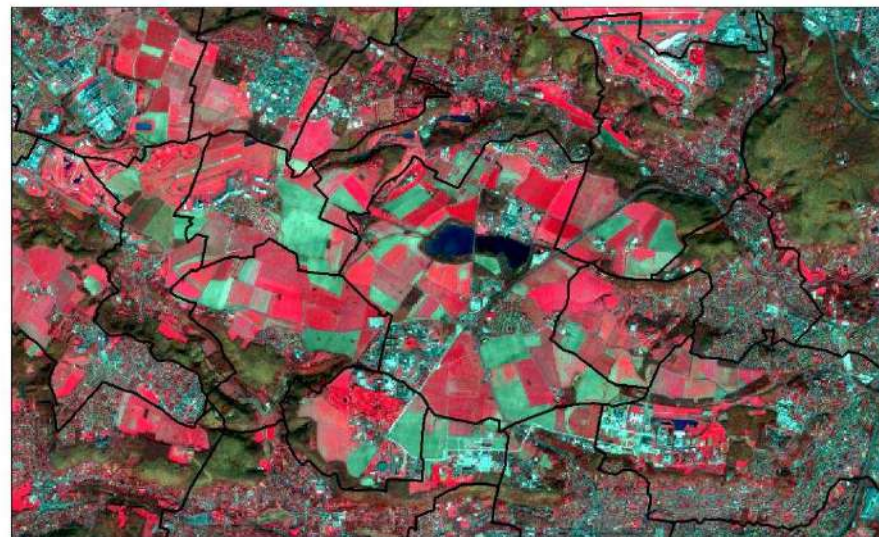
Période	2017-2020	2018-2020	2017-2020
			 
Projet	ASSETS	StoreSoilC	PROTERR
Porteur	B. Gabrielle/ P. Garnier	C. Chenu	S. Houot

« Assessing ecosystem services in transitioning agroecosystems » Plateau de Saclay

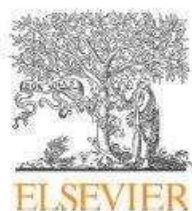
SPOT 1 - 1987



SENTINEL2- 2016



Effets des changements d



Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jag



Retrospective 70 y-spatial analysis of repeated vine mortality patterns using ancient aerial time series, Pléiades images and multi-source spatial and field data



E. Vaudour^{a,*}, L. Leclercq^{a,b}, J.M. Gilliot^a, B. Chaignon^b

^a UMR ECOSYS, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, 78850, Thiverval-Grignon, France

^b Domaine des Chauvets, 26110 Vinsobres, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 22 June 2016

Received in revised form 28 January 2017

Accepted 14 February 2017

ABSTRACT

For any wine estate, there is a need to demarcate homogeneous within-vineyard zones ('terroirs') so as to manage grape production, which depends on vine biological condition. Until now, the studies performing digital zoning of terroirs have relied on recent spatial data and scant attention has been paid to ancient geoinformation likely to retrace past biological condition of vines and especially occurrence

DOI: 10.1016/j.jag.2017.02.015

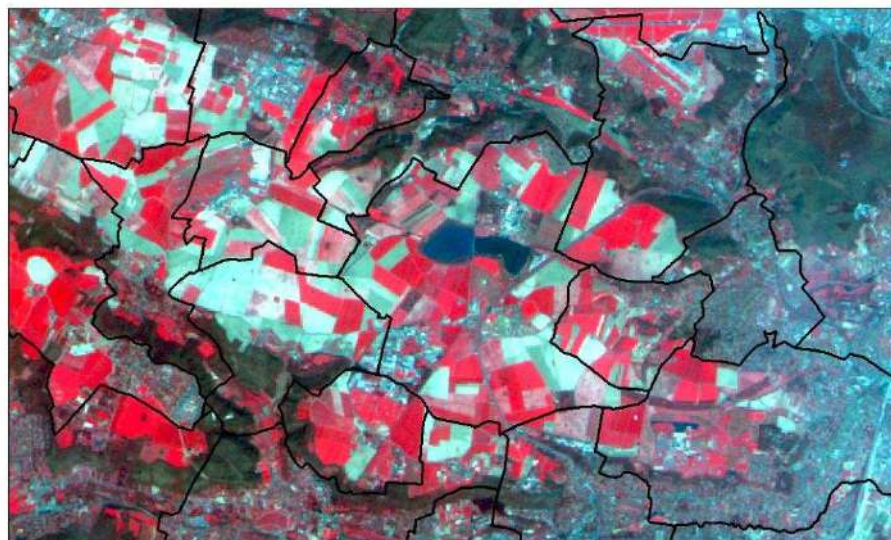
Conclusion

- ❖ apports multiples de la télédétection et de la spectroscopie à l'évaluation territoriale des services écosystémiques rendus par les sols
- ❖ développements en devenir (projets ASSETS, TOSCA-PLEIADES-CO, etc...)
- ❖ Approfondissements possibles dans le contexte du Plateau de Saclay

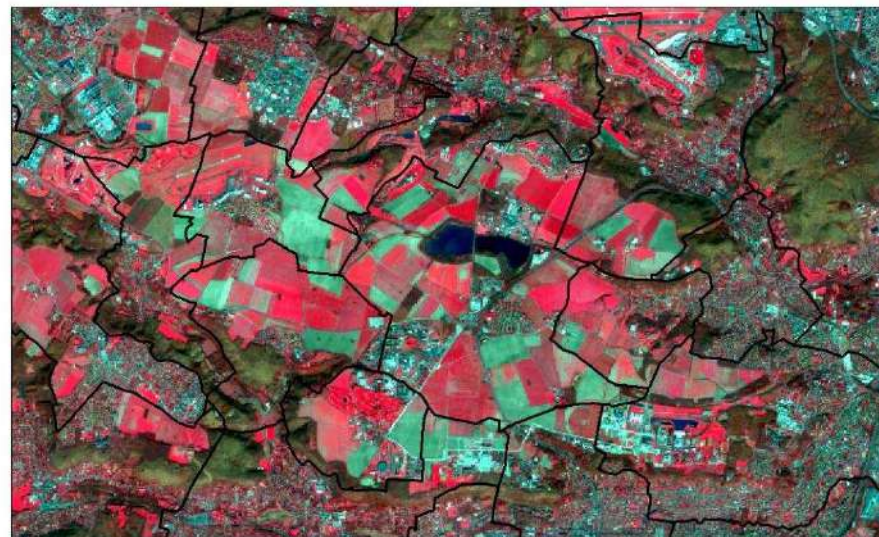
« Assessing ecosystem services in transitioning agroecosystems »

Plateau de Saclay

SPOT 1 - 1987



SENTINEL2- 2016



Effets des changements d

Emmanuelle Vaudour

Références et articles disponibles sur

https://www.researchgate.net/profile/E_Vaudour

Sélection d'articles

Gilliot, J.M., Vaudour, E., Michelin, J., 2017. Soil surface roughness measurement: a new fully automatic photogrammetric approach applied to agricultural bare fields. *Computers&Electronics in Agriculture*, 134, 63-78.

Noirot-Cosson, P.E., Vaudour, E., Gilliot, J.M., Gabrielle, B., Houot, S., 2016. Modelling the long-term effect of urban waste compost applications on carbon and nitrogen dynamics in temperate cropland. *Soil Biology & Biochemistry*, 94, 138-153.

Vaudour, E., Gilliot, J.M., Bel, L., Lefevre, J., Chehdi, K., 2016. Regional prediction of soil organic carbon content over temperate croplands using visible near-infrared airborne hyperspectral imagery and synchronous field spectra. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49, 24-38.

Vaudour E., Baghdadi N., Gilliot J.M., 2014a. Mapping tillage operations over a peri-urban region using combined SPOT4 and ASAR/ENVISAT images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 43-59.

Vaudour E., Bel L., Gilliot J.M., Coquet Y., Hadjar D., Cambier P., Michelin J., Houot S., 2013. Potential of SPOT multispectral satellite images for mapping topsoil organic carbon content over peri-urban croplands. *Soil Science Society of America Journal*, 77, 2122-2139.

Vaudour E., Gilliot J.M., Bel L., Bréchet L., Hadjar D., Hamiache J., Lemonnier Y., 2014b. Uncertainty of soil reflectance retrieval from SPOT and RapidEye multispectral satellite images using a per-pixel bootstrapped empirical line atmospheric correction over an agricultural region. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26, 217-234.

Vaudour, E., Noirot-Cosson, P.E., Membrive, O., 2015. Early-season mapping of crops and cultural operations using very high spatial resolution Pléiades images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42, 128-141.

Vaudour, E., Leclercq, L., Gilliot, J.M., Chaignon, B., 2017. Retrospective 70 y-farm scale spatial analysis of viticultural terroir fertility using ancient aerial photograph time series, soil survey, morphometric and EM38 data, and Pléiades images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 58, 234-248.