

Impact des pratiques culturales sur la variabilité spatiale du carbone organique de la parcelle au bassin versant à l'aide d'images satellitaires Sentinel-2

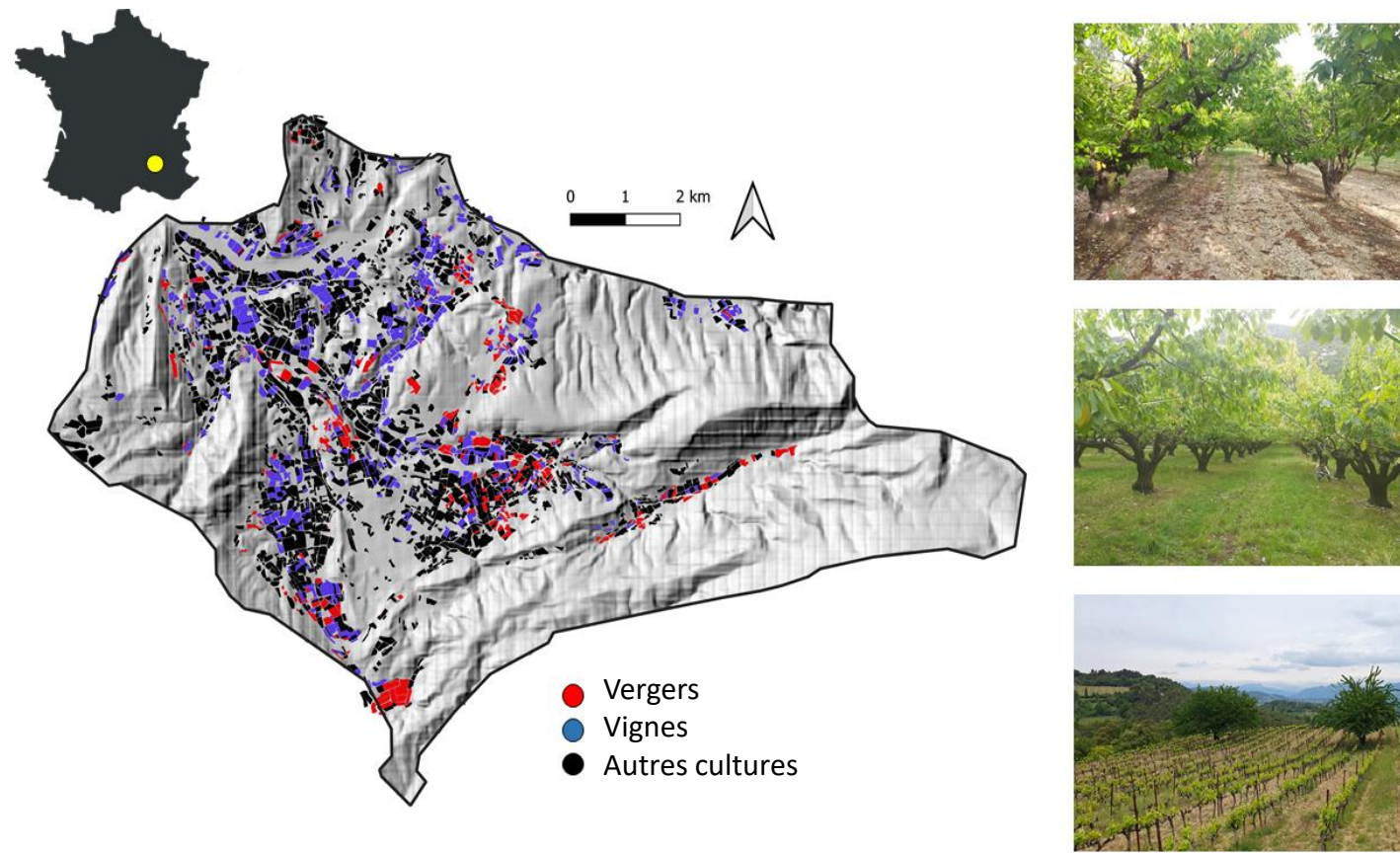
Simon Charrière, Dominique Courault, Guillaume Pouget, Claude Doussan, Céline Pelosi, Annette Bérard, Fabrice Flamain
UMR 1114 EMMAH INRAE AVIGNON, Domaine St Paul, Simon.charriere@inrae.fr



Contexte

Bassin versant Ouvèze-Ventoux Nord-Vaucluse (99km²)
prélèvements eau dans l'Ouvèze (-30% en 2030)
des besoins en eau (changements climatiques)

Pratiques culturales variées : Vergers, Vignes, Type de conduite Goutte à goutte, Micro-aspiration, Enherbement permanent, Sol nu Fertilisants variés...



Questions- Objectifs

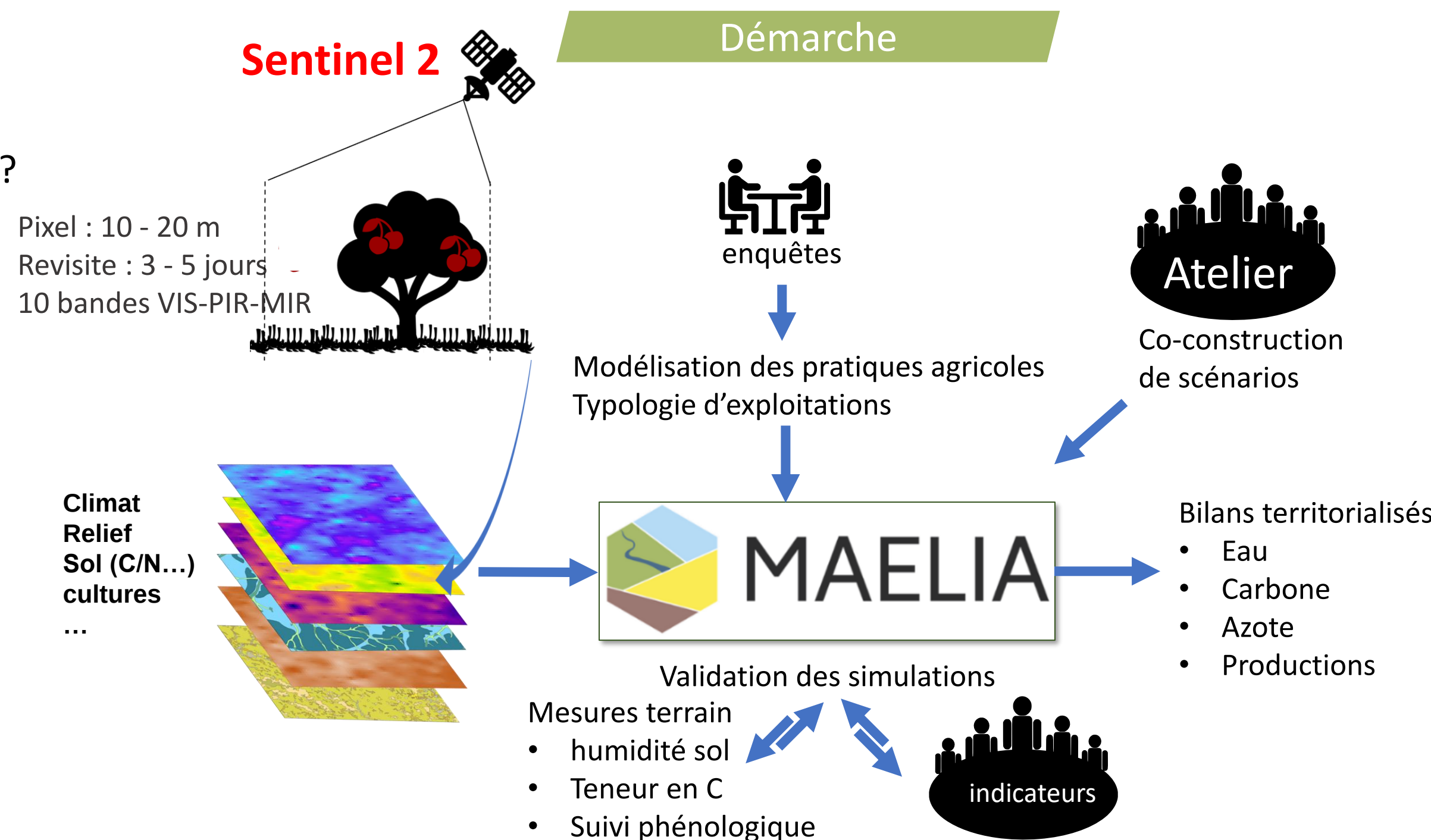
Quelles pratiques stockent du C ? Quelles interactions irrigation/Corg ? Comment prendre en compte la diversité (sol & ITK) territoriale ?

Peut-on modéliser les bilans d'eau et de carbone de couverts hétérogènes de la parcelle au bassin ?

Quels impacts du réchauffement climatique ? Quelles évolutions pour l'irrigation ? Quels leviers agroécologiques ?

Quels scénarios d'agriculture durable sur ce bassin ?

Démarche



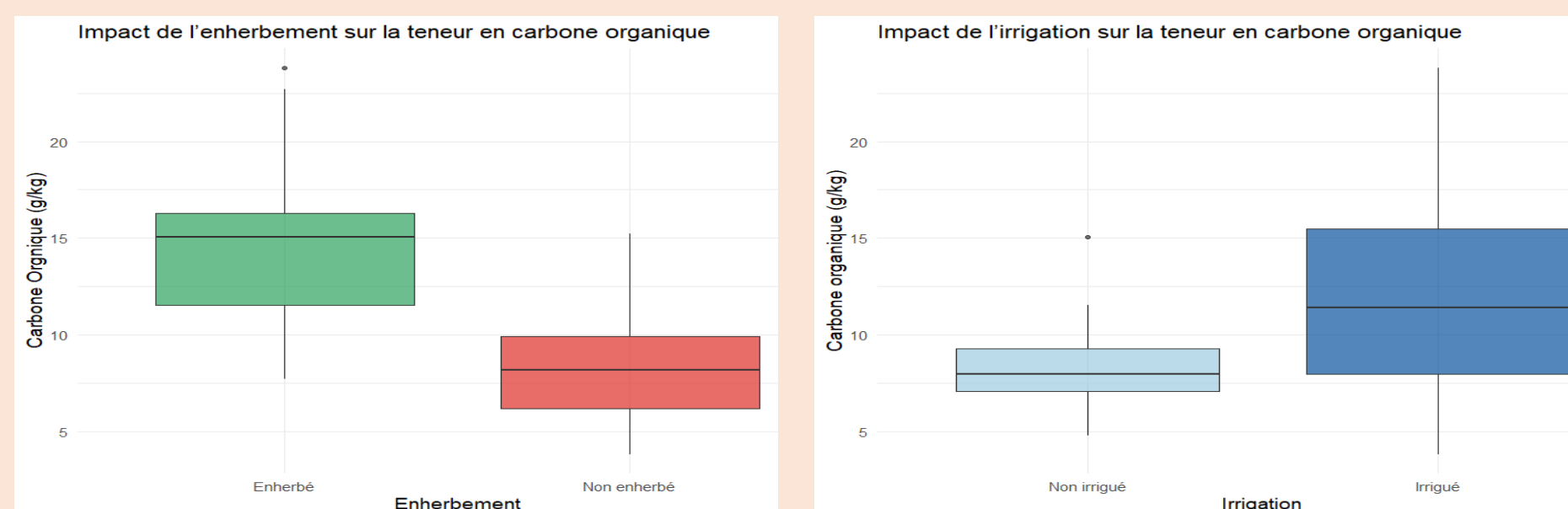
Télédétection pour estimer le Carbone Organique (Corg)

Prélèvements sol & analyses

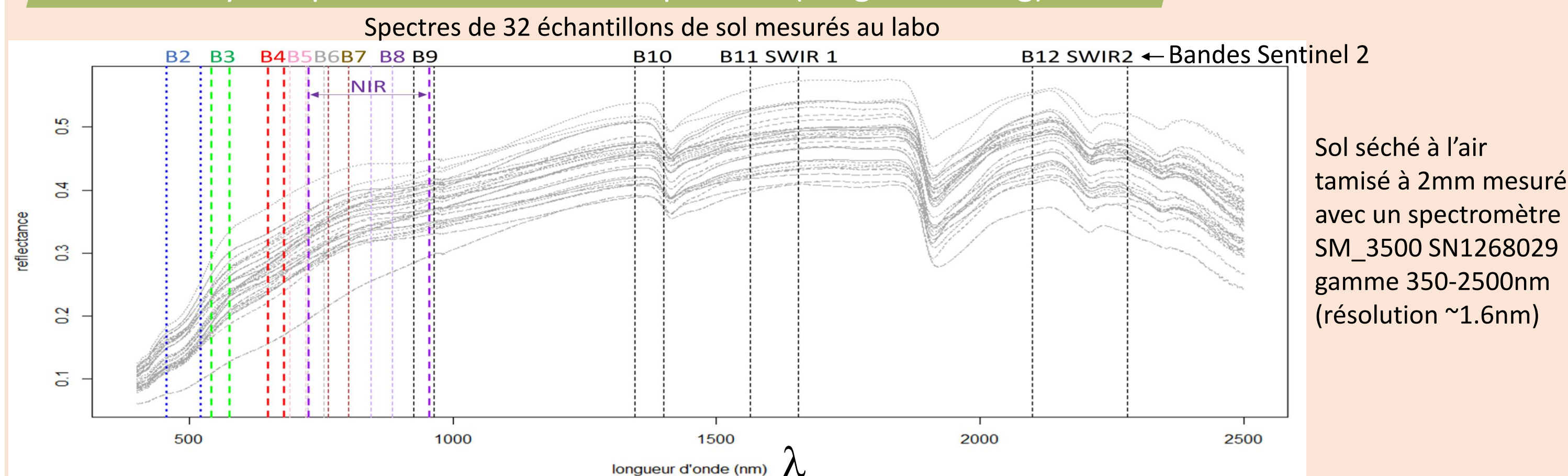


Prélèvements sur rang et inter-rang sur 17 parcelles en 2024 et 10 en 2025
Analyses labo: Corg, texture (%argile...), N, PH, CaCO₃

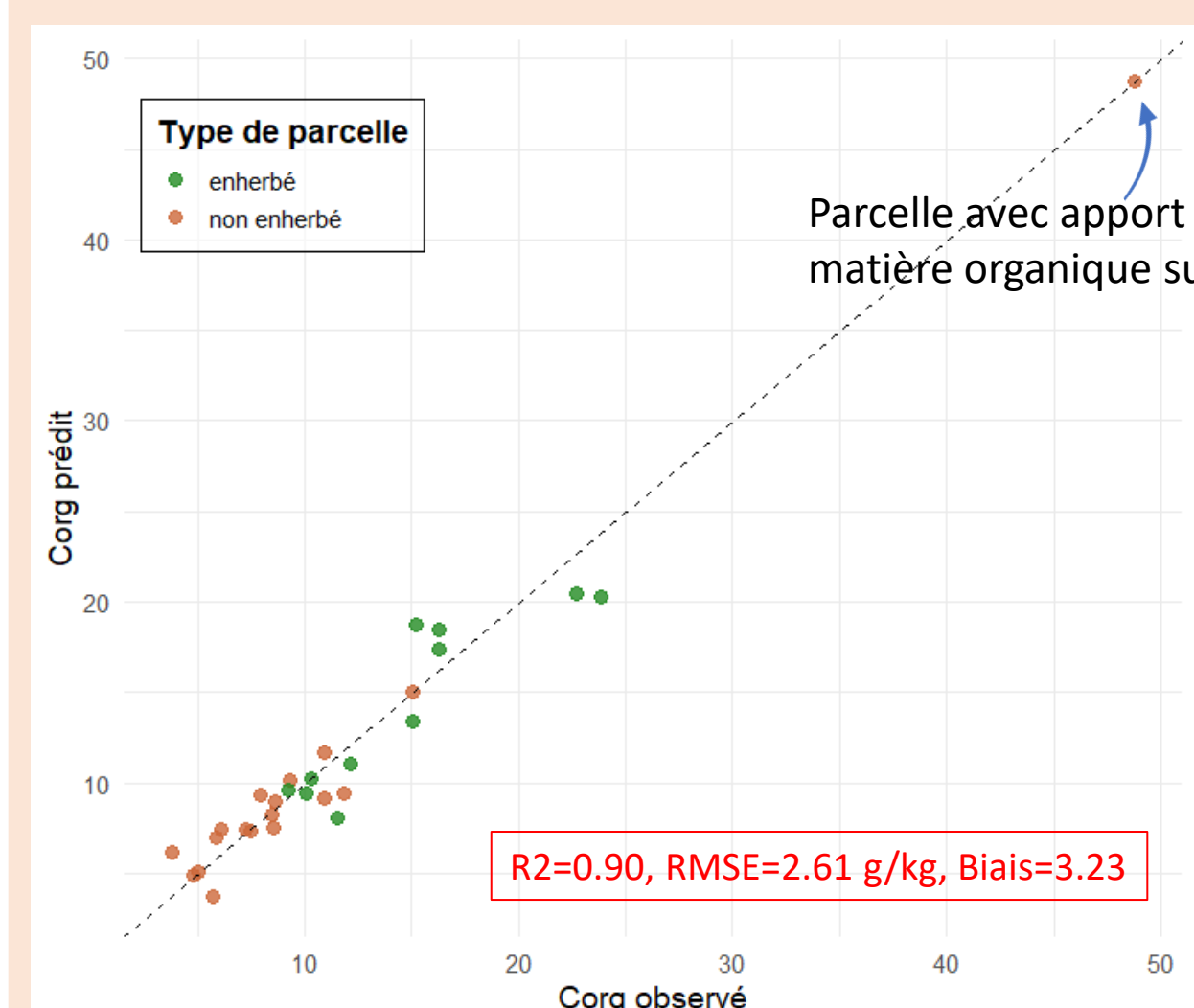
Impact enherbement et Irrigation sur Corg



Analyses spectrales labo- échelle parcelle (rang-inter-rang)



Pré-traitement spectres (interpolation-lissage-normalisation)-> calibration modèle PLSR-> validation croisée



Partial Least Square Regression $C_{org} = \beta_i Y_i + \epsilon_i$

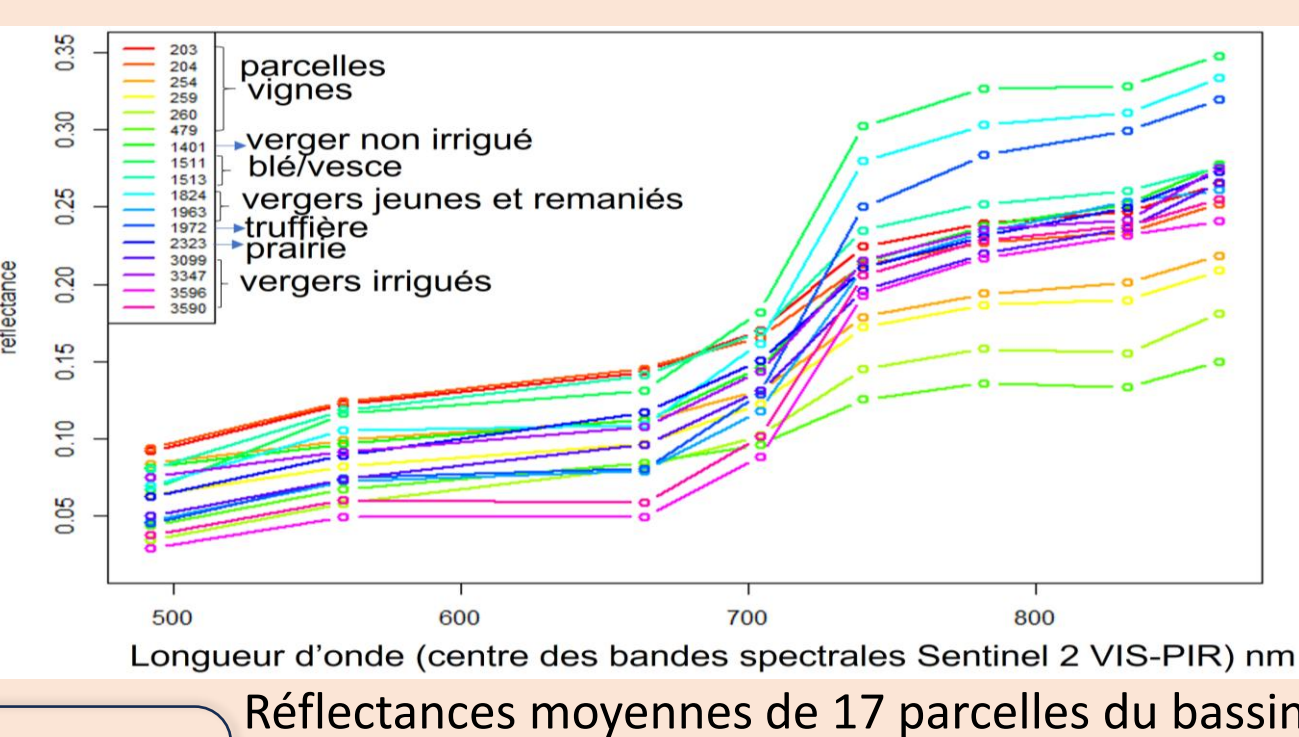
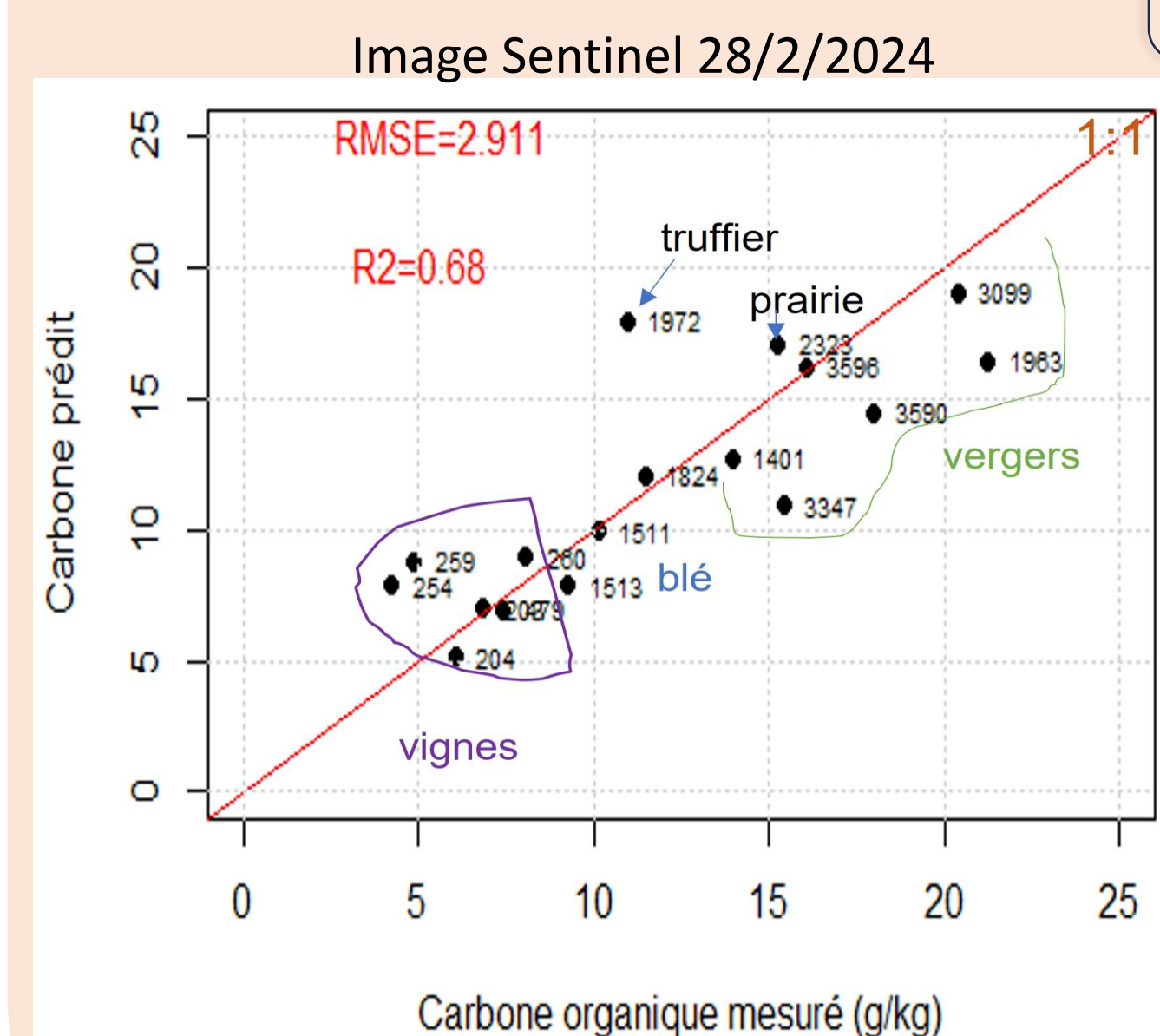
	Nb de variables (λ)	Nb de composantes latentes
Labo	2091	10
Sentinel-2	10 (bandes)	5

Le taux de carbone Organique du Sol (C_{org}) peut être estimé avec précision par mesures spectrales dans le VIS-PIR-MIR

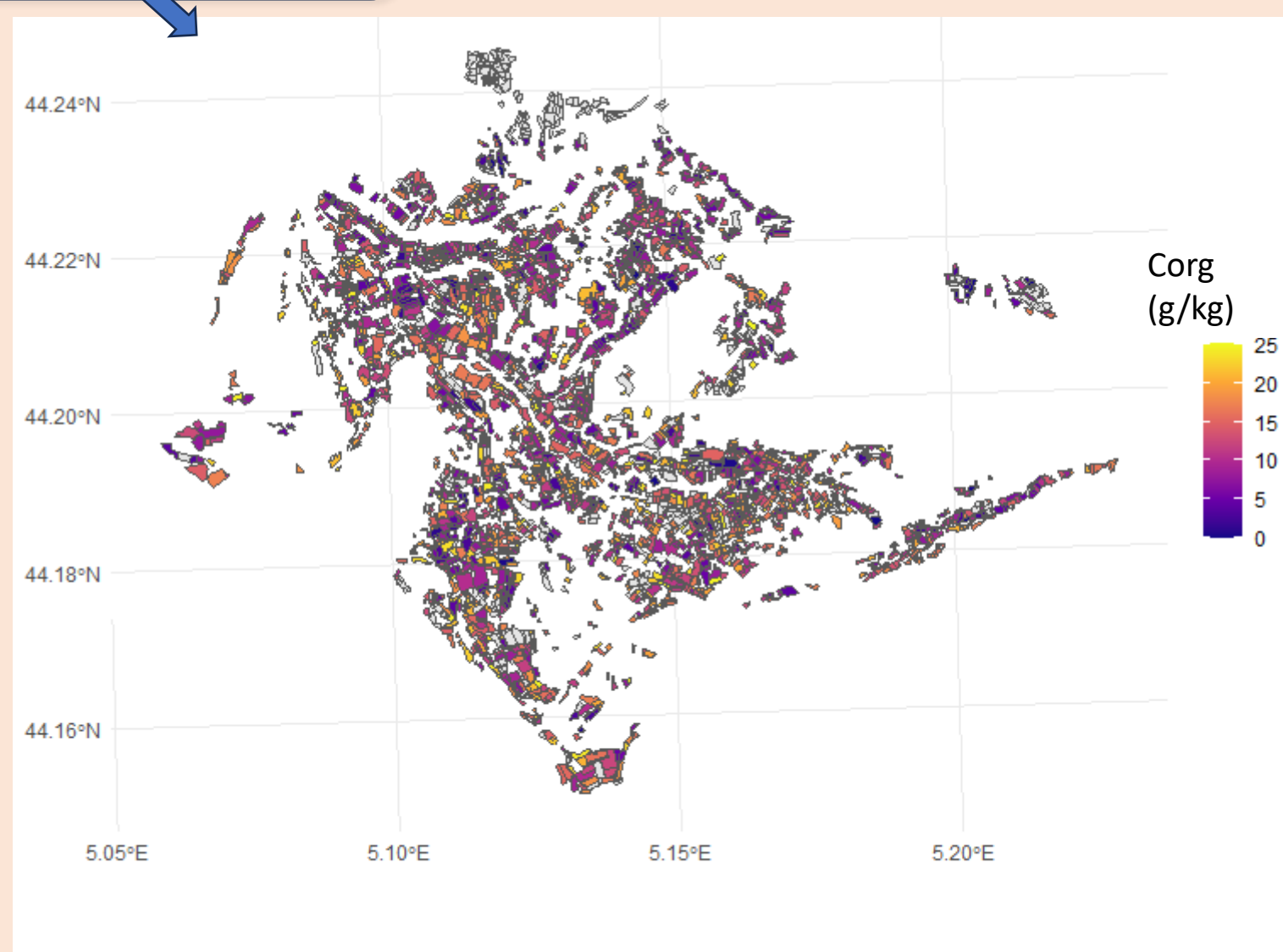
Analyses satellitaires-échelle bassin

Sélection d'une date où NDVI est minimum (hiver)
 $B_2, B_3, B_4, B_5, B_8, B_9, B_{11}, B_{12}$

Modèle PLSR (cross validation)
Moyenne de toutes les bandes spectrales par parcelle



C_{org} sur chaque parcelle du BV



Sentinel-2 peut estimer le C_{org} de chaque parcelle d'un bassin versant

→ à valider avec plus de points de contrôle

→ Ces estimations serviront à préciser certains paramètres d'entrée du sol du modèle AqYield dans MAELIA

Télédétection pour caractériser l'hétérogénéité spatiale des cultures

Modulation de la demande en eau spécifique à la culture
Evapotranspiration $ET = K_c ETP$
Demande climatique $f(Rg, T, U, HR)$
Équivaut à un ray gras bien irrigué

Modèle AqYield, K_c journalier : $K_c(d) = K_c(d-1) + \delta K_c(d)$

$$SDD_{levée} \quad SDD_{floraison} \quad \delta K_c(d) = \frac{3Lj \cdot T_{moy}}{1000} \cdot \frac{TR(d)}{TR_{max}} \times \min([K_{max} - K_c]; C_{echV}^{1.5})$$

$$Après \quad \delta K_c(d) = \frac{-2 \cdot T_{moy}}{1000} \cdot \frac{TR(d)}{TR_{max}} \times \left[\frac{echV(d) - 1}{SDD(d) - 1} \right]^{2.5} \rightarrow 5 \text{ paramètres par culture}$$

Bilan hydrique

Parcelle de cerisier :

K_c annuel Sentinel 2 & K_c maximal théorique

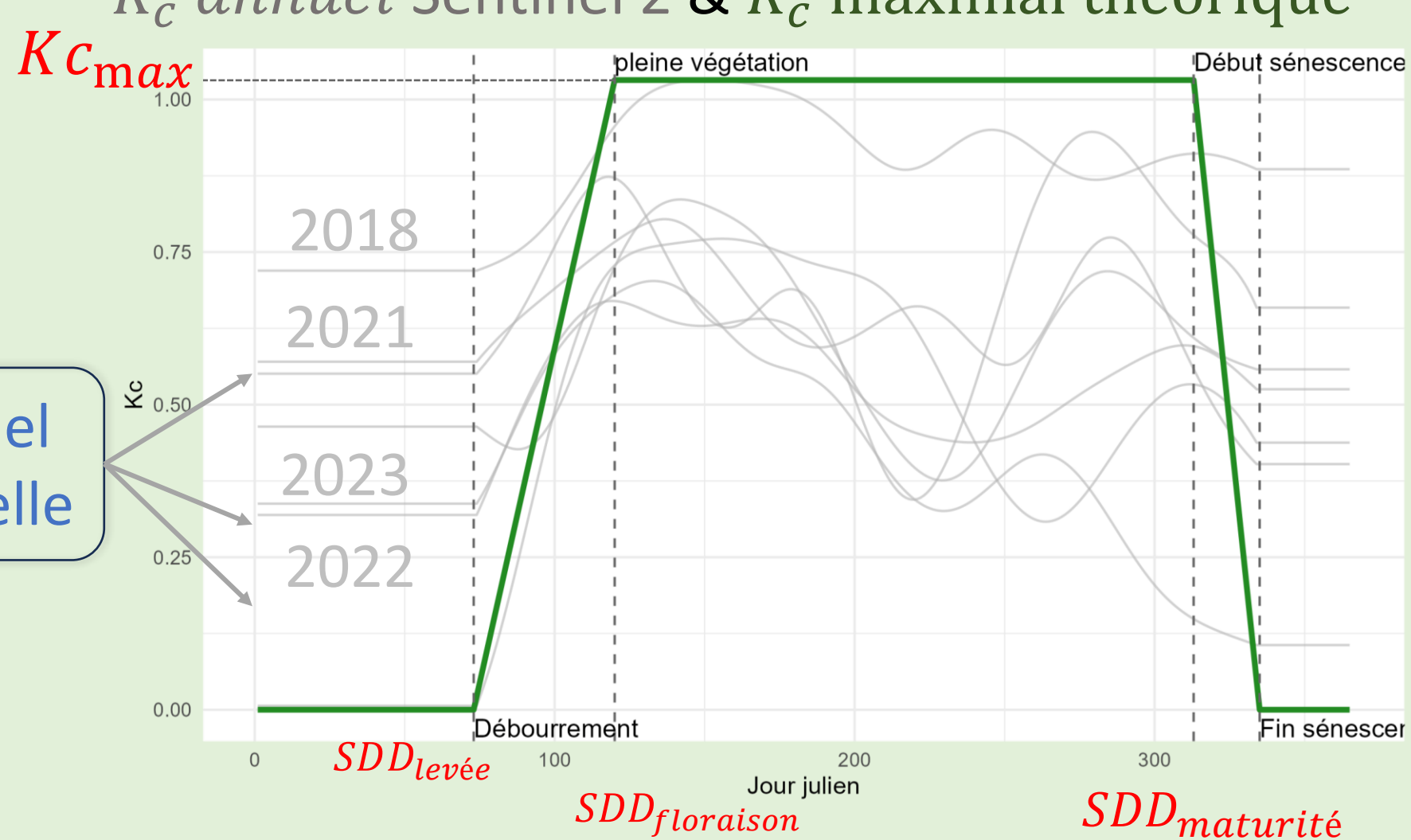
Sentinel 2, de 2016 à 2025



NDVI x FCover
parcellaire

K_c annuel
Par parcelle

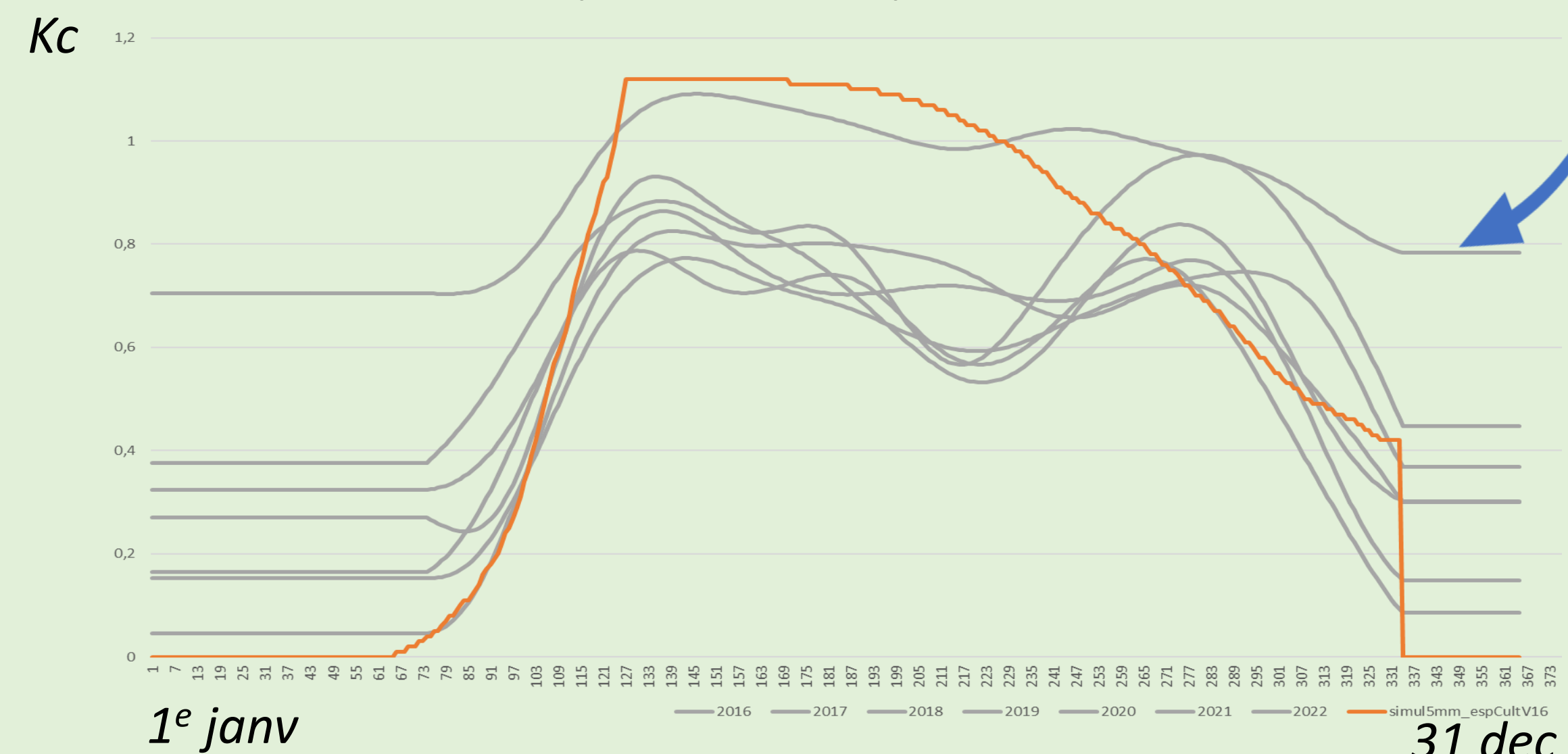
Méthode décrite dans Rouault et al, 2025



Méthode

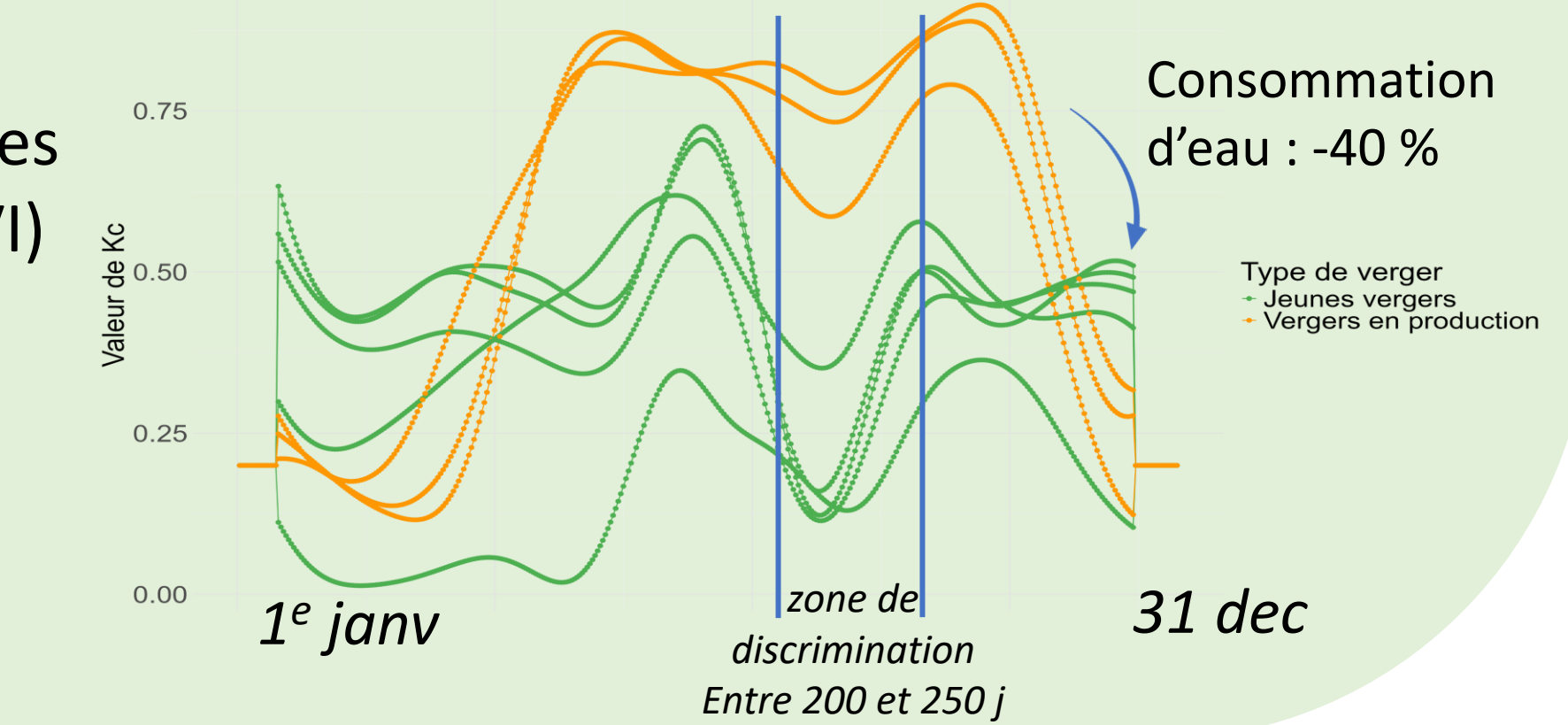
Hypothèse 1: on considère l'enveloppe maximale du K_c calculé par AqYield correspondant à une culture sans stress hydrique

- Détermination (avec fonction R) des 4 paramètres sur l'enveloppe maximale des différents K_c calculés par satellite par année par parcelle + ajustement C_{vig}
- Vérification 1 : Simulation AqYield sans stress proche du K_c satellite maximal
- Vérification 2 : Simulation AqYield cas réel proche du K_c Satellite observé ?



- Classification des réponses des K_c satellites pour catégoriser les types de cultures à définir pour MAELIA

Exemple distinction entre jeunes et vieux vergers (seuillage NDVI)
Rouault et al, 2023



Références

Rouault, P, Courault D et al, (2025). Integration of sentinel-2 data into the SIMETAW model for assessing irrigation water requirements and evapotranspiration. *Agricultural Water Management*, 317, 109637. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109637>

Rouault, P., Courault, D., et al (2024). High-resolution satellite imagery to assess orchard characteristics impacting water use. *Agricultural Water Management*, 295, 108763. doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108763

Estimation du C_{org} par télédétection → permet la prise en compte de la variation spatiale à l'échelle du territoire, par année.
A l'avenir, on propose la même approche pour cartographier les variations de texture

K_c → déterminés par télédétection → amélioration de la catégorisation des culture à l'échelle du territoire dans MAELIA
Ex : jeunes verger vs verger en production, distingués selon leur consommation d'eau.