

Quels impacts des couverts intermédiaires sur les flux d'eau et les bilans carbone à l'échelle des parcelles ?

Eric Ceschia, Gatean Pique, Rémy Fieuzal, Taeken Wijmer, Ahmad Albitar, Ludovic Arnaud, Jean François Dejoux, Hervé Gibrin (CESBIO)

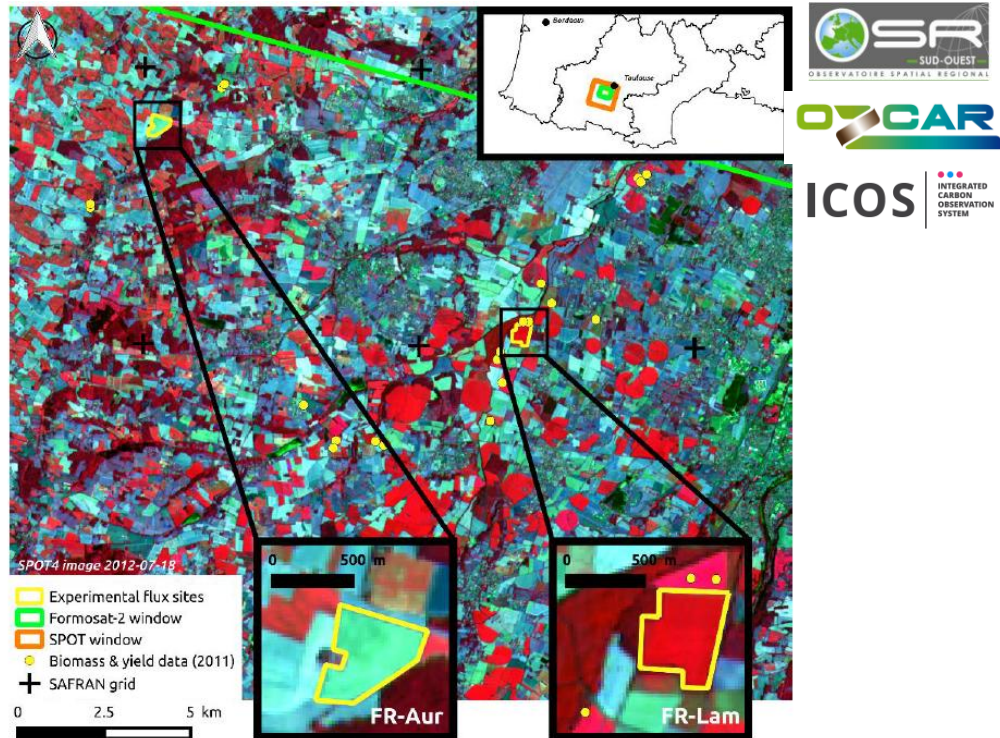
INRAE



Méthodologie : flux et bilans d'eau et de carbone

Systèmes simulés : grandes cultures (blé, tournesol et maïs) avec ou sans prise en compte des couverts intermédiaires (d'été, CIPAN repousses, adventices).

Observatoire Spatial Régional (30 x 30 km)

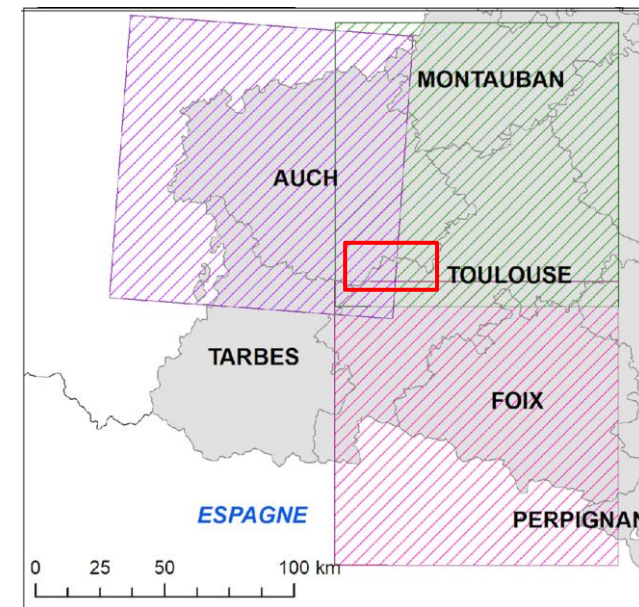


Période 2006-2014

Echelle parcelle

3 Tuiles Sentinel 2 (100 x 300 km)

Sous-zone test



Période 2017-2020

Echelle pixel (10m)

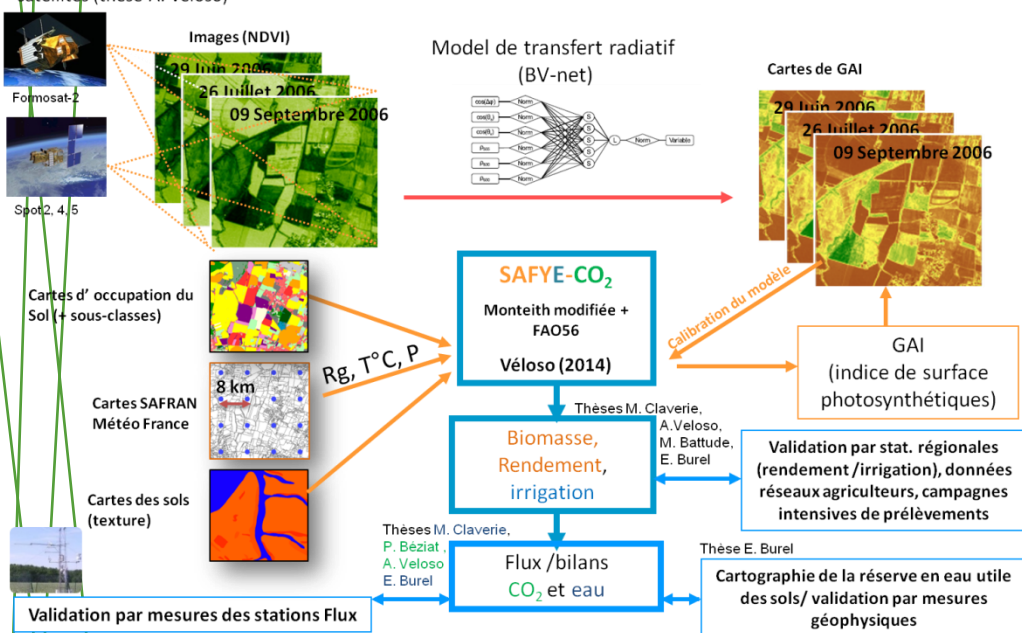


Méthodologie : flux et bilans d'eau et de carbone

Systèmes simulés : grandes cultures (blé, tournesol et maïs) avec ou sans prise en compte des couverts intermédiaires (d'été, CIPAN repousses, adventices).

Observatoire Spatial Régional (30 x 30 km)

Possibilité de combiner différents satellites (thèse A. Veloso)

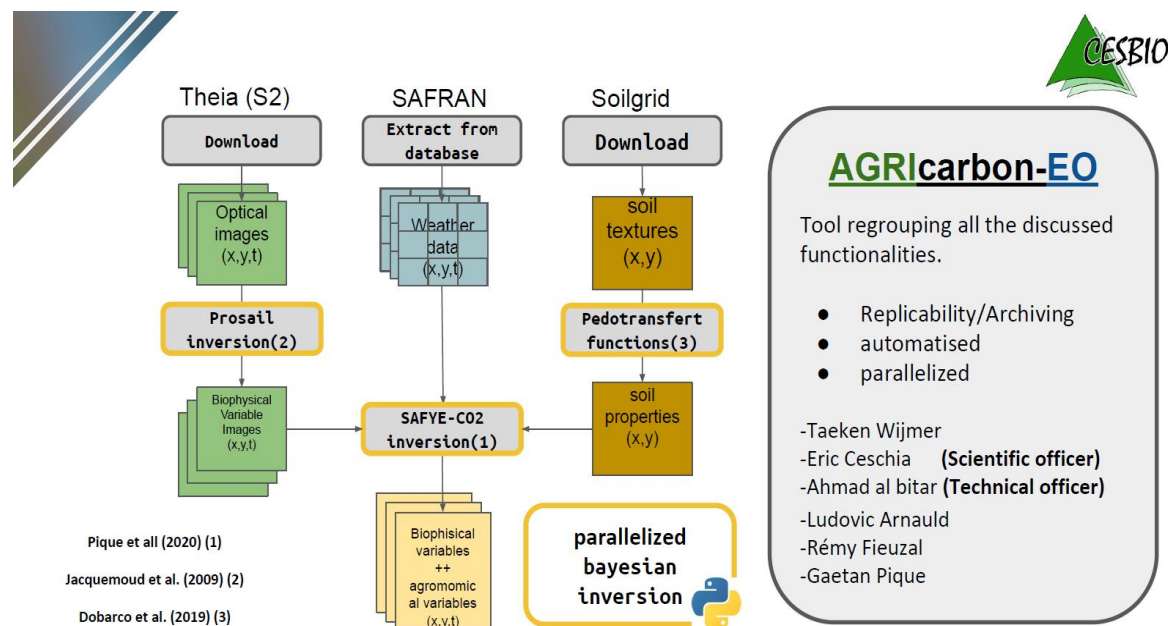


Pique et al. (2020 a, b, c, d)

Période 2006-2014

Echelle parcelle

3 Tuiles Sentinel 2 (100 x 300 km)



Période 2017-2020

Echelle pixel (10m)



AGRIcarbon-EO

Tool regrouping all the discussed functionalities.

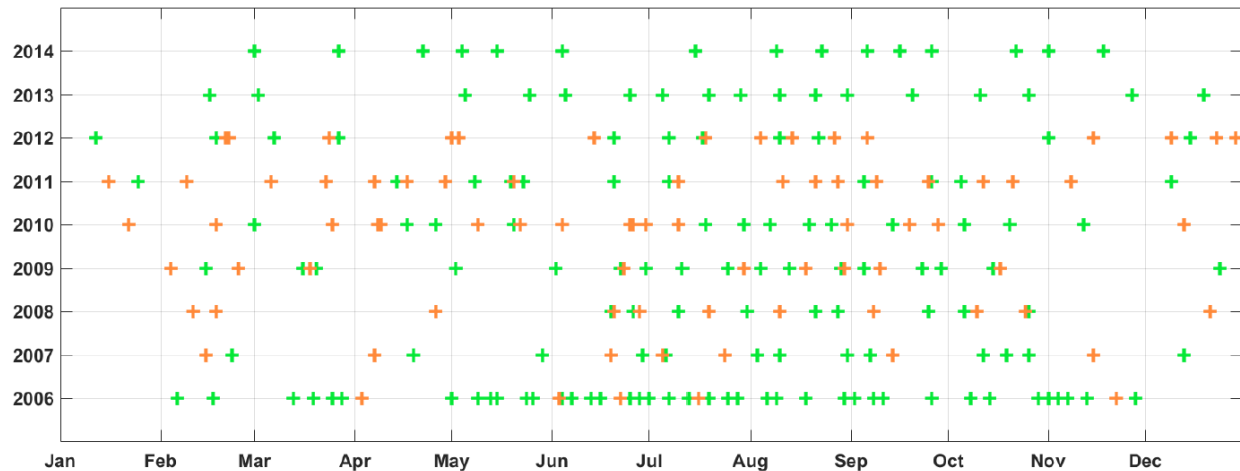
- Replicability/Archiving
- automatised
- parallelized

-Taeken Wijmer
-Eric Ceschia (Scientific officer)
-Ahmad al bitar (Technical officer)
-Ludovic Arnault
-Rémy Fieuzal
-Gaetan Pique

Méthodologie : flux et bilans d'eau et de carbone

Constitution d'une base de données unique au monde

- Données de télédétection (SPOT 2, 4, 5, Formosat, Deimos, Landsat, Sentinel 2)



Zone de l'OSR : base de données
SPOT et Formosat



Méthodologie : flux et bilans d'eau et de carbone

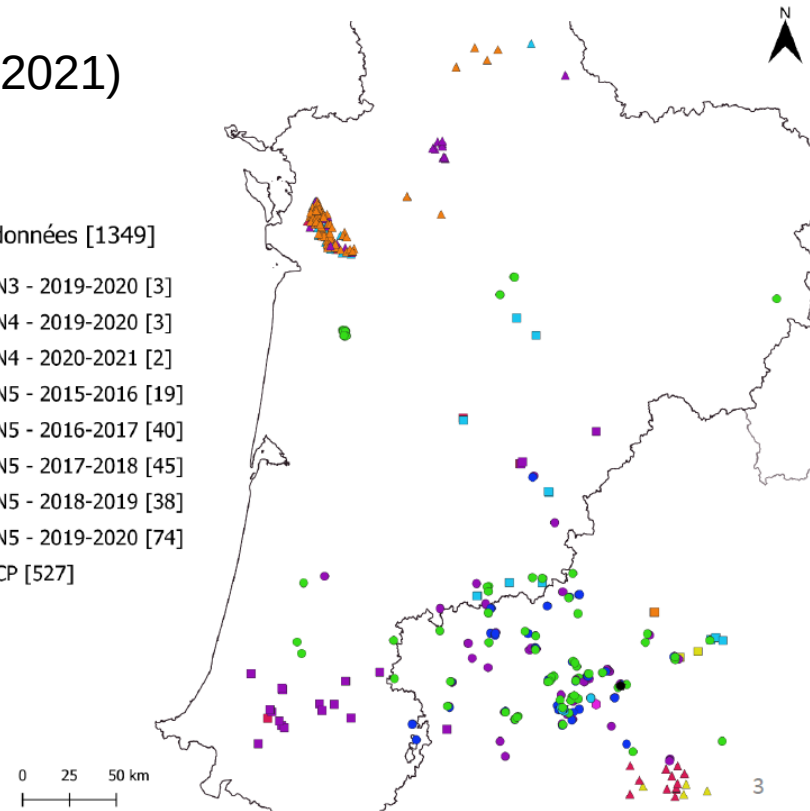
Constitution d'une base de données unique au monde

- Données de télédétection (SPOT 2, 4, 5, Formosat, Deimos, Landsat, Sentinel 2)
- Données stations flux d'Auradé et de Lamasquère **ICOS** INTEGRATED CARBON OBSERVATION SYSTEM
- Données de biomasse et rendement multi-cultures (blé, colza, tournesol, maïs) et CI

- 822 points de prélèvements
- 5 années de mesures (2016-2021)

Niveau de précision des coordonnées [1349]

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| ★ N1 - 2018-2019 [37] | ■ N3 - 2019-2020 [3] |
| ★ N1 - 2019-2020 [7] | ■ N4 - 2019-2020 [3] |
| ● N2 - 2017-2018 [55] | ● N4 - 2020-2021 [2] |
| ● N2 - 2018-2019 [140] | ▲ N5 - 2015-2016 [19] |
| ● N2 - 2019-2020 [148] | ▲ N5 - 2016-2017 [40] |
| ● N2 - 2020-2021 [168] | ▲ N5 - 2017-2018 [45] |
| ■ N3 - 2015-2016 [3] | ▲ N5 - 2018-2019 [38] |
| ■ N3 - 2016-2017 [3] | ▲ N5 - 2019-2020 [74] |
| ■ N3 - 2017-2018 [14] | ● CP [527] |
| ■ N3 - 2018-2019 [23] | |



Méthodologie : flux et bilans d'eau et de carbone

Constitution d'une base de données unique au monde

- ▶ Données de télédétection (SPOT 2, 4, 5, Formosat, Deimos, Landsat, Sentinel 2)
- ▶ Données stations flux d'Auradé et de Lamasquère **ICOS** INTEGRATED CARBON OBSERVATION SYSTEM
- ▶ Données de biomasse et rendement multi-cultures (blé, colza, tournesol, maïs) et CI
- ▶ Analyses sol (≈ 300 analyses sol)
- ▶ Données stations Bag'ages (analyses sol, météo, biomasse...)



Intégration et archivage dans la Base de données du Système d'Information Environnemental du CESBIO

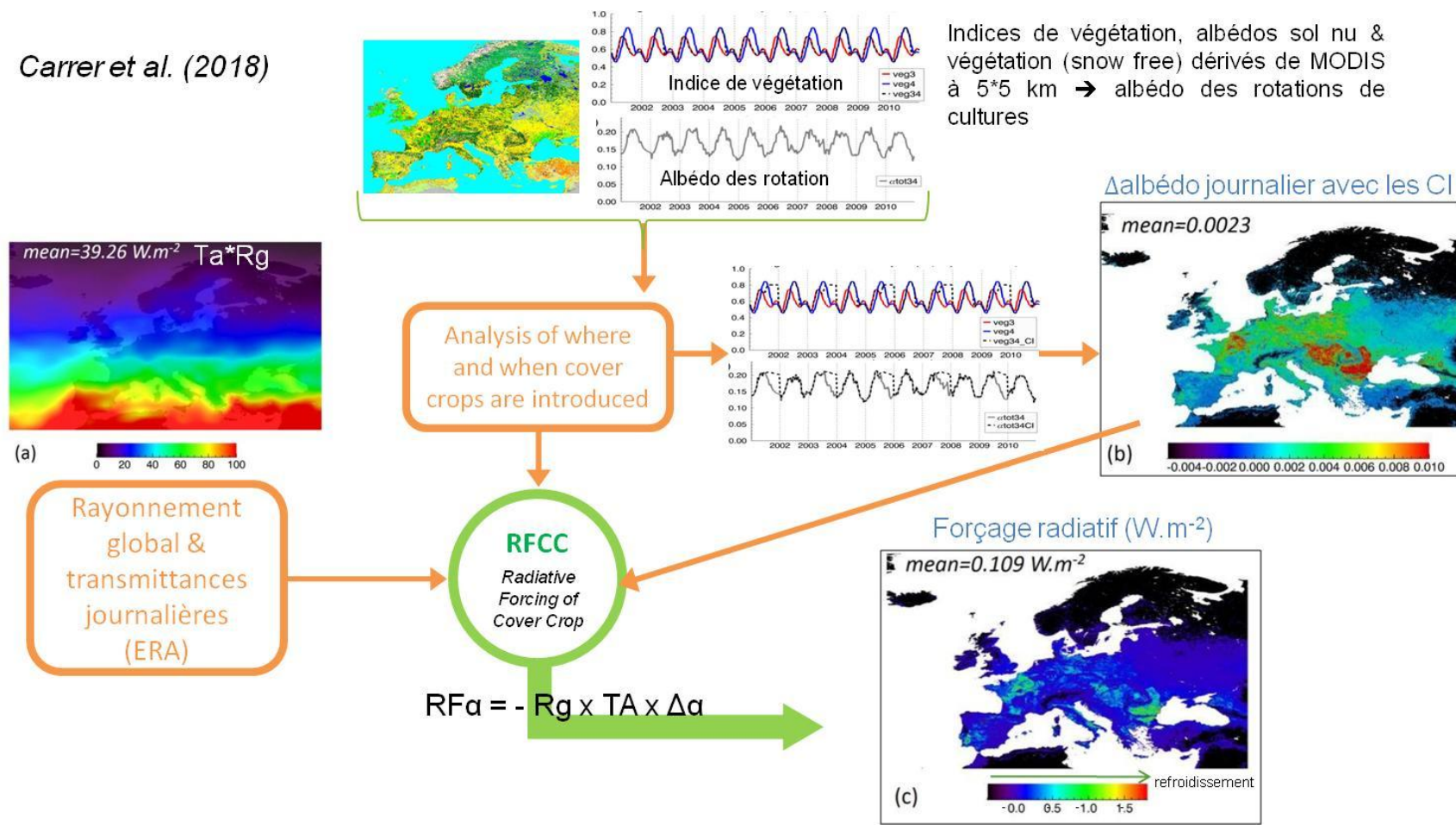


Méthodologie : effets albédo

Systèmes simulés : grandes cultures (cultures d'été et d'hiver) → effet à court terme de l'effet couverture du sol par les couverts intermédiaires (CIPAN, CIMS, CI d'été)

Echelle de l'Europe → analyse régionale

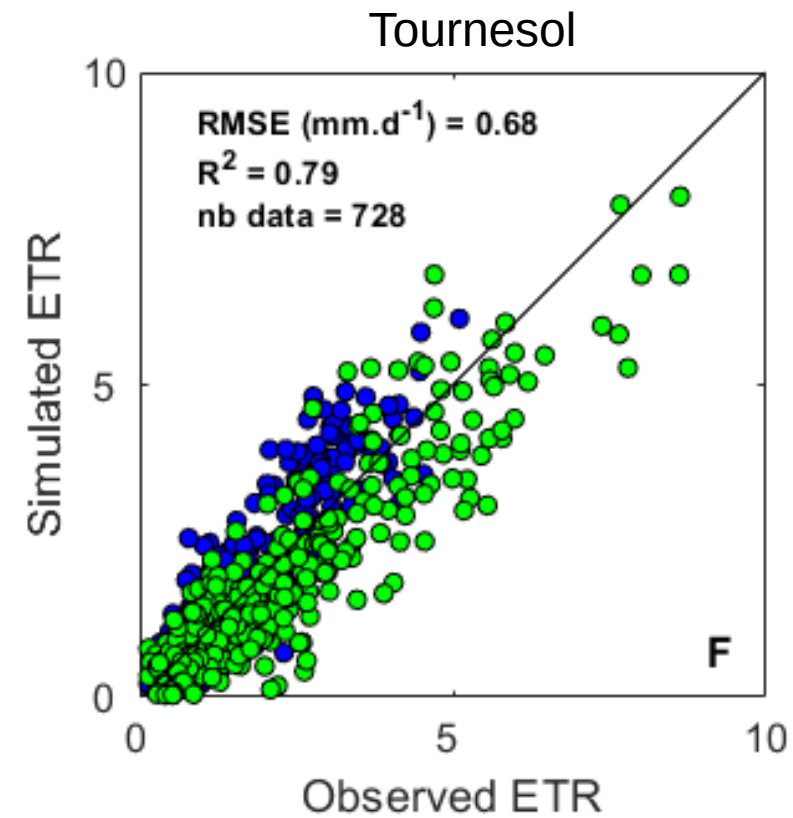
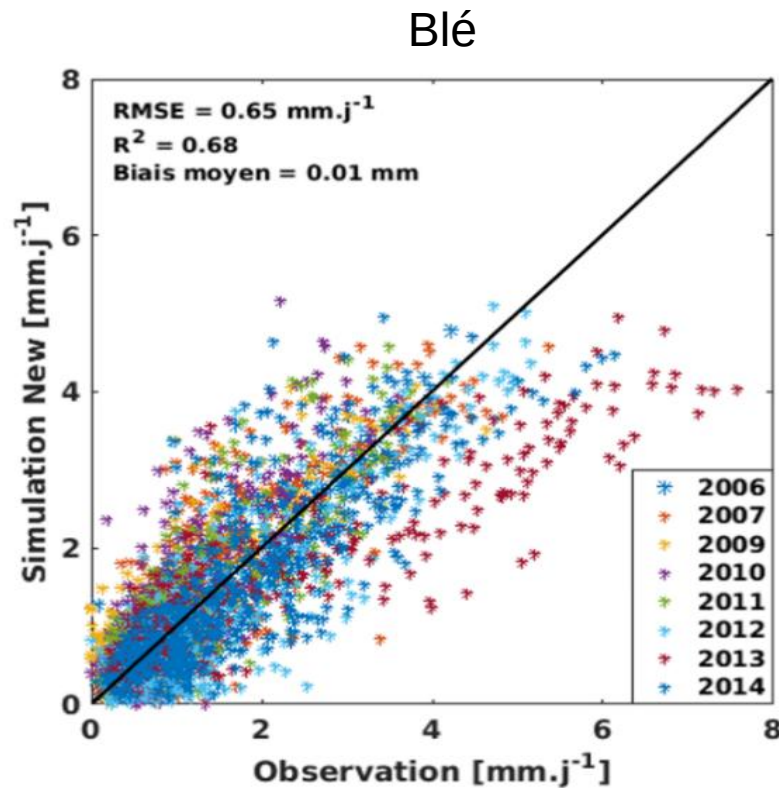
Carrer et al. (2018)



Simulation des flux et bilans d'eau et de carbone

SAFYE-CO2 (Pique et al. 2020b ; Pique, 2021)

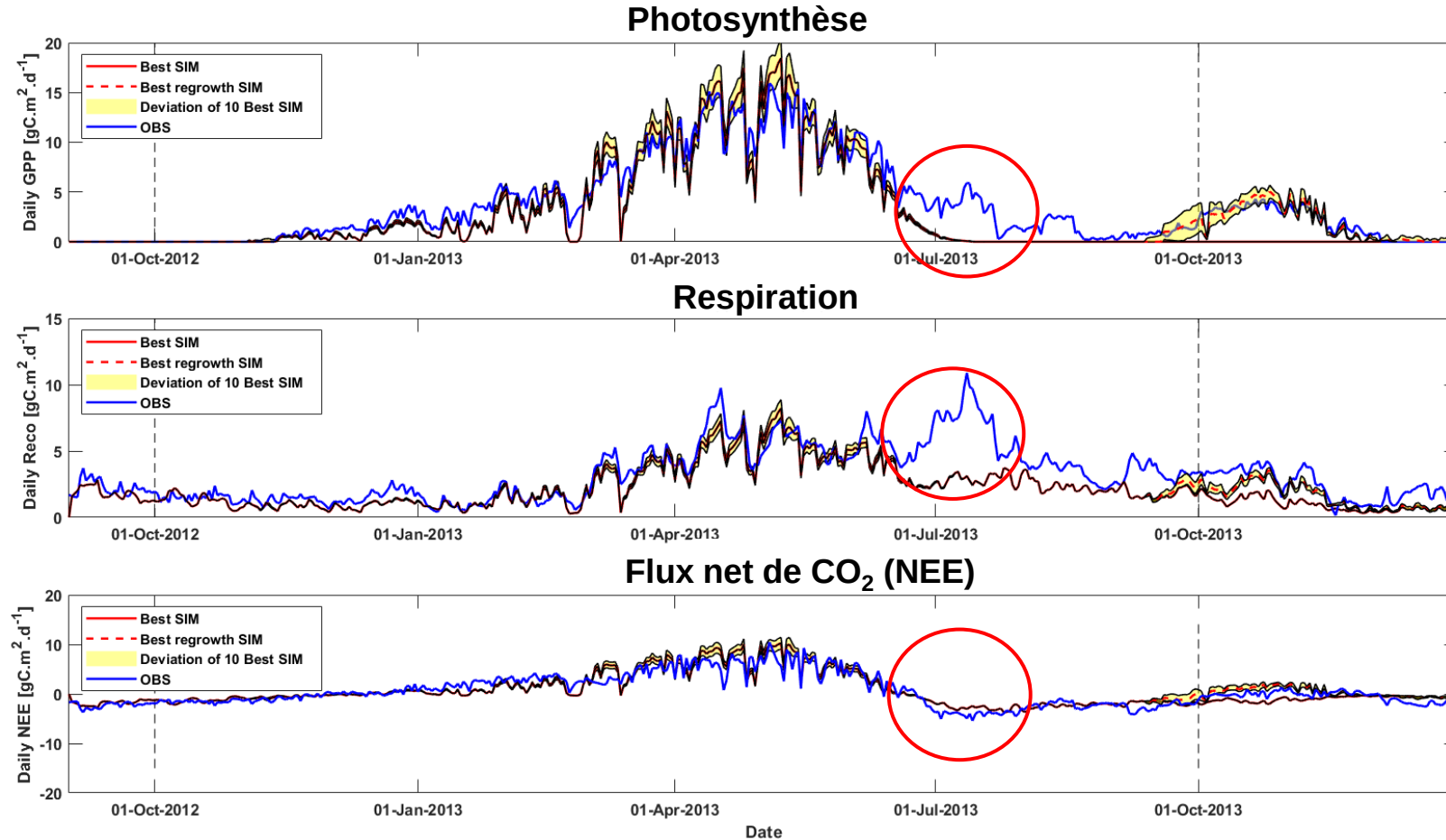
Simulation flux d'eau (ETR) pour 8 années de blé à Auradé et Lamasquère (dont 3 avec CI) et 2 années de tournesol à Auradé



Simulation des flux et bilans d'eau et de carbone

SAFY-CO2 Pique et al. (2020a) Geoderma

Simulation flux CO₂ d'un blé suivi d'une repousse puis d'un couvert (Lamasquère 2013)



- Dynamiques très bien reproduites sur 8 années d'étude : **$R^2_{NEE} = 0.85$; $RMSE_{NEE} = 1.41 \text{ gC.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$**
- Performances dépendantes de la couverture temporelle des images satellites
- Limite de la méthode en cas d'adventices sous-jacentes

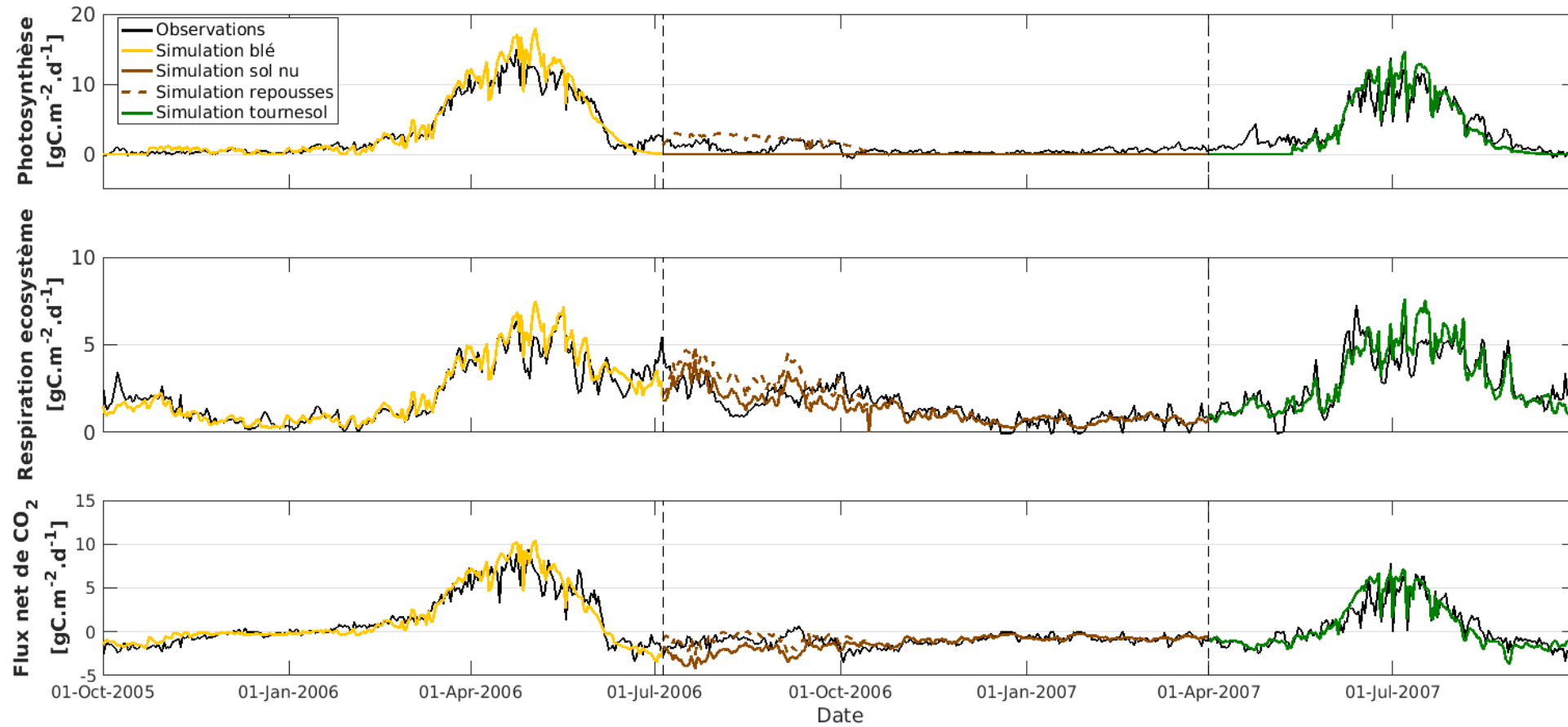


Simulation des flux et bilans d'eau et de carbone

SAFY-CO2 Pique et al. (2020c) Proceeding ECAs



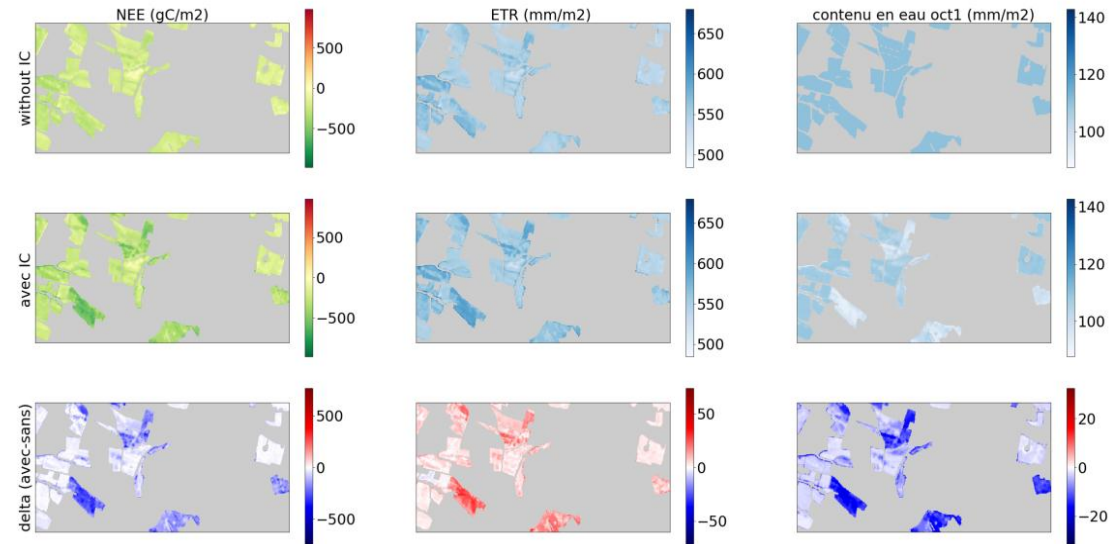
Simulation flux CO₂ d'un blé suivi d'une repousse puis d'un tournesol (Auradé 2005-2007)



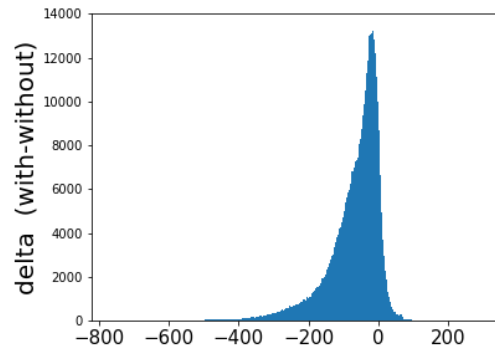
Effet des repousses/adventices et couverts estivaux sur les flux d'évapotranspiration (ETR), de CO₂ et contenu en eau du sol

AgriCarbon-EO (Wijmer et al (2021))

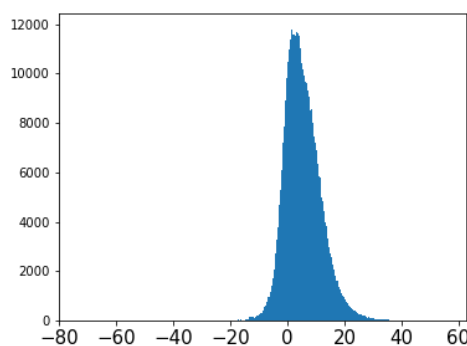
Parcelles de céréales à paille en 2016-2017 sur la zone OSR



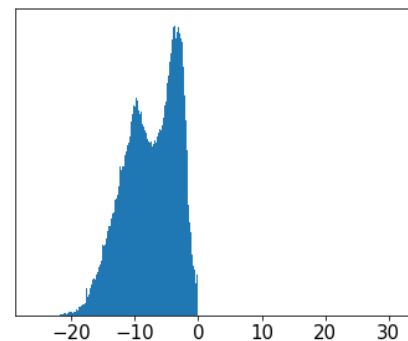
Flux net de CO₂ (gC/m²)



ETR (mm)



Contenu en eau du sol (mm)
au 1^{er} Octobre

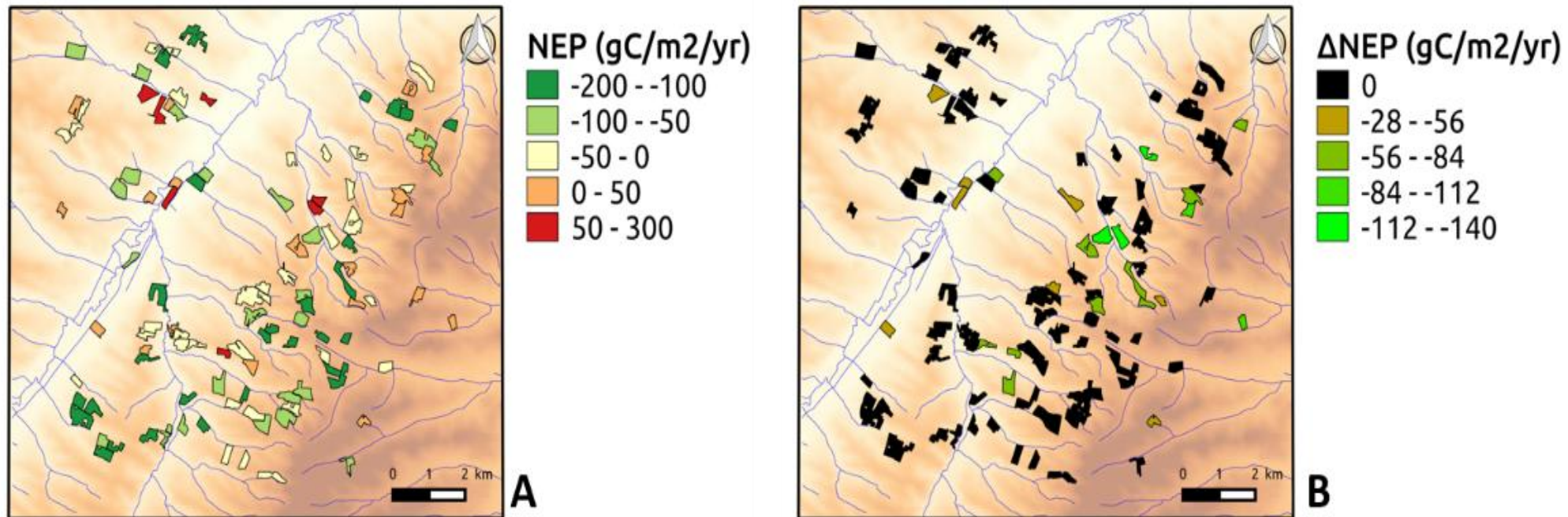


Accroissement l'ETR cumulée
durant l'été d'environ 10mm en
moyenne et réduction
équivalente du contenu en eau
du sol intégré sur 1m

Effet des repousses/adventices et couverts estivaux sur les flux net annuels de CO₂ (NEP)

SAFY-CO2 Pique et al. (2020c) Proceeding ECAs

Parcelles en rotation blé-tournesol en 2005-2007 dans la Vallée de la Save & BV Auradé



Sans prise en compte des CI d'été, repousses, adventices

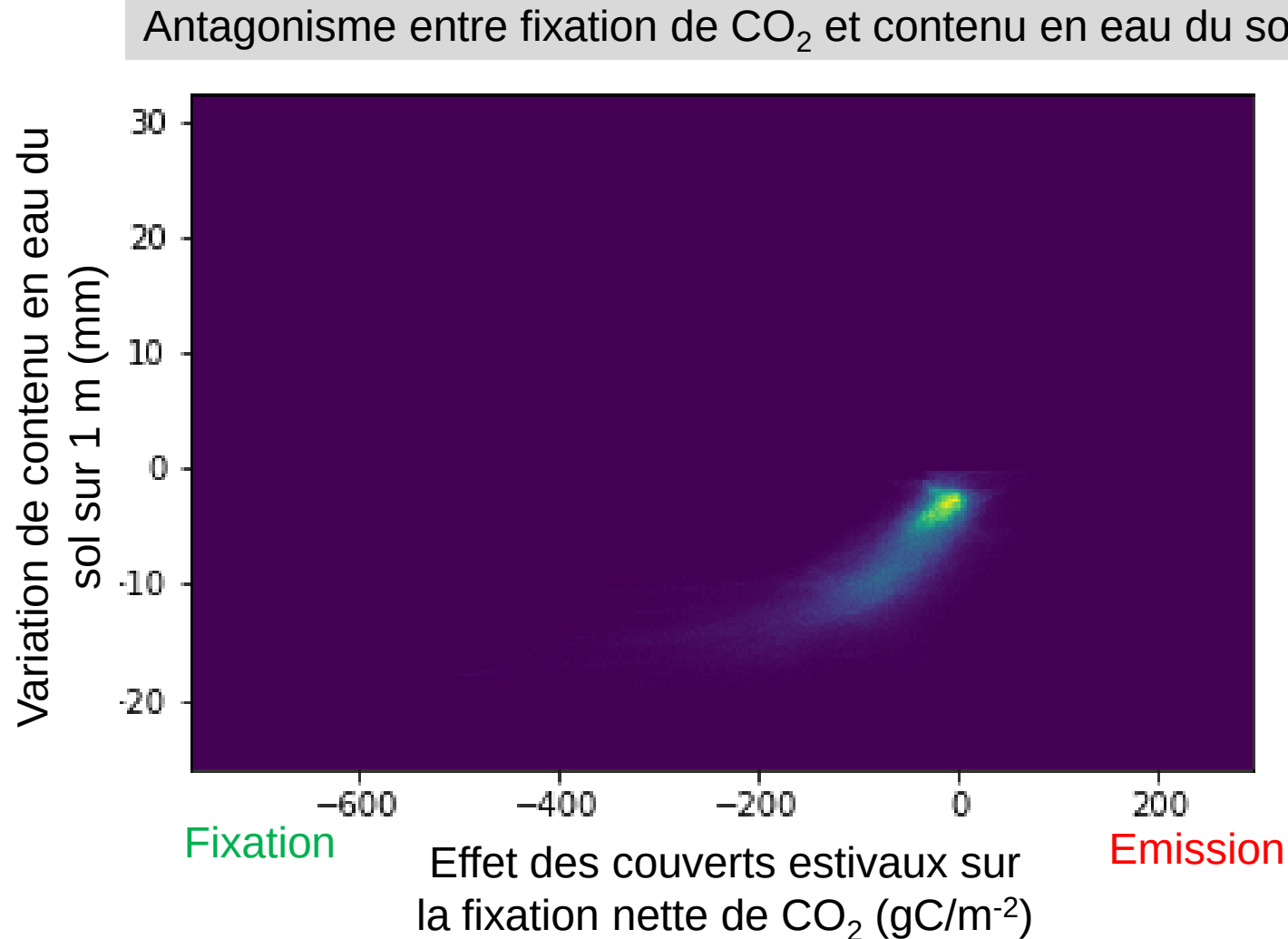
Avec prise en compte des CI d'été, repousses, adventices

La prise en compte des CI d'été, repousses, adventices fait passer le flux net annuel de CO₂ moyen de -16.1 gC.m⁻².an⁻¹ (référence sol nu) à -85.2 gC.m⁻².an⁻¹ sur les parcelles où ils étaient présents.



Effet des repousses/adventices et couverts estivaux sur les flux d'évapotranspiration (ETR) et de CO_2 (NEE)

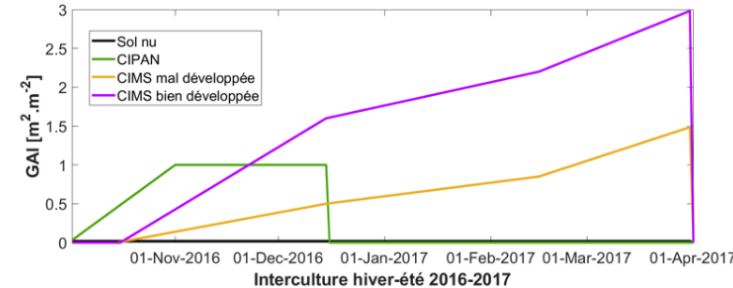
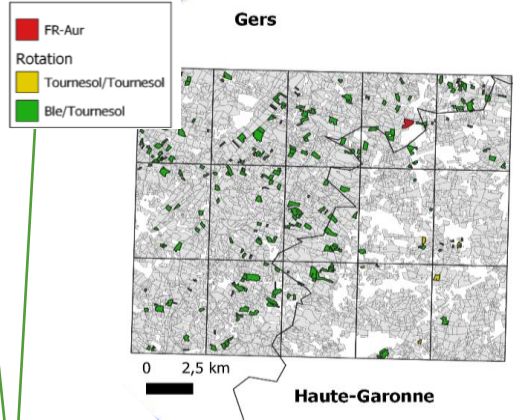
AgriCarbon-EO (Wijmer et al (2021))



Effet des couverts hivernaux sur les flux d'évapotranspiration (ETR)

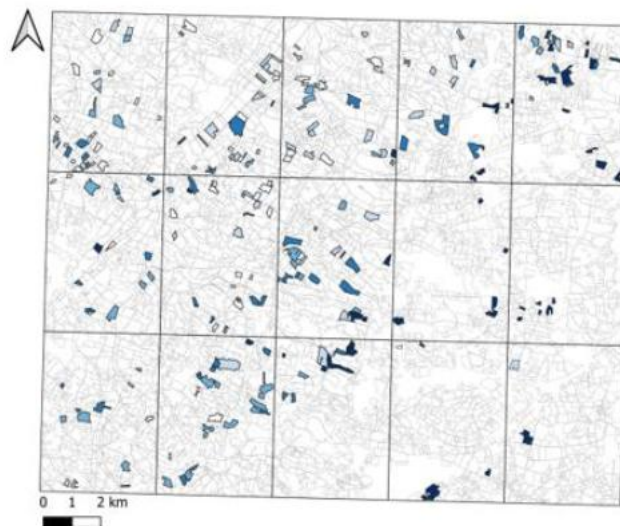
SAFYE-CO2 Pique (2021)

Parcelles en rotation blé-tournesol en 2008-2010 sur la zone OSR (+ qqs Tournesol-Tournesol)



Dynamique moyenne des CIPAN et CIMS observée par télédétection

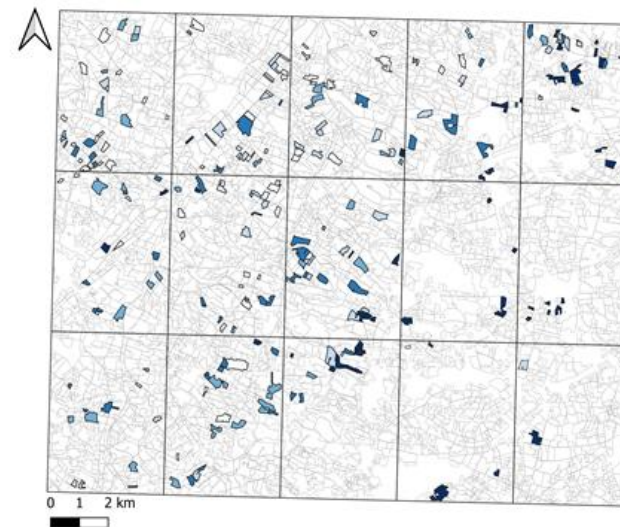
Scénario sol nu



Evapotranspiration
[mm/an]
348 - 388
388 - 401
401 - 413
413 - 430
430 - 492

Moy 409 mm/an

Scénario CIPAN (pour T/T CIMS peu développé)



Evapotranspiration
[mm/an]
358 - 398
398 - 410
410 - 421
421 - 437
437 - 499

Moy 418 mm/an

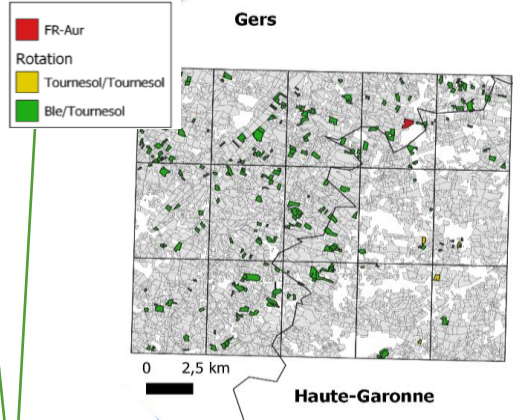
Accroissement l'ETR cumulée avec CIPAN de 9 mm en moyenne (+ 2%)



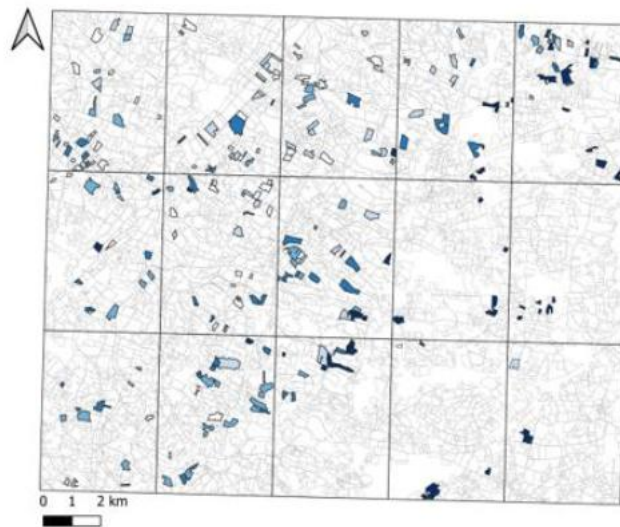
Effet des couverts hivernaux sur les flux d'évapotranspiration (ETR)

SAFYE-CO2 Pique (2021)

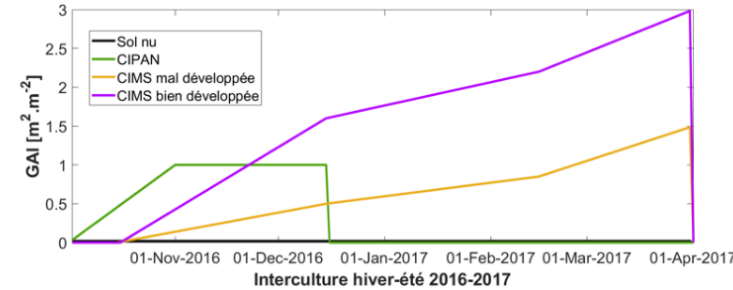
Parcelles en rotation blé-tournesol en 2008-2010 sur la zone OSR (+ qqs Tournesol-Tournesol)



Scénario sol nu

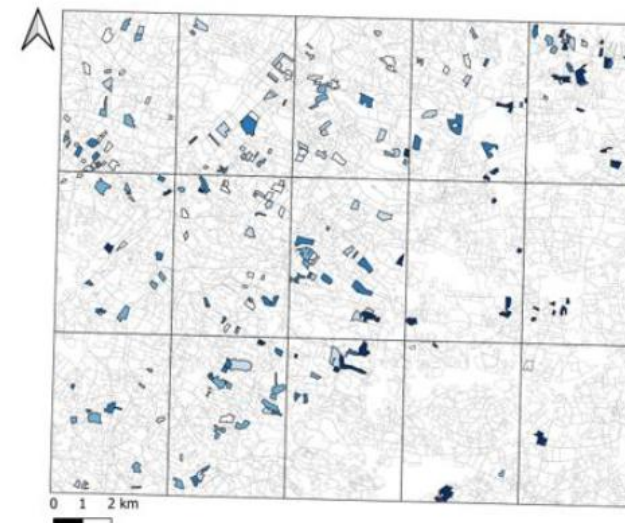


Moy 409 mm/an



Dynamique moyenne des CIPAN et CIMS observée par télédétection

Scénario CIMS bien développé



Moy 464 mm/an

Accroissement l'ETR cumulée avec CIMS de 55 mm max en moyenne (+12%)



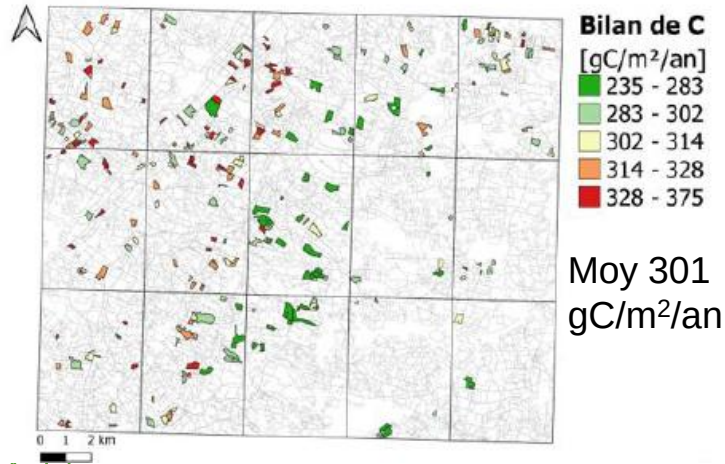
Effet des couverts hivernaux sur les bilans de C

SAFYE-CO2 Pique (2021)

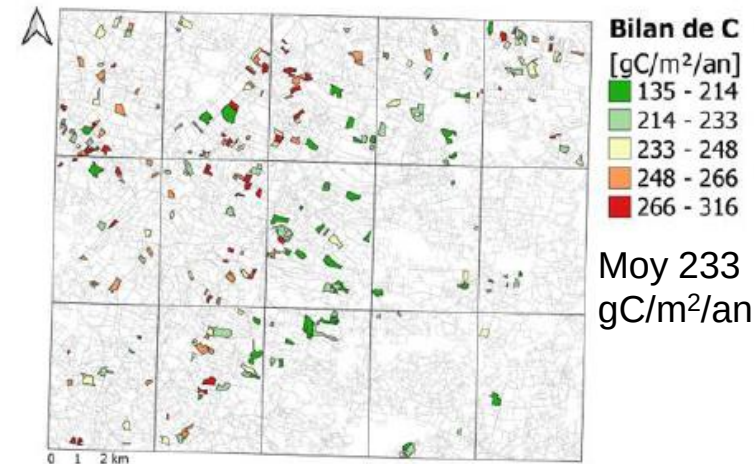
Parcelles en rotation blé-tournesol en 2008-2010 sur la zone OSR (+ qqs Tournesol-Tournesol)



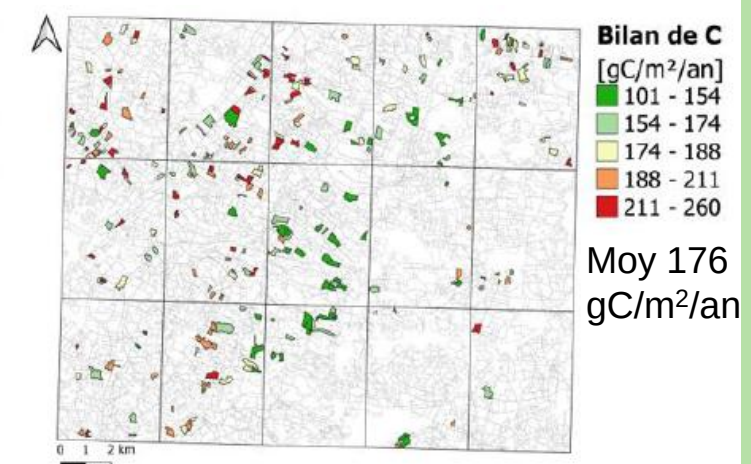
Scénario sol nu



Scénario CIPAN
(pour T/T CIMS peu développé)



Scénario CIMS bien développé

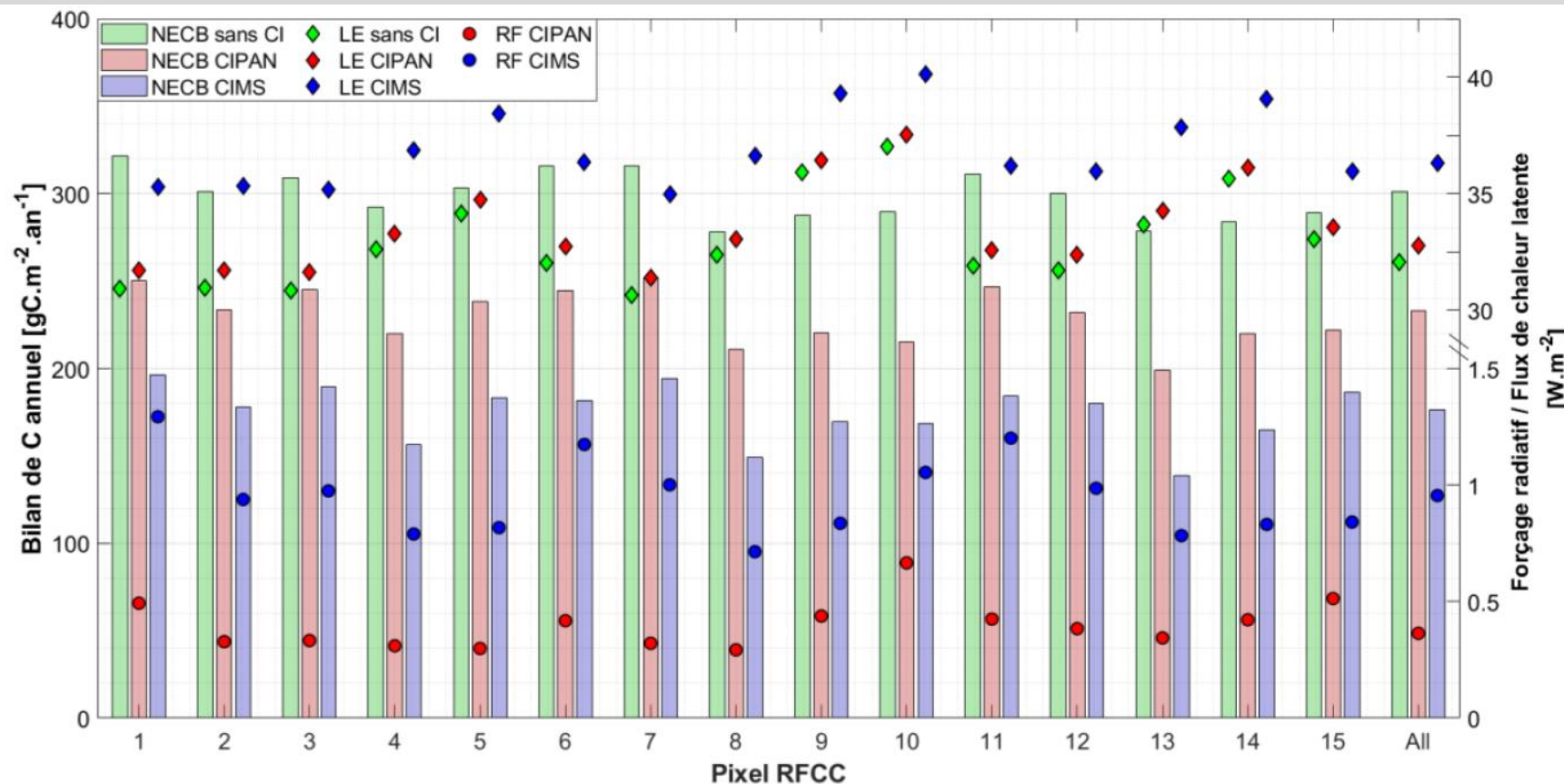


Les CIPANs et CIMS ont permis de réduire les pertes de C (destockage) de respectivement 23 et 42 % (soit 68 et 125 g C/m²). Le bilan C est donc amélioré par les couverts végétaux.

Effet des couverts hivernaux sur le bilan C et les composantes biogéophysiques du forçage radiatif net



A court terme synergies d'un point de vue atténuation entre effets stockage C, évapotranspiration (flux de chaleur latente) et effets albédo...

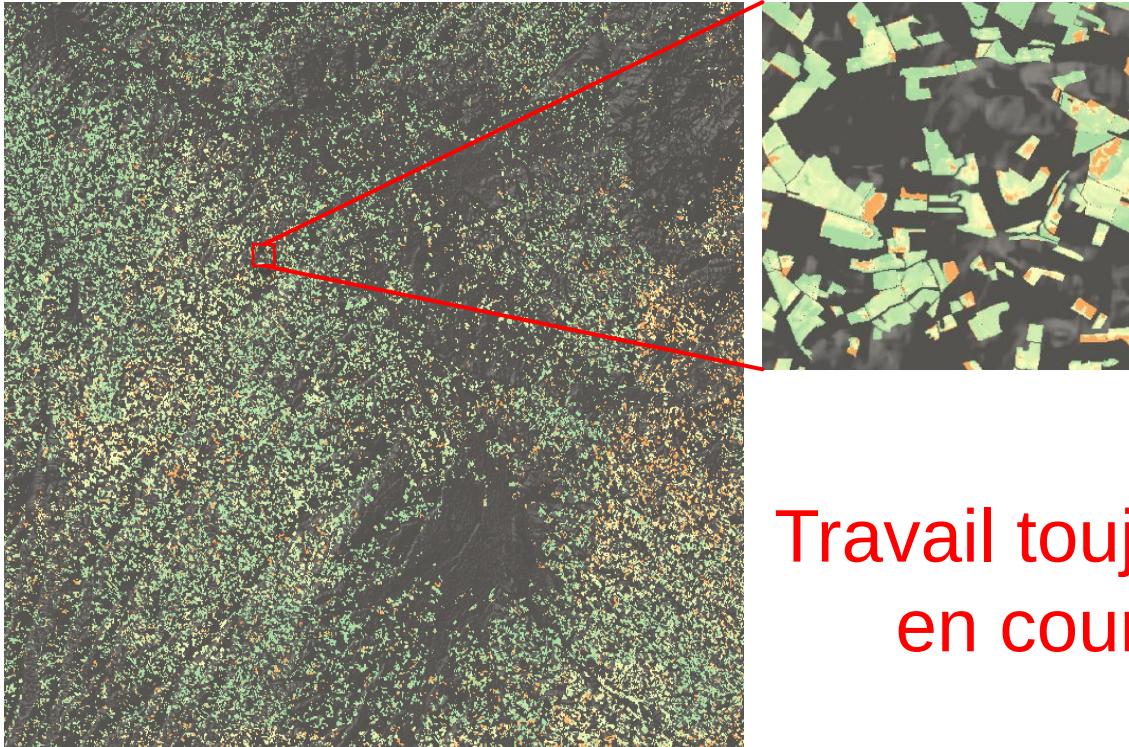


... mais effet stockage C limité dans le temps (nouvel équilibre au bout d'≈ 50 ans), effets assombrissement du sol progressif et rétroactions climatiques à prendre en compte.

Analyse de l'effet des CI sur les flux et bilans d'eau et de C à haute résolution et à large échelle

AgriCarbon-EO (Wijmer et al., 2021; Al Bitar et al. 2021)

Flux net annuels de CO₂ pour les parcelles en blé



Tuile Toulousaine Sentinel 2
(31TCJ)

Biomasse des CI → stockage C



Carte haute résolution des bilans C de parcelles en CI/maïs et blé



Travail toujours
en cours



Perspectives



Il nous reste encore beaucoup à faire...

A court terme :

- ▶ Finir de paramétrer les modèles SAFYE-CO2/AgriCarbon-EO pour le colza (stage M2),
- ▶ Valider les simulations des modèles pour les biomasses de cultures intermédiaires (1349 données in-situ),
- ▶ Finaliser et analyser les simulations à haute résolution et mieux prendre en compte l'effet des hétérogénéités spatiales de sol sur l'ETR,
- ▶ Analyser l'impact des CI sur la production des cultures suivantes.

A moyen terme :

- ▶ Couplage et validation de SAFYE-CO2 avec le module sol AMG pour mieux simuler les effets long terme des CI sur le stockage de C,
- ▶ Etendre la zone d'étude à l'ensemble du BV Adour-Garonne,
- ▶ Comparer les effets albédo des CI à haute résolution avec leurs effets sur le stockage C et la ressource en eau du sol pour la culture suivante.

Conclusions

- ▶ Impact des couverts estivaux et CIPANS très faible sur la ressource en eau pour la culture suivante et sur l'ETR ($< 10\text{mm}$),
- ▶ Les couverts intermédiaires hivernaux long (CIMS) peuvent réduire la ressource en eau pour la culture suivante (ETR $\uparrow 55\text{ mm}$) si précipitations faible au printemps/si pas détruits suffisamment tôt,
- ▶ Tous les couverts permettent d'accroître la fixation de C ou de réduire les pertes de C du sol,
- ▶ A court terme les CI engendrent des effets stockage C et des effets biogéophysiques refroidissant qui entrent en synergie mais des analyses sur des pas de temps plus long/couplage avec des modèles de climats requis pour évaluer l'effet climatique net des CI mais aussi leur effet sur le cycle de l'eau à plus long terme → collab. LSCE & ETH Zurich.



Merci pour votre attention !

INRAE



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

