



**HAL**  
open science

## Indicateurs agrienvironnementaux pour la PAC : un focus sur le carbone

Eric Ceschia, Taeken Wijmer, Al Bitar Ahmad, Ludovic Arnaud, Rémy Fieuzal, Ainhoa Ihasusta, Jean-François Dejoux, Clélia Sirami, Christian Bockstaller, Agnieszka Tarko, et al.

### ► To cite this version:

Eric Ceschia, Taeken Wijmer, Al Bitar Ahmad, Ludovic Arnaud, Rémy Fieuzal, et al.. Indicateurs agrienvironnementaux pour la PAC : un focus sur le carbone. Géodatadays, Afigéo; décryptagéo, Sep 2022, Poitier, France. hal-04222042

**HAL Id: hal-04222042**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04222042v1>**

Submitted on 28 Sep 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



14 & 15 SEPTEMBRE 2022

# LES JOURNÉES NATIONALES GÉONUMÉRIQUES de L'AFIGÉO & DÉCRYPTAGÉO

FUTUROSCOPE - POITIERS





# Indicateurs agri- environnementaux pour la PAC : un focus sur le carbone

**Eric Ceschia**  
**Directeur de Recherches- INRAE**

En collaboration avec :

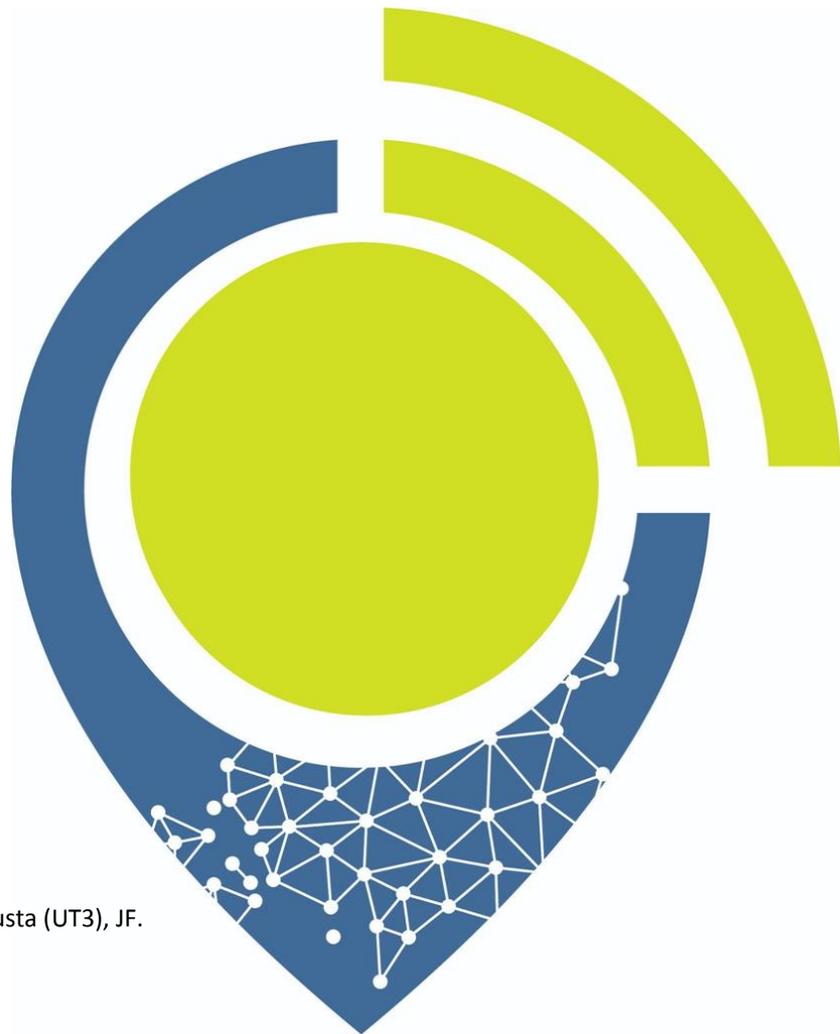
L. Arnaud (INRAE), A. Albitar (CNRS), T. Wijmer (INRAE), R. Fieuzal (UT3), A. Ihasusta (UT3), JF.

Dejoux (CNRS) au **CESBIO**,

C. Bockstaller (**LAE**), C. Sirami (**Dynafor**) d'**INRAE**,

E. De Laroche, A.Tarko de l'**ASP**

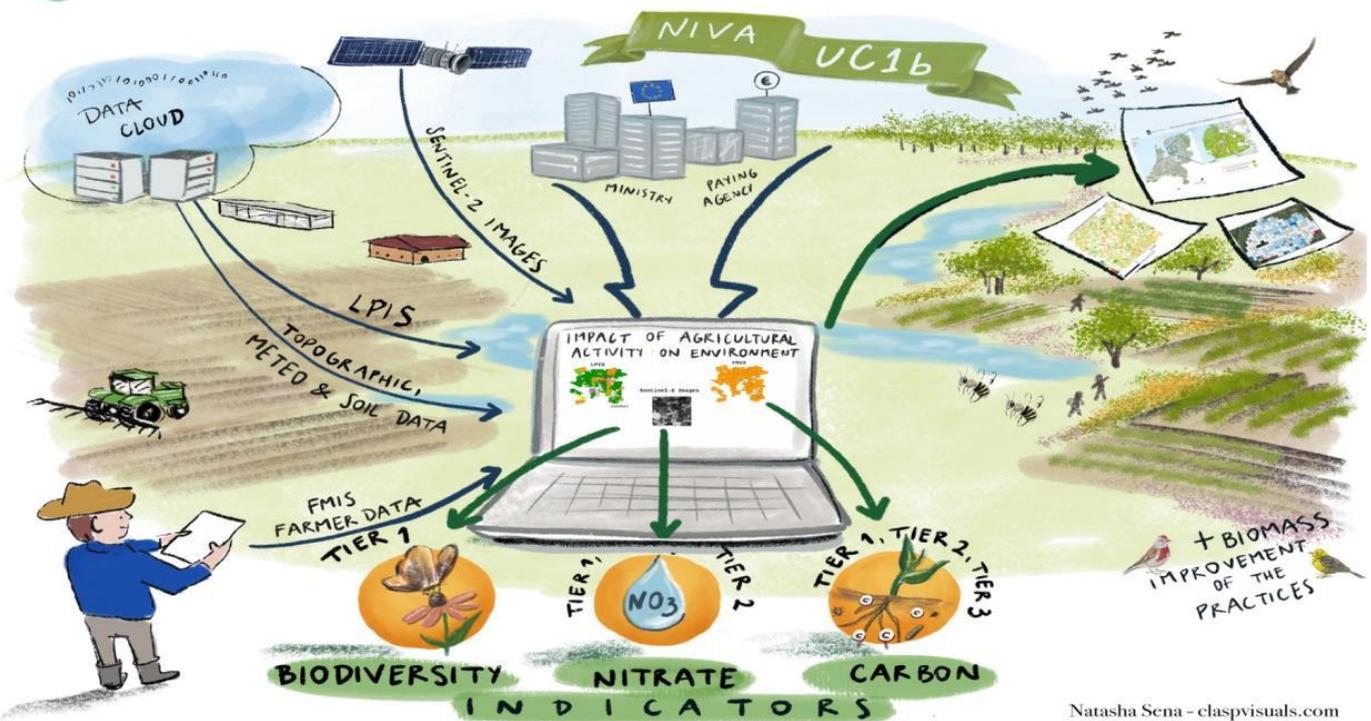
D. Laurent, G. Marchand de l'**IGN**



# Indicateurs agri-environnementaux



<https://www.niva4cap.eu/>

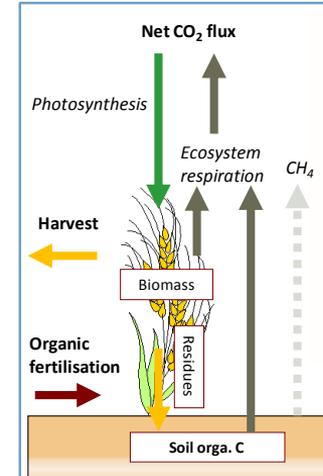


# Indicateurs Carbone : méthodologie

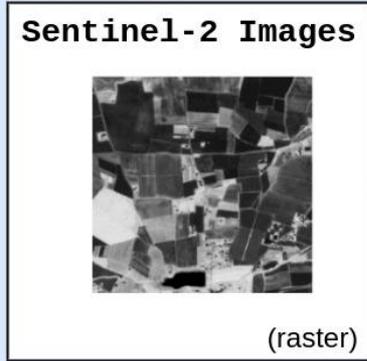
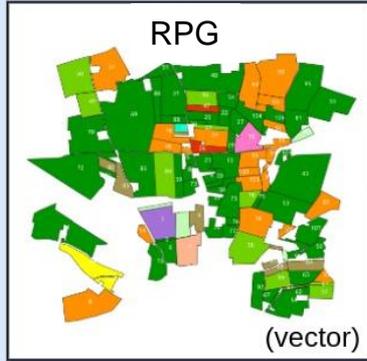
- Calculés par année culturale (à 10m/parcelle → Sentinel 2), mais cumulables sur une rotation,
- 3 approches (TIERS) de complexité/précision croissante :
  - TIER 1 (flux de CO<sub>2</sub>) et TIER 2 (bilan C) sont basés sur des approches empiriques applicables à la plupart des grandes cultures sauf le riz,
  - TIER 3 basé sur l'utilisation du modèle SAFY-CO2 calibré via les observations satellites Sentinel 2 → permet de calculer d'autres indicateurs (biomasse, rendement, flux de CO<sub>2</sub>...) mais sur 4 cultures seulement (blé, tournesol, maïs et bientôt colza) + couverts végétaux.
- Une même approche conceptuelle :

$$\text{Bilan C} = \underbrace{\text{Flux net de CO}_2 \text{ flux}}_{\text{TIER 1 (Sentinel)}} - \text{C récolté} + \text{Amend. Orga.}$$

TIERS 2 et 3 (Sentinel + données agriculteurs)

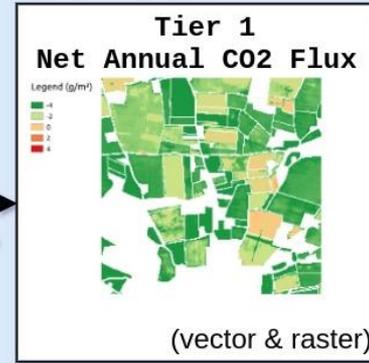
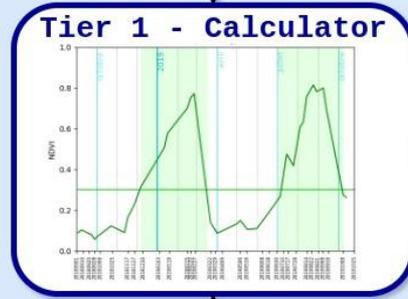


# Indicateur Carbone TIER 1 : méthodologie

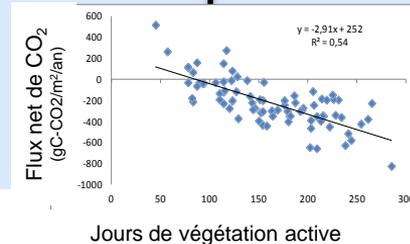


Approche empirique → principales grandes cultures sauf riz

[https://gitlab.com/nivaeu/uc1b\\_tier1\\_co2](https://gitlab.com/nivaeu/uc1b_tier1_co2)



Basé sur Ceschia et al. (2010)



- Large gradient pédoclimatique
- Pratiques contrastées
- 15 espèces de cultures



# Indicateur Carbone TIER 1 : méthodologie

Intégration de la méthode TIER 1 dans la chaîne IOTA<sup>2</sup> développée au CNES  
→ production opérationnelle à large échelle



2

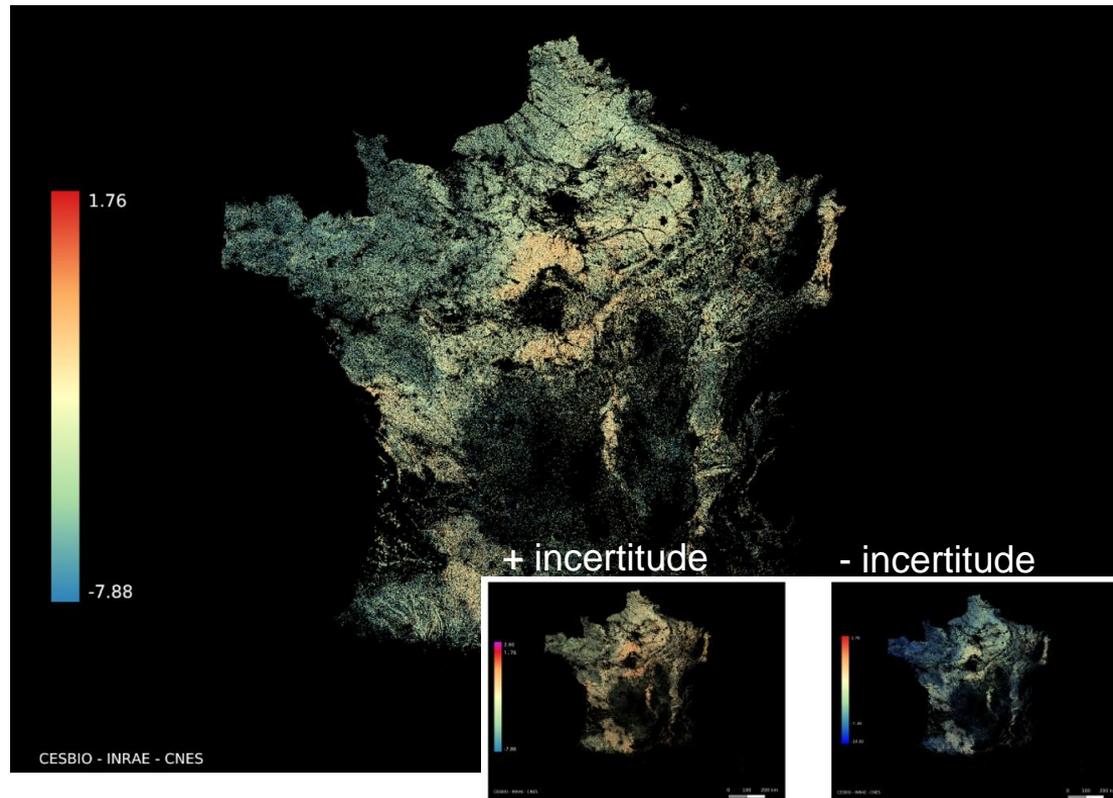
Iota 2 (<https://www.theia-land.fr/product/iota-2/>)



Soutien du CNES : soutien technique et ressources informatiques

# Indicateur Carbone TIER 1 : résultats

Flux nets annuels de CO<sub>2</sub> à 10m de résolution sur les parcelles de grandes cultures en France en 2019 (tC-CO<sub>2</sub>/ha)



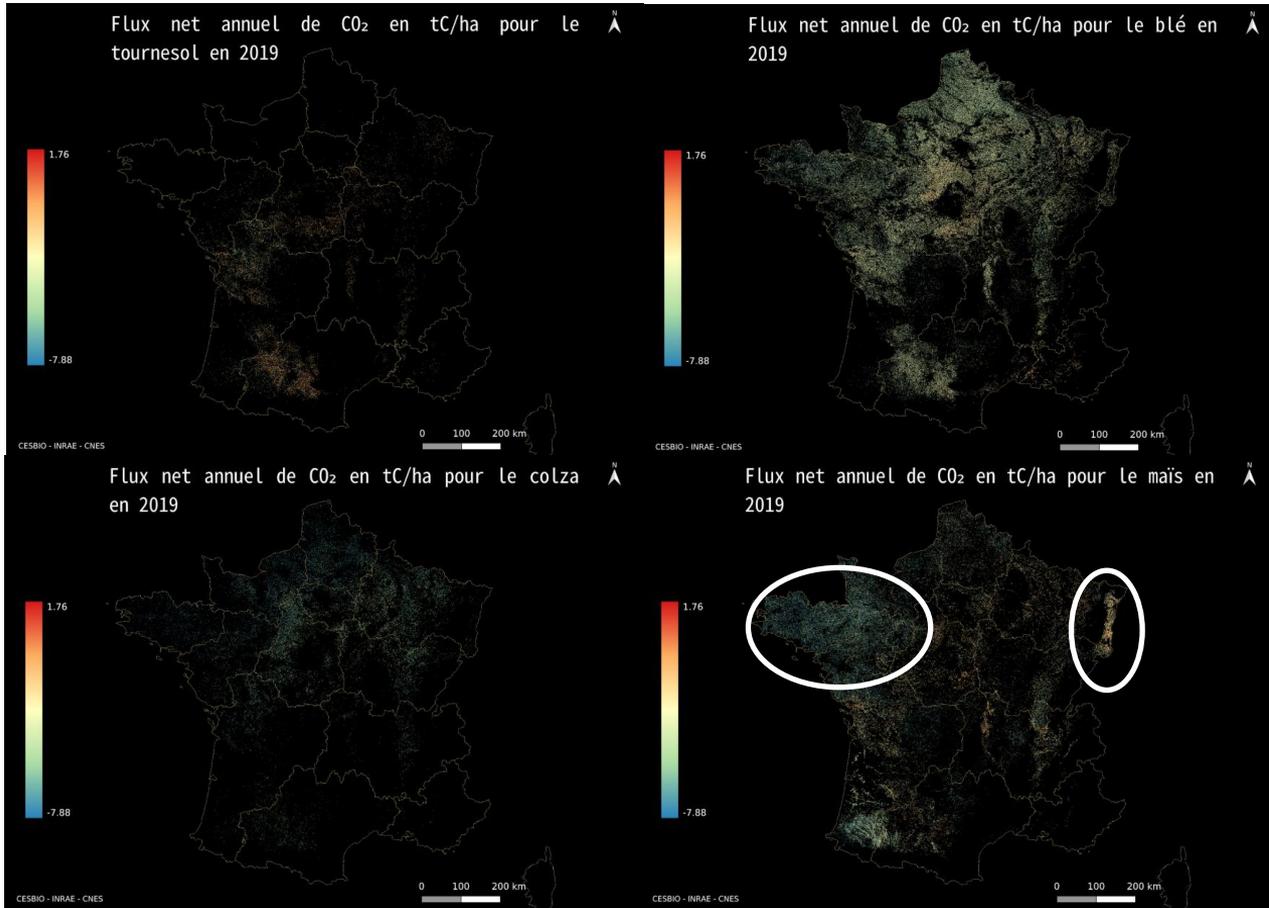
- Forte variabilité spatiale de l'indicateur et incertitude élevée
- Pas de gradient climatique net (nord/sud)
- Zones bleues/vertes : forte fixation de CO<sub>2</sub> → forte probabilité de stocker du C
- Zones jaunes/oranges : émissions de CO<sub>2</sub> → certitude de déstocker du C

→ Analyser les résultats en distinguant les types de cultures, l'effet des pratiques et du cadre réglementaire (Directive nitrates)

# Indicateurs Carbone TIER 1 : résultats



## Flux nets annuels de CO<sub>2</sub> selon les cultures en France en 2019



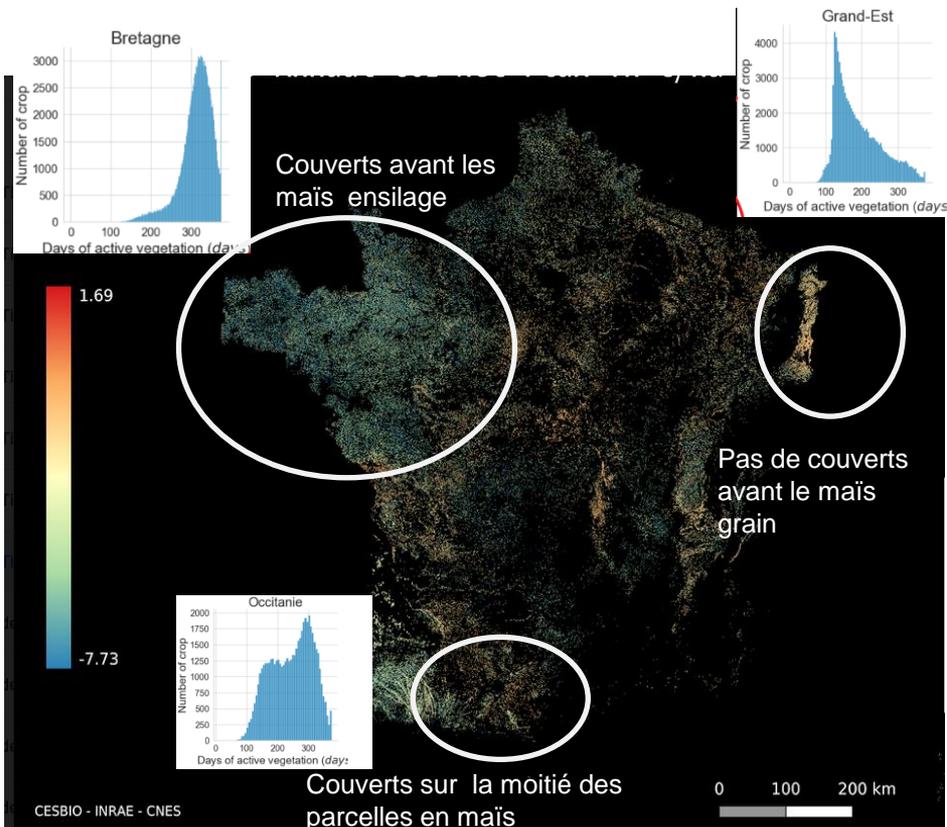
- Logiquement les cultures d'hiver (fixent plus de CO<sub>2</sub>) que le tournesol → cycle de végétation plus long pour les cultures d'hiver (en particulier colza)

- Résultats spatialement très hétérogènes pour le maïs (ex. fortes différences entre Bretagne et Alsace) alors que devrait être proche de l'équilibre (durée de développement moyenne)  
→ Effet des pratiques ?

# Indicateurs Carbone TIER 1 : résultats

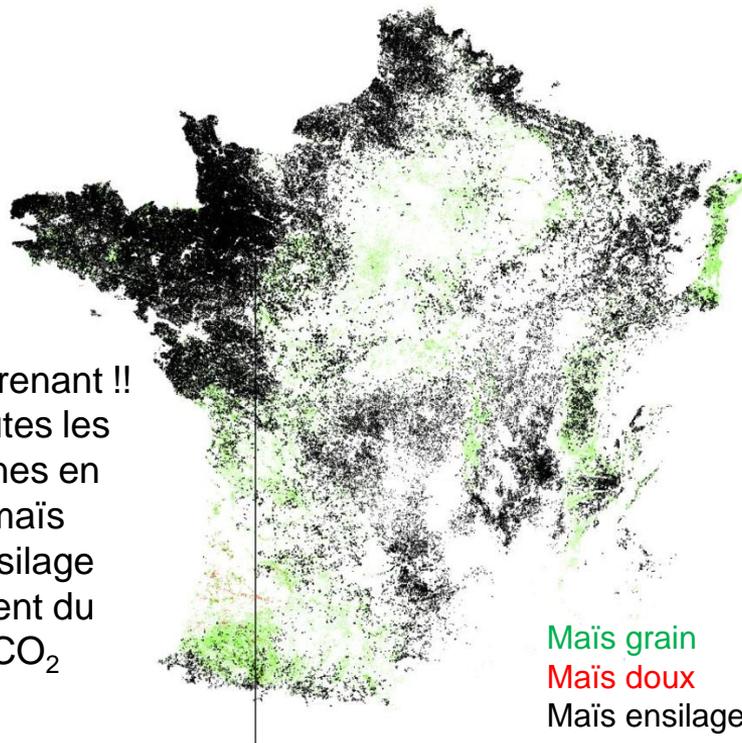
Effet des pratiques (type de récolte, couverts végétaux) et de la réglementation (Directive Nitrates)

## Flux nets annuels de CO<sub>2</sub> sur les parcelles de maïs en France en 2019



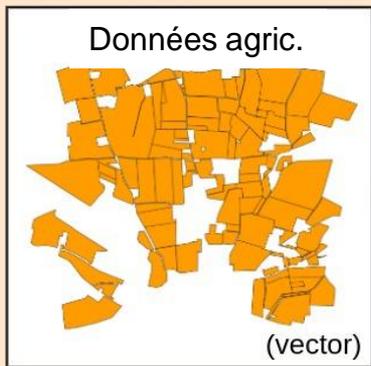
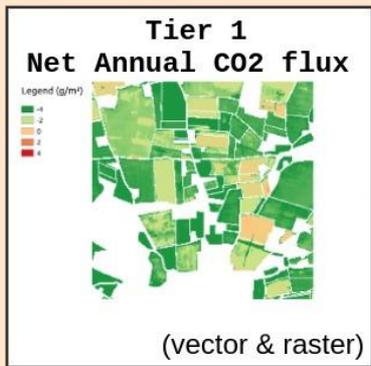
## Types de maïs (données RPG)

Surprenant !!  
Toutes les zones en maïs ensilage fixent du CO<sub>2</sub>



Maïs grain  
Maïs doux  
Maïs ensilage

# Indicateur Carbone TIER 2 : méthodologie



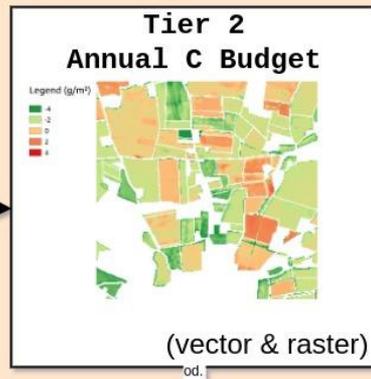
**Approche empirique → principales grandes cultures sauf riz**

Permet d'estimer les changements de stoc de C organique dans le sol, testé en France en collab.



## Tier 2 - Calculator

$$\begin{aligned} \text{T2- Annual Carbon Budget} \\ = \\ \text{T1- Net Annual CO}_2 \text{ flux} \\ + \text{Carbon Harvested} \\ - \text{Organic Amendments} \end{aligned}$$



→ *Principale limite : accès aux données agriculteurs*

→ *!! L'estimation de la teneur superficielle en C organique par télédétection ne permet pas d'estimer un changement de stock !!*

# Indicateur Carbone TIER 3 : méthodologie

Meteo and Soil data (csv)

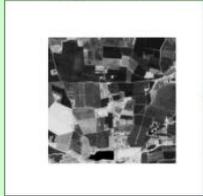
```

87,72,18,20199988,695,62,90,78
5,287,55,114,24,-1,26,114,00,
181117,172,74,49,22,2018124,
,94,12,20181227,244,79,44,23,2
7,302,56,36,69,20198220,322,79
20198327,285,51,15,61,2019832
17,17,19,20198516,123,03,18,30
718,700,52,74,41,20198712,776,
89,20198814,770,56,54,77,201988
5,21,60,22,20198913,159,72,34,
0,225,53,144,79,-2,65,150,00,
20181117,242,83,64,13,-201812
78,69,57,20181227,263,11,62,78
    
```

RPG (vector)



Sentinel-2 Images (raster)



Modélisation → blé, maïs, tournesol, couverts végétaux



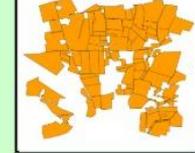
Pique et al. (2020 a & b)

Tier 3 - Calculator  
AgriCarbon-E0



SAFY-CO2  
Agro-meteo Model

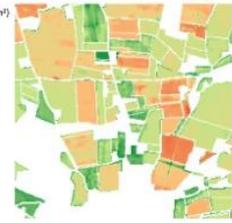
FMIS



Farmer data (vector)

Tier 3  
Annual C Budget

Legend (g/m<sup>2</sup>):



(vector & raster)

od.

+ rendement, biomasse, flux de CO<sub>2</sub>

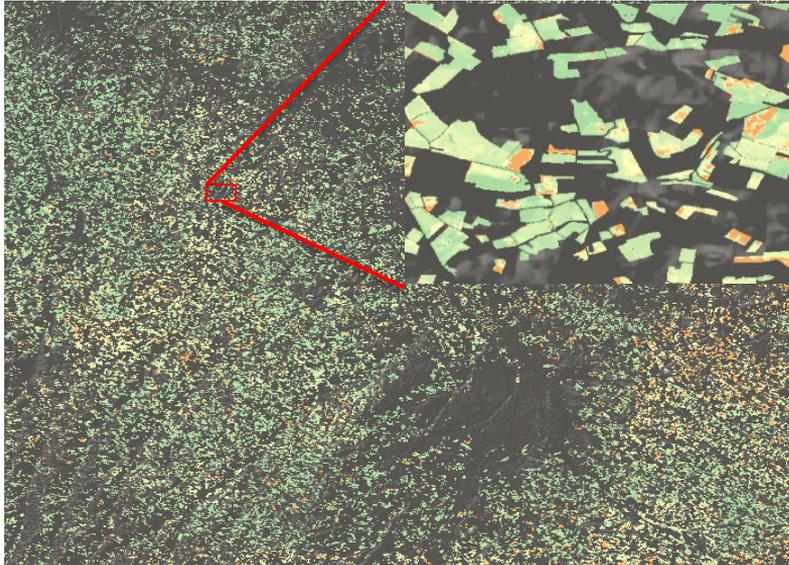
Large jeu de données de validation : tours à flux ICOS, Observatoire Spatial Régional

Les flux de CO<sub>2</sub> sont calculés par le modèle dont la composante végétation est calibrée par le LAI dérivé de Sentinel-2.  
Les données agriculteurs sont nécessaires pour calculer le bilan



# Indicateur Carbone TIER 3 : résultats

Flux net annuel de CO<sub>2</sub> fluxes en 2018 pour les céréales à paille autour de Toulouse (10 m résolution)



Tuile Sentinel 2 (31TCJ)

Flux net annuel de CO<sub>2</sub> (gC-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/yr)



Google Terrain

+ données agriculteur

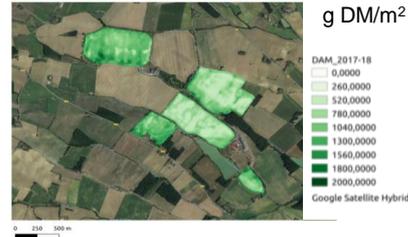


Fixation de CO<sub>2</sub> / stockage C

Emission de CO<sub>2</sub> / destockage C



Biomasse de couverts



Incertitudes



Carte à 10m de résolution du bilan C pour des parcelles en rotation couvert/maïs/blé



Ferme de Villeneuve, Bézéril, France

# Conclusion

- Démarche méthodo. cohérente en 3 niveaux de complexité adaptable selon le contexte d'application (ex. dispo. en données agriculteurs) → intégrées dans AgriCarbon-EO,
- Approches TIER 1 et 2 simples & pouvant être mises en œuvre de manière opérationnelles à court terme : principale limite → accès aux données agriculteurs pour le TIER 2,
- Malgré la simplicité et l'incertitude de l'approche TIER1, résultats très cohérents permettant de mettre en évidence des effets cultures, pratiques et réglementation sur la durée de couverture des sols et les flux nets de CO<sub>2</sub>
- L'approche TIER 2 est à privilégier (bilan C) car permet la prise en compte de pratiques impactant fortement le calcul du bilan C,
- L'approche TIER 3 (modèle) : plus précise mais moins opérationnelle (nécessité de paramétrer chaque culture), elle fournit des données utiles pour différents contextes d'application : rendements, biomass voire bilans C pour la PAC (écorégimes) ou le marché du C en agriculture sous réserve d'un accès aux données agriculteurs (amendements, export des pailles...) → enjeux d'uniformiser et d'automatiser l'accès aux données de pratiques (comme aux Pays Bas avec JoinData)



# Merci pour votre attention

## En savoir plus :

**Article :** C. Bockstaller, C. Sirami, D. Sheeren, O. Keichinger, L. Arnaud, A. Favreau, F. Angevin, D. Laurent, G. Marchand, E. De Laroche, E. Ceschia E.8, Apports de la télédétection au calcul d'indicateurs agri-environnementaux au service de la PAC, des agriculteurs et porteurs d'enjeu, Innovations Agronomiques 83, 2021, Pages 43-59, <https://www6.inrae.fr/ciag/content/download/6922/50027/file/Vol83-4-Bockstaller%20et%20al.pdf>

**Site web NIVA : <https://www.niva4cap.eu/>**

**Outils NIVA : [https://gitlab.com/nivaeu/uc1b\\_indicators\\_tool](https://gitlab.com/nivaeu/uc1b_indicators_tool)**

