



Carrefours de l'innovation
agronomique



Des Cultures Intermédiaires Multi-Services pour une production agroécologique performante

4 octobre 2017 | INP-ENSAT Auzeville | Toulouse

Potentiel d'atténuation des changements climatiques par les CIMS

E. Ceschia¹, B. Mary², M. Ferlicocq¹, E. Justes³, G. Pique¹, D. Carrer⁴, J.F. Dejoux¹, G. Dedieu¹

¹ CESBIO, Univ. Toulouse 3 – CNRS – CNES - IRD, Toulouse

² INRA Agro-Impact, Laon

³ UMR System, Univ Montpellier – CIHEAM – CIRAD – INRA – SupAgro, Montpellier

⁴ CNRM, Météo-France - CNRS, Toulouse



Quels effets des CIMS sur le climat?

Effets sur les cycles biogéochimiques

- Directs : stockage de carbone / émissions de CO₂
émissions de N₂O
- Indirects : réduction des pertes de nitrate
réduction des besoins en fertilisation azotée

Effets biophysiques (très peu étudiés)

- Radiatifs : fraction de rayonnement solaire réfléchi (albédo), rayonnement thermique (IR)
- Non radiatifs : modification des flux d'évapo-transpiration/chaleur sensible (tourbillons)



Quel stockage de carbone induit par les CIMS ?

Les biomasses de cultures intermédiaires enfouies :

- riches en composés solubles, assez riches en N, pauvres en lignine
- décomposition rapide, vitesse de minéralisation élevée
- hypothèse → faible stabilisation (« humification ») dans le sol



Quel stockage de carbone induit par les CIMS ?

Synthèse biblio et méta-analyse sur des expérimentations au champ

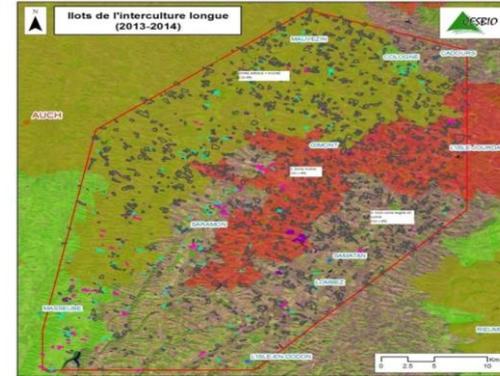
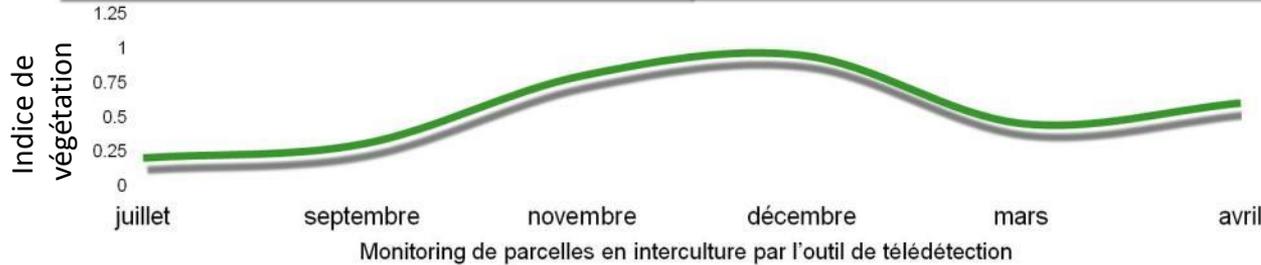
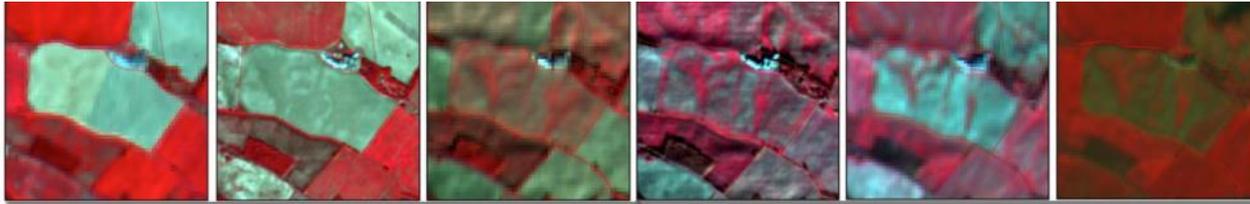
Référence	Nombre de sites	Climat	Durée ans	C séquestré			
				kg C/ha/an		kg C /kg C apporté	
				moyenne	e-type	moyenne	e-type
Justes et al (2013)	7	Tropical	12	506	431	17%	10%
	16	Tempéré	15	292	156	33%	10%
	25	Tous	14	376	308	25%	12%
Poeplau & Don (2015)	37	Tous	12	320	80		



Quel stockage de carbone induit par les CIMS ?

En plein champ, la levée des CIMS peut être très variable spatialement (et d'une année à l'autre), et donc le stockage de C aussi.

SPOT 4 18/07/2012 06/09/2012 15/11/2012 29/12/2012 03/03/2013 12/04/2013



La télédétection couplée à la modélisation est utile pour cartographier/objectiver le stockage de C



Carrefours de l'innovation
agronomique



4 octobre 2017

INP-ENSAT Auzéville | Toulouse

Quelles émissions de N₂O induites par les CIMS ?

Synthèse des expérimentations au champ

Intensité de suivi	Nombre de mesures	Durée mois	Nombre de traitements	Nombre de sites	Emissions cumulées de N ₂ O (kg N/ha/an)			
					sans CI	avec CI	Effet CI	
							moyenne	e-type
Faible	< 25	9	10	5	1.96	2.26	0.30	(0.78)
Moyenne	25 - 50	12	10	5	2.35	2.18	-0.17	(0.82)
Très forte	> 2800	28	4	2	1.50	1.50	0.00	(0.16)
Total			24	12	2.05	2.10	0.05	(0.02)

Justes et al. (2013)



Quel bilan GES induit par les CIMS ?

Synthèse

	Emission N2O		Stockage C		Machinisme	Total
	kg N/ha/an	kg CO2/ha/an	kg C/ha/an	kg CO2/ha/an	kg CO2/ha/an	kg CO2/ha/an
moyenne	0.05	23	-320	-1173	27	-1123
écart-type	0.74	344	-80	-293		
minimum*	0.79	367	-240	-880	27	-486
maximum*	-0.69	-321	-400	-1467	27	-1761

Justes et al. (2013)



Quel bilan GES induit par les CIMS ?

Effet très favorable des CIMS sur bilan GES mais ...

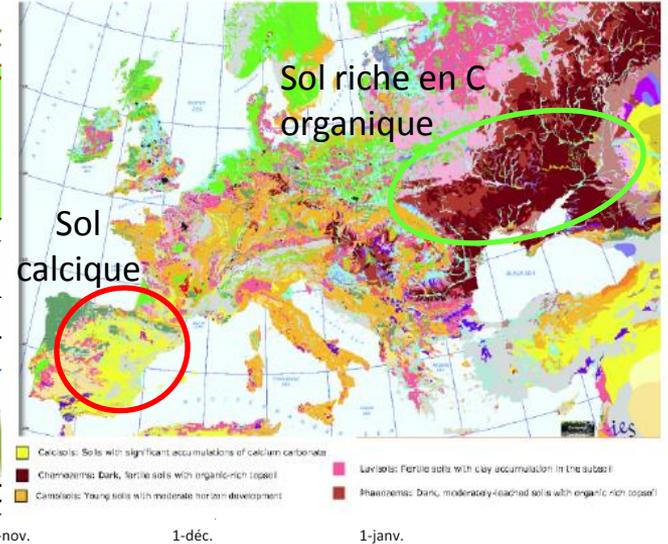
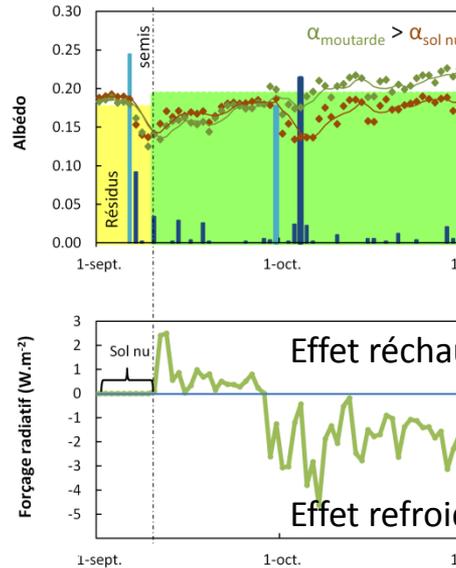
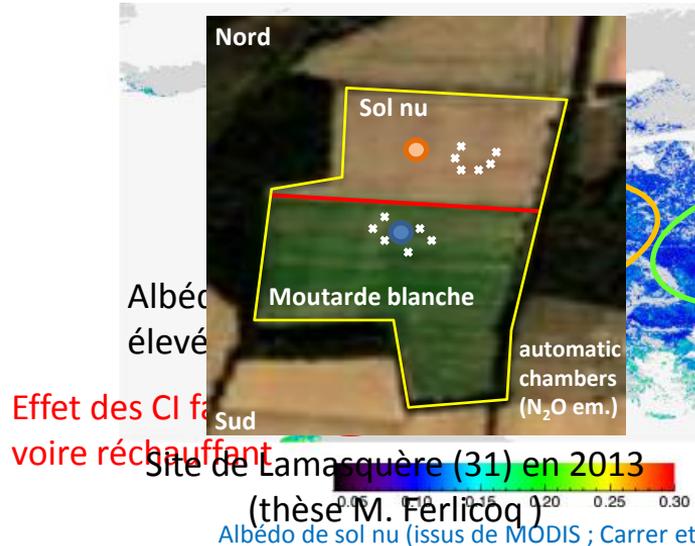
Effets à long terme non pris en compte :

- Stockage de carbone asymptotique → réduction du stockage annuel de C avec le temps
- Diminution du lessivage de nitrate → réduction des émissions de N_2O
- Augmentation de minéralisation N → réduction de fertilisation N

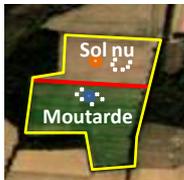


Quels effets biophysiques radiatifs induits par les CIMS ?

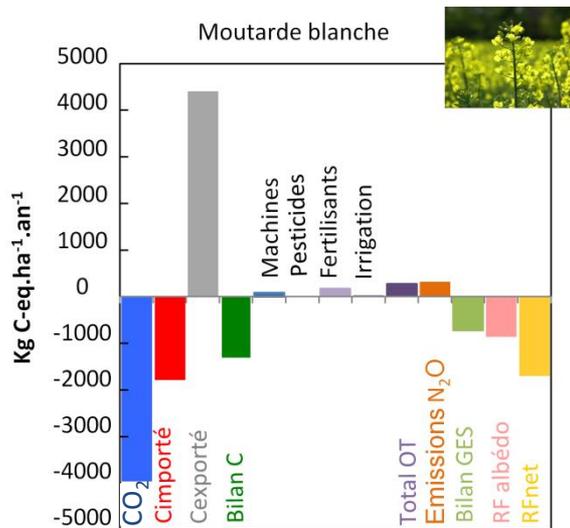
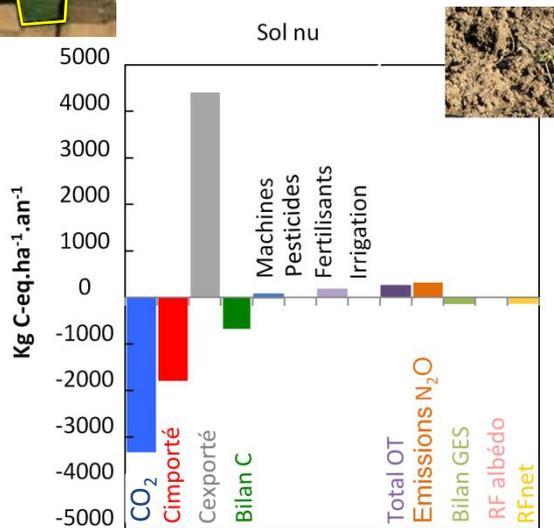
Effets Albédo : les CIMS permettent généralement d'accroître la quantité de rayonnement solaire (courtes longueurs d'ondes) renvoyés vers l'espace par rapport à un sol nu. Variation d'albédo de -3% à +20% (Kaye & Quemada, 2017).



Effets albédo vs effets biogéochimiques?



Comparaison blé – Moutarde (2.5 mois) vs blé- sol nu



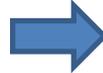
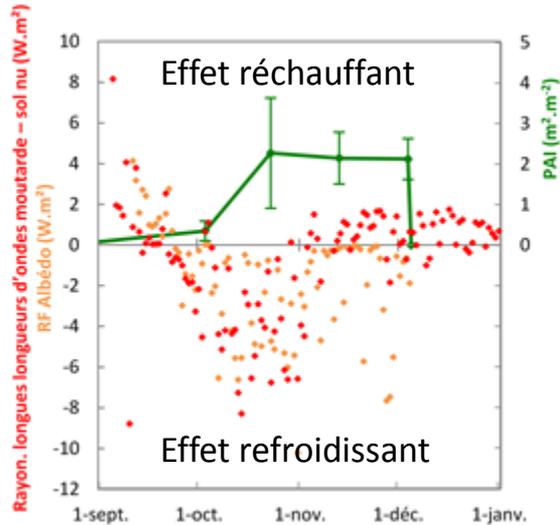
- 510 Kg de C/ha stockés par le CIMS,
- émissions GES des opérations techniques négligeables,
- effet albédo équivalent à un stockage de 720 Kg de C/ha (mais pas de consensus concernant le méthodologie de conversion).

Sur ce site, stockage de C et effet albédo pourraient être multipliés par 4 et 10, si CIMS maintenu 6.5 mois (Ferlicoq & Ceschia, 2015). Cet effet modélisé à l'échelle de l'Europe peut représenter 150-300 Mt CO₂-eq (30 à 60% des émissions de GES du secteur agricole).



Quels effets biophysiques radiatifs induits par les CIMS ?

Effets sur le rayonnement InfraRouge thermique (interagit avec les GES) :



- Effet refroidissant des CIMS via la ↓ du rayonnement IR thermique équivalent à l'effet albédo.

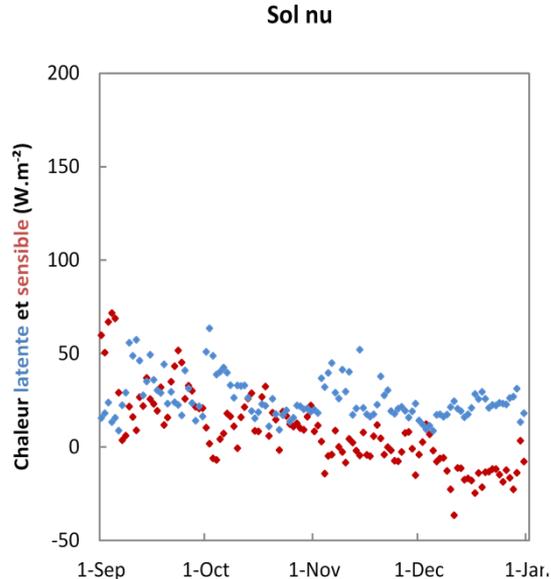
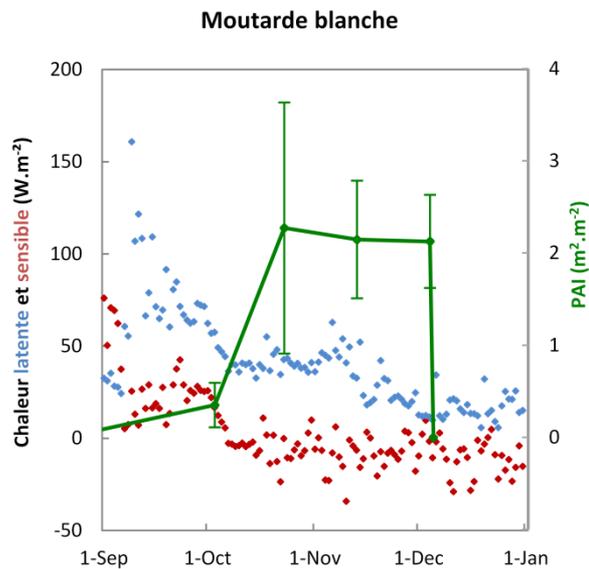
- Les CIMS diminuent la quantité d'énergie disponible à la surface par rapport au sol nu → -2.5 °C dans le sol entre 0-5 cm de sol.

Probable ↓ de la vitesse de minéralisation de la MO dans le sol



Quels effets biophysiques non-radiatifs induits par les CIMS ?

Non seulement les CIMS réduisent la quantité d'énergie totale disponible en surface mais ils modifient aussi la façon dont elle va être répartie / consommée pour produire des flux de **chaleurs sensible** ou pour l'**évapotranspiration** ?



- Les CIMS \uparrow l'évapotranspiration et réduisent les flux de chaleur sensible ce qui tend à refroidir le climat (Boucher et al., 2004),
- Effet global difficile à quantifier mais effet local/régional sur la température de l'air en surface non négligeable et facile à estimer (Georgescu et al., 2011).



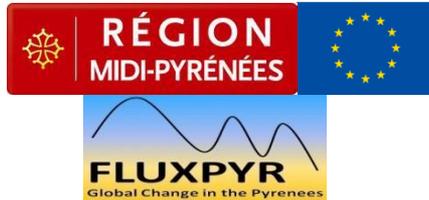
Conclusions

- Les CIMS permettent de stocker en moyenne près de 350 kg C.ha⁻¹.an⁻¹. Ces valeurs sont compatibles avec l'objectif « 4 pour mille » qui a été fixé dans le cadre de la COP21,
 - Les émissions additionnelles de N₂O et celles liées aux opérations techniques sont pratiquement négligeables,
 - Les effets biophysiques radiatifs (albédo et thermiques) sont d'un ordre de grandeur égal au stockage de C et ont en général un effet global refroidissant sur le climat qui rentre en synergie avec les effets biogéochimiques,
 - Les effets biophysiques non-radiatifs (liés à l'augmentation de l'ETR) contribuent aussi à refroidir le climat à l'échelle globale mais leur intensité est plus difficilement comparables aux autres effets. Ils contribuent aussi directement à abaisser localement/régionalement la température (ressentie) de l'air en surface.
- ➔ Les CIMS constituent donc un levier efficace d'atténuation des changements climatiques



Merci pour votre attention

Remerciements à nos équipes terrain et aux financeurs :



Carrefours de l'innovation
agronomique



4 octobre 2017
INP-ENSAT Auzerville | Toulouse