Les pratiques agroécologiques permettent-elles d'atténuer le réchauffement climatique, notamment via le stockage de carbone et la respiration du sol ?

Nicolas L. Breil – Doctorant en 3eme année

Thèse encadrée par Nathalie Pellé et Thierry Lamaze

Changement climatique et respiration du sol

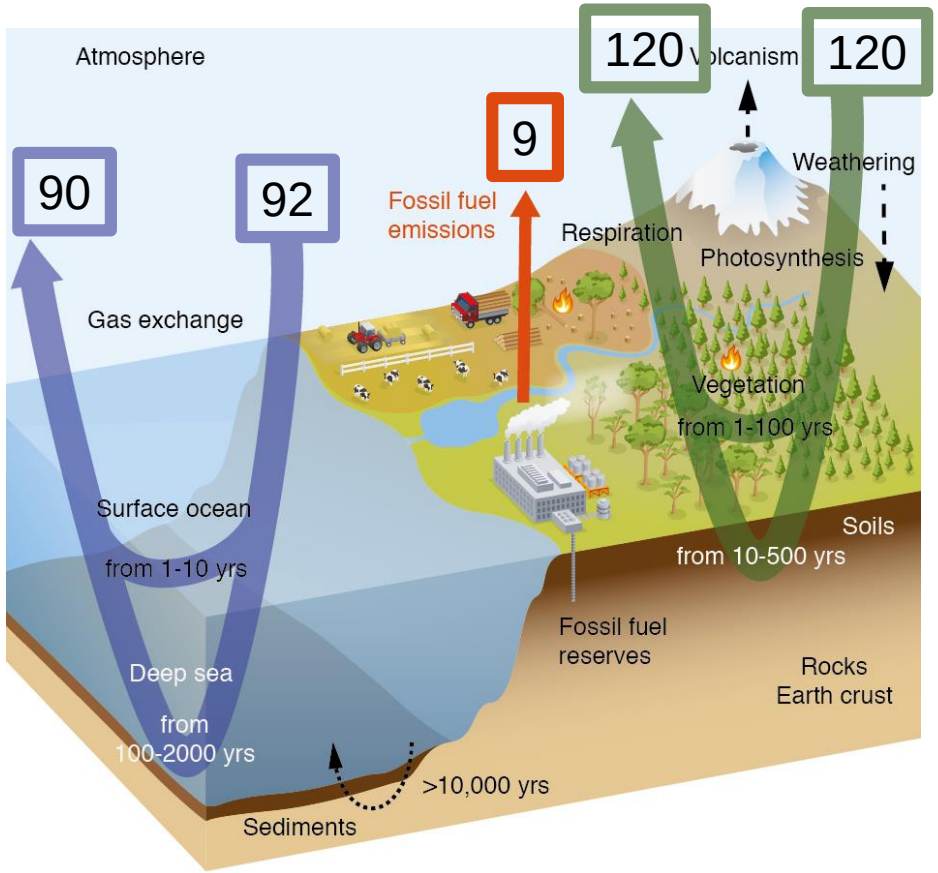
- Respiration des écosystèmes (120 Gt C an^{-1})
  - Respiration autotrophe aérienne

    (60 Gt C an^{-1})
  - Respiration du sol (Rs)

    (60 Gt C an^{-1})
    - Respiration autotrophe (racines)
    - Respiration hétérotrophe (microorganismes)

50 à **80 %** de la Rs dans les cultures de maïs

(*Zhang et al., 2013; Jiang et al., 2010; Hao and Jiang, 2014;…*)



Influencé principalement par la **température** et l'**humidité**

(Bond-Lamberty and Thomson., 2010)

GIEC - 2013

Quels sont les impacts des pratiques agroécologiques combinées sur les stocks et flux de carbone du sol ?

- Agroécologie Vs Conventionnelle ?
- Influence des **caractéristiques pédologiques** des sites ?
- Influence des variables pédoclimatiques sur le cycle du carbone du sol ?

Pratiques agroécologiques et carbone du sol

	Matière Org.	Respiration	Ref.	Culture	Région	Mesure
Labour	- Surface + Profondeur	+ / -	Belesdent et al., 1990 Al-Kaisi and Yin, 2005 …	Blé hiver / maïs Blé d'hiver / soja	Europe / Asie / USA	IRGA / Dosage
Non-labour (NoLab)	+ Surface - Profondeur	- / +				
Couverts intermédiaire (CIMS)	+ / -	/	Peoplau et al., 2015 Blaco-Canqui et al., 2011 …	Blé d'hiver / maïs Maïs / soja Blé / sorgho	Europe / Asie /USA	IRGA / Dosage
Labour – NoCIMS	- -	/	Olson et al., 2014 Huang et al., 2020 …	Maïs / soja Blé d'hiver / maïs	Europe / Asie / USA	IRGA / Dosage
NoLab – NoCIMS	-	/				
Labour – CIMS	+	/				
NoLab - CIMS	+ + +	/				

Pratiques agroécologiques et carbone du sol

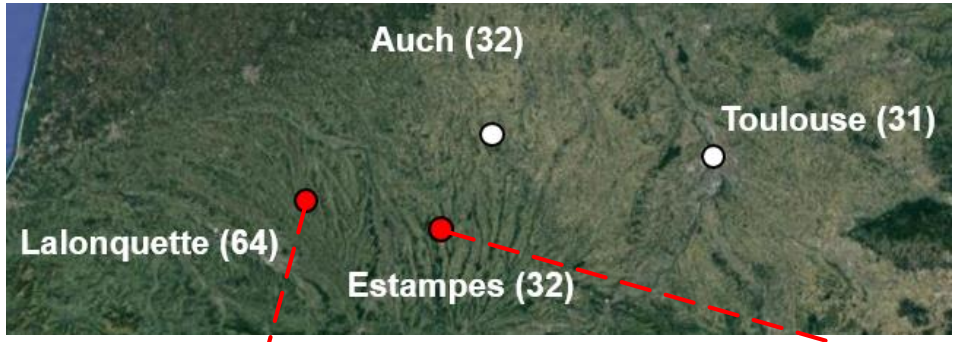
	Matière Org.	Respiration	Ref.	Culture	Région	Mesure
Labour	- Surface + Profondeur	+ / -	Belesdent et al., 1990 Al-Kaisi and Yin, 2005	Blé hivers / maïs Blé d'hivers / soja	Europe / Asie / USA	IRGA / Dosage
Non-labour (NoLab)	+ Surface - Profondeur	- / +				
Couverts intermédiaire (CIMS)	+ / -	/	Poeplau et al., 2015 Blaco-Canqui et al., 2011 ...	Blé d'hivers / maïs Maïs / soja Blé / sorgho	Europe / Asie /USA	IRGA / Dosage
Labour – NoCIMS	- -	/				
NoLab – NoCIMS	-	/	Olsen et al., 2016 Huang et al., 2020 ...	Maïs / soja Blé d'hivers / maïs	Europe / Asie / USA	IRGA / Dosage
Labour – CIMS	+	/				
NoLab - CIMS	+ + +	/				

Effet des pratiques **isolées** :
Bien renseignées

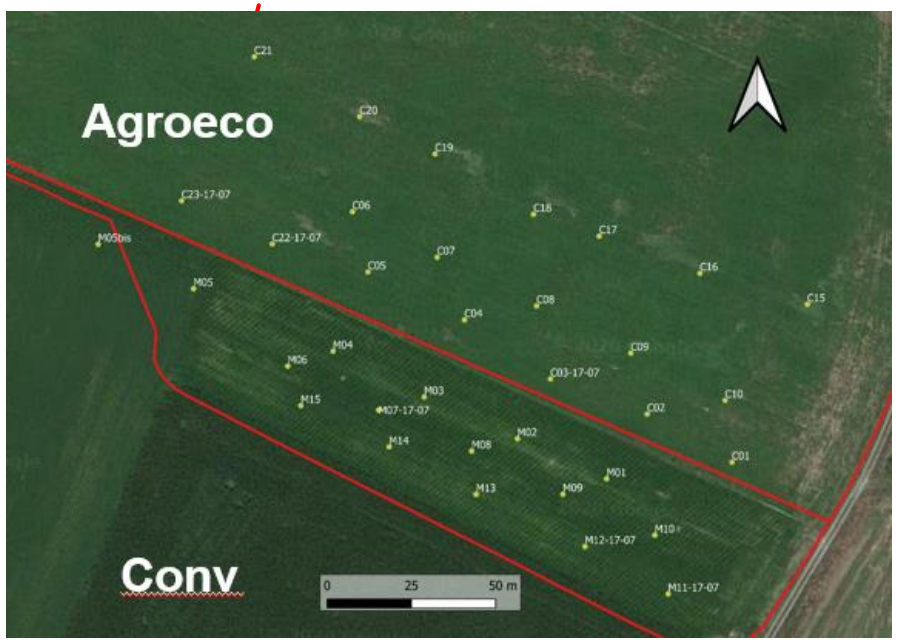
Effet des pratiques **combinées** :
Peu renseignées

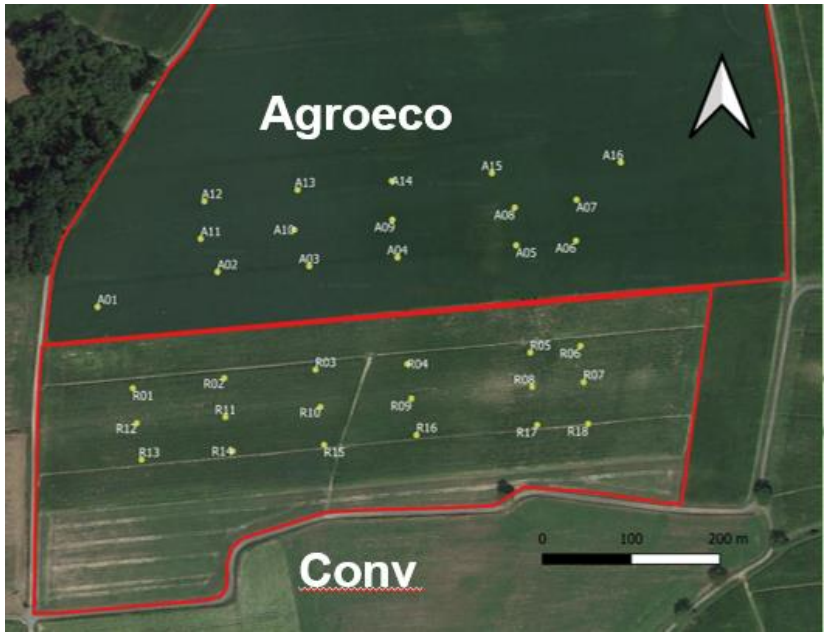
Sites expérimentaux

Parcelles couples du projet **BAG'AGES**



- *Lalonquette (64)*
  Non-labour et CIMS depuis **2006**
- *Estampes (32)*
  Non-Labour et CIMS depuis **2000**





Le carbone organique du sol

Carbone organique du sol (SOC)

plus important en Agroeco qu'en Conv

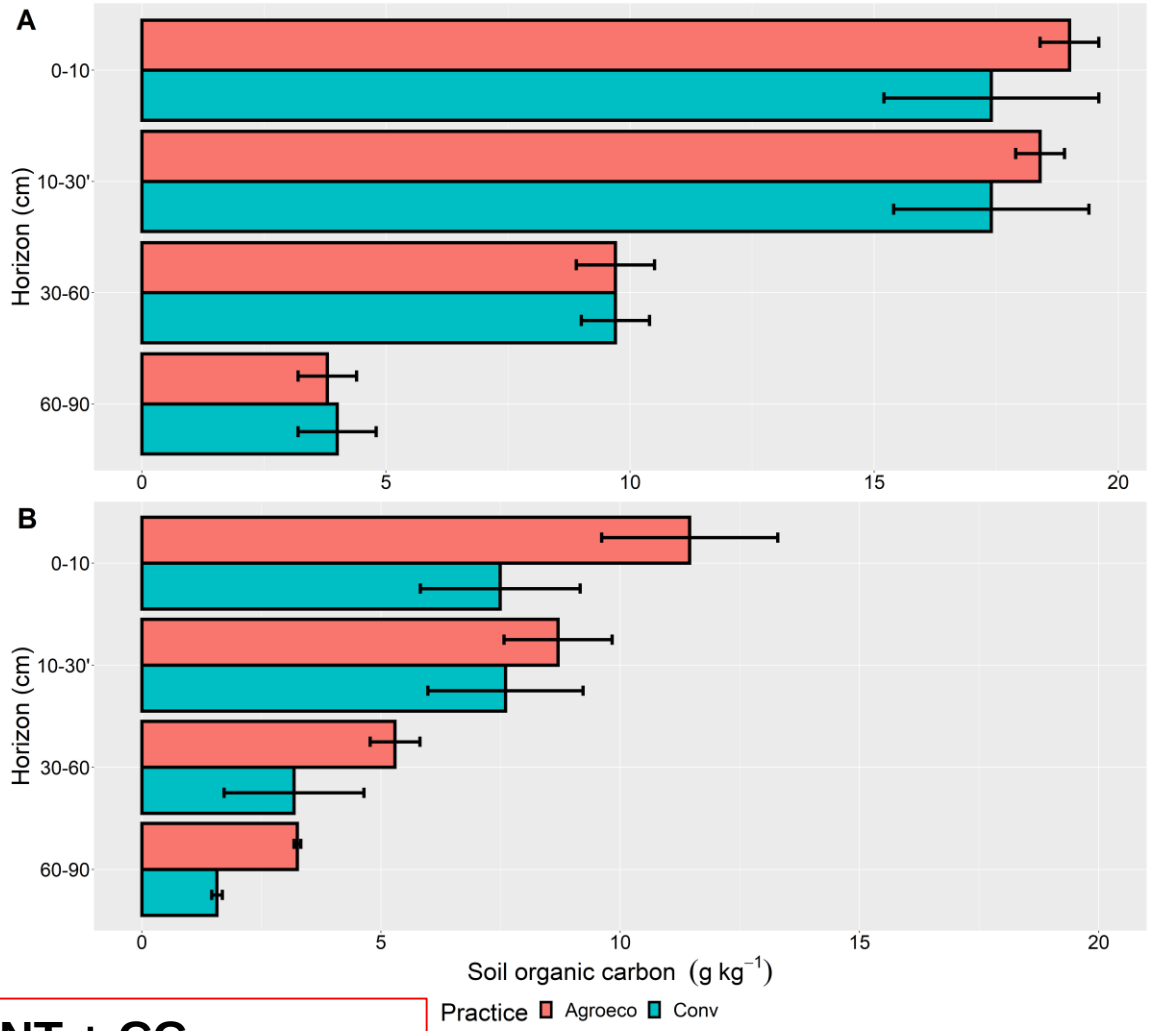
- *Lalonquette (A)*

Peu de différence significative sur tout le profil (+ 3% en Agroeco) !

- *Estampes (B)*

Différences significatives sur l'ensemble du profil (**+ 49%** en Agroeco)

SOC en profondeur **deux fois** plus important en Agroeco !



Impact des pratiques **NT + CC**
Limite due à la **capacité d'accumulation** de SOC

La respiration du sol

- *Lalonquette (A)*

[0.09 - 1.38] g CO_2 m^{-2} h^{-1}

Faible dispersion des valeurs et flux modérés

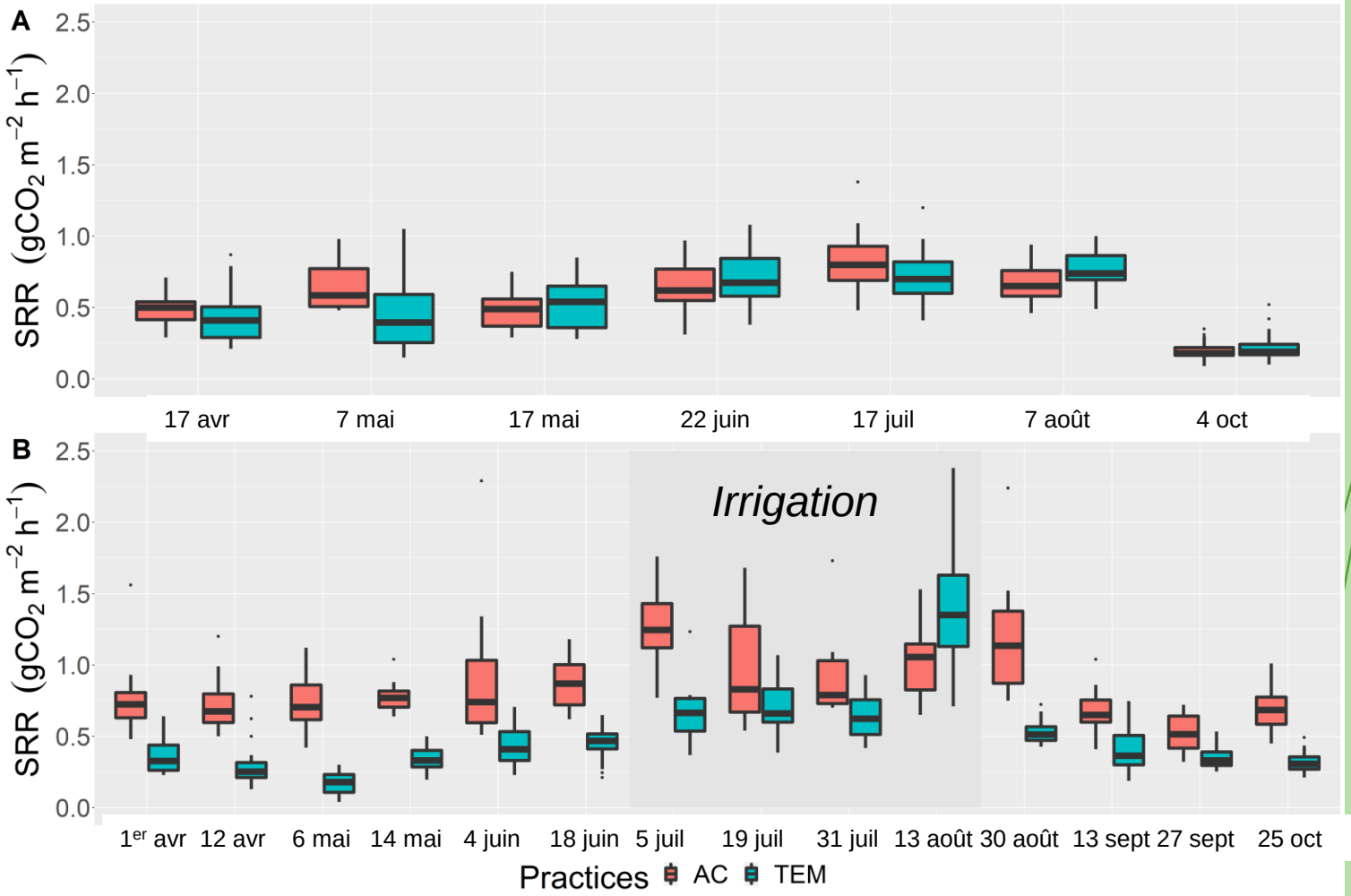
Pas de différence de flux

- *Estampes (B)*

[0.04 - 2.38] g CO_2 m^{-2} h^{-1}

Forte dispersion des valeurs et flux élevés

Différences significatives avec des flux plus importants en **Agroeco**



Impact du système de culture sur les flux et stocks de carbone du sol

NT + CC => ↗ Rs et SOC
en particulier dans les sols à faible teneur initiale en SOC
et forte capacité d'accumulation

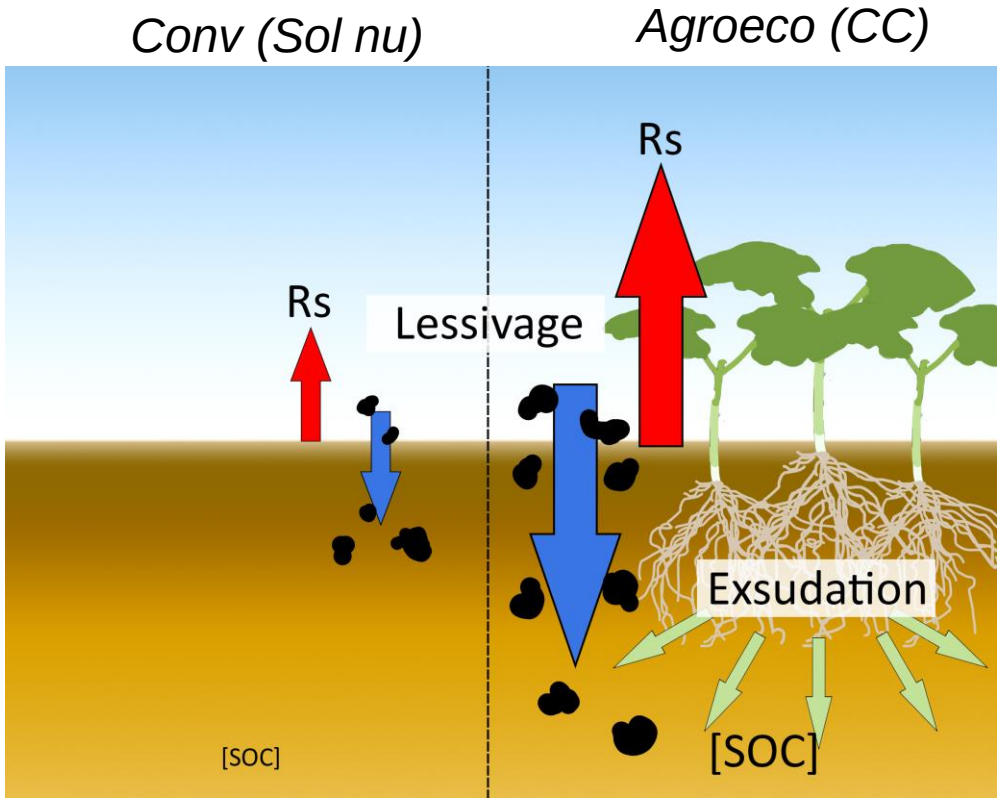
Racines des CC
⇒ Exsudation
⇒ Augmentation du lessivage

NT + CC
Augmentation du SOC à l'échelle du **profil de sol**

Fort impact du **type de sol**
⇒ Type de sol
⇒ Capacité d'accumulation

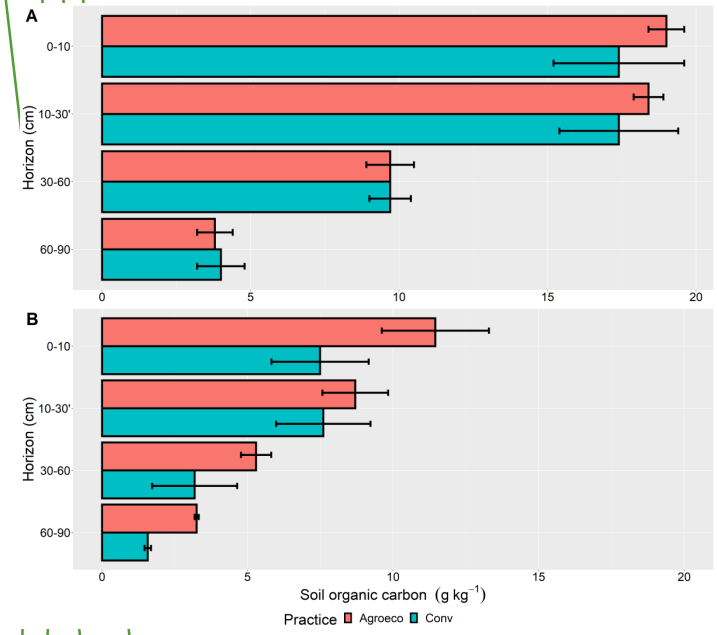
Forte capacité de stockage de carbone
⇒ **Grand potentiel** des pratiques agroécologiques
Faible capacité de stockage du carbone
⇒ **Petit potentiel** des pratiques agroécologiques

La **qualité** du carbone du sol explique-t-elle ces différences ?



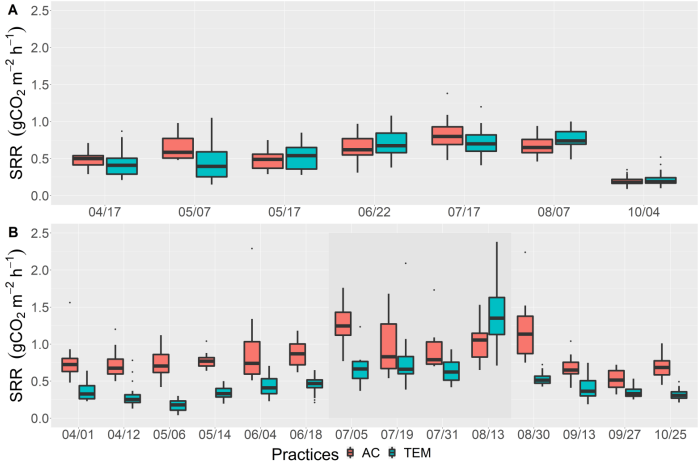
Conclusions principales et *take home message*

La combinaison **NT + CC** a significativement **augmenté** la **respiration** et le **stockage** du carbone dans les sols, en particulier dans les sols à faible teneur en SOC



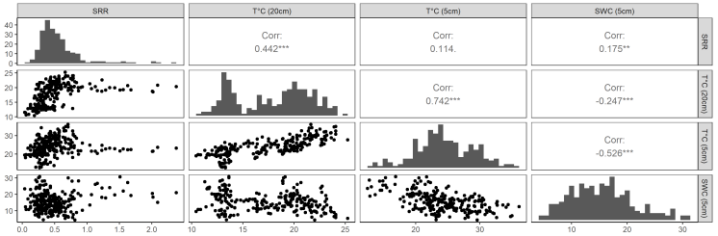
[SOC] élevée
faible dispersion et faibles valeurs des flux de respiration et faible capacité d'accumulation du SOC

[SOC] faible
grande dispersion et valeurs élevées des flux respiratoires et forte capacité d'accumulation du SOC



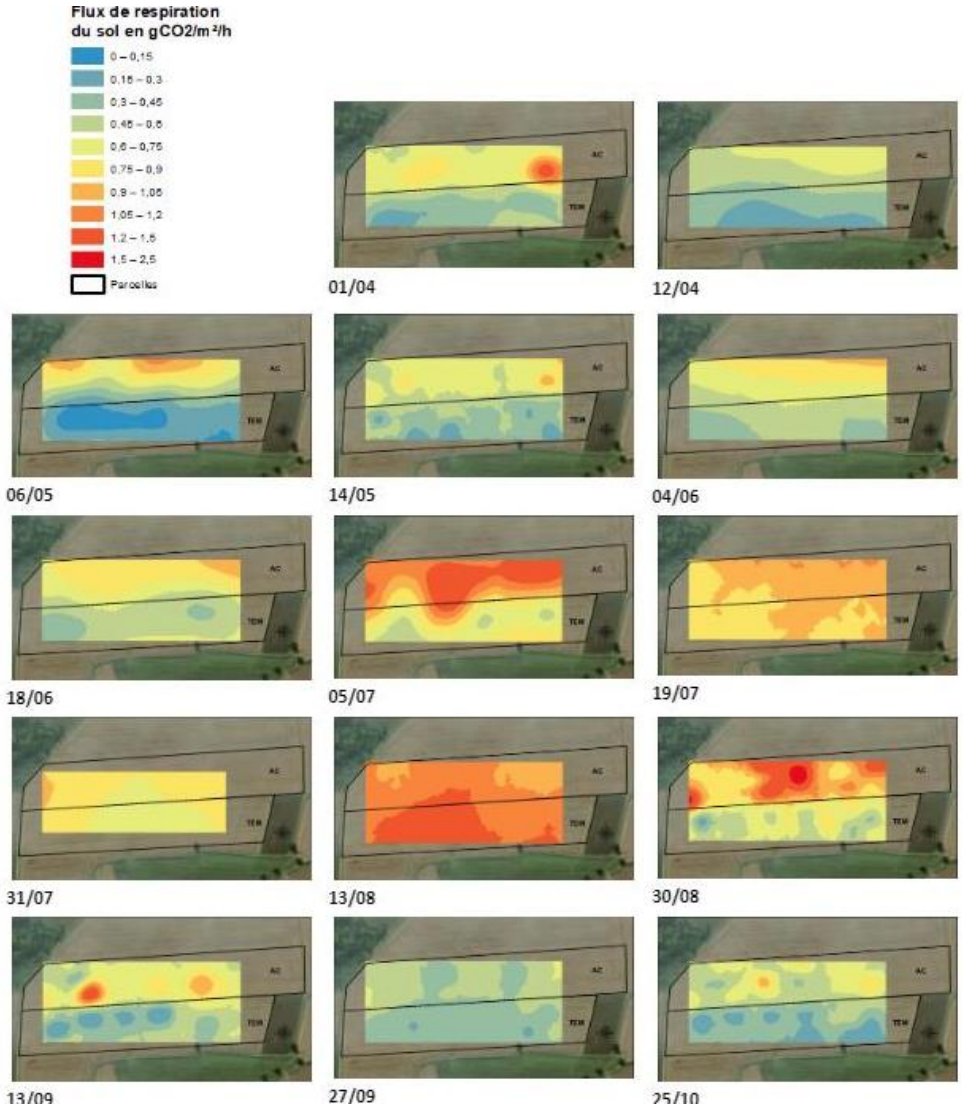
CC => **mulch** restant sur le champ :

- Permet au sol de **rester humide** en surface ce qui maintient les activités biologiques
- **Réduit les variations diurnes de températures** et protège le sol des fortes chaleurs



Perspectives

- Qualité du carbone, stabilité structurale
- Analyse spatiale (drone, télédétection,etc.)
- Amélioration modèle agro-météorologique (formalisme de respiration, prise en compte de l'effet priming)
- Impact des pratiques agroécologiques sur les autres GES

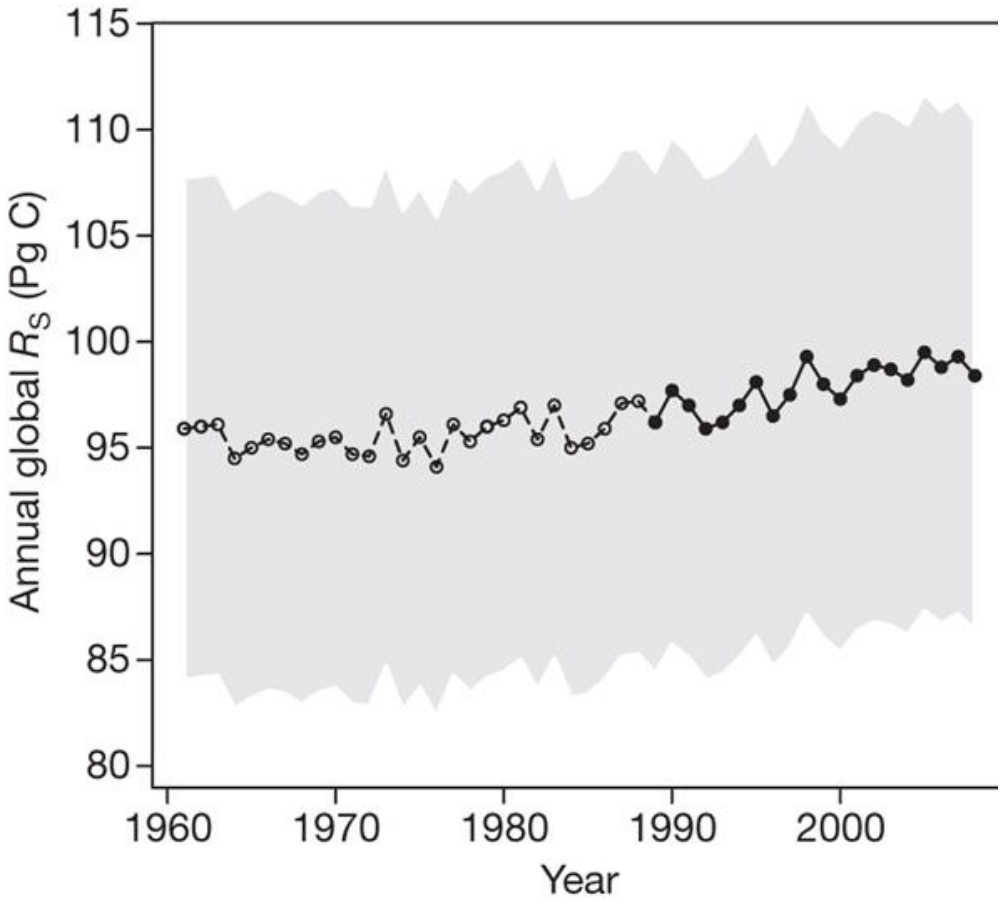


Merci de votre attention

Annexes

Changement climatique et respiration du sol

- La respiration du sol **augmente** depuis plus de 60 ans
  - **Accélération** du cycle du carbone en lien avec un augmentation des températures moyennes globales
- Améliorer le stockage de carbone des sols, limiter la respiration, etc.
  - Pratiques agroécologiques

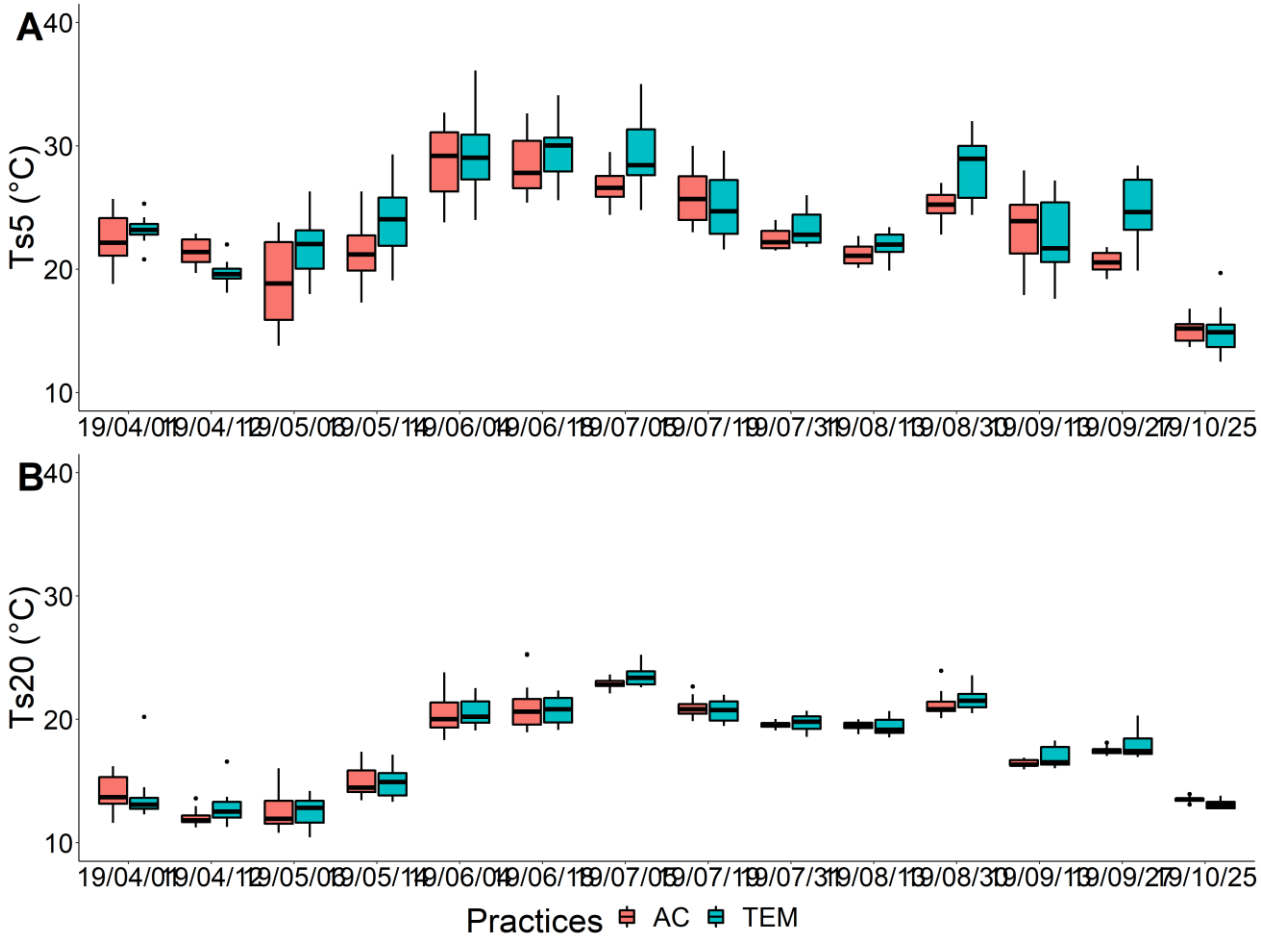


(Bond-Lamberty and Thompson, 2010)

Température du sol (Estampes)

Pas de différences significatives observées sur l'ensemble de la saison.

Dispersion plus étalée pour T5 qu'à T20 dues aux plus grandes variations



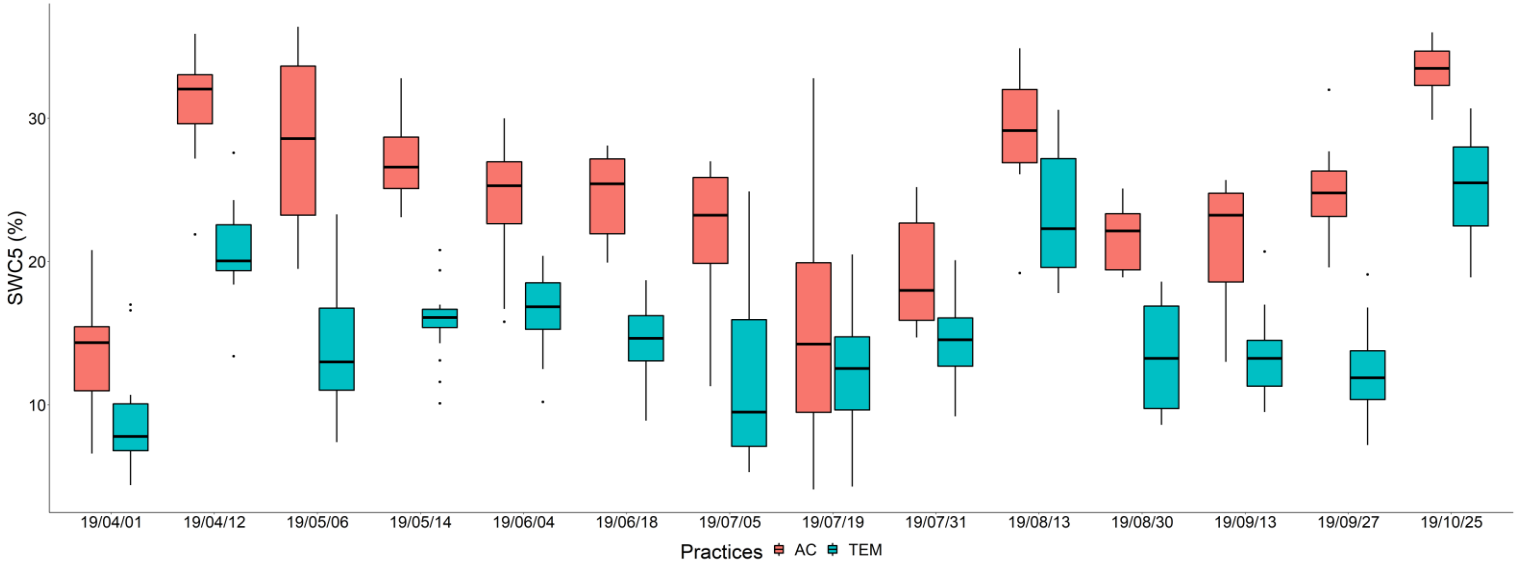
Humidité du sol (Estampes)

Différences significatives à l'échelle de la saison.

SWC plus grande en Agroeco qu'en Conv

⇒ Rôle du mulch : isolant et réduction d'ET

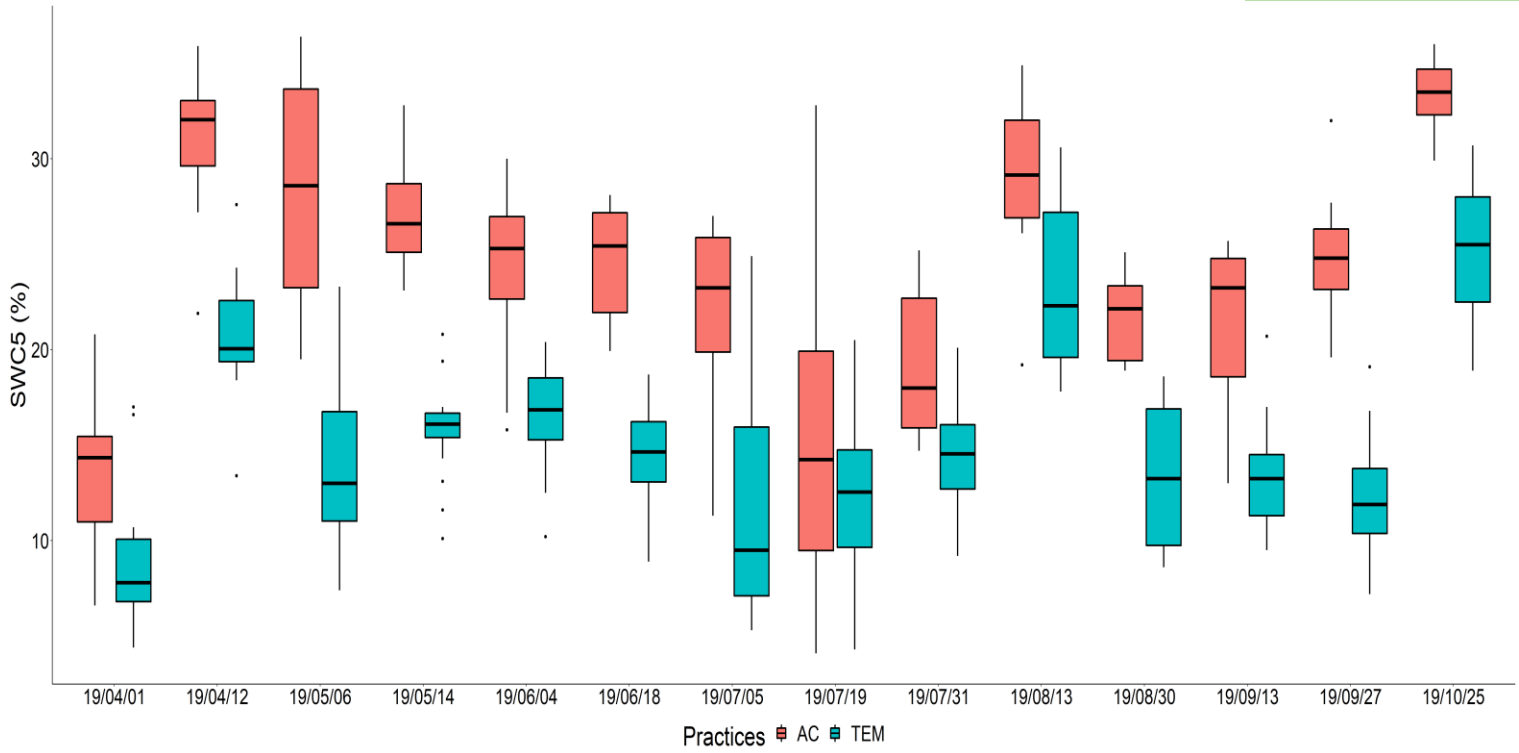
⇒ Plus de porosité du sol ?



⇒ Agroeco > Conv avant semis (**CIMS**) : prélèvement d'eau plus important non-observé ?

- ⇒ **SOC** : impact positif sur la capacité de rétention en eau (Lal, 2020)
- ⇒ **RU de surface** en Agroeco > à Conv

Horizon	**RU**	
cm	**(mm)**	
ABA (2016)	Agroeco	Conv
0-5cm	**10.4 ± 1.0**	**9.3 ± 1.0**
5-10cm	9.2 ± 1.0	9.5 ± 1.1
10-25cm	27.6 ± 2.6	24.6 ± 4.2
25-50cm	32.9 ± 11.9	40.8 ± 6.0

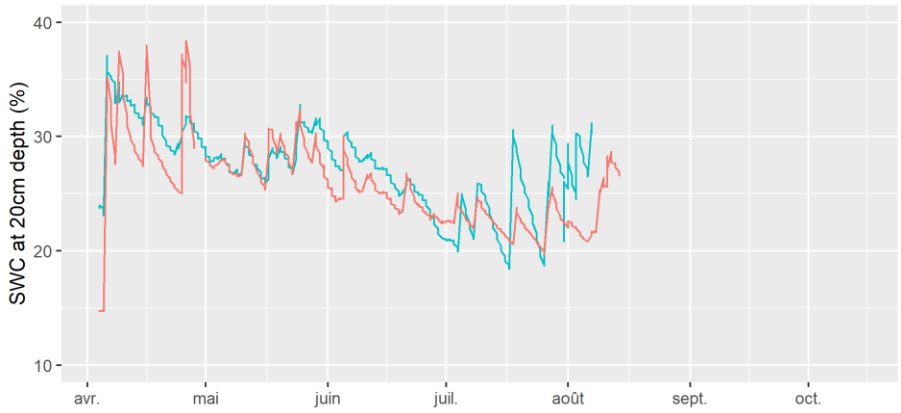


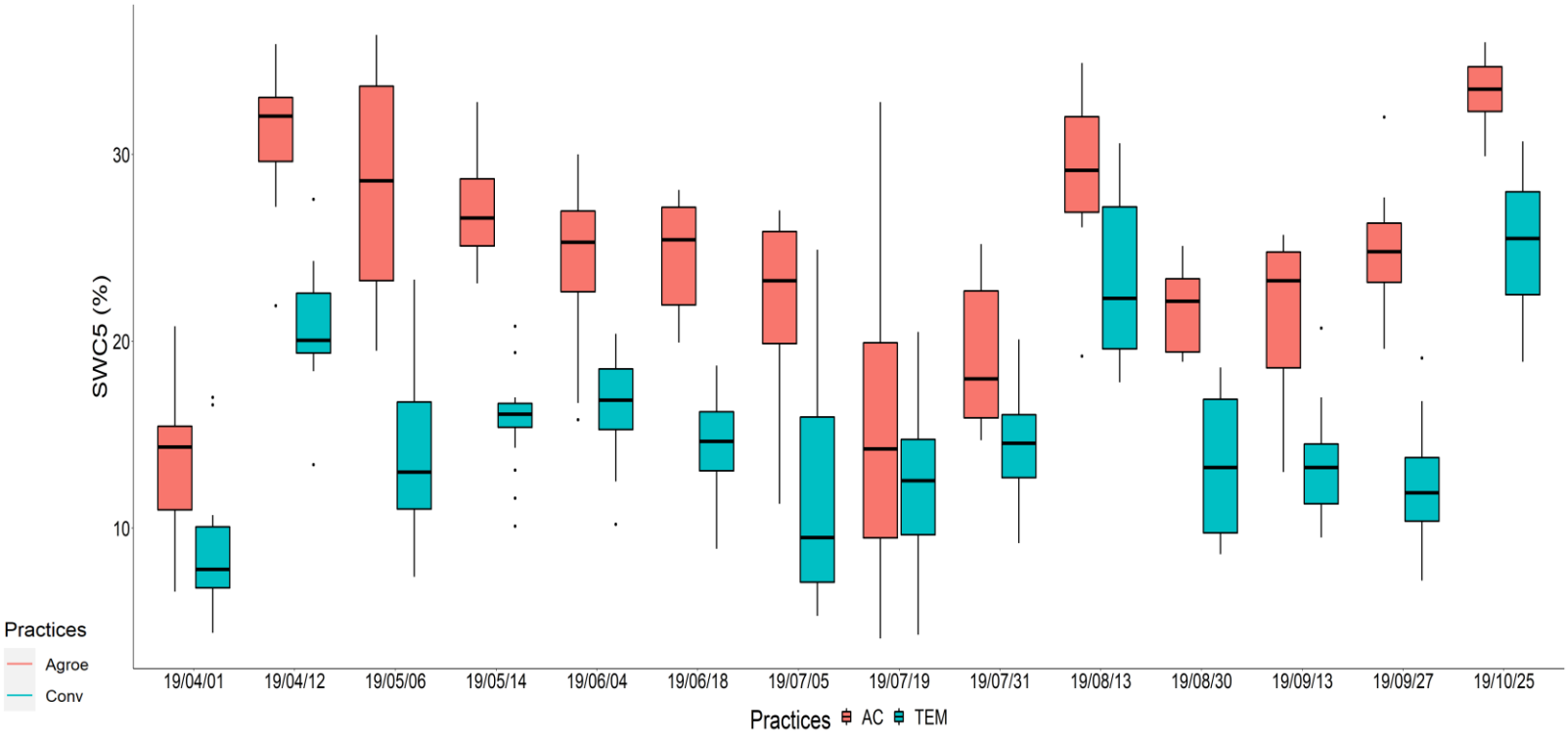
⇒ Agroeco > Conv avant semis (**CIMS**) : prélèvement d'eau plus important non-observé ?

- ⇒ **SOC** : impact positif sur la capacité de rétention en eau (Lal, 2020)
- ⇒ **RU de surface** en Agroeco > à Conv

Horizon	**RU**	
cm	**(mm)**	
ABA (2016)	Agroeco	Conv
0-5cm	**10.4 ± 1.0**	**9.3 ± 1.0**
5-10cm	9.2 ± 1.0	9.5 ± 1.1
10-25cm	27.6 ± 2.6	24.6 ± 4.2
25-50cm	32.9 ± 11.9	40.8 ± 6.0

⇒ Dynamique similaire observée sur les courbes d'humidité





Densités apparentes et racinaires moyennes

- Densités apparentes identiques

⇒ Cohérent avec les résultats de granulométrie, physique du sol

- Densités racinaires différentes

⇒ Pas explicable par seulement la densité de semis (Agroeco : 90 000 plt ha^{-1}, Conv : 83 400 plt ha^{-1})

⇒ Inter-rang Agroeco (40cm) < Conv (80cm)

⇒ Racines CIMS

	Agroeco	**Conv**
Densité apparente (g cm^{-3})	1.62	1.62
Densité racinaire MS (mg cm^{-3})	0.34	0.09

Capacités d'accumulation de carbone

- Impact du système de culture sur le C organique du sol

CIMS moins efficaces que prévu à CAS, mais plus efficaces que prévu à ABA

⇒ CAS : phénomène de saturation en MO des sols (Chen et al., 2019) ?

⇒ ABA : Fort potentiel de stockage de C

	[SOC] Agroeco CAS (10 ans)	**[SOC] Agroeco ABA (16 ans)**
Attendu (*) (t SOC ha^{-1} an^{-1})	+ 0.30 [0.20 – 0.45]	+ 0.31 [0.25 – 0.70]
Observé (t SOC ha^{-1} an^{-1})	+ 0.18	+ 0.77

**selon les prévisions de Peoplau et Don (2015)*

Effet **combiné** des pratiques agroécologiques?