ARVALIS

Agriculture de conservation des sols : quels résultats en grandes cultures méditerranéennes ?

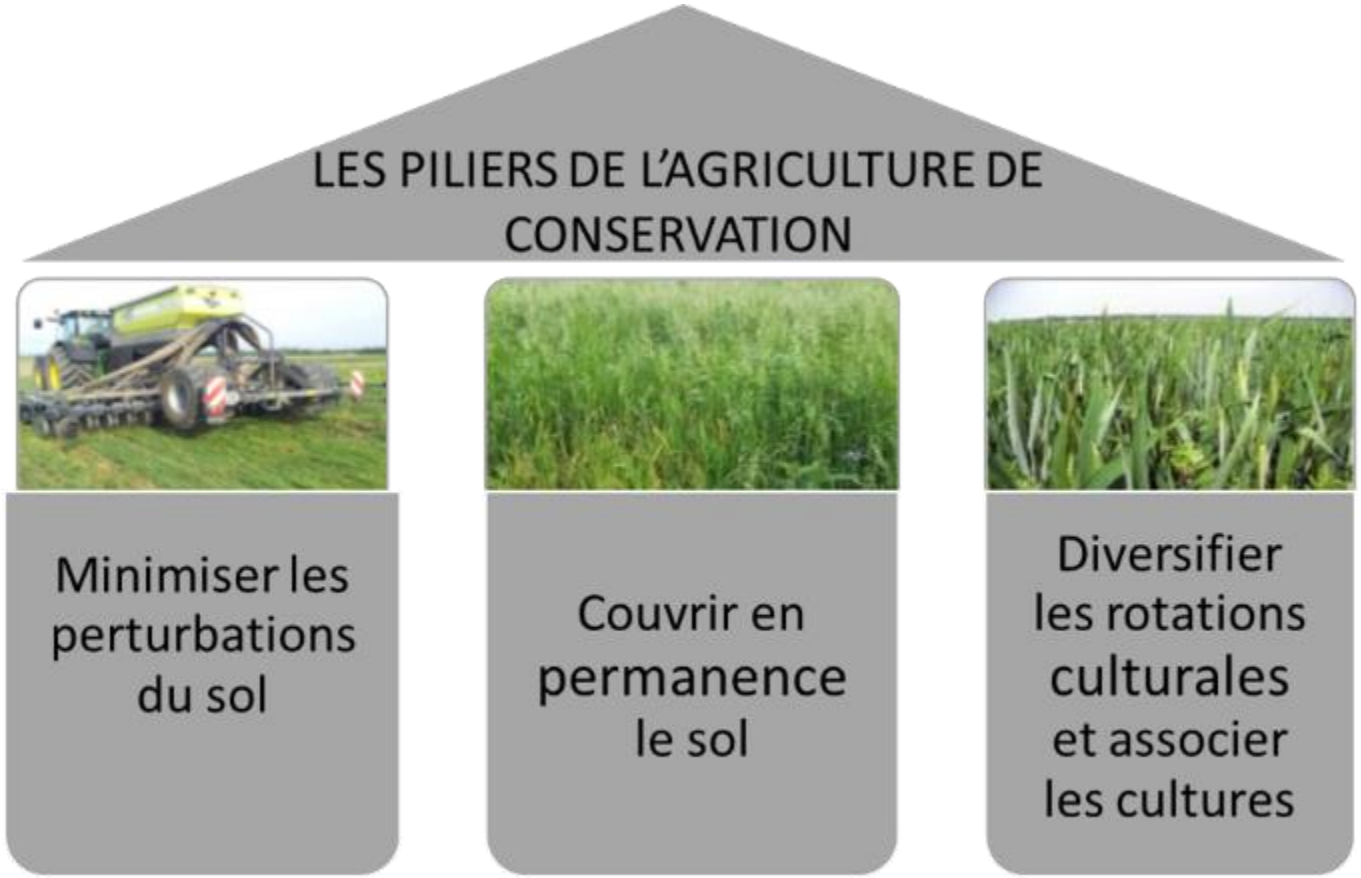
Mathieu Marguerie, Ingénieur Régional Arvalis
m.marguerie@arvalis.fr

Rencontres RED Avignon, 26/11/2024

Au programme

- ACS: de quoi parle t-on ?
- Essai d'Oraison : 12 ans de recul en grandes cultures dans le Sud-Est.
- Effets de l'ACS sur les fertilités chimiques, physiques et biologiques des sols.
- Quels effets de l'ACS sur les dynamiques de l'eau dans le sol ?

ACS : de quoi parle t-on ?



Sources : FAO, 2008

Mettre au point les itinéraires techniques de l'ACS en conditions climatiques méditerranéennes

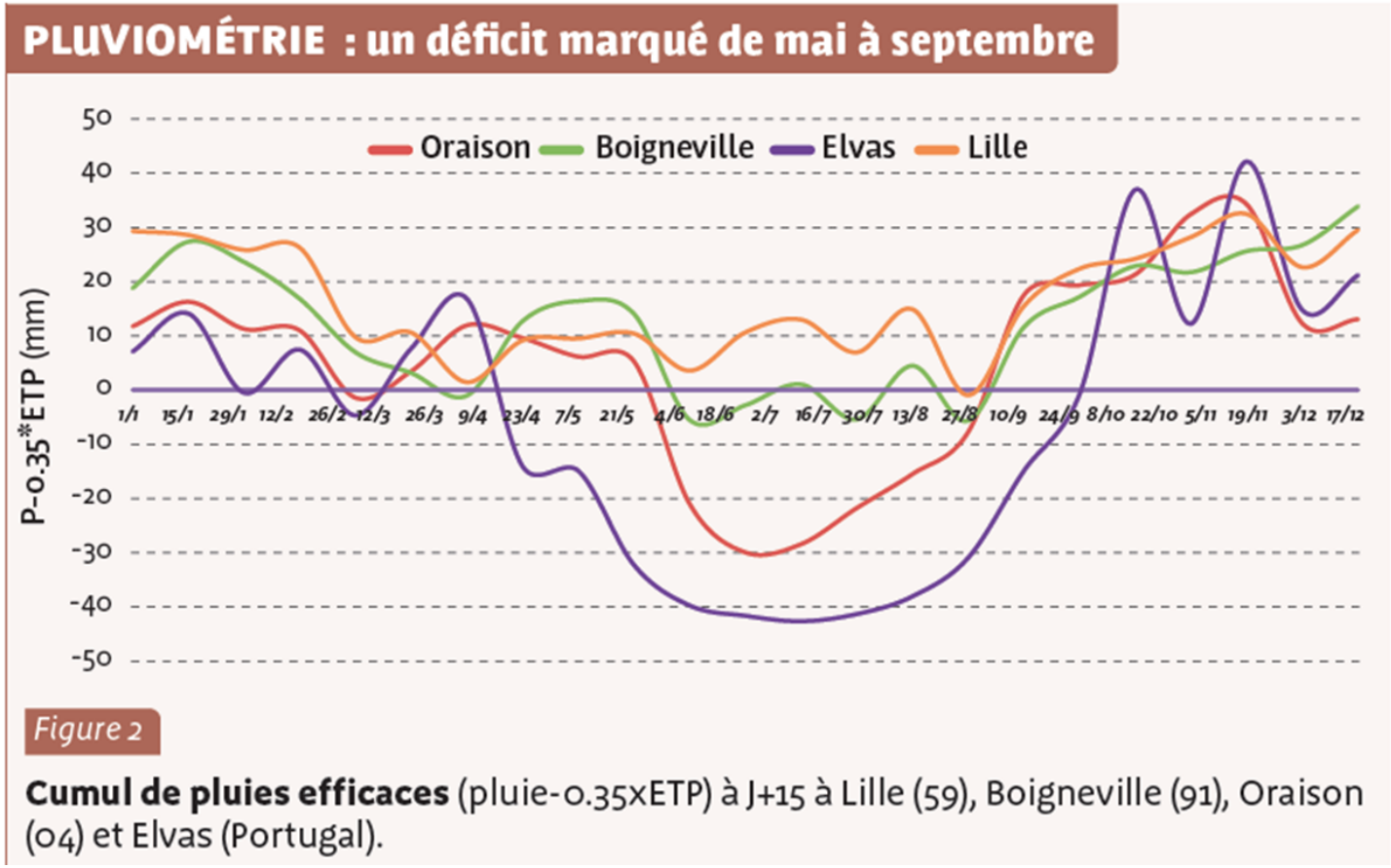


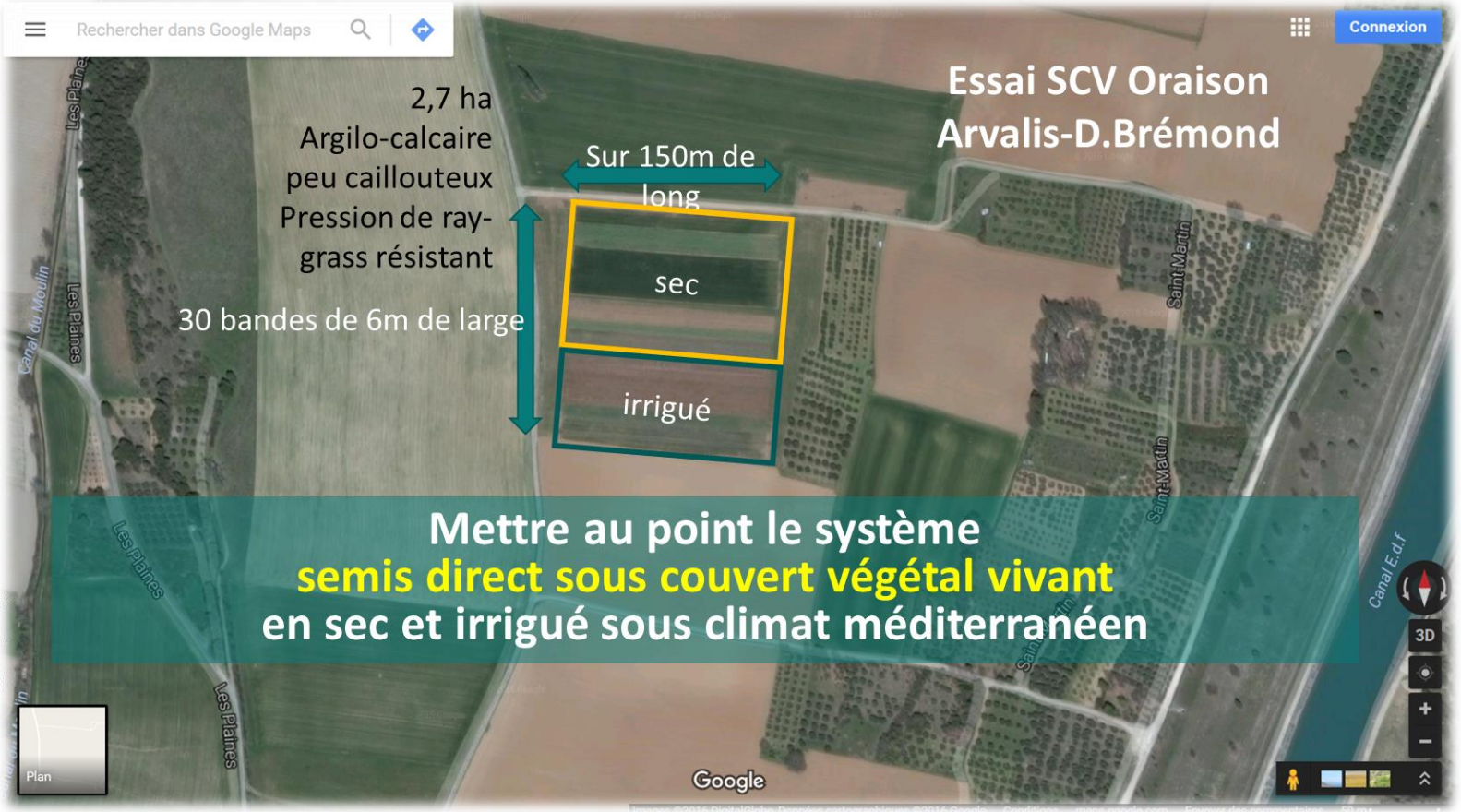
Figure 2

Cumul de pluies efficaces (pluie-0.35xETP) à J+15 à Lille (59), Boigneville (91), Oraison (04) et Elvas (Portugal).

Médianes 20 ans

- Comment garantir la couverture maximale des sols en régime hydrique contraint ?
- Quelles séquences de cultures les plus favorables pour leur réussite ?
- Quels itinéraires techniques adaptés à l'ACS ?

Oraison : un essai démarré depuis 2013 intégralement dédié à l'ACS

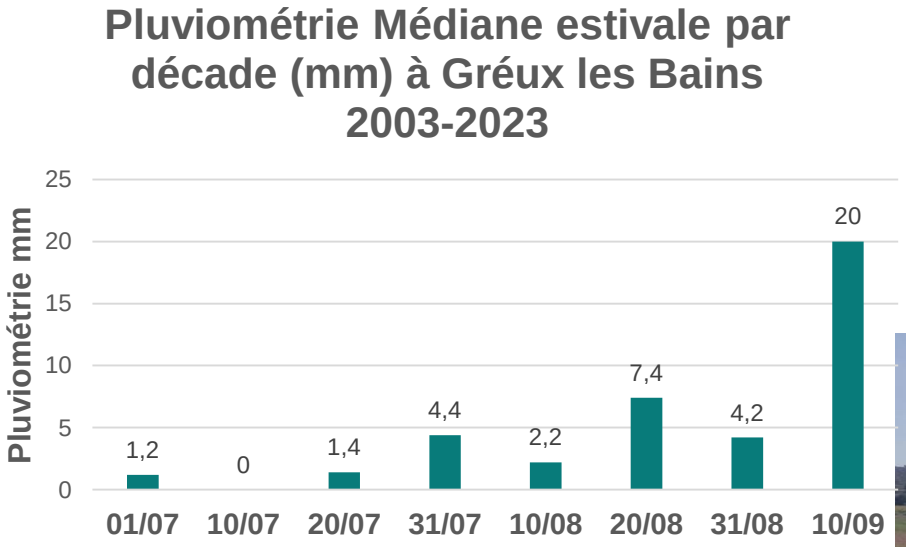


- Collaboration Arvalis-Daniel Brémond.
- Argilo-calcaire peu caillouteux.
- Limon (48%) –argilo (24%) – sableux (14%)
- RU=120 mm
- Absence totale de travail du sol.
- Aucun apport de MO extérieur.
- Historique ray-grass résistant.
- Utilisation méthode « Diagchamp »

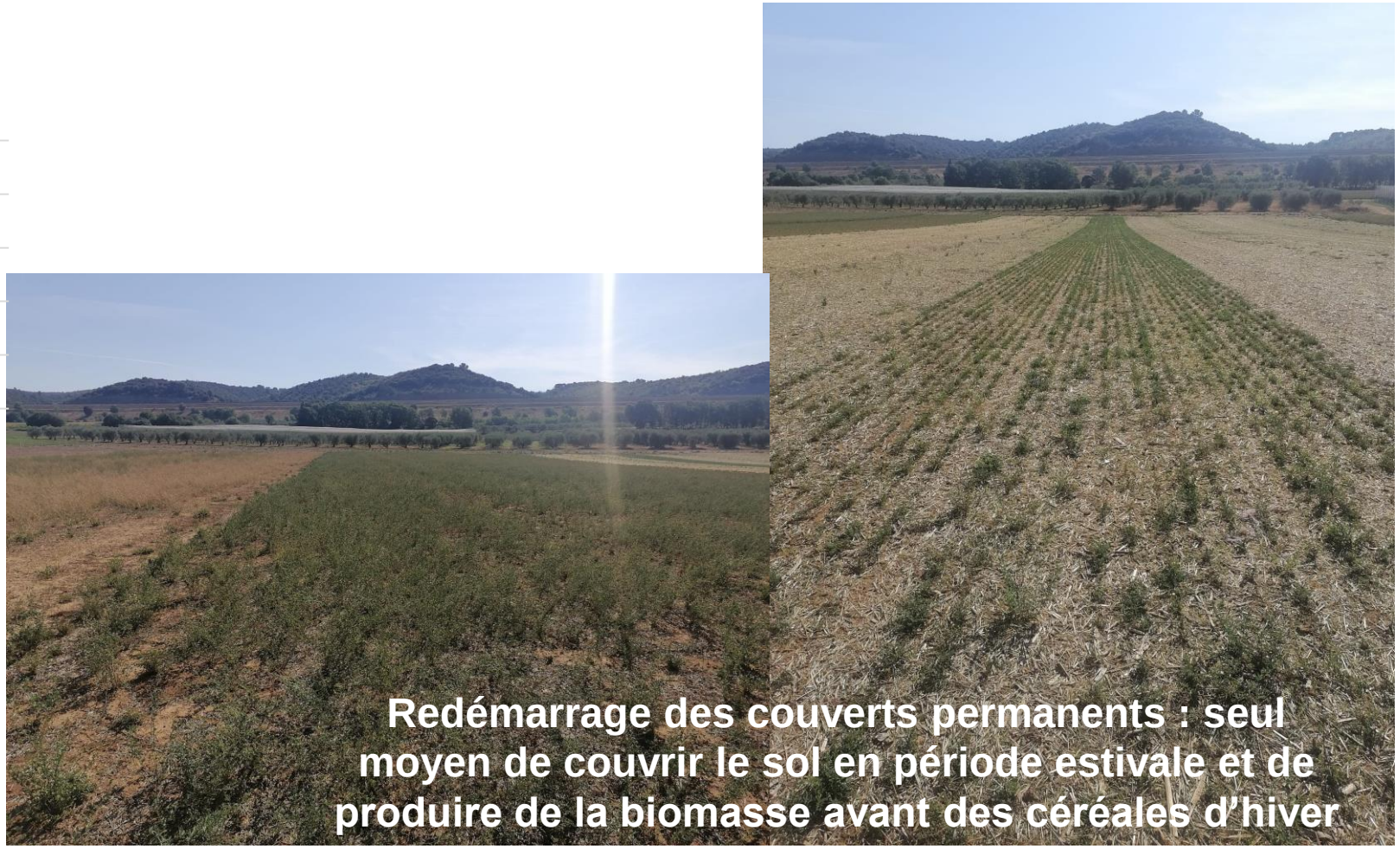
Mise au point des itinéraires techniques en ACS « stricte » en conditions méditerranéennes : Couverts, rotations, itinéraires techniques cultures

Caractérisation multiperformance du système : Performances économiques, environnementales, sol.

Les couverts semi-permanents pour maximiser la couverture estivale des sols



En PACA : sur les dix dernières années, possibilité de semis de couverts post-moisson **seulement 2 années/10.** (pluie > 25mm entre le 01/07 et le 05/08)

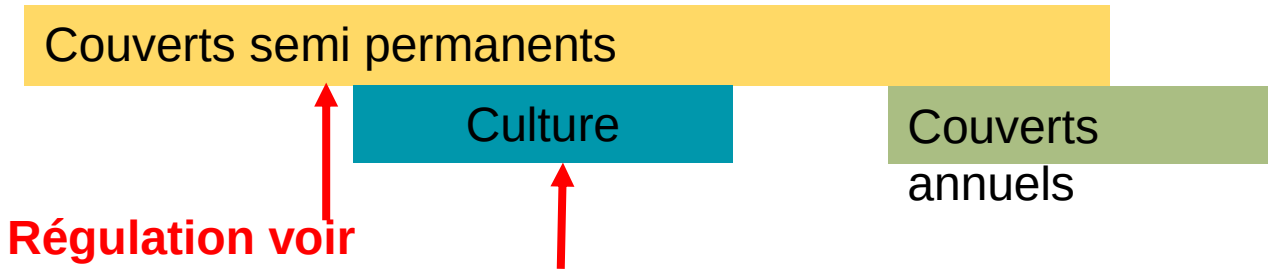


Redémarrage des couverts permanents : seul moyen de couvrir le sol en période estivale et de produire de la biomasse avant des céréales d'hiver

Plateforme SCV Oraison (04): sans irrigation ; photo du 26/08/2022

S'adapter aux aléas climatiques en élargissant les créneaux de semis des couverts

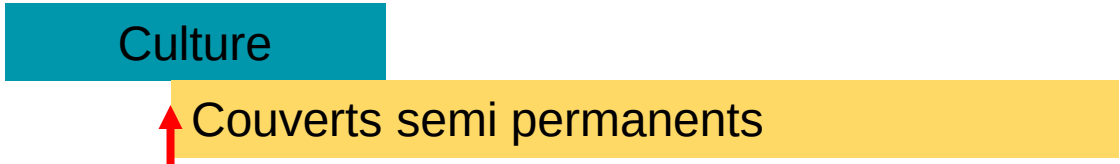
Culture implantée dans un couvert



Régulation voir destruction selon les cultures

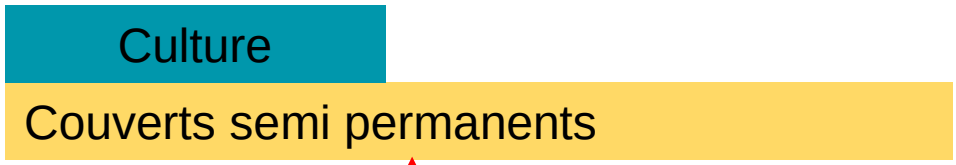
Blé dans luzerne ou sainfoin

Couvert implanté dans une culture



Lumière suffisante

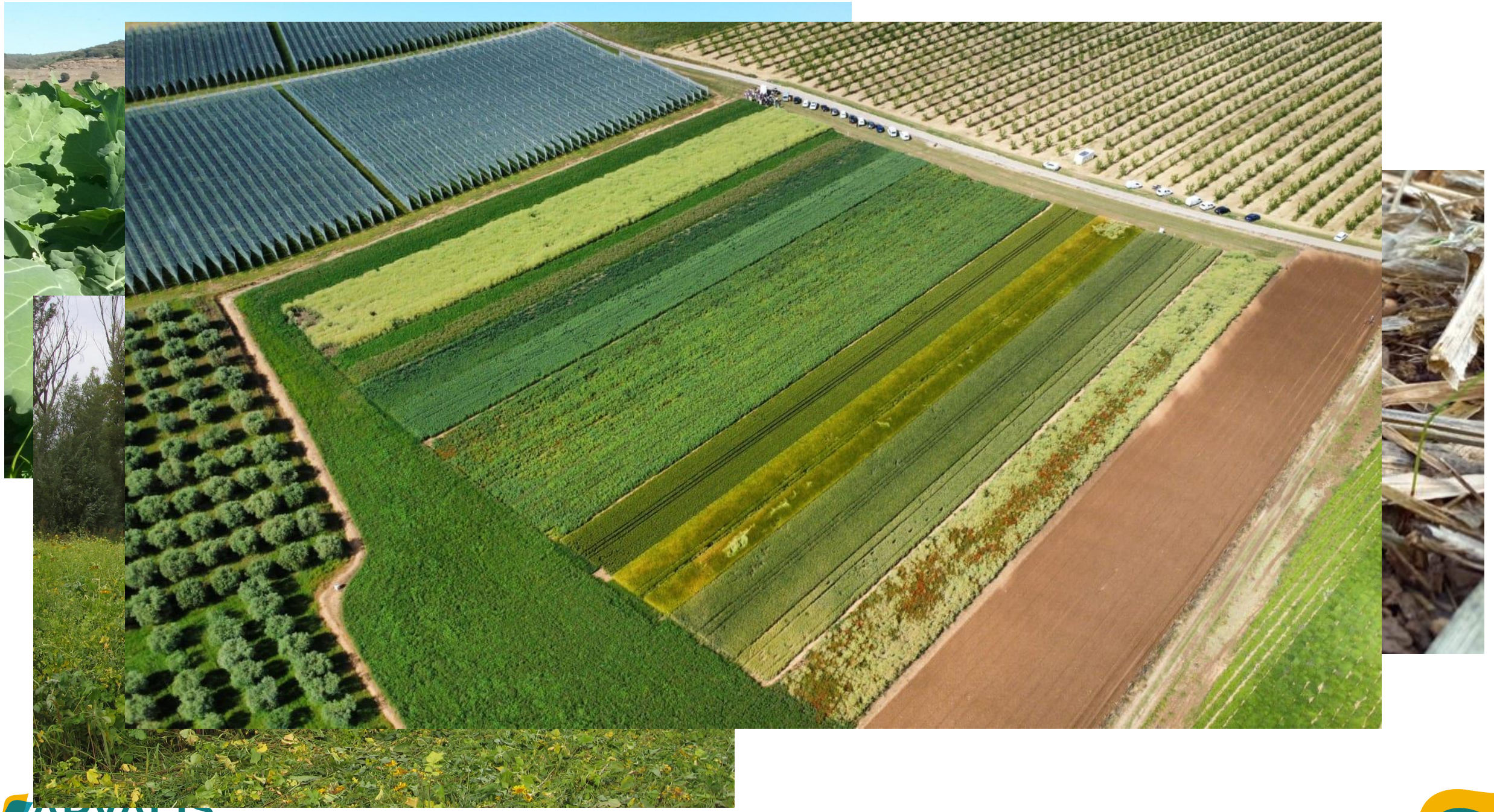
Luzerne ou sainfoin dans blé



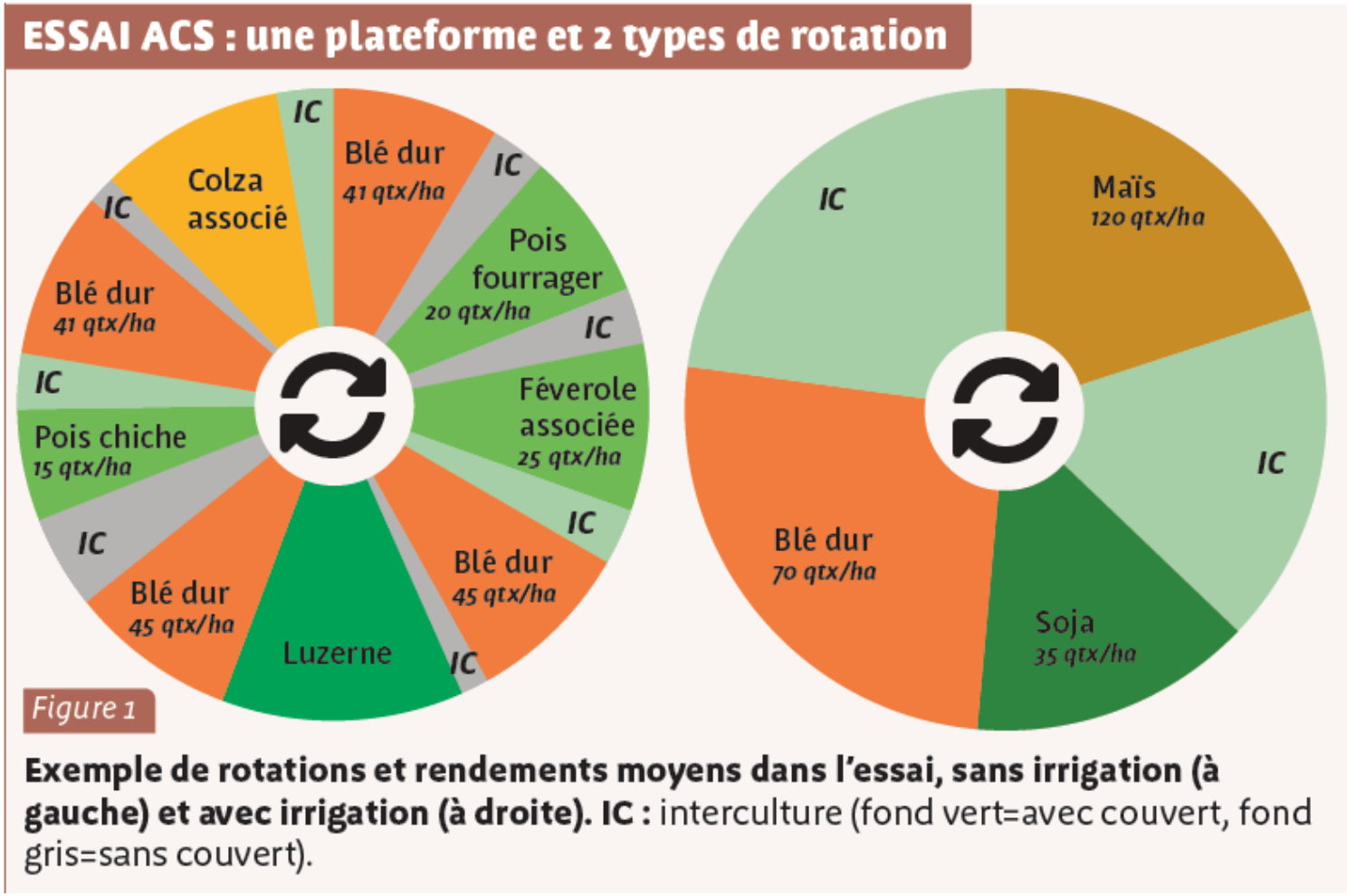
Adaptation récolte

Sainfoin-féverole
Pois chiche-luzerne

Pas applicable pour toutes les cultures (sensibilité concurrence, moyens de récolte…)



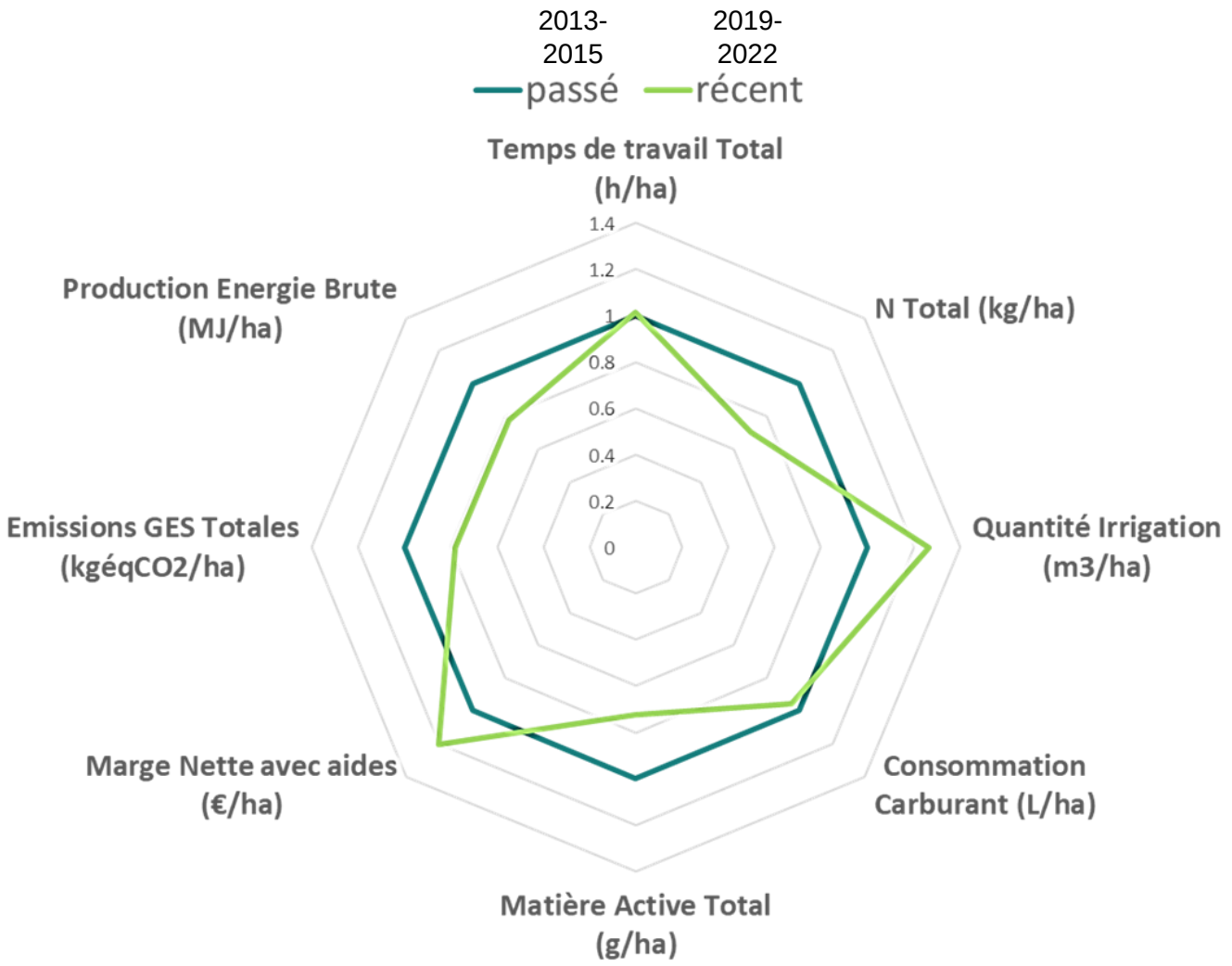
Rotations et performances globales de l'essai



Exemple de rotations et rendements moyens dans l'essai, sans irrigation (à gauche) et avec irrigation (à droite). IC : interculture (fond vert=avec couvert, fond gris=sans couvert).

- Quasi-exclusivement des cultures d'hiver en pluvial.
- Rendements comparables au conventionnel en céréales, soja, colza.
- Plus aléatoires en pois chiche ou féverole.
- Insertion de couverts annuels ou semi-permanents dès que possible :
  - Pluie + lumière pour les installer.
  - Cultures adéquates (tolérance et gestion de la concurrence, maximisation du rendement des cultures centrales économiquement).

Trajectoires de performance globale du système

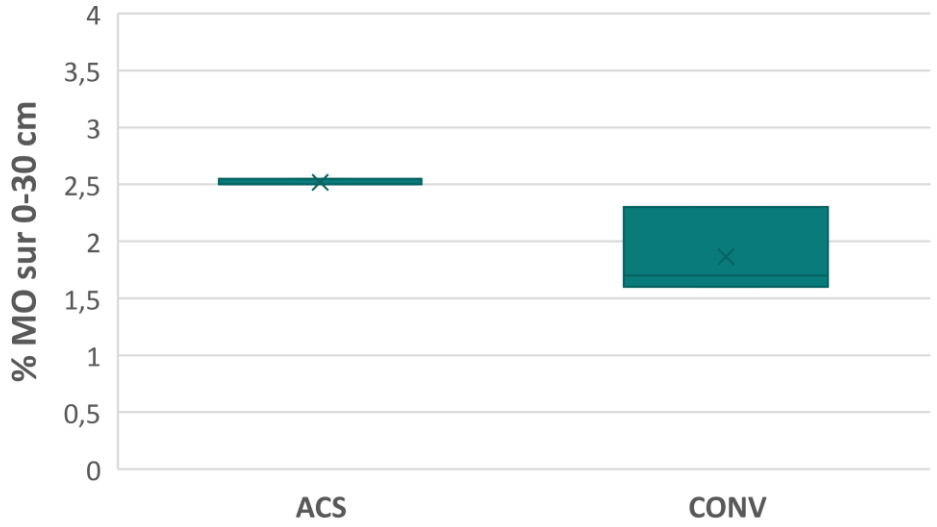


- **En dix ans** :
  - Amélioration de la marge nette (malgré la baisse des aides PAC et l'inflation).
  - Diminution des charges engrais (40 kg N/ha).
  - Diminution de l'IFT, sauf herbicides.
  - Augmentation de l'irrigation (+30%).

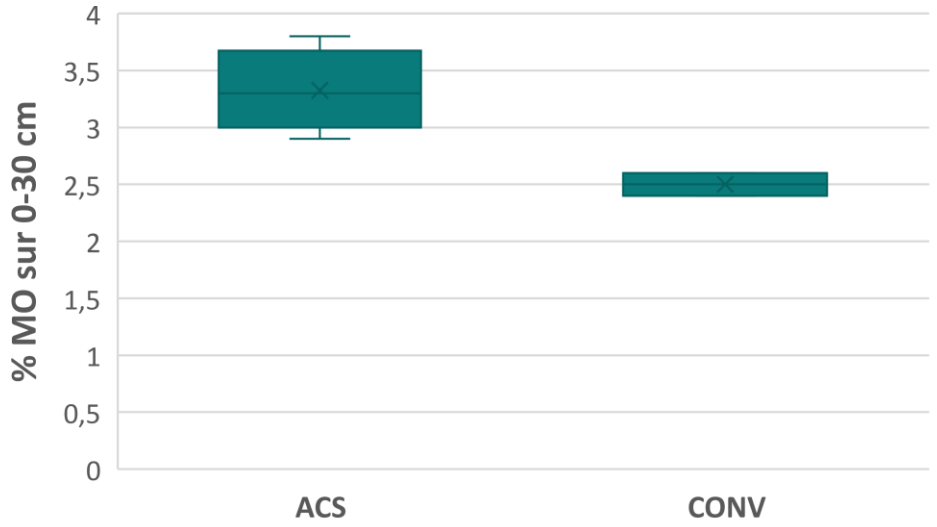
Evaluation multicritère réalisée avec le logiciel SYSTERRE

Matière organique : quels niveaux par rapport aux systèmes voisins de référence ?

Mesures 2022-2024



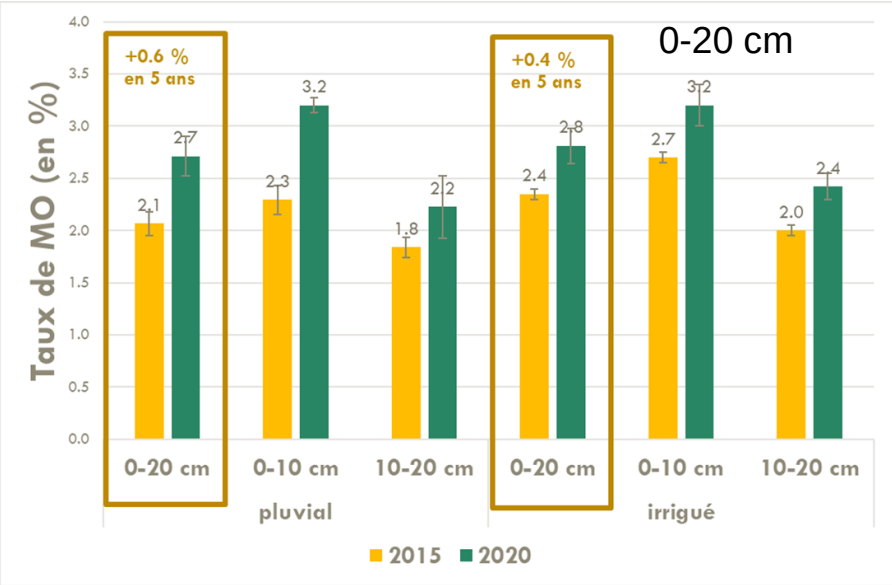
Pluvial

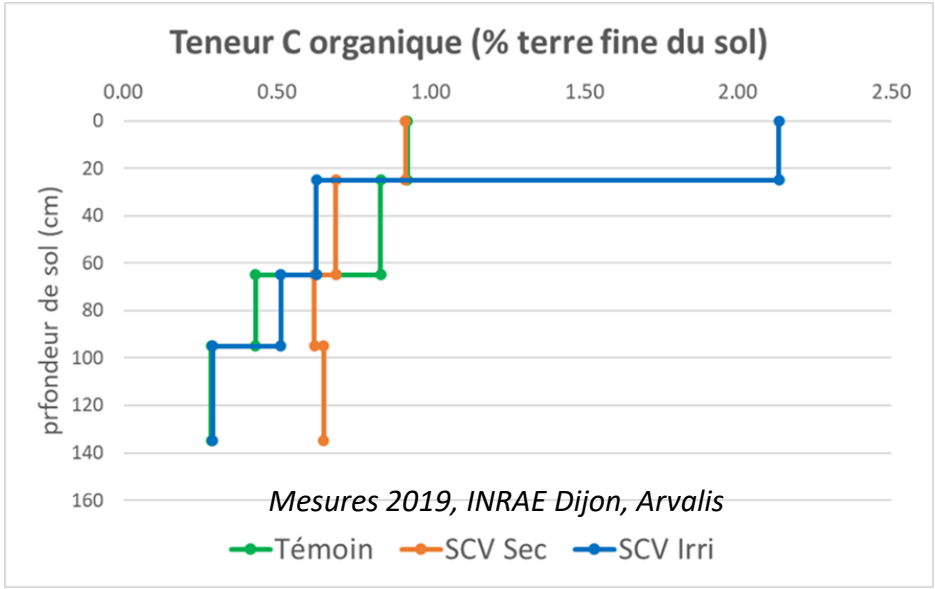


Irrigué

- Gain de MO significatif en ACS, en comparaison à des parcelles voisines ayant des cultures similaires.
- En pluvial ou en irrigué.
- **Limites de l'exercice** : on compare une grande variabilité de systèmes => se concentrer sur les évolutions propres au système et tenter de les expliquer.

Trajectoire de fertilité : matière organique





Carbone humifié moyen (t/ha) :
- Pluvial : 5.9 t/ha
- Irrigué : 8.5 t/ha

Quels éléments explicatifs de l'augmentation de la MO ?

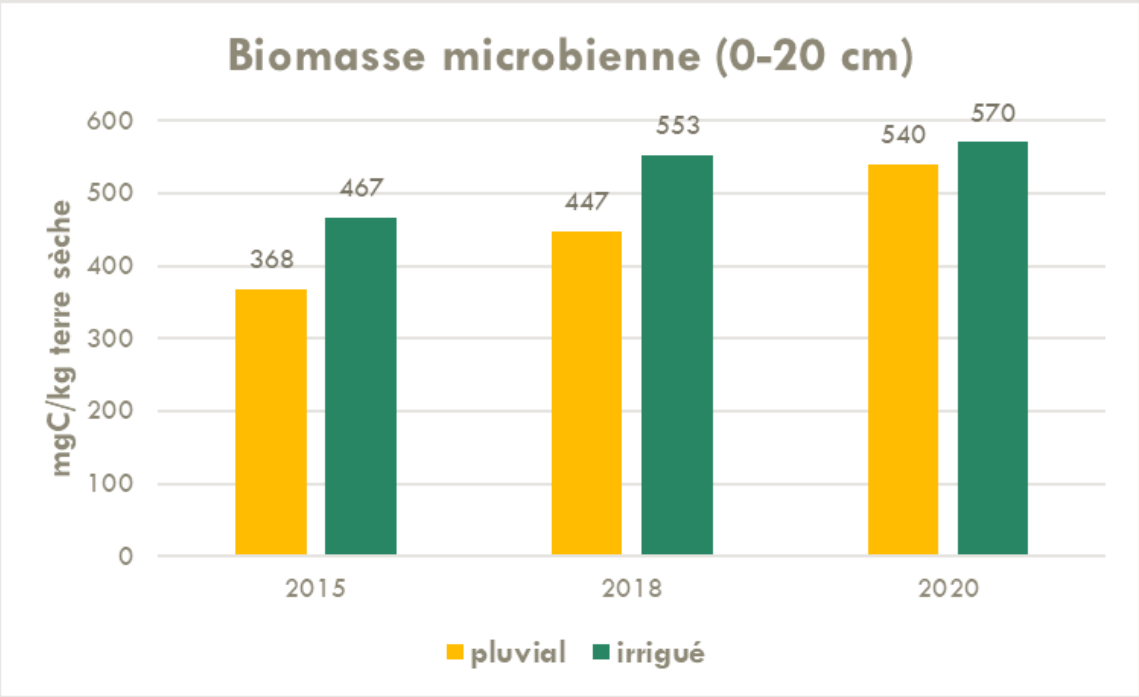
- En pluvial, couverts opportunistes.
- En irrigué, fréquence de retour de maïs.

		MO 2015 (%)	Progression 2015-2020 (en points de MO)	
Pluvial	Bande 1	1.90	0.55	interruption de couverture et pas de sorgho
	Bande 10	2.23	0.75	sorgho opportuniste et couvert continu
Irrigué	Bande 19	2.35	0.70	3 maïs en 5 ans
	Bande 28	2.35	0.23	1 maïs en 5 ans

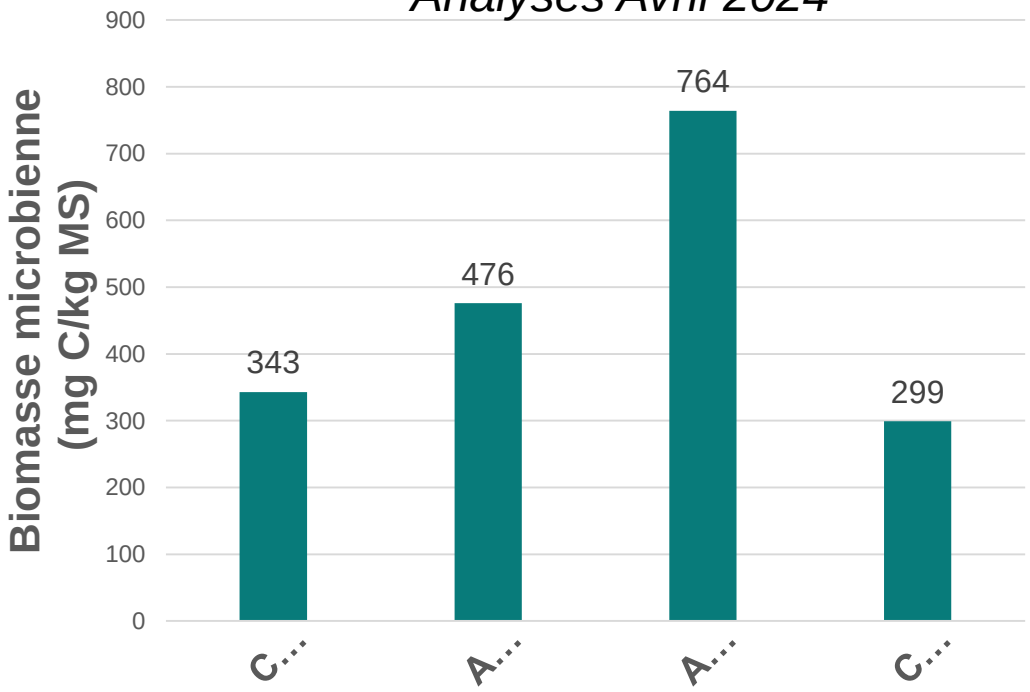
Entre 2015 et 2020 :

- ➔ **Augmentation de la MO** sur 0-20 cm de 0.6 points en pluvial; 0.4 points en irrigué.
- ➔ **Forte stratification en ACS.**
- ➔ **En pluvial**, augmentation supérieure aux attentes (modélisations AMG).
- ➔ **Potentiel de minéralisation** : +47 kg N/ha/an
- ➔ **Augmentation continue** de la biomasse microbienne.
- ➔ **En pluvial,** les couverts représentent la source majeure de carbone humifié.

Des niveaux (très) élevés de biomasse microbienne



Analyses Avril 2024

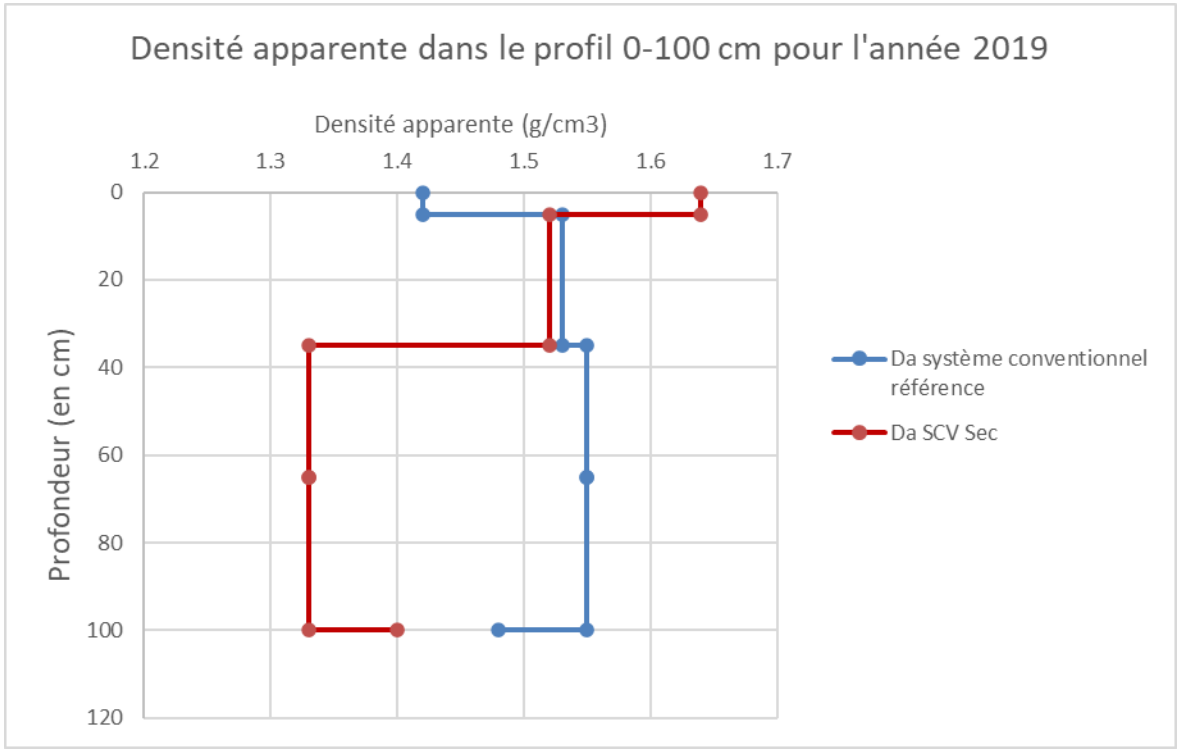


- Une biomasse microbienne en augmentation significative (+20% en 5 ans).
- Significativement plus élevée que dans les parcelles témoins conventionnelles (+38 à 150%).

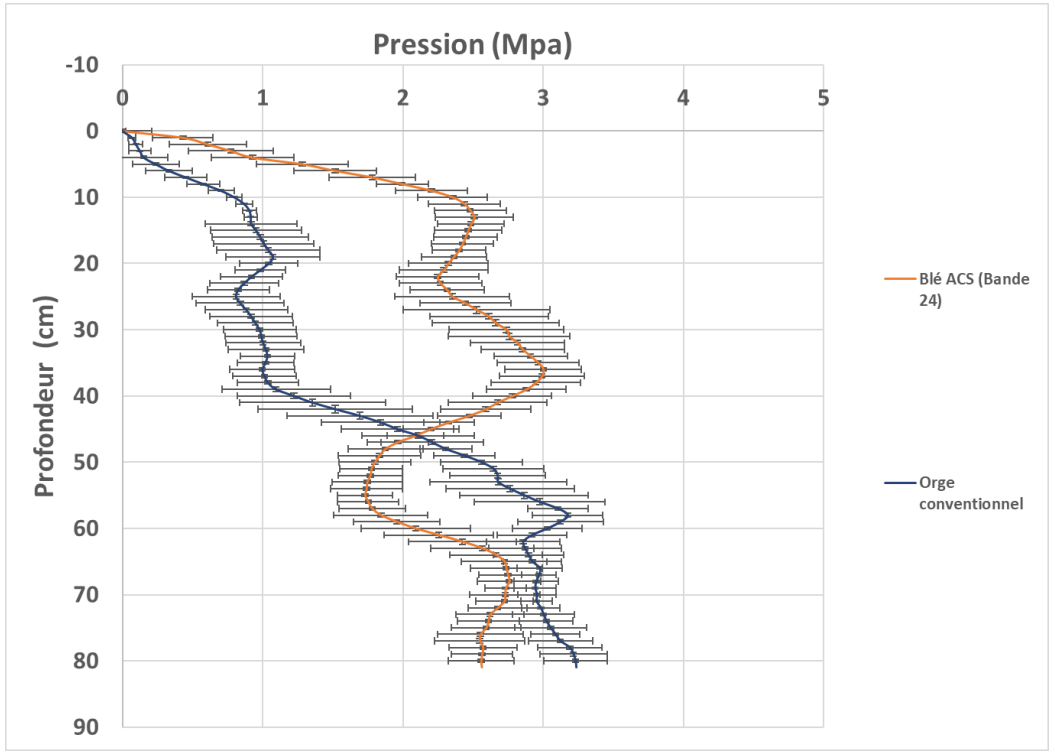
	Min	Faible	Moy	Elevée	Max
Toutes textures (n = 183)	114	231	326	413	690

Références CASDAR Microbioterres (2018-202

Fertilité physique: un sol plus ferme en ACS



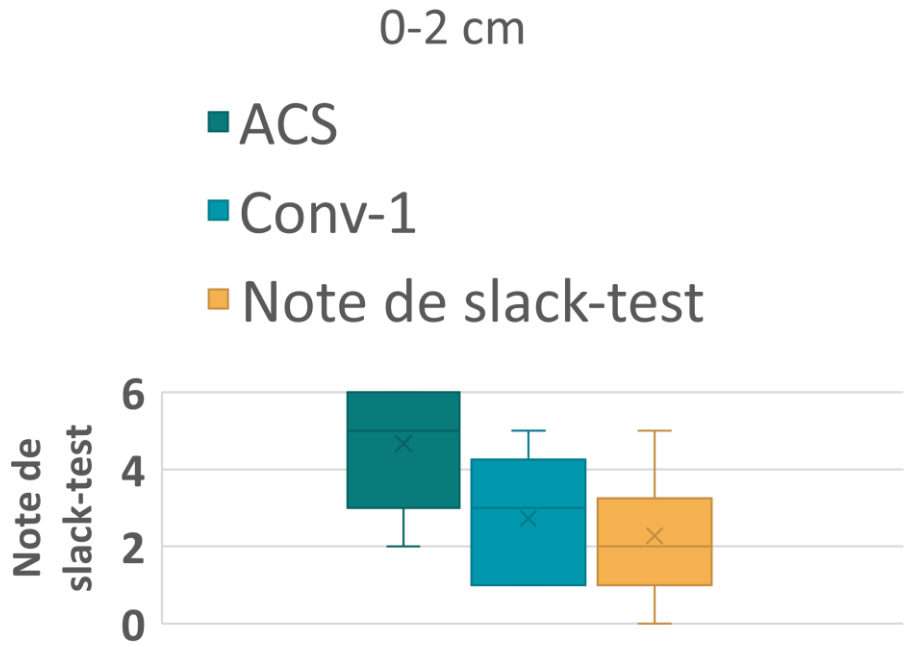
Mesures 2019, INRAE Dijon, Arvalis

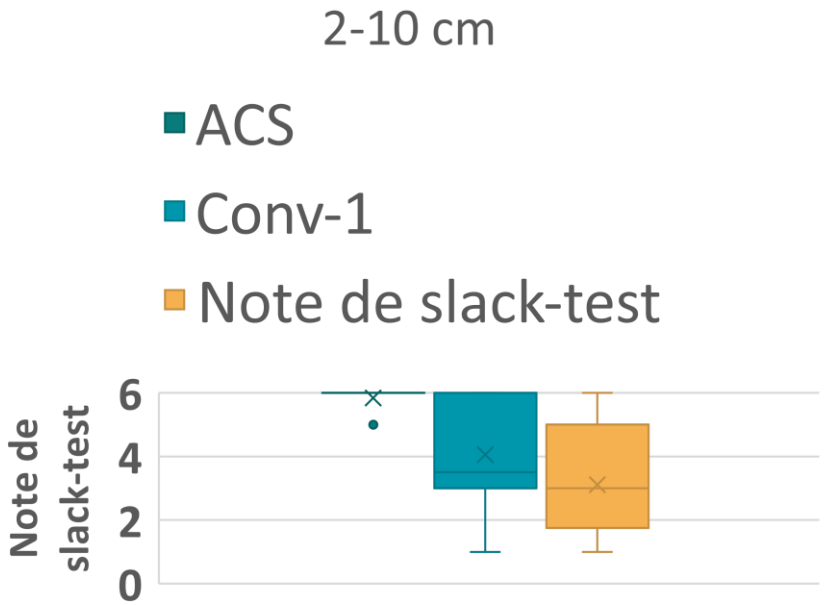


Mesures pénétromètre février 2022, Arvalis

- Un sol plus ferme sur les 40 premiers cm en ACS.
- Sans que cela soit préjudiciable pour l'enracinement.
- Inversion de la fermeté en profondeur.

Effet du système de culture sur la stabilité structurale





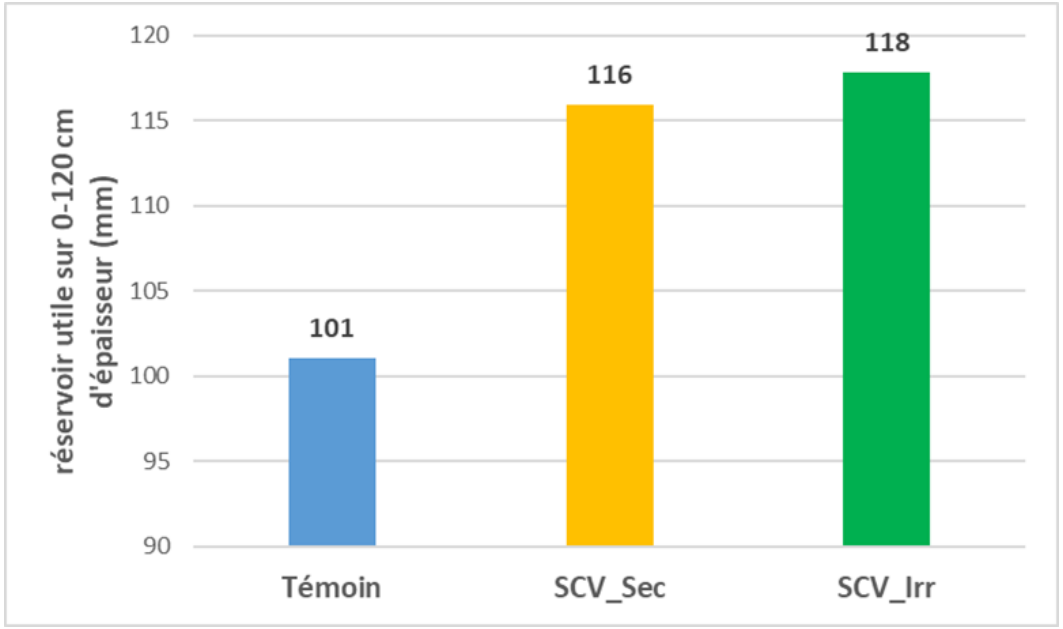
Classe de stabilité	Critère de jugement
0	Sol trop instable pour réaliser la mesure : **il passe à travers la grille**
1	**50 %** de la structure de l'agrégat perdue dans les **5 premières secondes** d'immersion
2	**50 %** de la structure de l'agrégat perdue dans les **5 à 30 secondes** après d'immersion et < 10 % de terre restante sur la grille après le cycle de 5 agitations
3	**50 %** de la structure de l'agrégat perdue dans les **30 à 300 secondes** après d'immersion ou **< 10 %** de terre restante sur la grille après le cycle de 5 agitations
4	**10 à 25 %** de terre restante sur la grille après le cycle de 5 agitations
5	**25 à 75 %** de terre restante sur la grille après le cycle de 5 agitations
6	**75 à 100 %** de terre restante sur la grille après le cycle de 5 agitations

- Meilleure stabilité structurale pour le système en ACS, comparativement à des parcelles voisines bio ou conventionnel.
- Effets significatifs ACS vs Conv ou bio.
- Confirmé sur un échantillon de 45 parcelles en région PACA

n= 45 parcelles; PACA 2022-23

Eau : réservoir utile et circulation

- **Un Réservoir Utile très légèrement modifié en ACS** (différenciation 7 ans).
- Le Réservoir Utile est d'avantage lié à la texture du sol.



Confirme (données projet BAGAGES) que le RU est très liée au type de sol

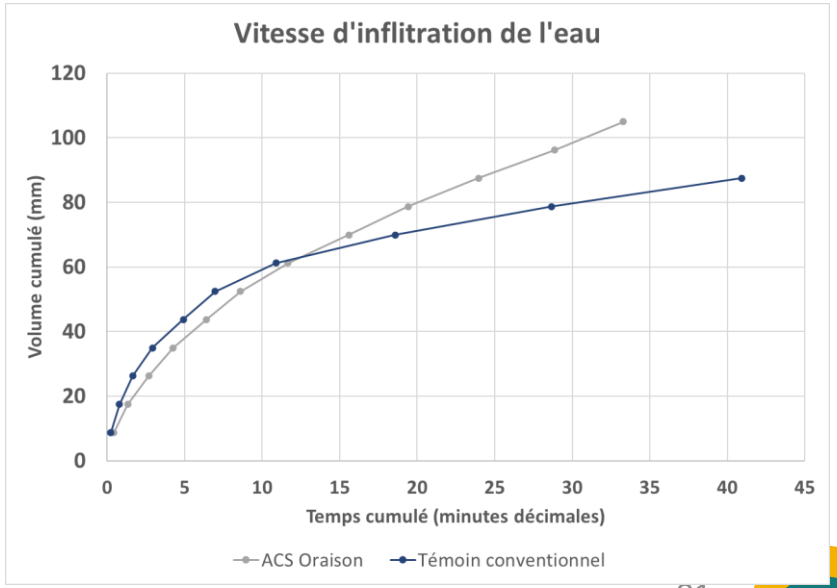
L'enjeu des pratiques agricoles sur le RU est de 0 à 10-15 mm

- Mais une **vitesse d'infiltration de l'eau multipliée par 2 en moyenne**

	ACS	**Conv**	Ancienneté ACS
Oraison	**122.3**	**52.0**	**11 ans**
Valensole	305.3	140.4	10 ans
Gréoux*	190.7	81.7	10 ans

Vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol (mm/h, méthode du Beerkan Test)

*ABC = Agriculture biologique de Conservation des sols depuis 5 ans avec antériorité ACS de 5 ans

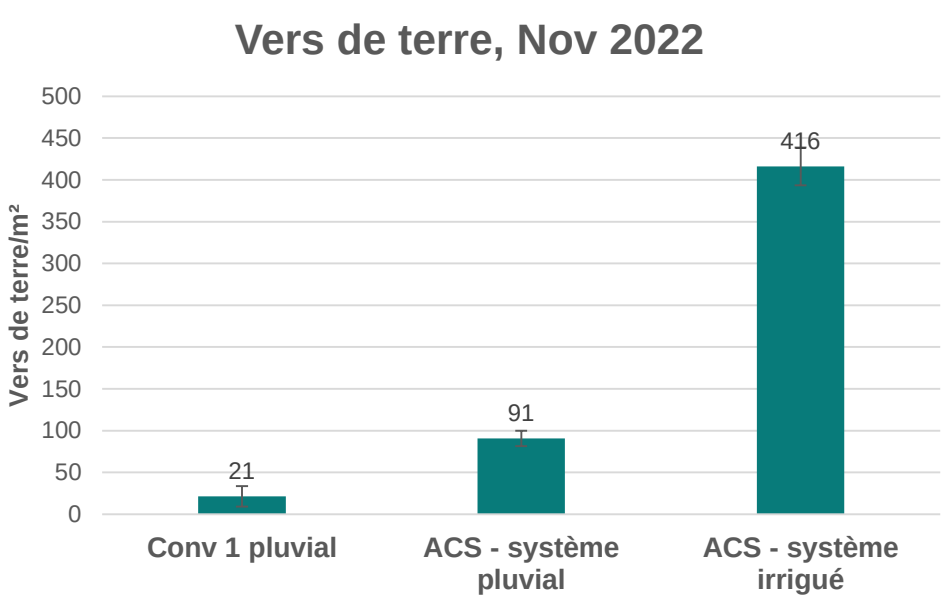


Novembre 2016 : 140 mm en 5 jours

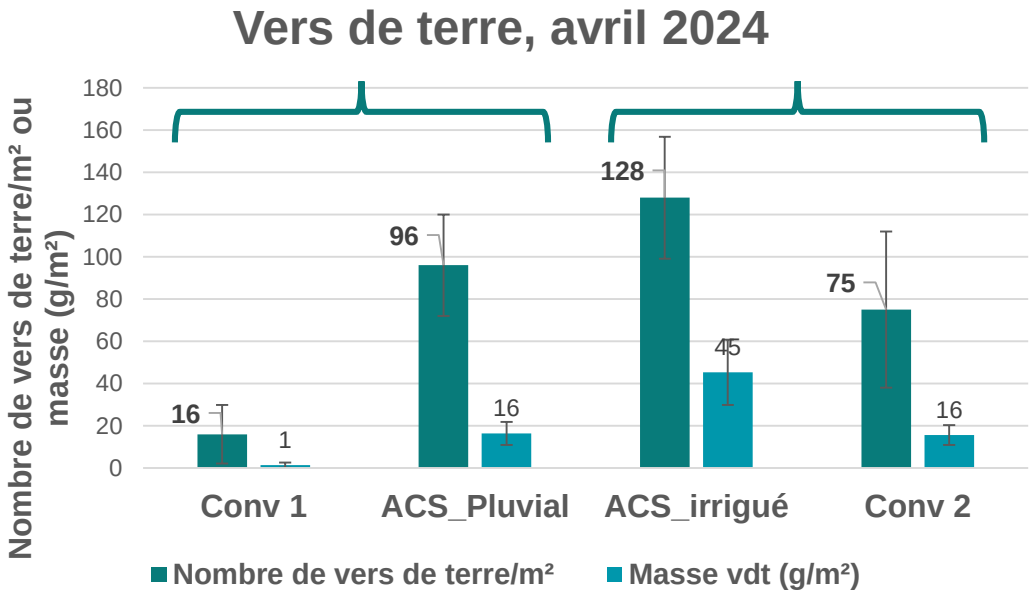
Essai ACS

Parcelle conventionnelle (en face)

Vers de terre

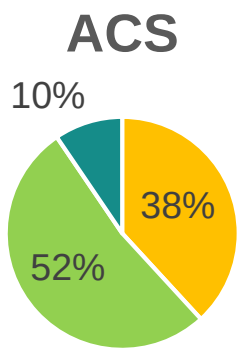


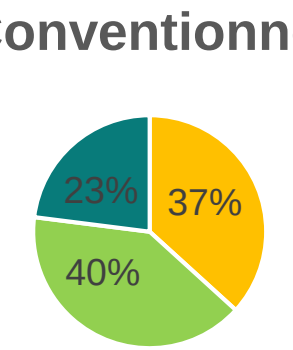
Effets significatifs (Kruskall Wallis)



Effets significatifs sur le critère « masse » (Kruskall Wallis)

- **L'ACS favorise la présence des vers de terre** en nombre et en masse.
- Proportion **plus importante d'anéciques et d'épigés** (favorable porosité verticale).
- **Effet favorable de l'irrigation** (vrai aussi sur carabes et araignées)

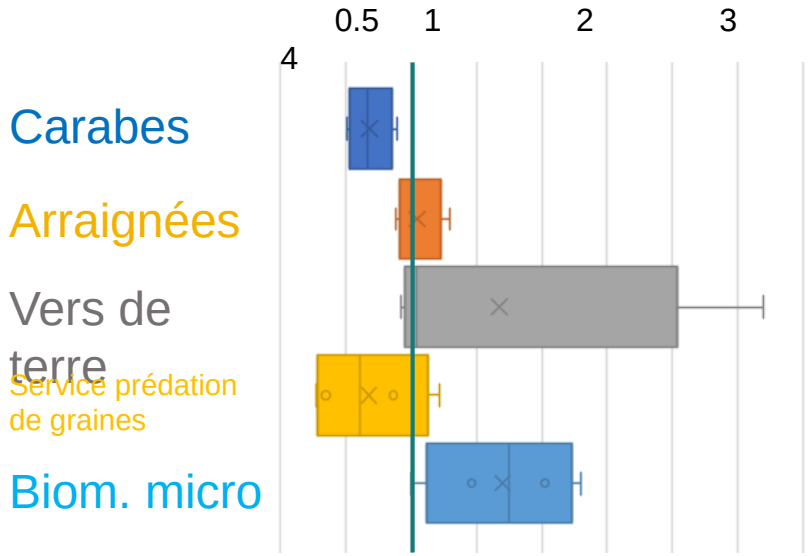


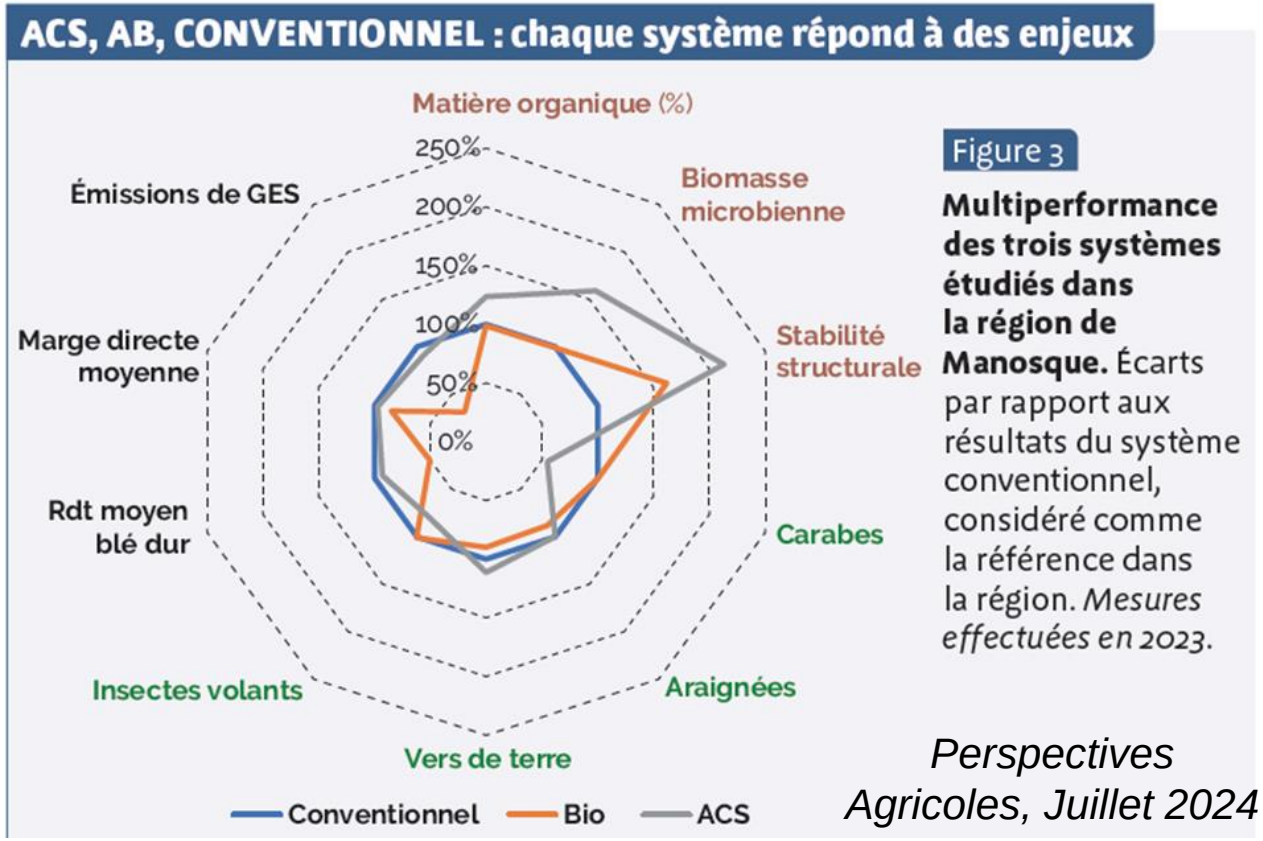


Une réponse variable des systèmes selon les indicateurs

Etude Arvalis, parcelles vallée de la Durance 2023.
4*3 parcelles

Ratio d'abondance de la faune du sol ACS vs Conventionnel
(4 x 2 parcelles, étude Arvalis 2023)





Perspectives Agricoles, Juillet 2024

- **Quelques réponses claires des systèmes** :
  - Stabilité structurale, biomasse microbienne et vers de terre pour l'ACS
  - Carabes pour le bio et le conventionnel.
- **L'approche « système » de culture n'est sans doute pas suffisante et cache une grande diversité de pratiques.**

Quels résultats en conditions plus sèches ?

Partenaires :
le CREA et Agromnia (Italie), l'institut Arvalis en France, l'IAMZ-CIHEAM, le CSIC et l'université de Lleida pour l'Espagne, l'INIAV et l'association APOSOLO portugais, le HAO-Demeter (Grèce), l'INRAT et l'APAD en Tunisie, l'ENSA algérienne et l'INRA du Maroc.

RENDEMENT : avantage au semis direct ou simplifié dans les zones les plus soumises au stress hydrique

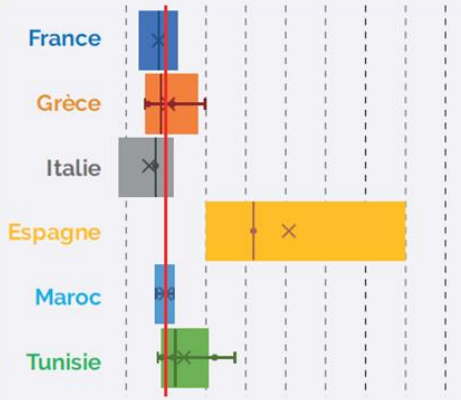
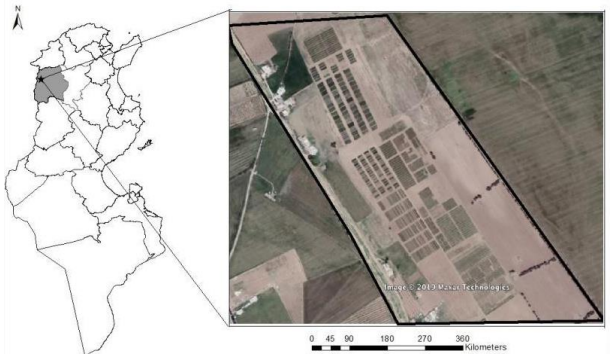


Figure 1

Ratio de rendement semis direct ou simplifié vs labour sur 22 parcelles couples (blé dur, orge, pois chiche, féverole, gesse et millet). Le rendement moyen en ACS est de 2,83 t/ha et de 2,6 t/ha en conventionnel (écarts non significatifs). La ligne rouge représente un rendement en ACS égal au conventionnel. Ainsi, à gauche de cette ligne, le rendement en ACS est moindre, alors qu'à droite, il est plus élevé.



Kef Site, Tunisia (North-West),
Semiarid conditions
Implemented 2010 (Dr Mohsen Rezgui)

Après 12 années de différenciation, en année sèche, amélioration significative de l'efficience

Travail du sol

- **Labour**
- **TCS**
- **Semis direct**

Rotation

- Monoculture (blé dur)
- Biennale (Feverole-BD)
- Triennale (Fevrole-BD-Orge)

		2021-22		
Rotation	**Tillage**	**WUE (kg ha^{-1} m^{-3})**		
Monocroping M	NT	0.5	±0.05	
	MT	0.45	±0.14	
	CT	0.57	±0.21	
Two-year crop rotation. Fava bean and durum wheat B	NT	0.95	±0.09	
	MT	0.84	±0.11	
	CT	0.53	±0.06	
Three-year crop rotation. Fava bean durum wheat and barley T	NT	1.08	±0.1	
	MT	0.89	±0.1	
	CT	0.91	±0.16	

Au final, quels services rendus par la fertilité améliorée des sols en ACS ?

Services rendus

- Augmentation de la MO : résistance à la battance, stockage carbone, minéralisation.
- Amélioration de la résistance à l'érosion.
- Meilleure infiltration de l'eau : plus grande souplesse dans les créneaux possibles d'intervention.
- Augmentation de l'abondance des vers de terre, notamment anéciques : porosité verticale.
- Rendements comparables aux parcelles voisines

Points d'attention

- Attention aux impasses en termes de fertilisation (baisse du phosphore Olsen).
- Biomasse microbienne élevée : perturbation possible du cycle de l'azote en climat très sec.
- Attention à la concurrence hydrique de printemps couverts/cultures.
- Rotation des cultures indispensable, notamment dans un objectif de gestion durable du ray-grass.
- Dépendance aux herbicides.

Résultats à venir: comprendre le système, adapter les itinéraires techniques

- Analyses « Agroécosols » sur la biodiversité fonctionnelle du sol (bactéries, champignons, nématodes, collemboles…).
- Travaux sur l'efficience de l'eau (de pluie ou d'irrigation) en ACS (Thèse SCP-INRAE et essais Arvalis).
- Dynamiques d'azote et gestion des résidus de cultures.

ARVALIS