



Le travail du sol en agriculture biologique en France et en Europe

—

Etat des lieux et retour sur les résultats d'expérimentations en France

Joséphine Peigné, Laura Vincent-Caboud & Jean-François Vian

Département AGroécologie & Environnement (AGE)

ISARA-Lyon – AGRAPOLE –

23, rue Jean Baldassini – 69364 LYON CEDEX 07

E-mail : peigne@isara.fr / vian@isara.fr

Tel : 04.27.85.85.62

Les travaux sur le travail du sol en agriculture biologique

- L'ISARA-Lyon travaille sur cette thématique depuis plus de 10 ans
- Des travaux basés sur les préoccupations des agriculteurs de Rhône-Alpes
- En parallèle, mise en place de 4 essais en France dont le nôtre en Rhône-Alpes (Thil)
- En 2011, un programme Européen : TILMAN-Org

TILMAN-Org

Coordinateurs:

Paul Mäder (FiBL) and Christophe
David (ISARA-Lyon)

Objectifs du projet TILMAN-Org

- **Objectifs du projet** : Le projet “TILMAN-ORG (Travail sans labour et engrais vert pour des systèmes de cultures durables en AB) a pour objectif de concevoir des systèmes de culture en Agriculture Biologique qui préservent ou améliorent:

- la productivité des systèmes,
- l’efficacité des éléments minéraux,
- le contrôle des adventices,
- la biodiversité du sol et le bilan carbone

- 15 partenaires venant de 11 pays européens
- Sites expérimentaux de long-terme (> 7 ans) et court-terme:
 - Centralisation des données
 - Standardiser les méthodes
 - Prendre en compte le savoir des agriculteurs pour la conception de nouveaux systèmes



Que sait-t on sur l'agriculture de conservation en agriculture biologique ?

En préalable aux travaux de terrain, 2 actions ont été menées pour synthétiser les connaissances acquises par:

- Les agriculteurs en Europe : réalisation d'une enquête
 - La recherche et le développement : réalisation d'une méta-analyse
-
- Peigné J., et al., 2015. How organic farmers practice conservation agriculture in Europe. Renewable Agriculture and Food Systems
 - Cooper J., et al., 2016. Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development
 - Casagrande M., et al., 2016. Organic farmers' motivations and challenges for adopting conservation agriculture in Europe – Organic Agriculture

Que font les agriculteurs en Europe en termes de non labour et couverture végétale du sol?

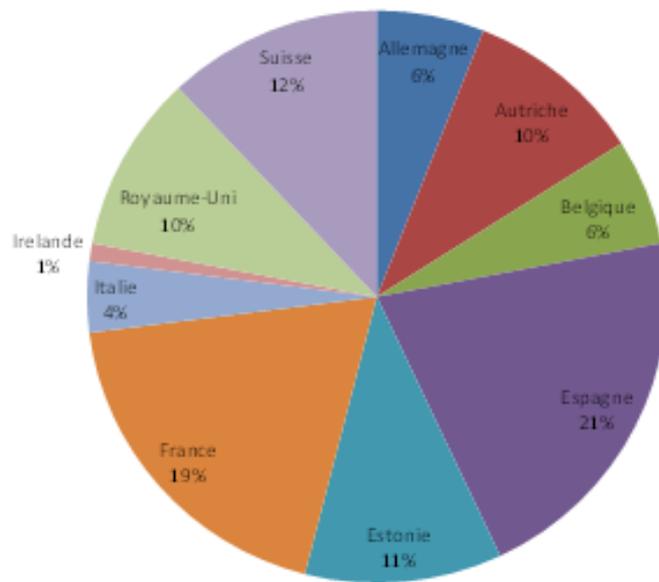


Engrais vert



Travail réduit (TR)
Semis direct (SD)

159 agriculteurs enquêtés pour connaître leur principales pratiques, motivations et problèmes rencontrés quand ils appliquent ces pratiques



Casagrande, Peigné et al., 2014 ; Peigné et al., 2015

Zone géographique d'Europe des Nord-Ouest	Nord-Est	Sud	
agriculteurs enquêtés	(>45°N et <17°E)	(>45°N et >17°E)	(<45°N)
Nombre d'agriculteurs	80	29	50 (in. 1 Sud-Est)
Pays concernés	Autriche, Belgique, Irlande, France, Allemagne, Suisse, Royaume-Uni	Autriche, Estonie	France, Italie, Espagne
Pourcentage d'agriculteurs utilisant :			
Le semis direct	25%	21%	34%
Le travail réduit	92%	66%	98%
Des engrais verts	83%	96%	48%
Caractéristique des fermes	Moyenne (EC)	Moyenne (EC)	Moyenne (EC)
Taille (en ha)	112 (179)	129 (112)	137 (144)
Durée de la rotation (en années)	6.4 (1.9)	6 (2.2)	5.2 (2.3)
Caractéristiques environnementales			
Précipitations annuelles moyennes (mm)	821 (151)	693 (78)	703 (128)
Température annuelle moyenne (°C)	9.5 (1.2)	7.7 (1.6)	13.2 (1.3)
Altitude (m)	251 (207)	140 (132)	450 (203)

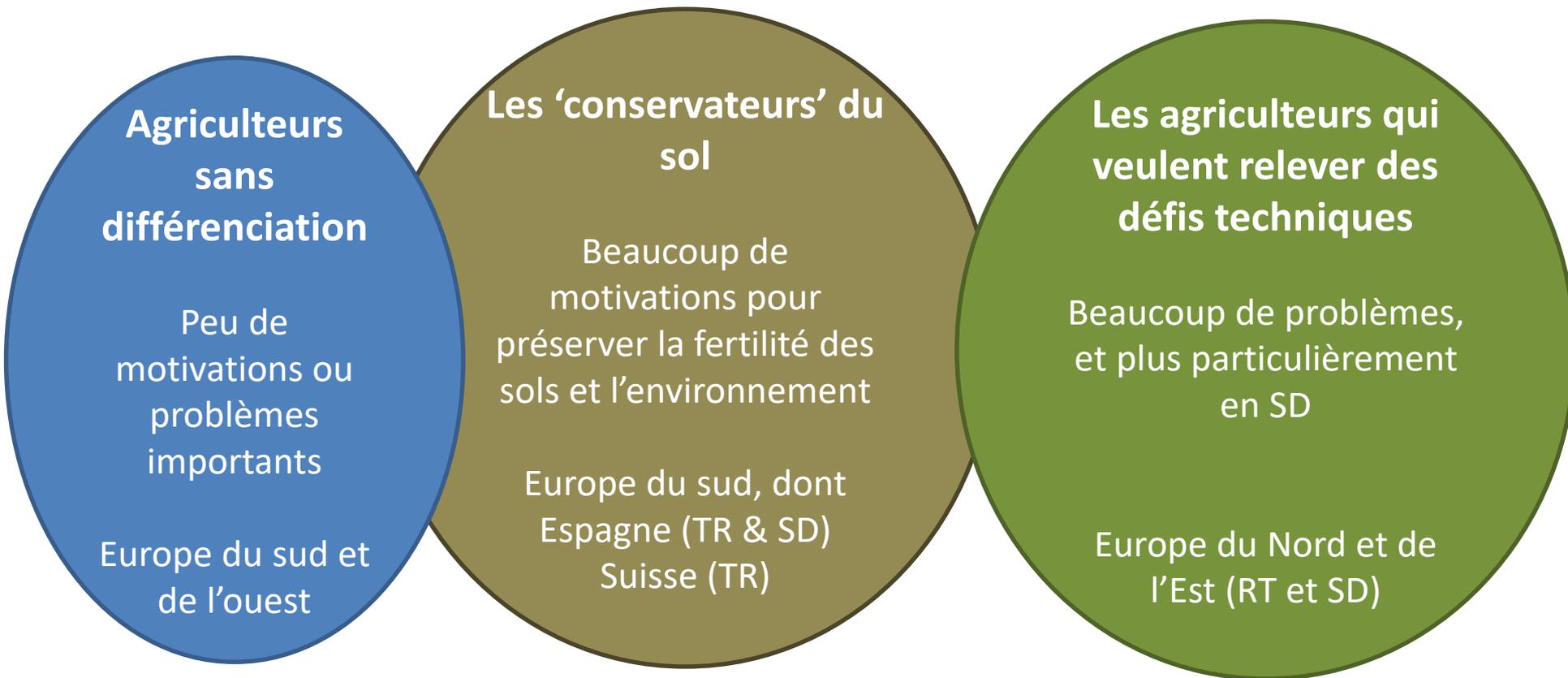
Les principales motivations et problèmes rencontrés

- Semis direct, Travail réduit et Engrais vert

	Socio-économiques	Fertilité du sol	Environnement	Agronomique
MOTIVATIONS		<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer : <ul style="list-style-type: none"> ✓ La structure du sol ✓ La biodiversité du sol • Limiter l'érosion • Augmenter la matière organique du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter le lessivage du N • Augmenter la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler les adventices, maladies et ravageurs
PROBLEMES	<ul style="list-style-type: none"> • Augmente le temps de travail • Peu de stabilité du rendement 		<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'outils 	<ul style="list-style-type: none"> • Infestation d'adventices et manque de contrôle • Destruction de la culture précédente et/ou des engrais verts

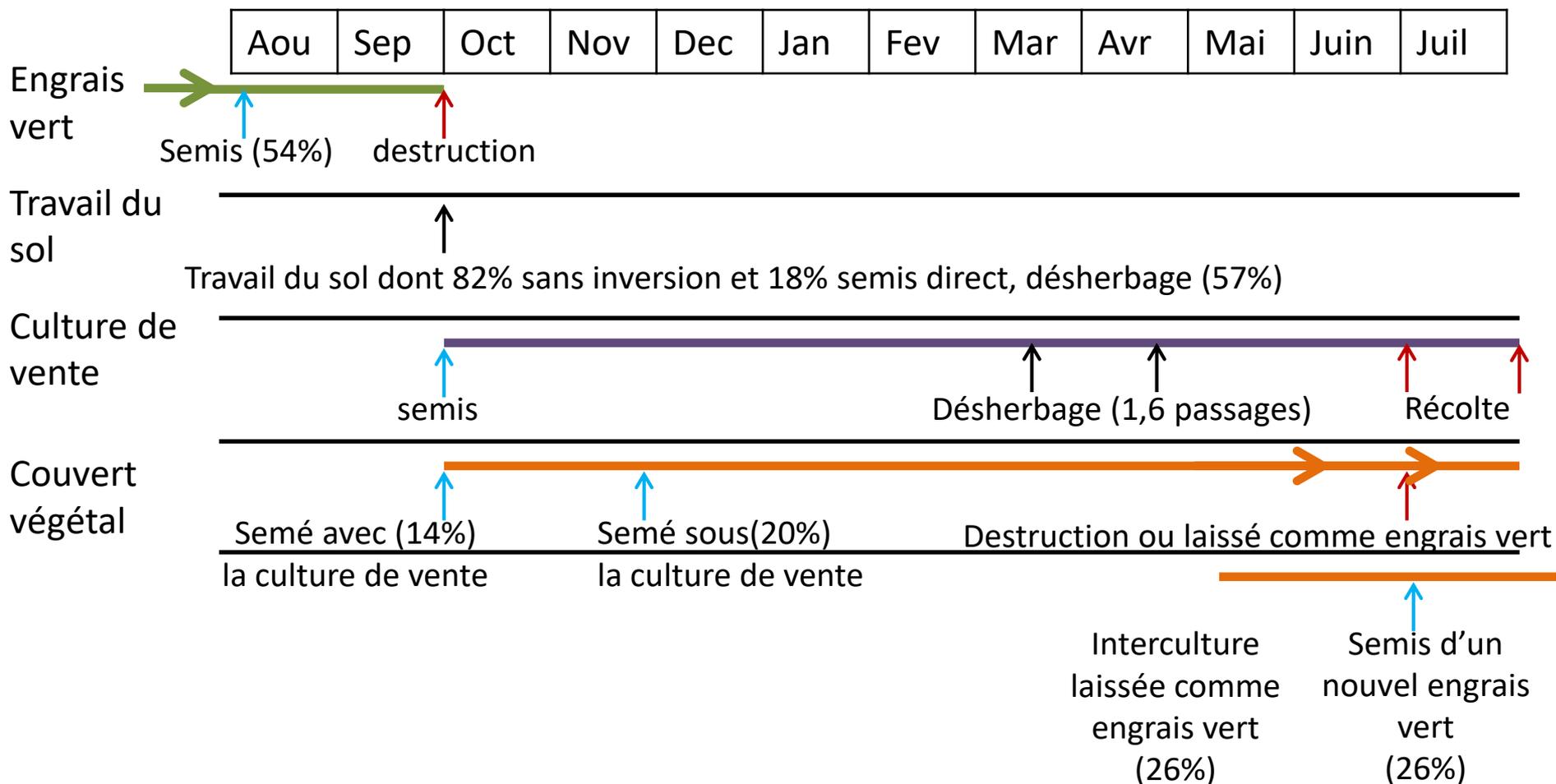
Les principales motivations et problèmes rencontrés

- 3 profils d'agriculteurs:



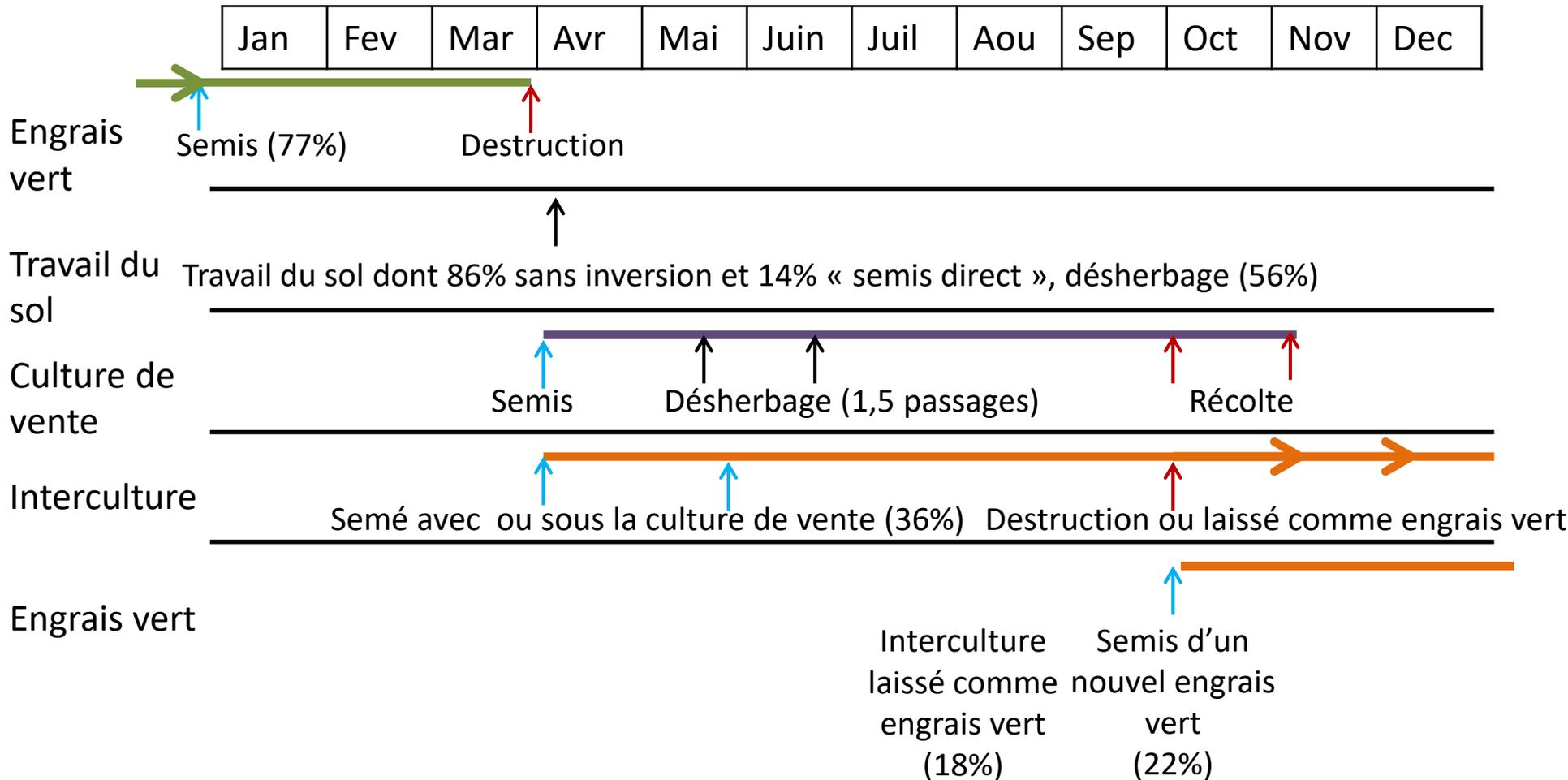
Les céréales d'hiver

117 agriculteurs

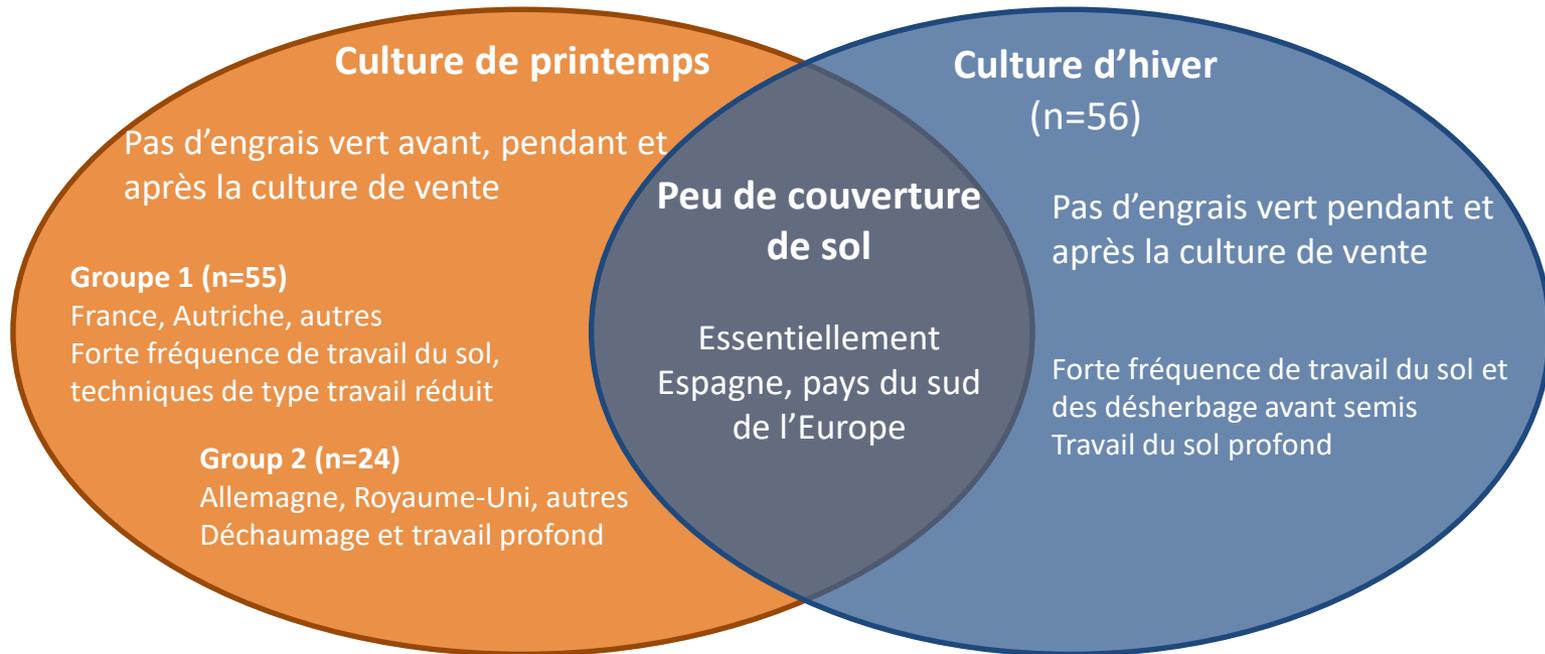


Les cultures de printemps

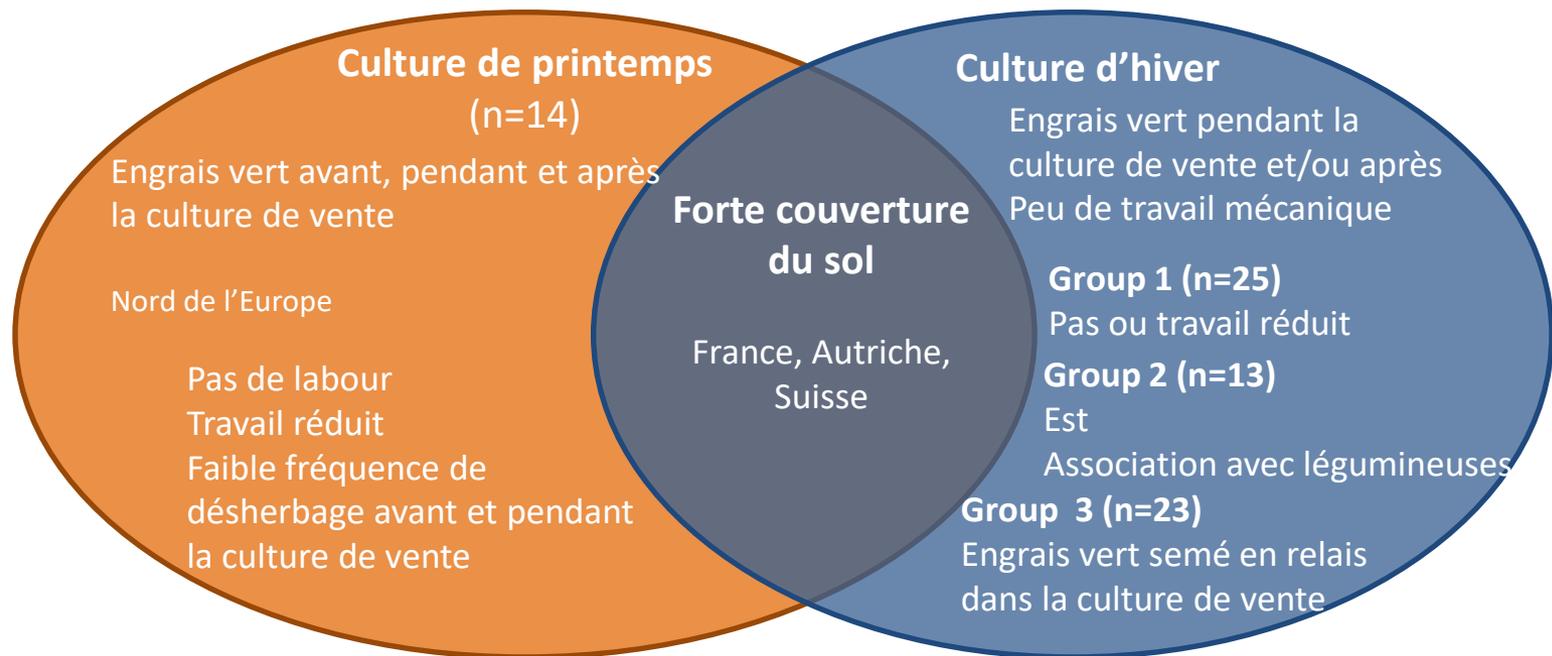
125 agriculteurs



Les agriculteurs qui jouent sur le travail mécanique, peu de couverture du sol



Les agriculteurs qui jouent sur la couverture du sol, peu de travail mécanique

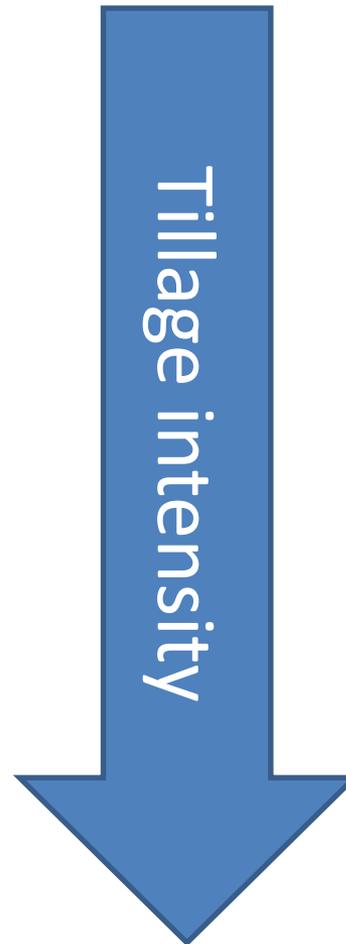
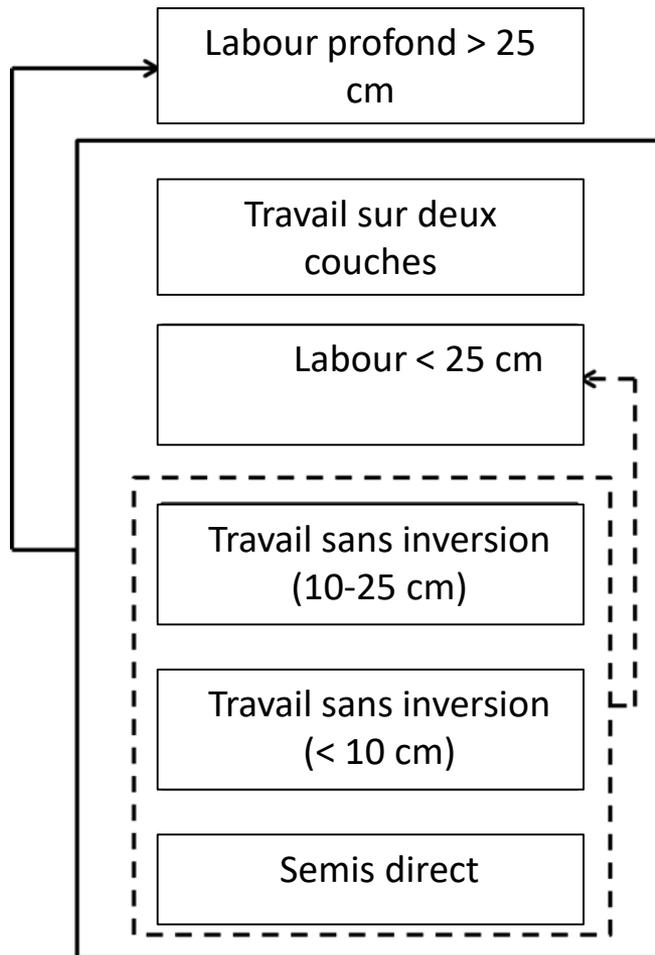


Que dit la recherche ?

Projet Européen TILMAN-Org

1. Quel est l'impact de l'intensité de travail du sol sur les rendements ?
2. Cet effet est-il le même suivant les conditions de climat et de sols ?
3. Quel est l'impact sur les adventices ? Sont-elles le facteur limitant en non labour ?
4. Quel est l'impact sur le stockage du carbone ?

Une méta-analyse de 26 essais et publications



Impact sur les rendements ?

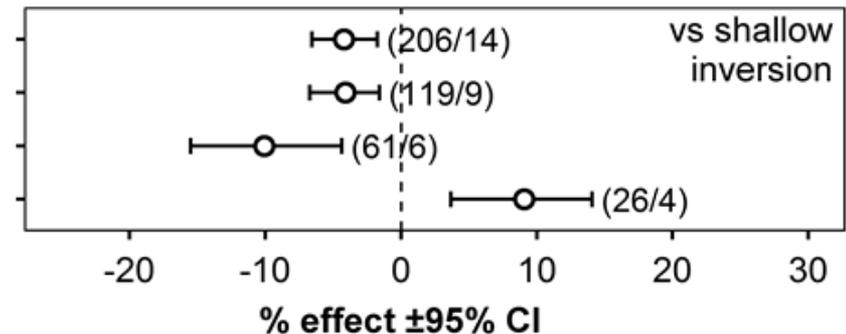
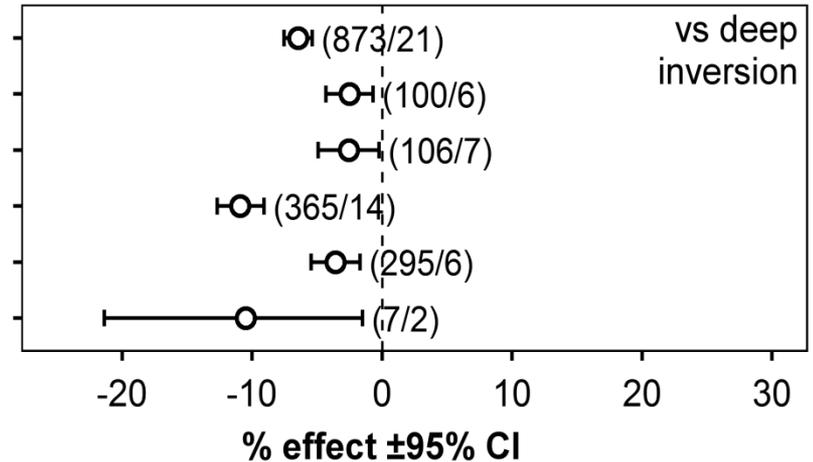
En comparaison du labour profond: perte de 7% en moyenne

Les systèmes avec inversion du sol mais peu profond ne montrent pas de différences de rendements

En comparaison de labour < 25 cm : le semis direct présente une augmentation de rendement !

Tous systèmes
Double couche
Labour < 25 cm
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm
Semis direct

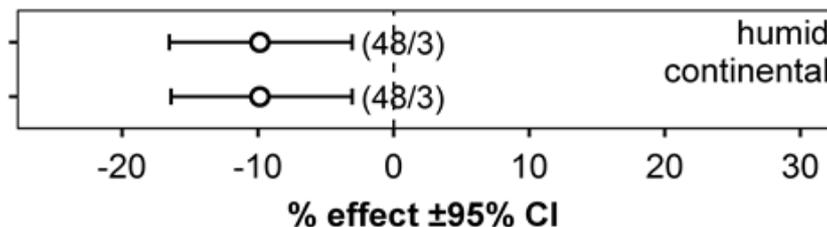
Tous systèmes
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm
Semis direct



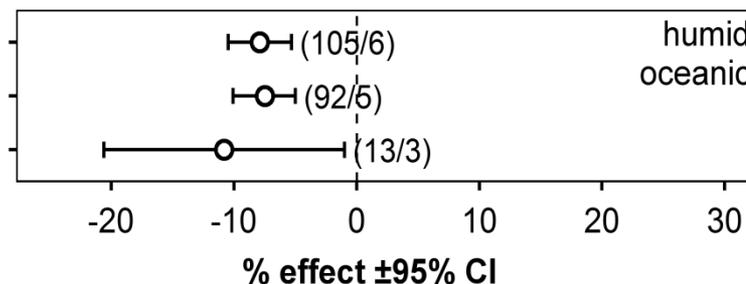
Quel effet du climat sur le rendement en non labour comparé au labour < 25cm?

Le travail du sol réduit est particulièrement intéressant dans les climats secs, moins dans les climats plus humides!

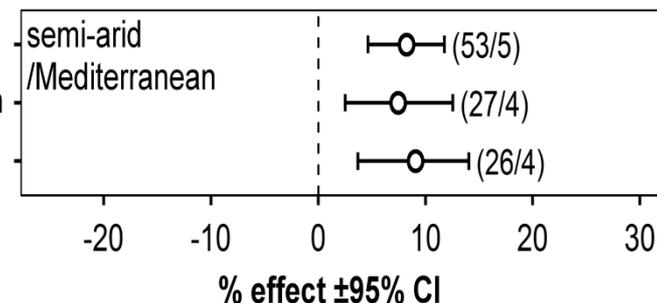
Tous systèmes
Pas d'inversion < 10 cm



Tous systèmes
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm



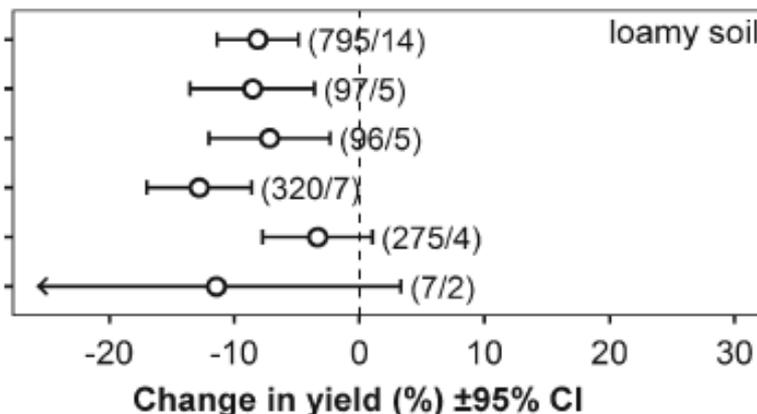
Tous systèmes
Pas d'inversion 10-25 cm
Semis direct



Quel effet du type de sol sur le rendement en non labour comparé au labour > 25 cm ?

Sol limoneux

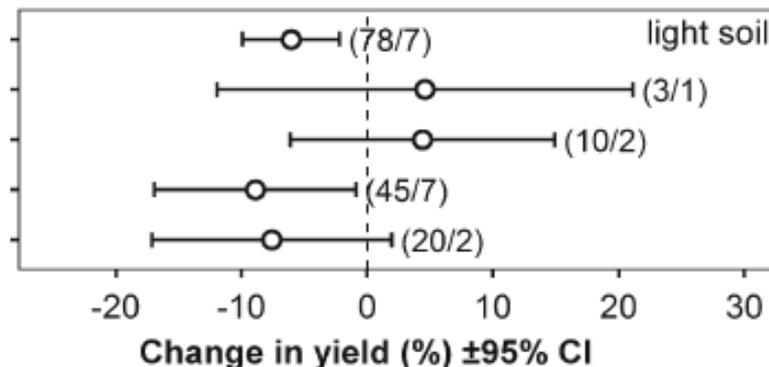
Tous systèmes
Double couche
Labour < 25 cm
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm
Semis direct



Sol sableux

Problèmes avec les sols légers de type sableux pour le travail très superficiel

Tous systèmes
Double couche
Labour < 25 cm
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm

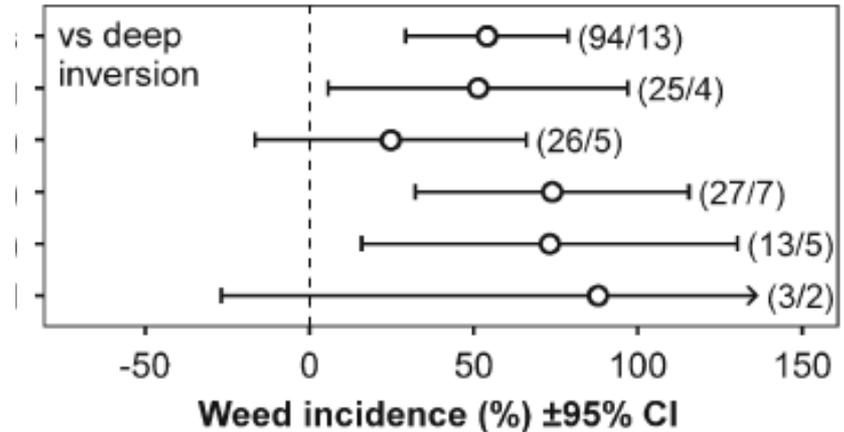


Une étude en sol argileux : plus de rendement sans inversion du sol comparé au labour

Quel effet du non labour sur les adventices ?

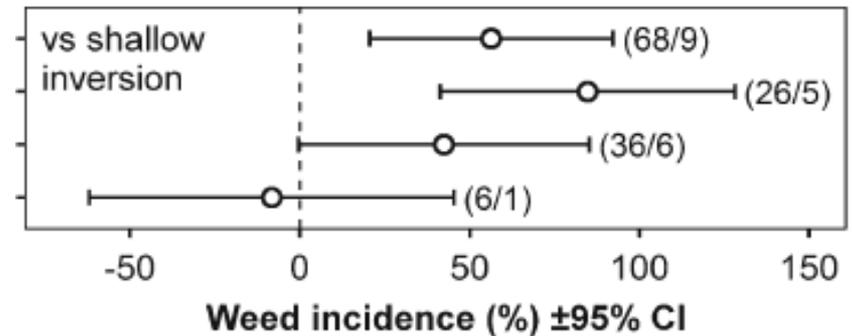
En comparaison du labour profond: + 54 % d'adventices en non labour (sauf SD)

Tous systèmes
Double couche
Labour < 25 cm
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm
Semis direct



En comparaison de labour < 25 cm : + 56 % d'adventices en non labour (sauf SD)

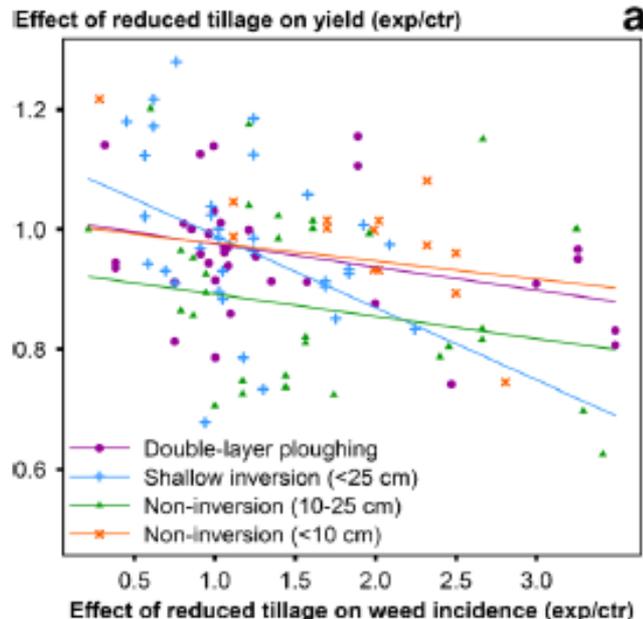
Tous systèmes
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm
Semis direct



Est-ce qu'il y a une corrélation entre la pression adventices et la baisse de rendement en non labour ?

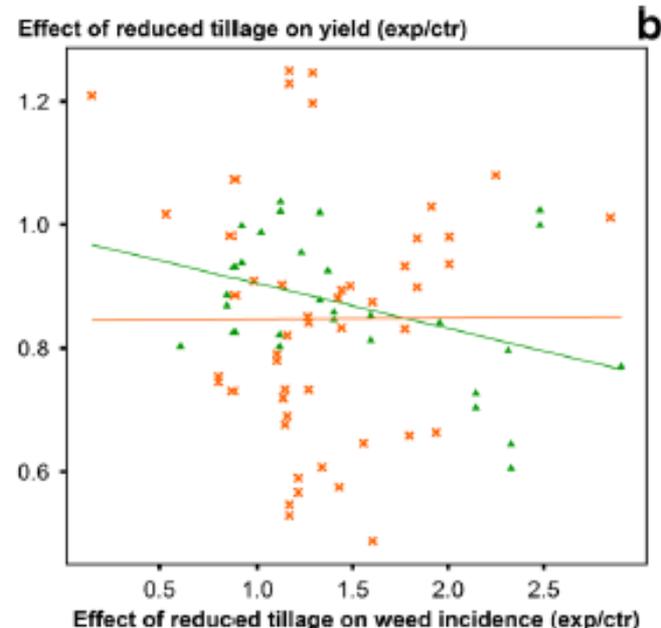
Effet non labour en comparaison :

Témoin: labour profond



*Effet de l'augmentation de la pression adventices sur la baisse du rendement pour **travail double couche** ($p=0,049$) et **labour < 25 cm** ($p=0,023$)*

Témoin: labour < 25 cm

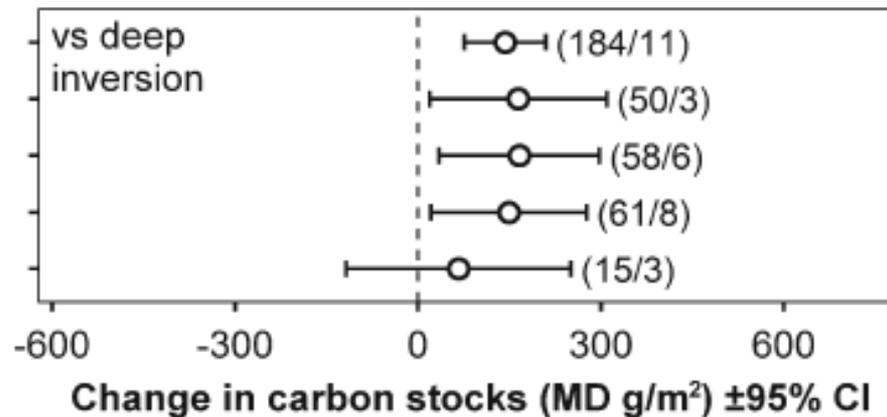


*Effet de l'augmentation de la pression adventices sur la baisse du rendement pour **non inversion 10-25 cm** ($p=0,030$)*

Combien de C est stocké en non labour ? (sur 30 cm de sol)

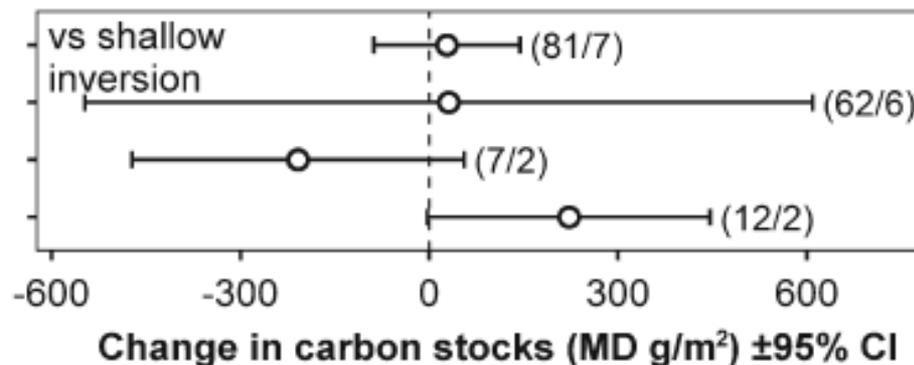
En comparaison du labour profond: + 143 g de C par m⁻² en non labour

Tous systèmes
Double couche
Labour < 25 cm
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm



En comparaison de labour < 25 cm : pas d'augmentation de C stocké !

Tous systèmes
Pas d'inversion 10-25 cm
Pas d'inversion < 10 cm
Semis direct



Qu'en est-il dans nos conditions Françaises ?

- Des essais mis en place depuis 2005 en France
- Présentation des essais de la région Rhône-Alpes
 - Un site d'essai expérimental depuis 2005 dans des sols légers
 - Un réseau de parcelles dans différents types de sol et différents systèmes
 - Un climat de type continental océanique dégradé : 830 mm de pluies par an, 10,7°C de moyenne

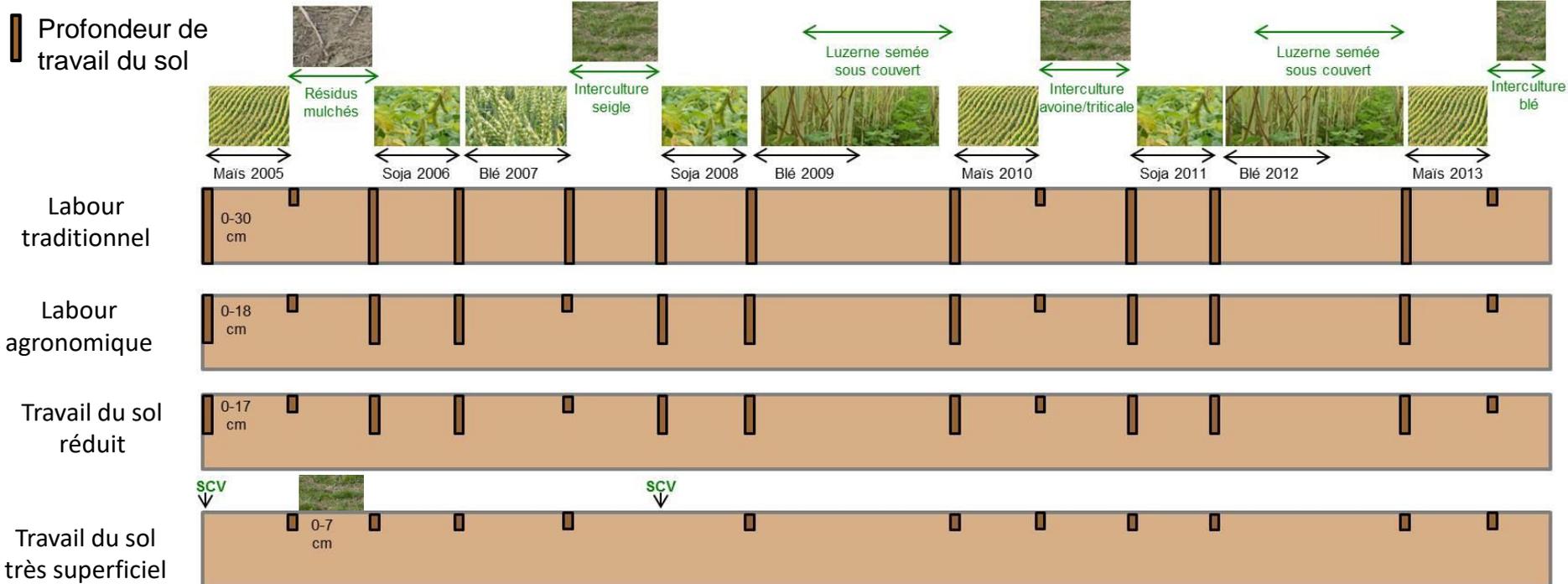
Thil, ISARA-Lyon

Sol : Sablo-limoneux

56% de sables; 15% d'argile; sol carbonaté, pH 8,2

Comparaison de 4 techniques de travail du sol en AB sur la qualité chimique, physique et biologique du sol:

- Labour traditionnel (0-30 cm): inversion du sol, rasettes
- Labour agronomique (0-18 cm): inversion du sol, sans rasettes
- Travail du sol réduit (0-17 cm): pas de retournement
- Travail du sol très superficiel (0-7 cm) ou SCV



Les questions posées

- Les questions portaient autour :
 - De la fertilité du sol: s'améliore-t-elle ?
 - Des adventices : comment gérer sans labour ?
 - Des cultures : peut-on stabiliser le rendement ?

Grandes cultures

Travail du sol avec labour :

Le labour 'classique', à 30 cm de profondeur, où le sol est retourné (LT)



Le labour 'agronomique', peu profond à 18 cm, sans rasette, où le sol est retourné (LA), hors raie



Grandes cultures

Travail du sol sans labour :

Le travail 'superficiel' à 15-17 cm (TS) de type chisel

Le travail 'très superficiel' à 5-7 cm (TTS) suite à un 'semis direct' sous couvert non réussi



Semis direct sous couvert...

*Rouleau cranteur : 'écrasement du couvert'
de seigle en 2008*

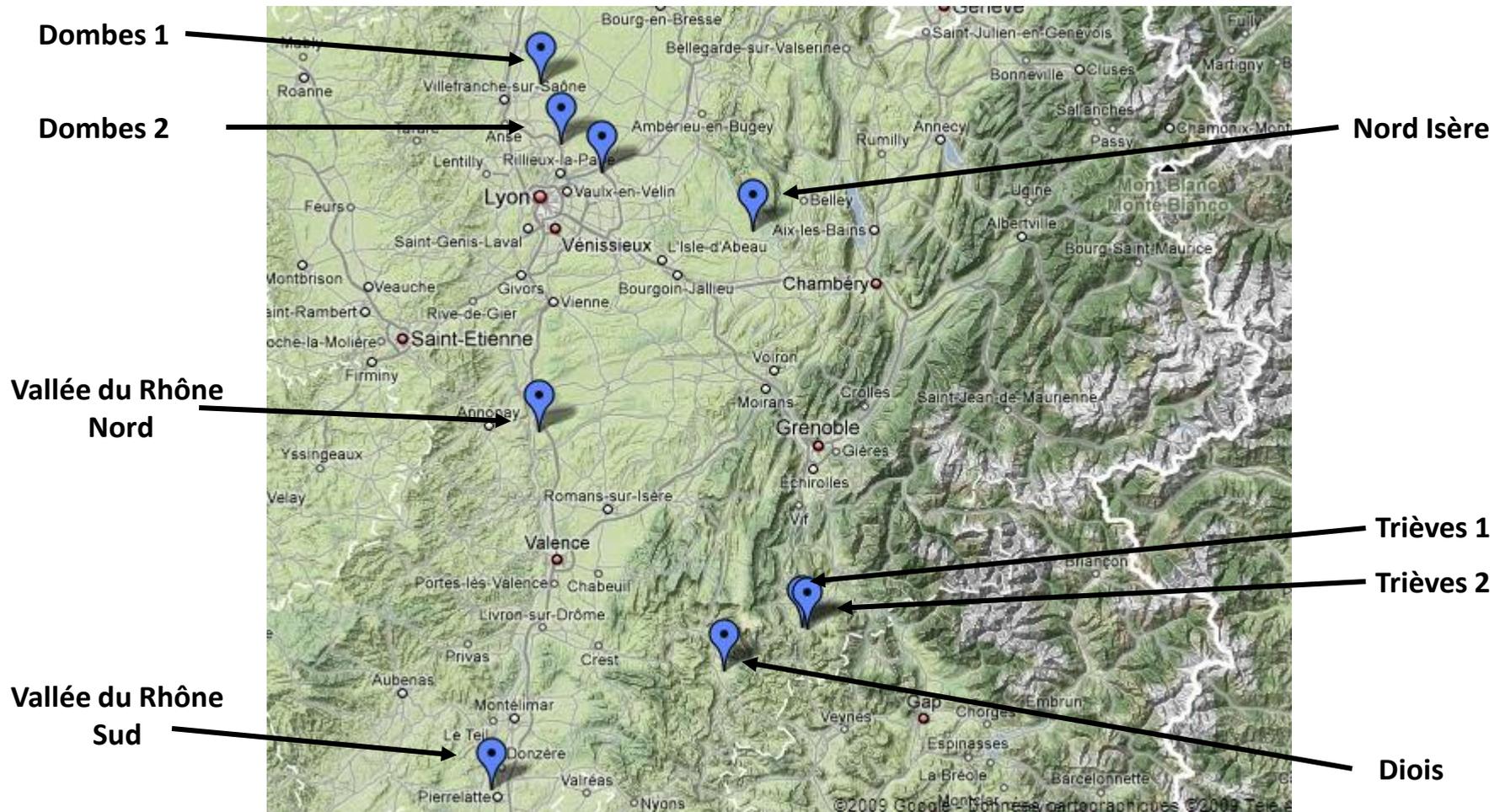


*Semis direct: soja dans le couvert de
seigle roulé 2008*



Dispositif expérimental : réseau de parcelles

*Comparaison pratique agriculteur (labour) avec travail superficiel sans retournement.
Dispositifs en bandes, climats et types de sol variés*

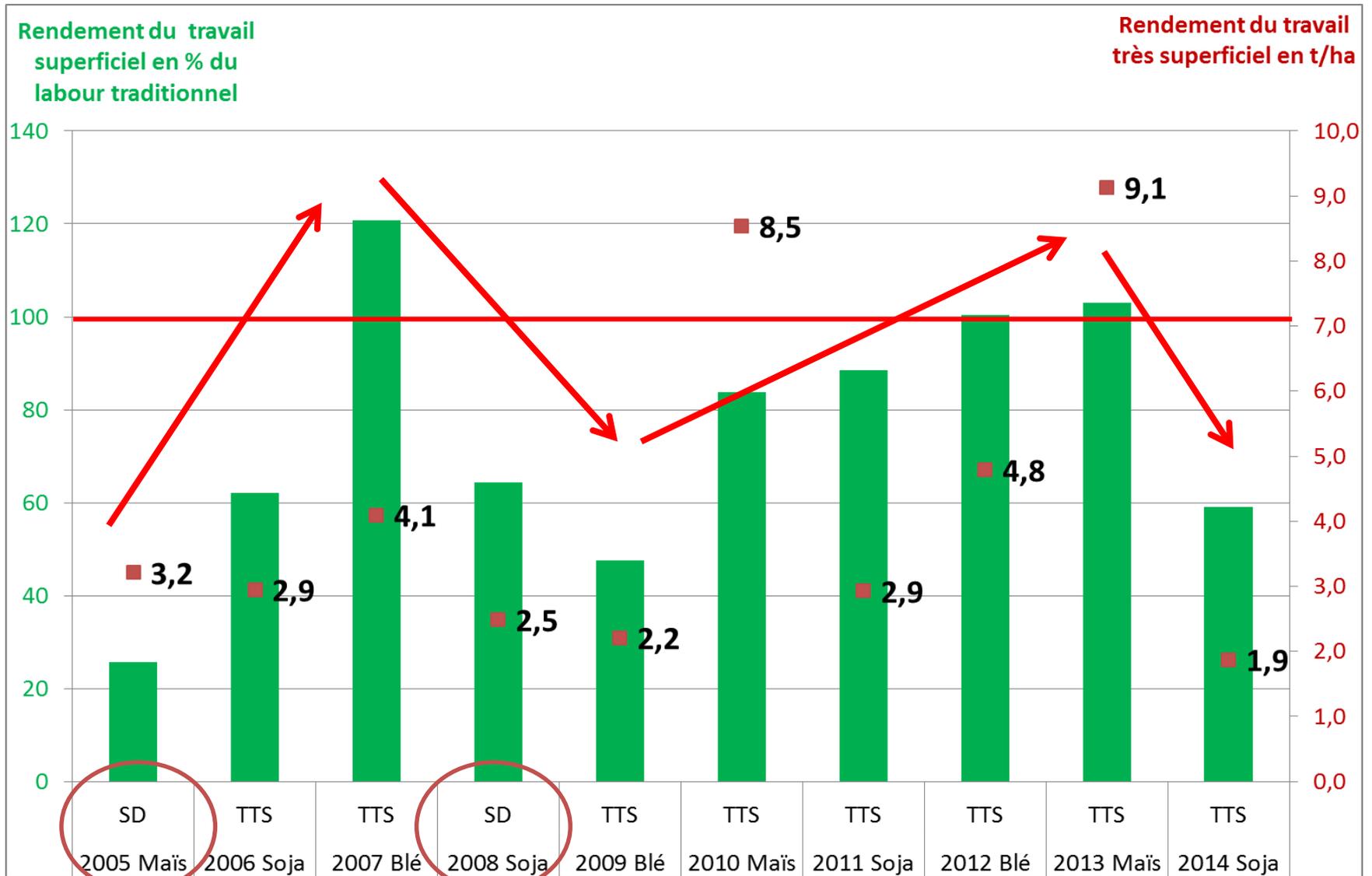




LES RENDEMENTS DES CULTURES ET ADVENTICES

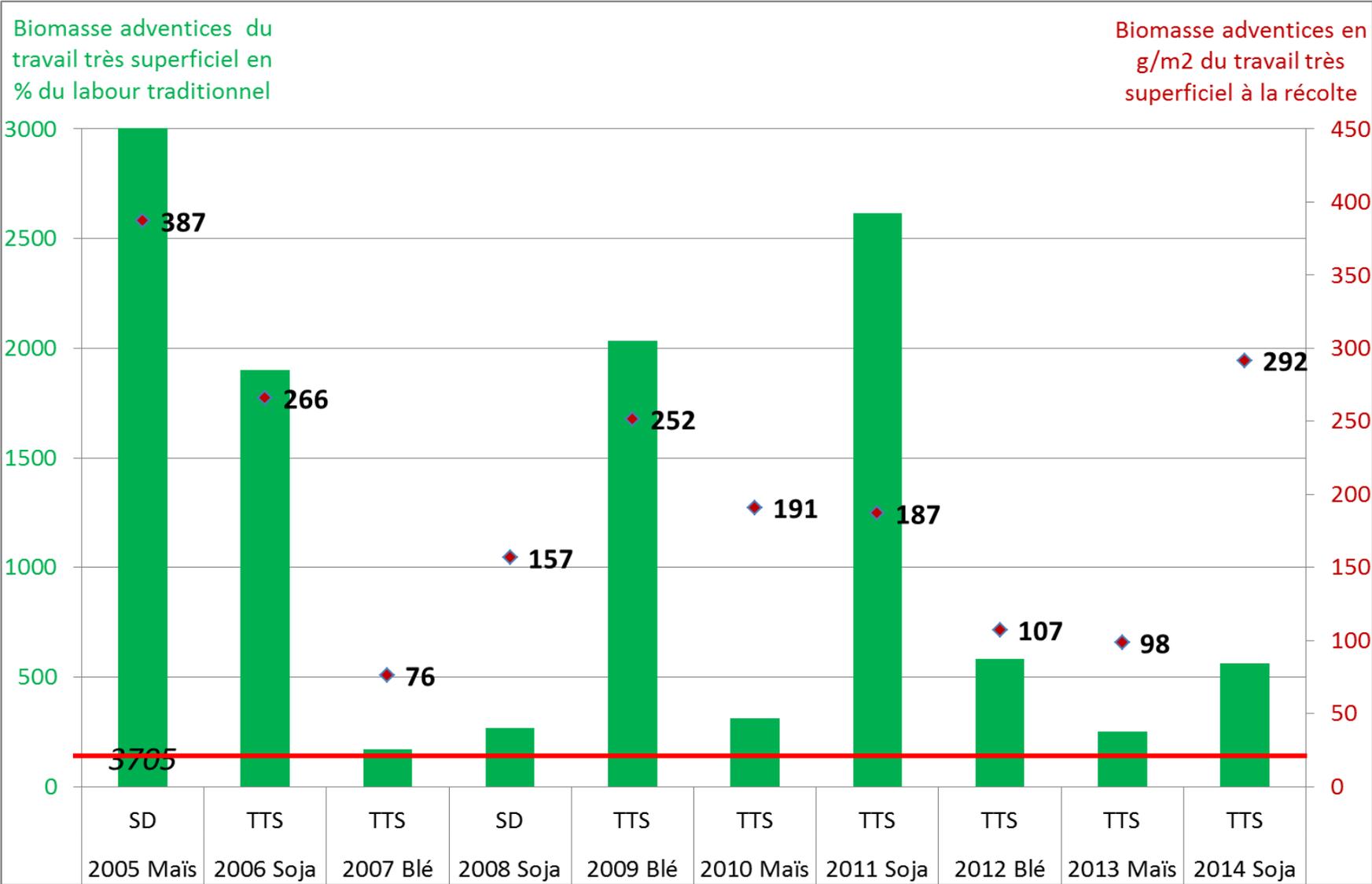
Rendements avec le travail très superficiel

Site expérimental



Quel niveau d'adventices avec le travail du sol < 10cm?

Dispositif expérimental de Thil

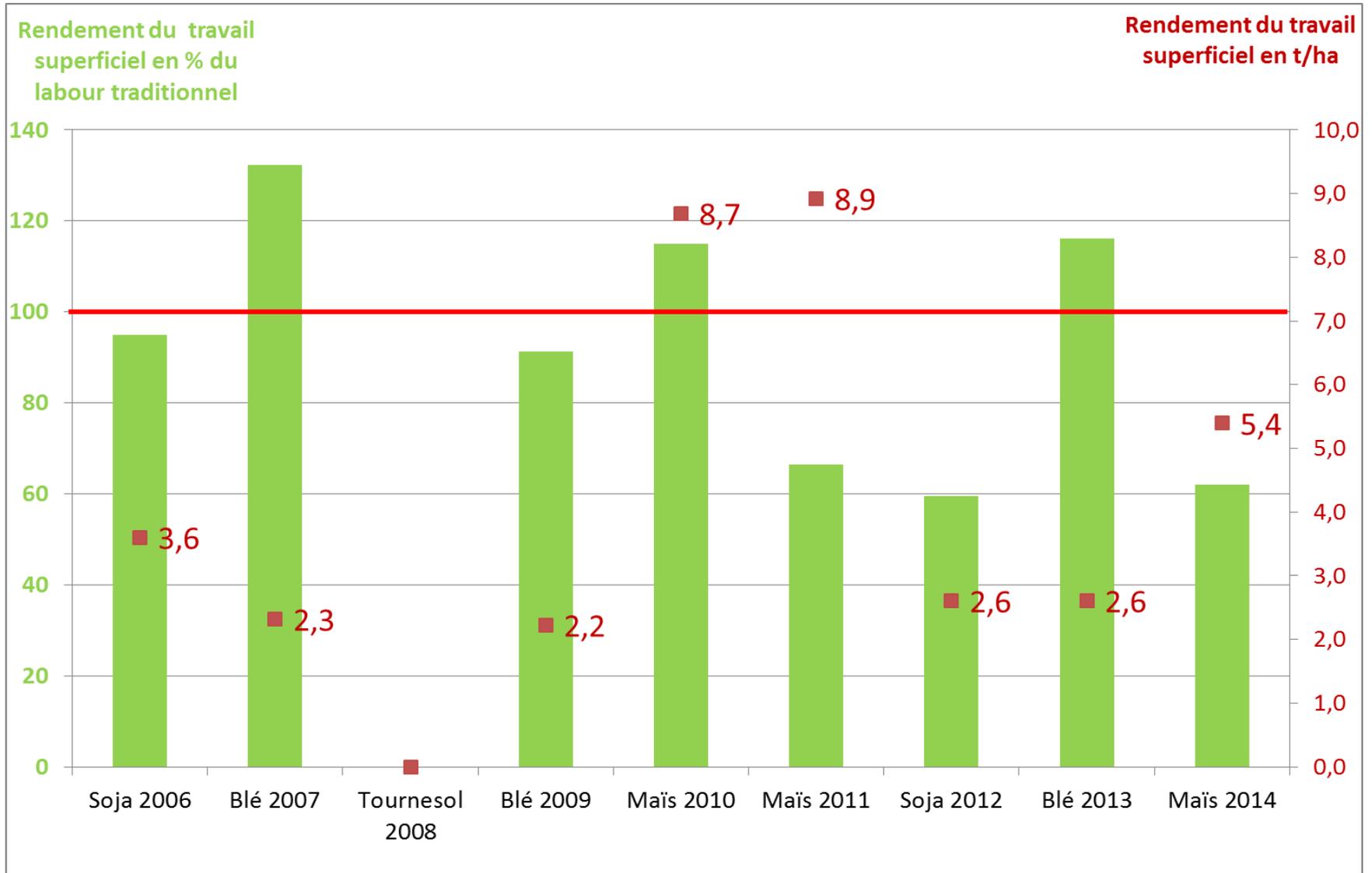


Le semis direct : le soja 2008



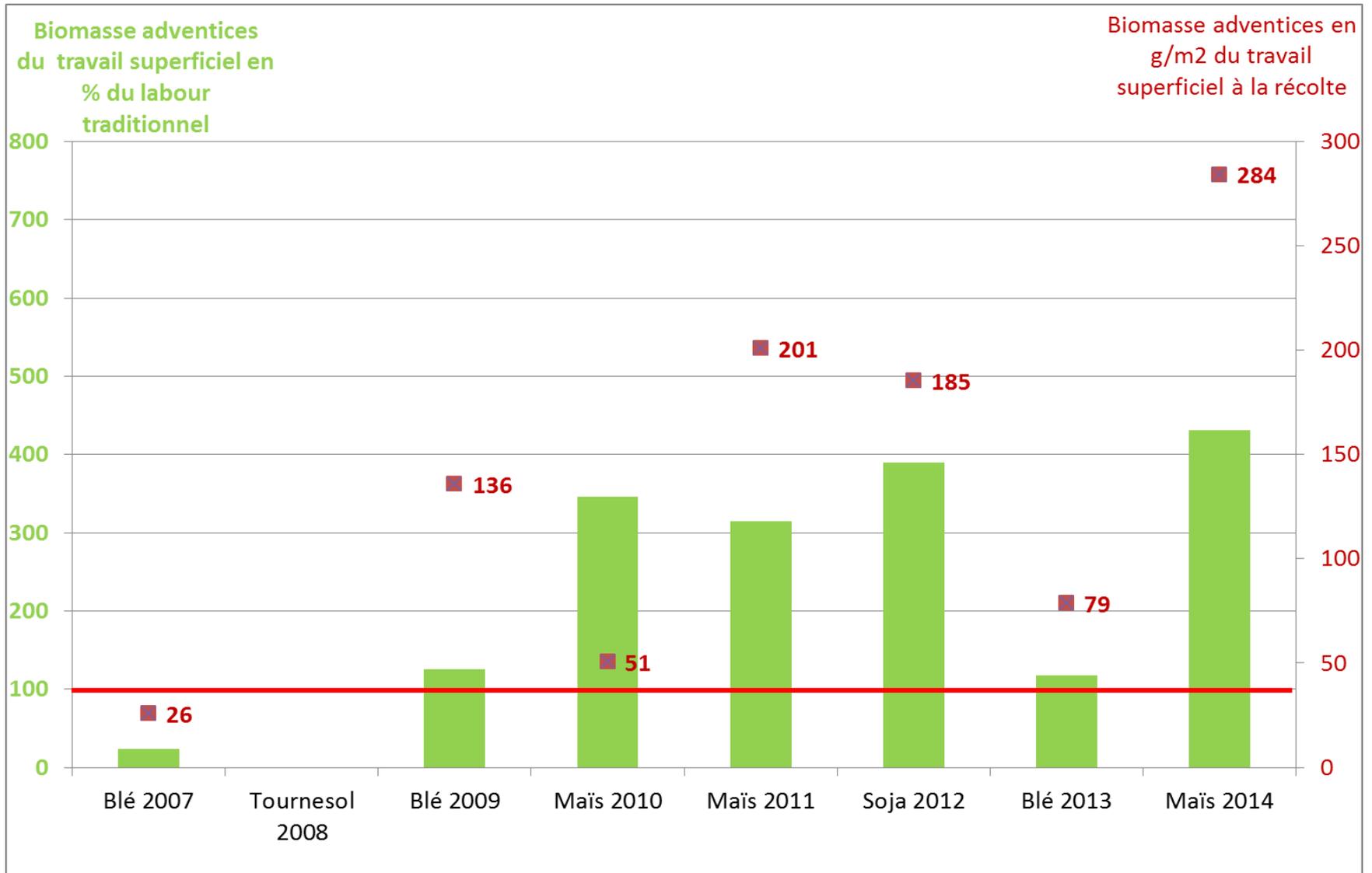
Rendements avec le travail superficiel

Réseau de parcelles: Nord Isère



Adventices avec le travail superficiel

Réseau de parcelles: Nord Isère





Labour

Travail superficiel

Maïs 2014 - floraison



Labour Maïs 2014

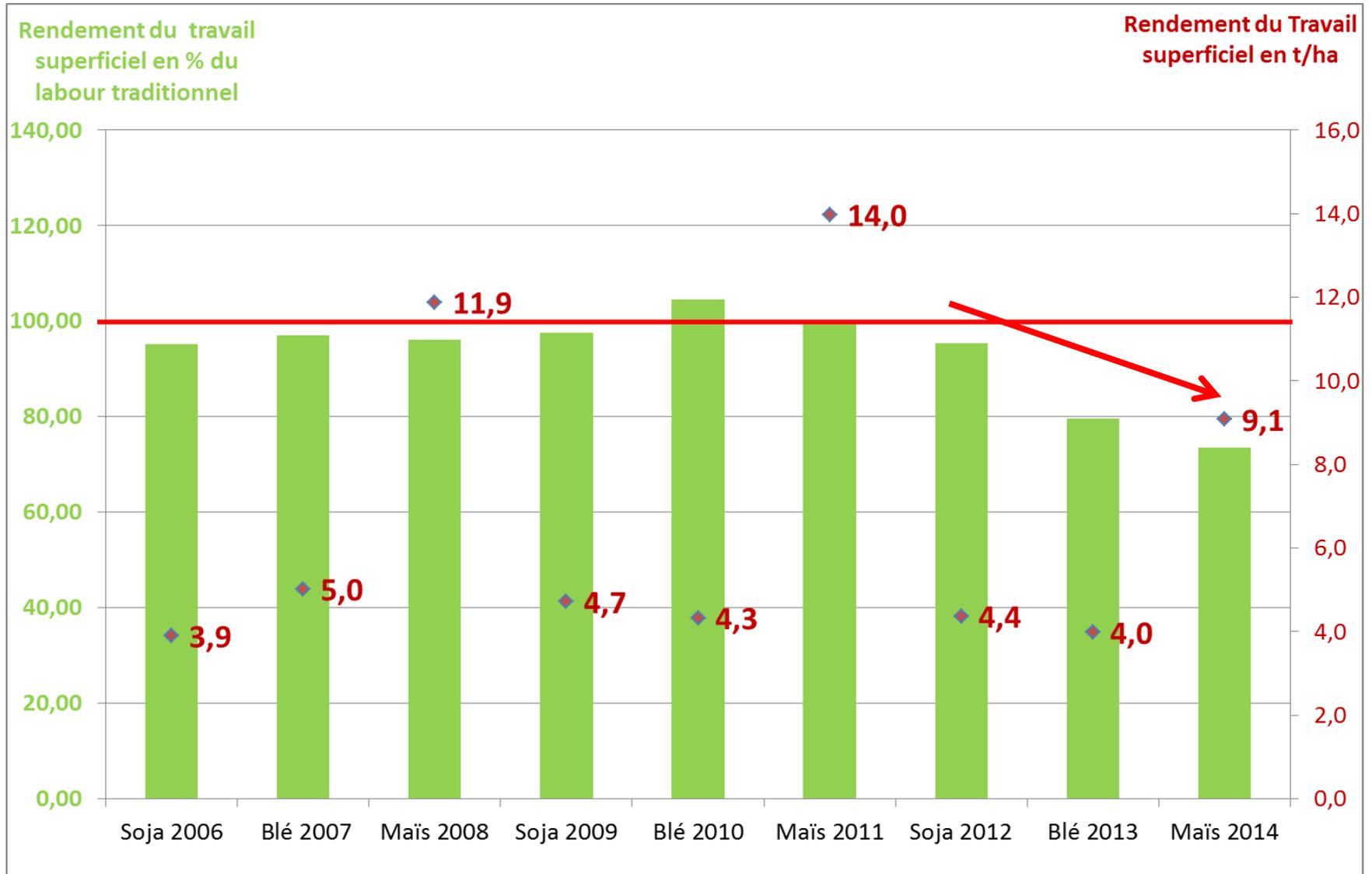


Travail réduit Maïs 2014



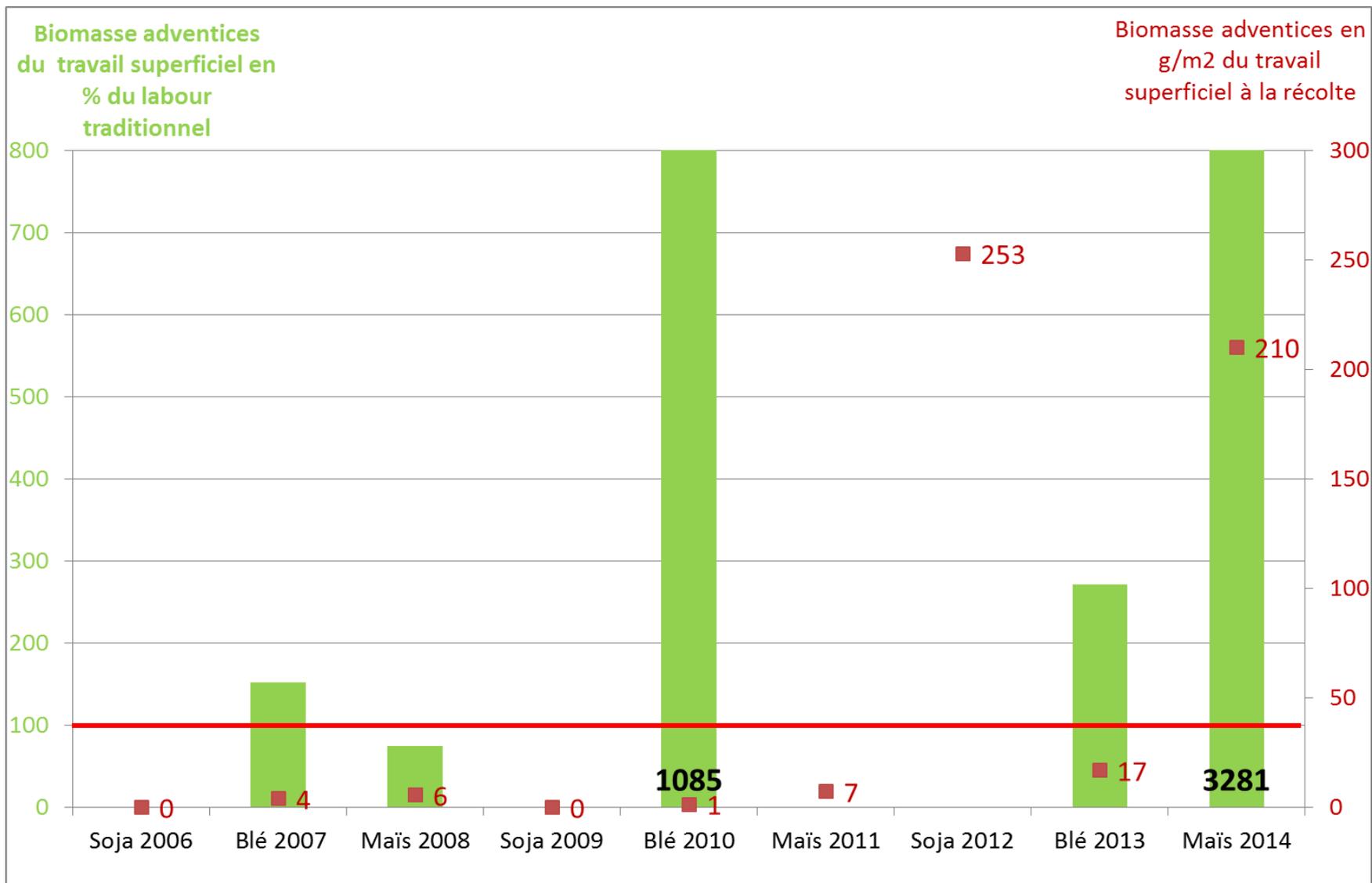
Rendements avec le travail superficiel

Réseau de parcelles: Vallée du Rhône Nord



Adventices avec le travail superficiel

Réseau de parcelles: Vallée du Rhône Nord



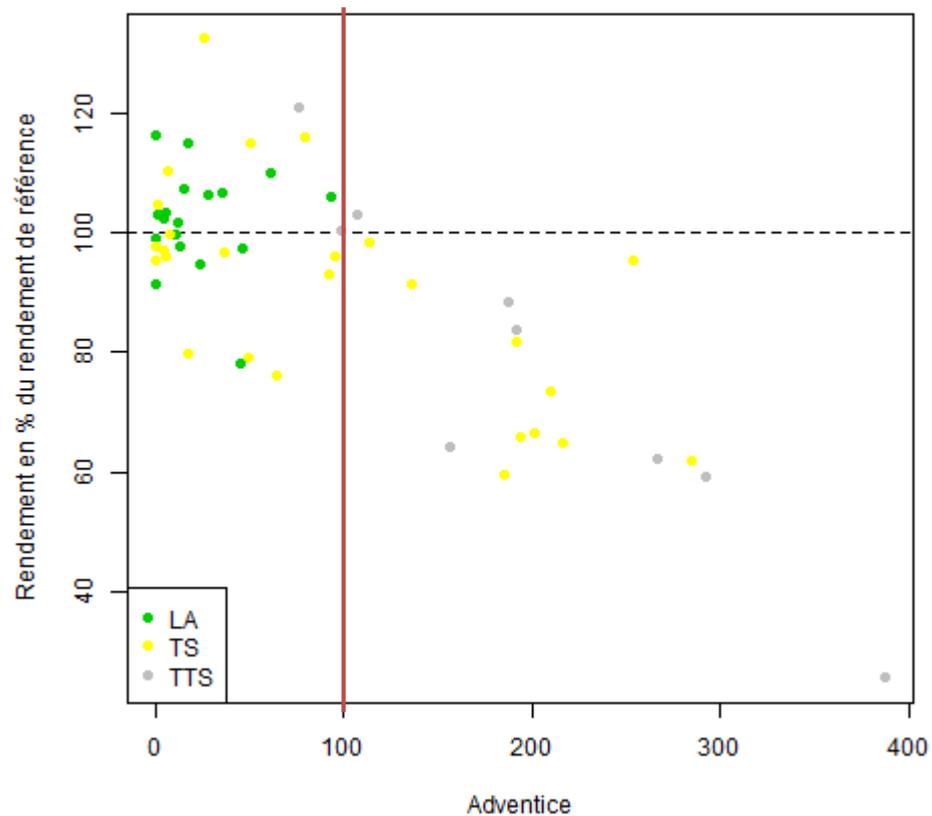
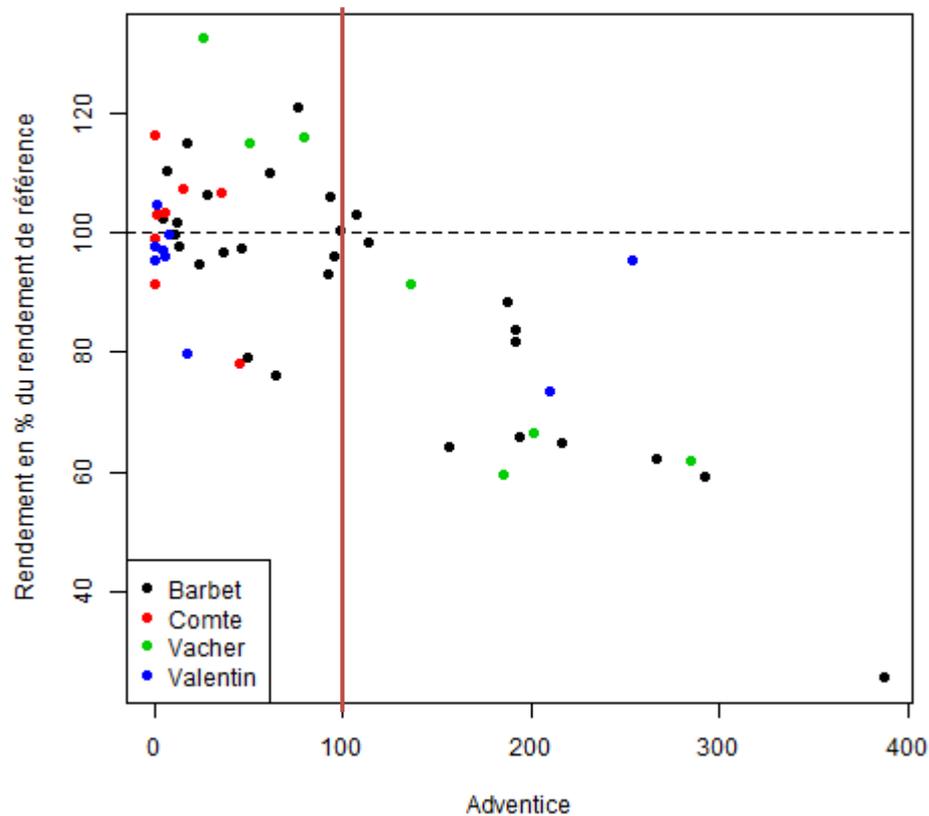


Datura et Lampourde
à Floraison dans le
travail superficiel
maïs 2014



Travail superficiel
maïs 2014

Lien entre les rendements et la biomasse d'adventices à la récolte

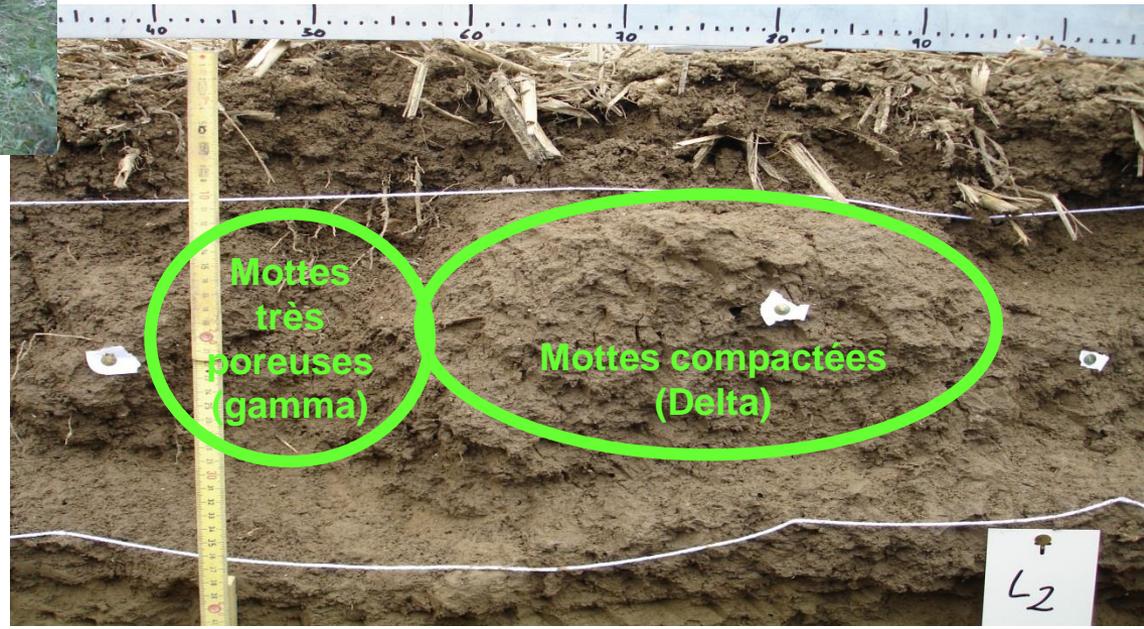




LA FERTILITÉ DU SOL SUR LE SITE EXPÉRIMENTAL



Utilisation du Profil culturel



Comment on classe la porosité



Mottes de type Gamma (Γ) :
beaucoup de macroporosité
visible à l'œil

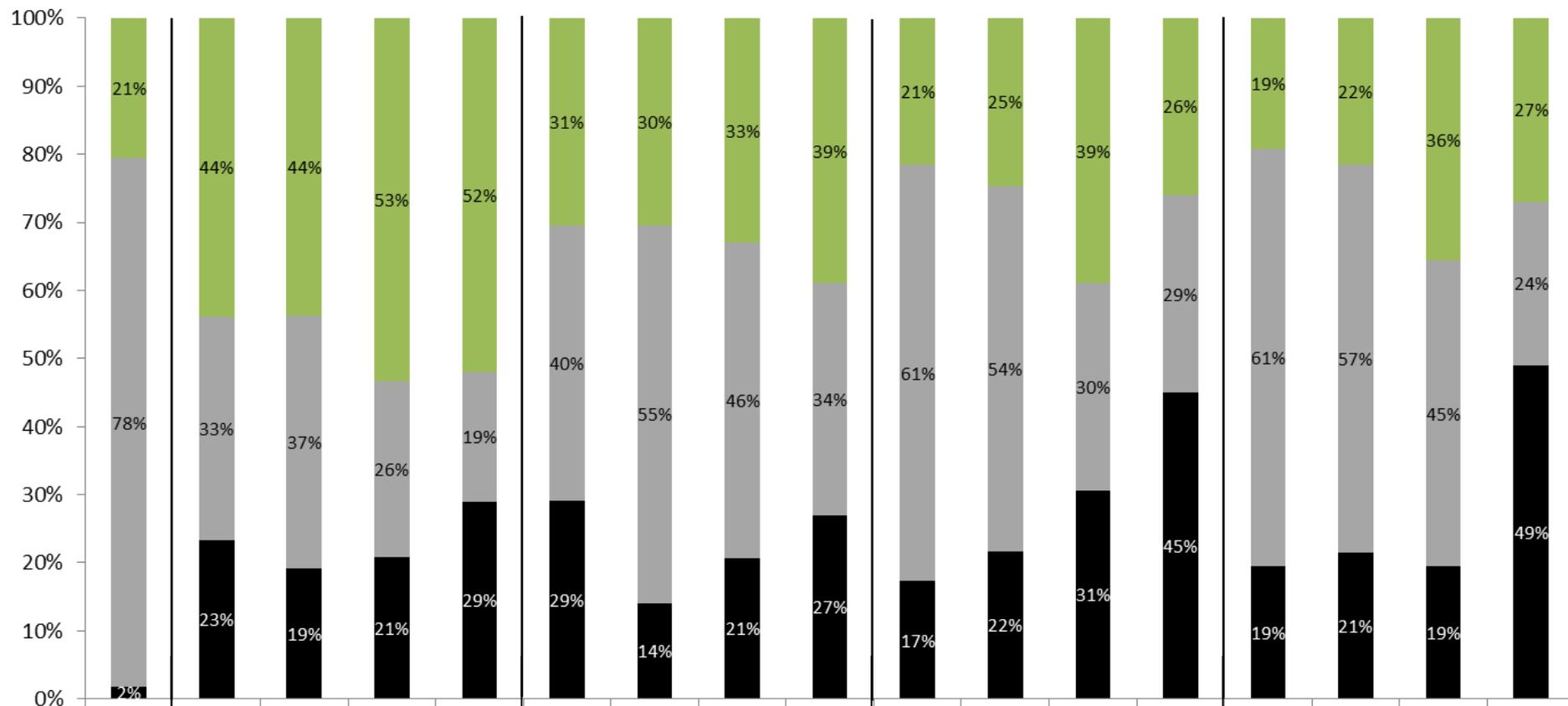


Mottes de type Delta
(Δ) : aucune
macroporosité visible
à l'œil



Mottes de type Delta Zero ($\Delta 0$): quelques
macropores visible à l'œil – type galeries de
vers de terre, passage d'une racine

Pourcentage de zones sévèrement tassées, modérément tassées et non tassées dans les profils culturaux



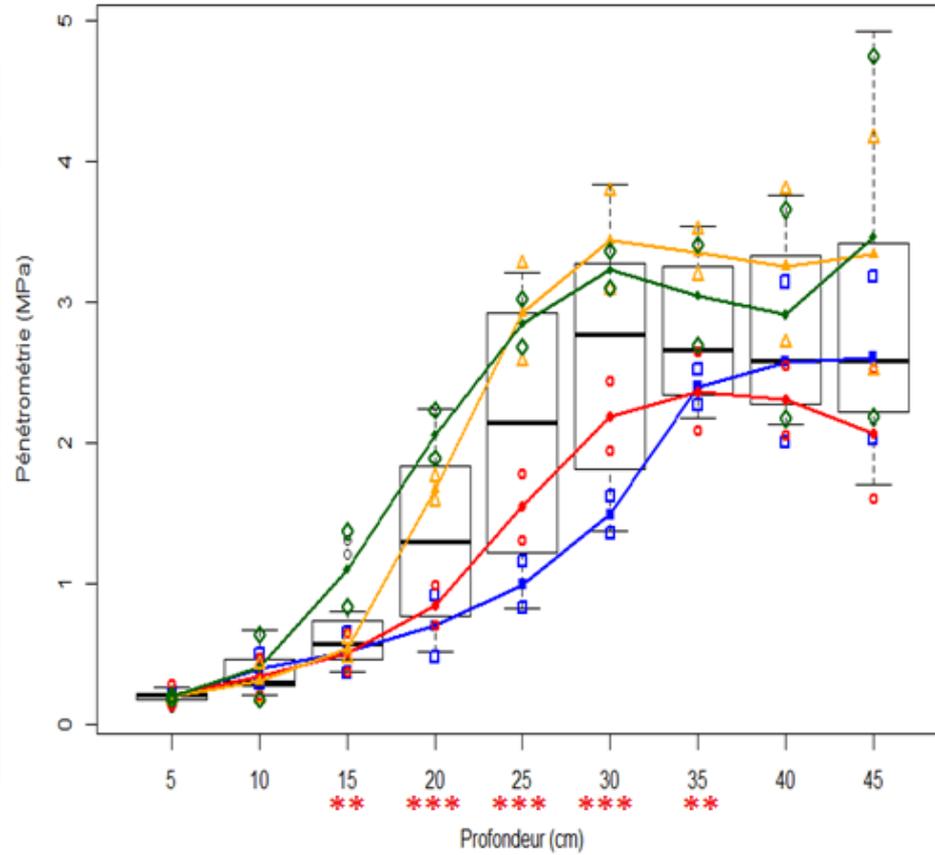
■ Mottes poreuses (Γ)

■ Mottes compactées mais avec porosité biologique ($\Delta 0$)

■ Mottes sévèrement compactées (Δ)

Plus de tassement ?

Résistance à la pénétration (en MPa) après 10 ans d'essai (2015)



Moyennes (MPa) à 30 cm:

LT	LA	TS	TTS
1,49	2,19	3,43	3,22

Plus de tassement ?

Observation visuelle de la structure du sol (test bêche) après 10 ans d'essai (2016)



Labour (30 cm)



Labour agricole
(18 cm)



Travail du sol
superficiel (17 cm)

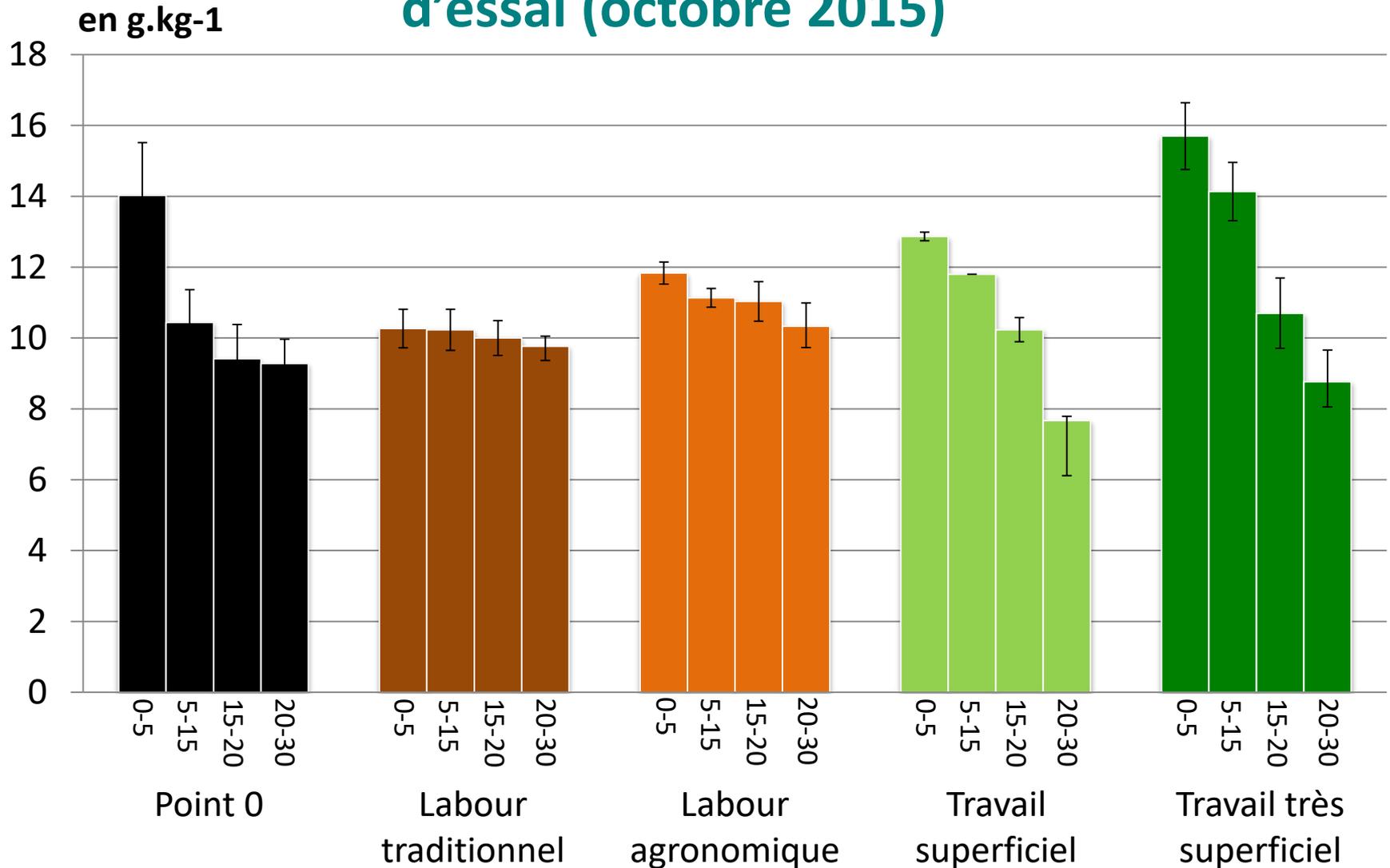


Travail du sol très
superficiel (07 cm)

Mesures et observations printemps 2016, sous couvert de
seigle, sortie d'hiver

Plus de Carbone ?

Teneur en Carbone organique dans le sol après 10 ans d'essai (octobre 2015)

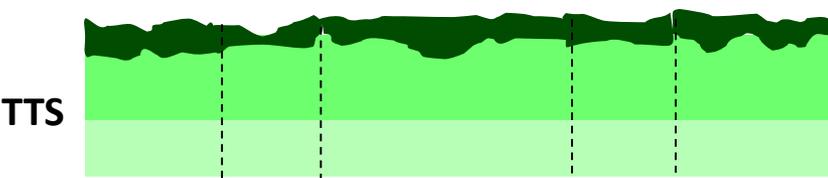
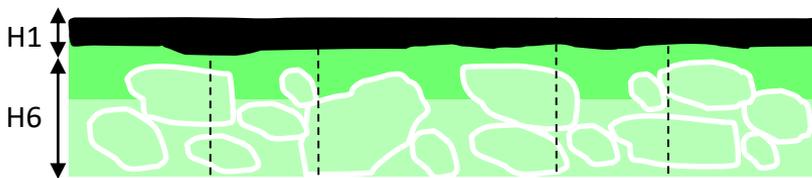
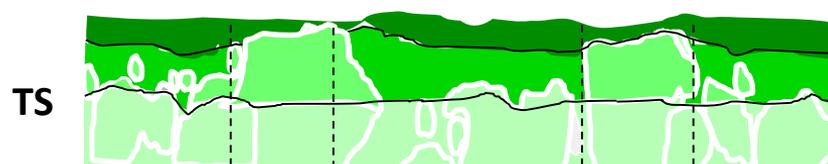
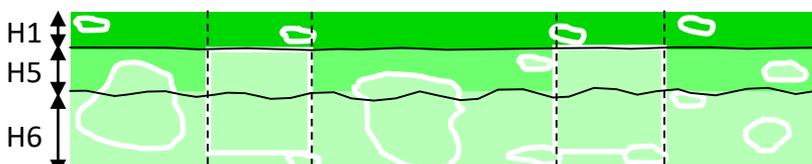
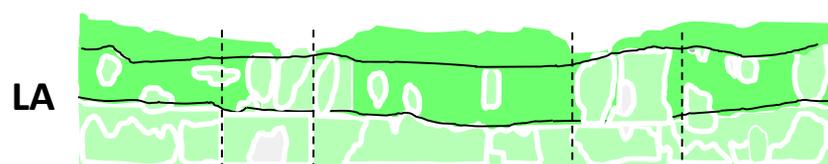
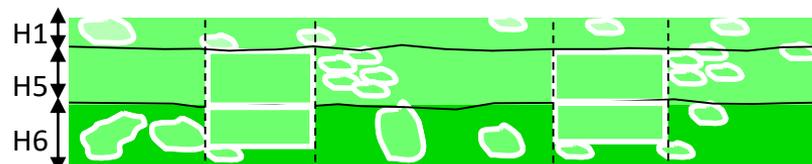
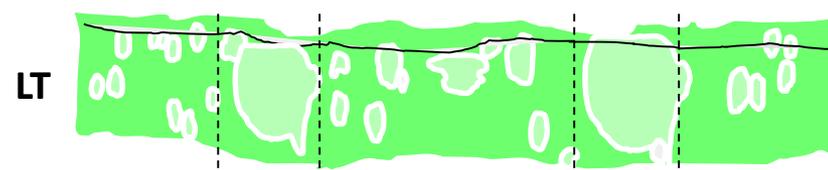
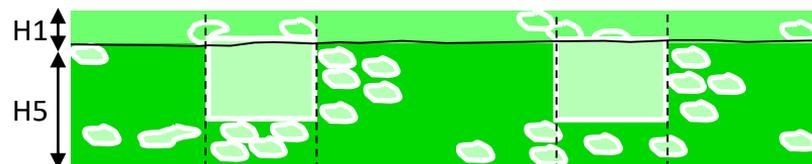


Travail du sol et activité potentielle de minéralisation du Corg

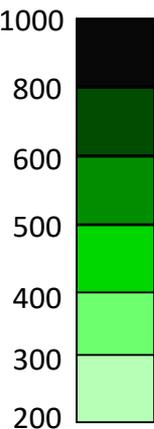
1 et 2 ans après différenciation des traitements

2006

2007



mgC.kg⁻¹



Vian (2009)

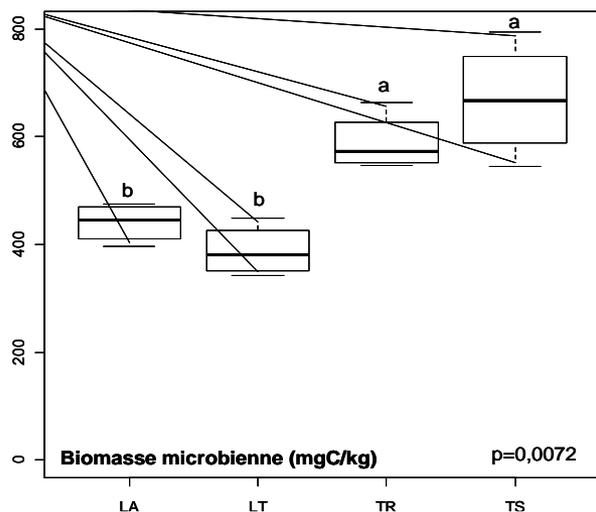
L3 L1/L2 L3 L1/L2 L3

L3 L1/L2 L3 L1/L2 L3

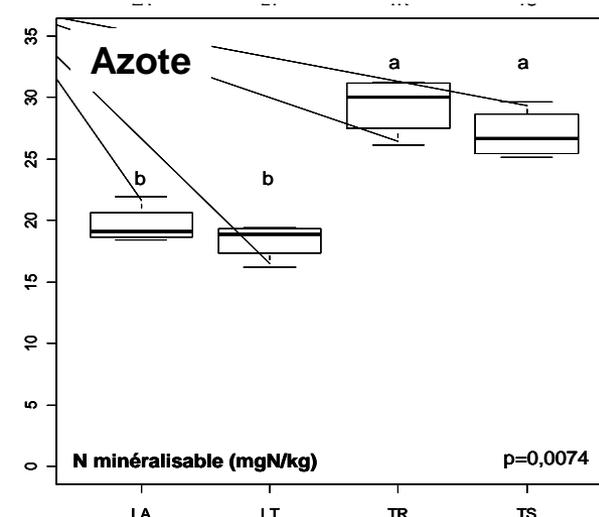
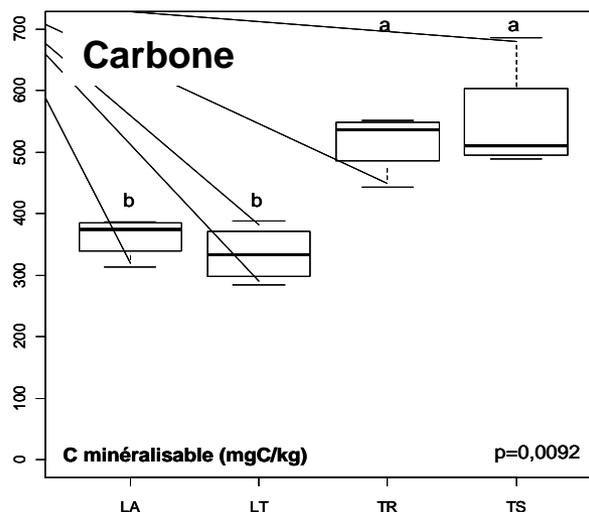
Travail du sol et activité potentielle de minéralisation du Corg et de l'azote

6 ans après différenciation des traitements

Biomasse microbienne



Activités potentielles de minéralisation



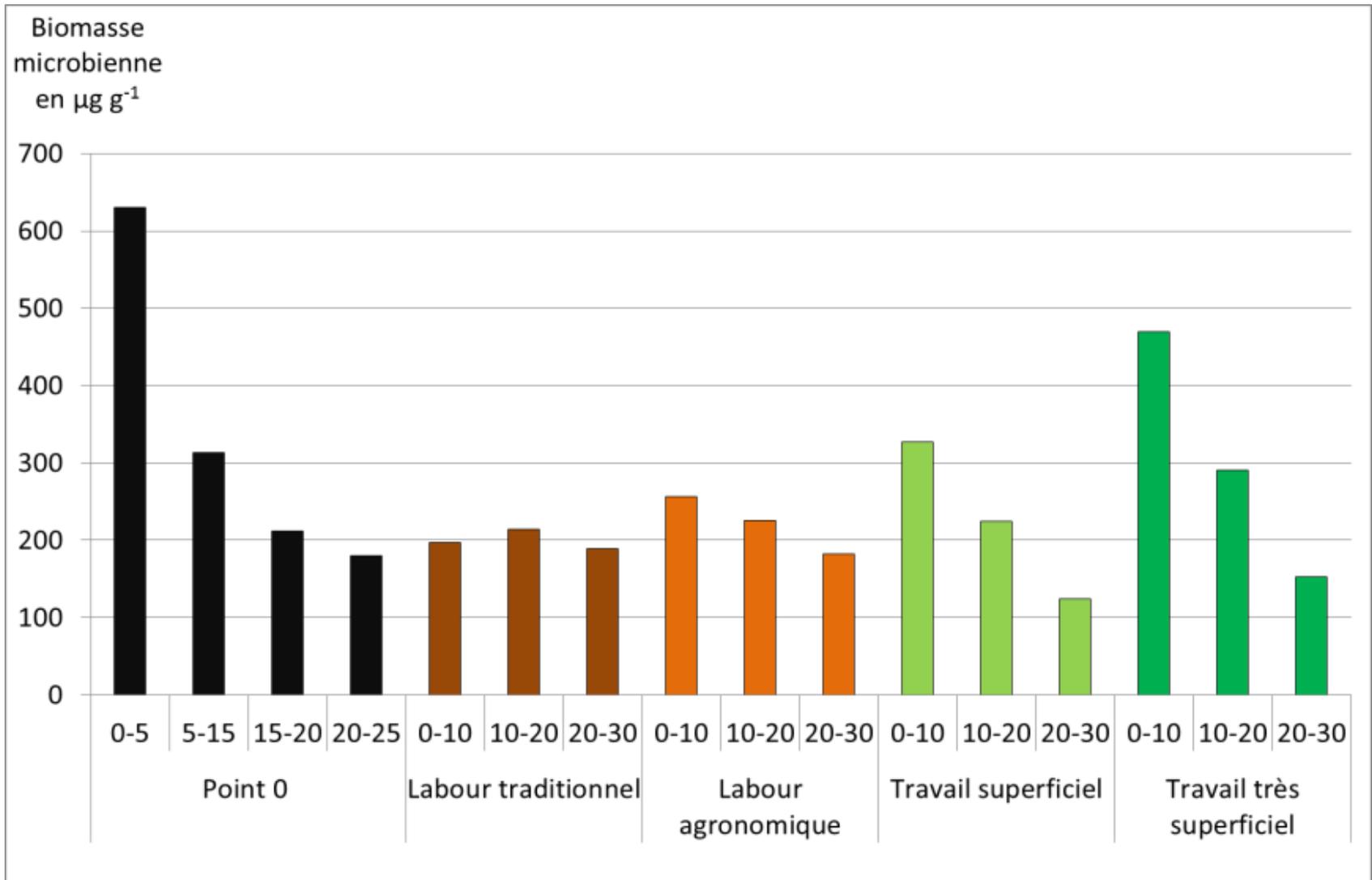
Différences plus marquées au niveau des indicateurs microbiens après plus de 6 ans de différenciation des traitements

Influence de la localisation des résidus de culture sur la quantité et les activités potentielles des microorganismes

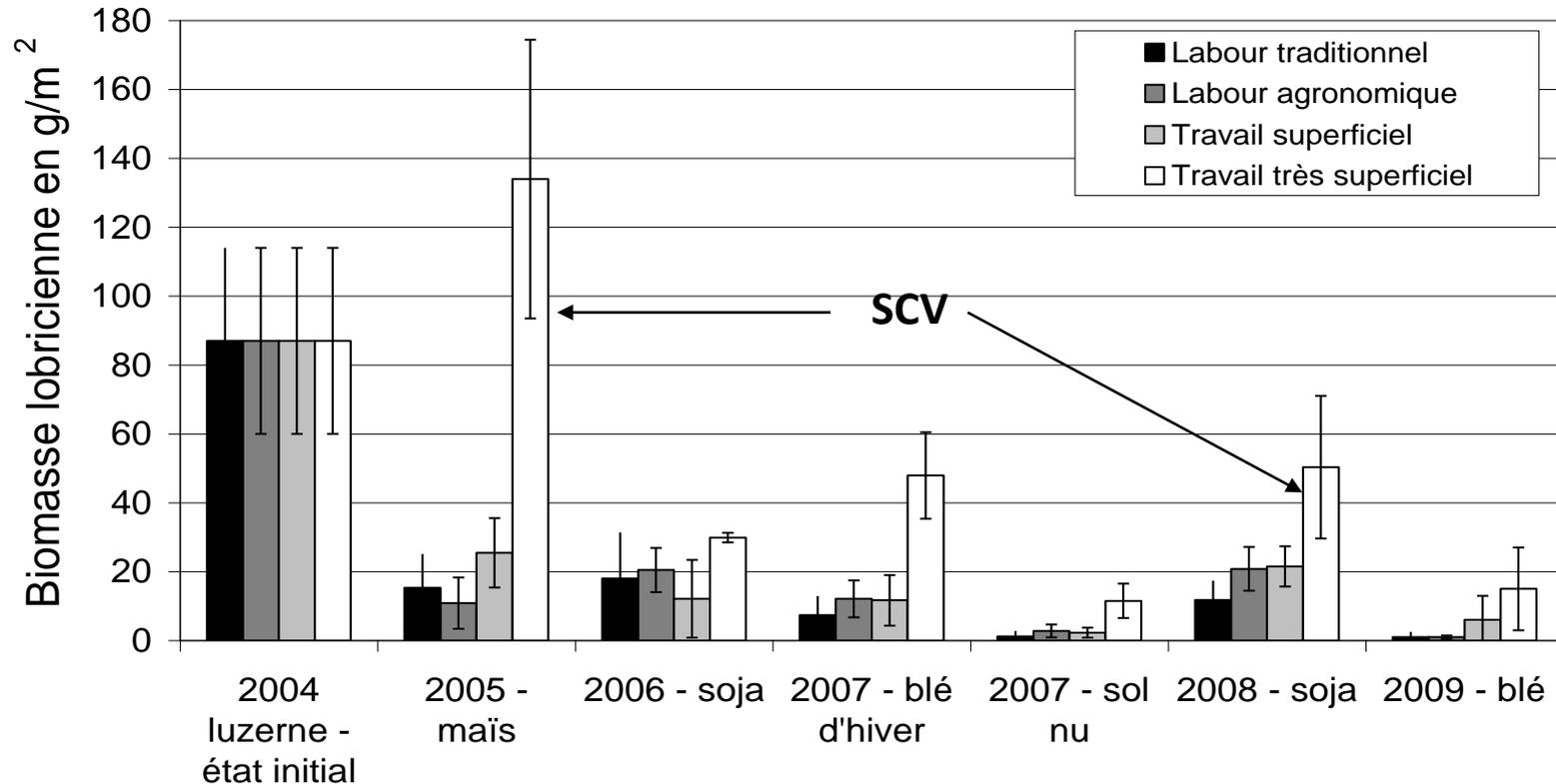
Attention, prélèvements sur 0-15 cm de profondeur

Plus de vie microbienne ?

Biomasse microbienne du sol après 8 ans d'essai (2011-2012)



Influence du travail du sol et des couverts sur les vers de terre



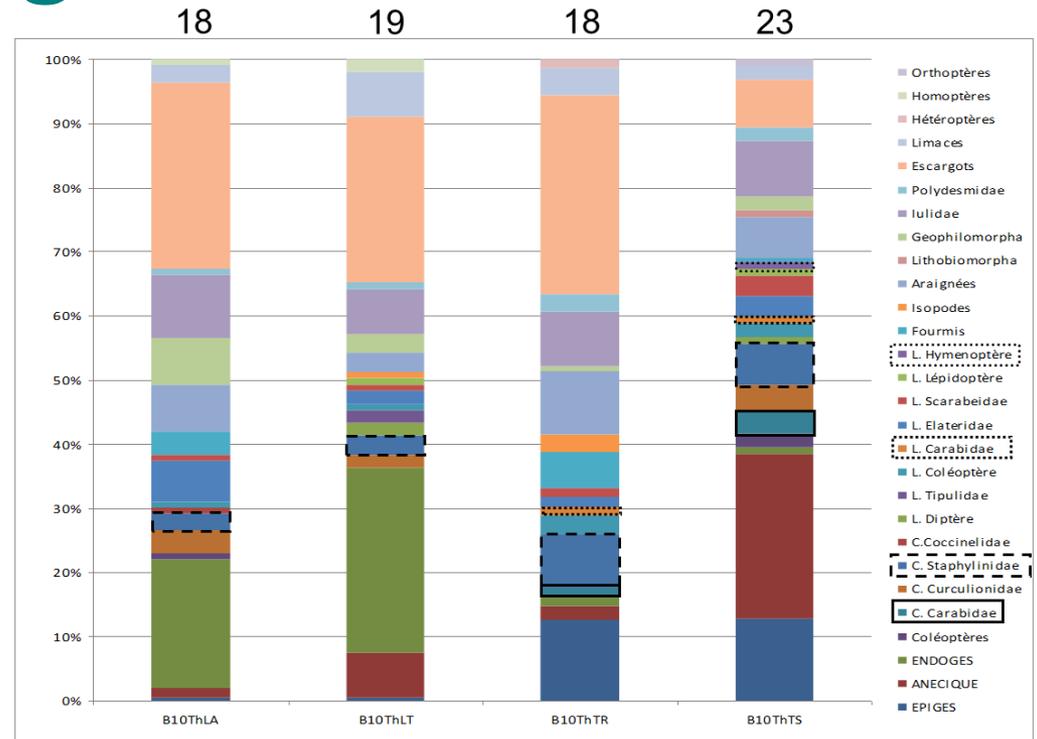
Peigné et al., 2009

Augmentation de la biomasse lombricienne en 2005 en SD, sinon tendance à la perte de biomasse lombricienne quelles que soient les techniques...effet couvert plus marqué que travail du sol...SD tend à préserver le plus de biomasse, notamment des anéciques...mais peu d'effets sur la structure du sol

Influence du travail du sol sur la biologie du sol

• Macroorganismes du sol:

- Effet couvert végétal plus marqué que travail du sol pour les vers de terre
- Augmentation de la biomasse lombricienne en 2005 en SD, sinon tendance à la perte de biomasse lombricienne quelles que soient les techniques de travail du sol
- Plus de diversité des macroorganismes du sol avec la technique de SD et/ou Travail < 10 cm:
 - *Présence d'hyménoptères et de coléoptères (adultes ou larves) plus importante*
 - *Présence de certains ordres qui ne sont pas représentés au sein des autres modalités (Urticales ou Lithobiomorpha)*
 - *Collemboles et acariens décomposeurs de la litière plus importants.*



• Microorganismes du sol (bactéries et champignons):

- Plus de biomasse microbienne, de potentiel de minéralisation (C et N) pour les techniques sans labour après plus de 6 ans de différenciation des traitements
- Proportion de champignons au sein de la biomasse microbienne plus élevée au sein des modalités sans labour
- Des communautés de bactéries différentes entre le labour et non labour, pas d'effet sur les communautés de champignons

Conclusion

- Adventices facteur limitant en Non labour
- Deuxième facteur (si moins de 1 T /ha d'adventices) : fertilité du sol et enracinement
- Le travail avec un outil à dents de type chisel autour de 15 cm:
 - Assez Intéressant avec plus de microorganismes mais système moins stable en termes de rendement : possibilité de système hybride avec labour de temps en temps si trop d'herbe ?
- Le Travail à < 10 cm
 - Très intéressant avec une amélioration de toutes les composantes de la fertilité du sol jusqu'en 2013 et bonne gestion de l'herbe
 - Chute en 2013-14 : tassement et adventices dues à une année humide et douce: multiples passages de roues pour gérer les adventices, moisson en mauvaise condition !
- Développement du semis direct sous couvert végétal (projet de thèse de Laura Vincent-Caboud)

LE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL ROULE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE :

Où en est la recherche en Amérique du Nord ?

Un travail du sol intensif pour gérer les adventices, préparer le sol ou incorporer des apports organiques au sol, dégrade la qualité des sols et affecte la durabilité des systèmes de production. Comment répondre aux enjeux du 21^{ème} siècle : développer des techniques productives et viables tout en respectant l'environnement. Parmi les alternatives recherchées, le semis direct sous couvert végétal roulé est l'une des plus innovantes qui permettrait de protéger le sol tout en réduisant le temps de travail et la consommation énergétique.

Le semis direct (SD) a émergé au Brésil et fait partie des techniques culturales sans labour (TCSL) développées aux Etats-Unis en 1930 (Figure A). L'objectif est de préserver la fertilité des sols en répondant à l'un des principes de l'agriculture de conservation : minimiser la perturbation du sol.

Le SD correspond au semis d'une culture sans travail du sol depuis la récolte de la culture précédente. Le sol est perturbé uniquement au niveau de la ligne de semis sur 2 à 5 cm de profondeur. Par conséquent, une forte quantité de résidus est laissée sur le sol et assure une couverture de l'ordre de 30 à 100 % de la surface du sol.

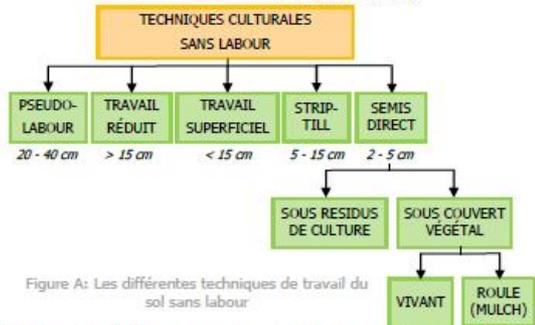


Figure A: Les différentes techniques de travail du sol sans labour

Malgré tous les bénéfices apportés, la gestion des adventices reste un problème majeur du SD en agriculture biologique (AB). Ainsi, le semis direct sous couvert végétal (SDSC) constitue une solution pour

maîtriser les espèces indésirables en occupant le sol. Cette stratégie consiste à associer le SD avec un couvert végétal soit vivant soit détruit à partir d'un rouleau cranteur (Figure B).

Qu'est-ce que l'agriculture de conservation (AC) ?

L'AC s'est développée aux Etats-Unis dans les années 1930 à la suite d'une perte massive de surfaces cultivables générée par d'importants phénomènes d'érosion éoliennes et hydriques. Face à cette catastrophe écologique, le « Dust Bowl », les agriculteurs des grandes plaines céréalières ont rapidement modifié leur pratique. Un ensemble de techniques s'est ainsi répandu en Amérique du Nord avec l'objectif de conserver le potentiel agronomique des sols. L'AC regroupe l'ensemble de ces alternatives et repose sur trois piliers fondamentaux :

- Une perturbation minimale du sol via des TCSL (réduction de la profondeur de travail du sol, absence de retournement du sol etc.). Ces techniques permettent de limiter l'érosion et de préserver les habitats de la vie du sol (vers de terre, carabes etc.).
- Une couverture du sol permanente pour protéger le sol contre les aléas climatiques, augmenter le stock de matières organiques et assurer une ressource trophique pour la vie du sol.
- Un système de rotation culturale diversifié avec des associations de cultures afin de favoriser la structure du sol et contrôler les bio-agresseurs.



Figure B: Itinéraire technique d'un semis direct d'une culture de printemps sous couvert végétal roulé

SOMMAIRE :

- 1- LES ENJEUX DE LA TECHNIQUE
- 2- REUSSIR L'IMPLANTATION DU COUVERT
- 3- DETRUIRE LE COUVERT VEGETAL
- 4- IMPLANTER LA CULTURE PRINCIPALE
- 5- CONSTRUIRE SA ROTATION CULTURALE



Document sous Licence Creative Commons sans possibilité d'utilisation commerciale

LE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL ROULE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE :

Etat des lieux, enjeux et pistes de mise en œuvre en France ?

Version provisoire

La pratique du SDSC en France

Le semis direct (SD) fait référence à l'absence de travail du sol à partir de la récolte de la culture précédente jusqu'au semis de la culture suivante.

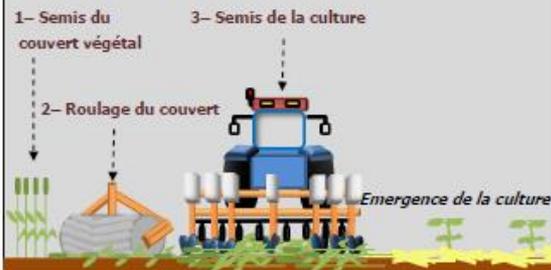
En Europe, le SD se développe depuis les années 1970 en agriculture conventionnelle et suscite de plus en plus d'intérêts vis-à-vis des bénéfices apportés par la réduction du nombre d'interventions (diminution du temps de travail, de la consommation de carburant etc.). Cependant, la pratique du SD reste faible vis-à-vis des autres techniques culturales sans labour avec seulement 230 000 ha en 2011 selon Agreste principalement en culture de blé tendre. Ces chiffres reposent majoritairement sur du SD dans les résidus de récolte de la culture précédente.

Cependant, bien que cette technique permette de réduire les perturbations du sol, elle rencontre des limites en agriculture biologique (AB) pour gérer les adventices au regard de la faible quantité de résidus présents sur la surface du sol.

Depuis quelques années, des intérêts émergent en grandes cultures autour du semis direct sous couvert (SDSC). Toutefois, alors que la technique se développe dans le monde et plus particulièrement aux Etats-Unis, en France, elle reste peu pratiquée en raison du manque de connaissance pour maîtriser les adventices et le couvert. Pourtant, elle constitue un enjeu fort à la fois en agriculture conventionnelle et en AB pour les avantages qu'elle apporterait tant au niveau de la

Qu'est-ce que le semis sous mulch ?

Le semis direct sous couvert végétal roulé correspond à l'implantation d'une culture sans travail du sol sous une couverture végétale détruite à partir d'un rouleau cranteur. Le mulch créé suite à la destruction du couvert est laissé à la surface du sol afin de gérer les adventices jusqu'à la récolte, enrichir progressivement le sol en matières organiques et le protéger contre les aléas climatiques. L'objectif du SD sera alors de minimiser la perturbation de la matière sèche présente sur le sol.



fertilité du sol, de l'environnement, que du temps de travail ou des économies (carburant, apport organique). En AB, le SDSC représente l'opportunité de gérer les adventices sans travail du sol.

Malgré la faible diffusion de l'innovation en France, des réseaux d'agriculteurs commencent à produire des références au niveau national notamment en agriculture conventionnelle (AOC, BASE, APAD). La plupart de ces essais reposent néanmoins sur du semis sous couvert vivant impliquant des difficultés majeures en AB par rapport à la concurrence avec la culture. Le SDSC avec une destruction par roulage, testé aux Etats-Unis, représente donc une solution alternative pour limiter cette compétition et assurer un ombrage optimal du sol afin d'éviter

l'émergence des adventices. En AB, l'innovation commence à être expérimentée par des associations de producteurs et par la recherche en partenariat avec les agriculteurs (ISARA-Lyon, ABPicardie).



SD de soja sous couvert végétal roulé dans l'Ain en 2016 (ISARA-Lyon)

SOMMAIRE :

- 1- LA PRATIQUE DU SDSC EN FRANCE
- 2- LES PERSPECTIVES DE LA TECHNIQUE EN FRANCE
- 3- REPENSER LES ROTATIONS CULTURALES
- 4- EXEMPLES DE SUCCESIONS CULTURALES AVEC DU SDSC



Document sous Licence Creative Commons sans possibilité d'utilisation commerciale

Conclusion et mise en perspective avec TILMAN-Org

- En termes de rendements et adventices:
 - Un effet pénalisant des adventices pour le rendement sur nos essais à partir de 1t/ha d'adventices sur le champs
 - Des effets contradictoire en Europe avec 12 cas d'étude où on trouve plus d'adventices en non labour et 16 sans différence
 - Des compositions d'adventices qui sont différentes suivant le travail du sol, avec plus de pérennes en non labour, mais pas forcément plus de diversité dans tous les cas de figure avec le non labour

Conclusion et mise en perspective avec TILMAN-Org

- En termes de fertilité des sols:
 - Une amélioration de la fertilité des sols en termes de structure du sol, C et microorganismes au bout de 8 ans d'essai seulement dans les systèmes sans labour < 10 cm : effet positif sur le rendement et l'enracinement des cultures
 - En Europe :
 - effet assez rapide du travail réduit sur les teneurs en microorganismes, moins sur les teneurs en C.
 - Pas de données sur les autres paramètres.
 - Un zoom sur l'azote dans TILMAN-org:
 - un plus faible apport du sol d'azote au printemps en travail sans labour (-15%) et une plus faible efficacité d'utilisation (liée à des rendements plus bas)
 - Avec les engrais verts : + 8% en moyenne d'apport de N au printemps

En vous remerciant pour votre attention



Bibliographie

- Casagrande, M., Peigné, J., Payet, V., Mäder, P., Sans, F.X., Blanco-Moreno, J.M., Antichi, D., Barberi, P., Beeckmann, A., Bigongiali, F., Cooper, J., Dierauer, H., Gascoyne, K., Grosse, M., Heß, J., Kranzler, A, Luik, A., Peetsmann, E., Surböck, A., Willekens, K., and David, C. 2015 Organic farmers' motivations and challenges for adopting conservation agriculture in Europe. *Organic Agriculture*, online, pp. 1-15.
- Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Nobel-de Lange, M., Barberi, P., Fließbach, A., Peigné, J., Berner, A., Brock, C., Casagrande, M., Crowley, O., David, C., De Vlieghe, A., Döring, T.F., Dupont, A., Entz, M., Grosse, M., Haase, T., Halde, C., Hammerl, V., Huiting, H., Leithold, G., Messmer, M., Schloter, M., Sukkel, W., van der Heijden, M.G.A., Willekens, K., Wittwer, R., and Mäder, P. 2016. Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, pp. 1-22.
- Lefèvre, V., Capitaine, M., Peigné, J., Roger-Estrade, J. 2013 . A method for supporting organic farmers in designing innovative cropping systems. *Agro. Sust. Dev.* DOI : 10.1007/s13593-013-0177-2
- Peigné, J., Ball, B., Roger-Estrade, J., David, C. 2007. Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use Manag.* 23:129-144.
- Peigné, J., Cannavacciuolo M., Aveline A., Giteau JL, Cluzeau, D. 2009. Conservation tillage and earthworms in Organic Farming, *Soil Til. Res.* 104: 207-214
- Peigné J, Vian JF, Cannavaciuolo M, Lefevre V, Gautronneau Y, Boizard H. 2013. Assessment of soil structure in the transition layer between topsoil and subsoil using the profil cultural method. *Soil Til. Res.* 127: 13-25.
- Peigné J., Messmer M., Aveline A., Berner A., Mäder P., Carcea M., Narducci V., Samson M.F., Thomsen I.K., Celette F., David C. 2014. Wheat yield and quality as influenced by reduced tillage in organic farming. *Org. Agri.* 4(1): 1-13.
- Peigné, J., Casagrande, M., Payet, V., David, C., Sans, F. X., Blanco-Moreno, J. M., Mäder, P. (2015). How organic farmers practice conservation agriculture in Europe. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1–14. doi:10.1017/S1742170514000477
- Vian, J.F., Peigné, J., Chaussod, R., Roger-Estrade, J. 2009. Effects of 4 tillage systems on soil structure and soil microbial biomass in organic farming. *Soil Use Manag.* 25: 1-10.