



HAL
open science

L'agriculture de conservation des sols permet-elle de diminuer l'usage d'herbicide ? Evaluation multicritere basée sur le réseau Dephy-ferme

Stéphane Cordeau, Maé Guinet, Nicolas Munier-Jolain, Guillaume Adeux

► To cite this version:

Stéphane Cordeau, Maé Guinet, Nicolas Munier-Jolain, Guillaume Adeux. L'agriculture de conservation des sols permet-elle de diminuer l'usage d'herbicide ? Evaluation multicritere basée sur le réseau Dephy-ferme. VÉGÉPHYL : 25ème conférence du coloma, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dec 2023, Orléans, France. pp.1-11. hal-04419214

HAL Id: hal-04419214

<https://institut-agro-dijon.hal.science/hal-04419214>

Submitted on 26 Jan 2024

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.

VÉGÉPHYL – 25ème CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 5, 6 ET 7 DÉCEMBRE 2023

L'AGRICULTURE DE CONSERVATION DES SOLS PERMET-ELLE DE DIMINUER L'USAGE D'HERBICIDE ?
EVALUATION MULTICRITERE BASEE SUR LE RESEAU DEPHY-FERME

S. CORDEAU^(1,2), M. GUINET⁽¹⁾, N. MUNIER-JOLAIN⁽¹⁾, G. ADEUX^(1,2)

⁽¹⁾ Agroécologie, INRAE, Institut Agro Dijon, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France, stephane.cordeau@inrae.fr

⁽²⁾ RMT GAFAd – Gestion Agroécologique de la Flore Adventice

RESUME

L'agriculture de conservation des sols (ACS) repose sur trois piliers: l'absence de perturbation du sol, la diversification des successions culturales et la couverture du sol. Nous mobilisons les données des 3000 fermes du réseau Ecophyto DEPHY-Ferme. Les performances (13 indicateurs) des systèmes en ACS (N = 36) et pseudo-ACS (N = 19, ayant un travail superficiel du sol occasionnel) sont comparées aux systèmes basés sur le labour (LABOUR, N = 135) et le travail superficiel du sol (TCS, N = 90) dans des situations de production similaires (climat, type de sol, présence de bétail ou d'irrigation, etc.). Les systèmes ACS (par rapport aux TCS et labour, respectivement) utilisent plus d'herbicides (+27 et +90%) mais légèrement moins d'insecticides (-64 et -50%, non significatif), ont diminué le temps de traction/ha/an (-25 et -32%), la consommation de carburant (-21 et -39%), ainsi que les charges de mécanisation (-20 et -26%), ont eu tendance à diminuer légèrement la rentabilité/ha (-7 et -19%, non significatif) en raison d'une productivité légèrement inférieure (-19% et -25%), mais ont entraîné une meilleure rentabilité par heure de traction (+23% et +18%). Les systèmes ACS ont davantage recours au glyphosate (0,26 point d'IFT glyphosate) que les TCS et les LABOUR, mais l'utilisation du glyphosate était globalement faible. L'IFT herbicide sans glyphosate était similaire dans les systèmes ACS et les TCS mais plus élevé que dans les LABOUR.

Mots-clés : semis direct, diversification, système de culture, IFT, glyphosate

ABSTRACT

Conservation Agriculture (CA) are systems based on three fundamental pillars: permanent no-till, diversification of crop rotations and soil cover. We use data from the 3,000 farms in the Ecophyto DEPHY-Ferme network. The performance (13 indicators) of CA (N = 36) and pseudo-CA (N = 19, with occasional shallow tillage) systems are compared with ploughing-based systems (CT, N = 135) and superficial tillage-based systems (ST, N = 90) in similar production situations (climate, soil type, presence of livestock or irrigation, etc.). CA systems (compared to ST and CT, respectively) used more herbicides (+27 and +90%) but slightly less insecticides (-64 and -50%, not significant), reduced traction time/ha/year (-25 and -32%), fuel consumption (-21 and -39%), as well as mechanization costs (-20 and -26%), tended to slightly decrease profitability/ha (-7 and -19%, not significant) due to slightly lower productivity (-19% and -25%), but resulted in higher profitability per traction hour (+23% and +18%). CA systems relied more on the use of glyphosate (0.26 glyphosate TFI point) than STs and CTs, but glyphosate use was overall low. Herbicide TFI without glyphosate was similar in CA systems and ST but higher than in CT.

Keywords: direct seeding, diversification, cropping system, IFT, glyphosate.

1. Introduction

L'agriculture de conservation des sols (ACS) repose sur trois piliers : non travail du sol, couverture des sols et diversification des successions, contribuant à favoriser différents services écosystémiques ([Palm et al., 2014](#)). L'ACS est mise en œuvre avec une diversité de pratiques agricoles, qui évoluent au cours des premières années de transition ([Derrouch et al., 2020b](#)). L'arrêt du travail du sol (labour et reprise du sol, déchaumage, faux semis, désherbage mécanique, etc...) réduit le temps de traction et la consommation en fuel. Malgré le souhait et le besoin de diversifier la rotation, toutes les cultures ne sont pas adaptées à une conduite en semis direct, comme les cultures industrielles de betterave ou pomme de terre, et leur abandon peut avoir des conséquences économiques sur l'exploitation. La mise en œuvre des trois piliers de l'ACS, et notamment l'arrêt du travail du sol, peut également avoir des conséquences négatives sur la productivité des systèmes ([Pittelkow et al., 2015](#)), au moins sur le court terme. Les systèmes en ACS sont également confrontés à des problèmes de maîtrise de la flore adventice, qui n'est plus régulée par le travail du sol. Ces systèmes peuvent donc être fortement dépendants des herbicides pour ne pas perdre le contrôle des communautés adventices sur le long terme.

Très peu de travaux se sont attachés à évaluer ces systèmes sur les différents volets de la multiperformance. La seule étude menée en France, à l'aide de l'outil d'évaluation multicritère MASC, démontre que la diminution du travail du sol tend à diminuer la performance globale du système, à moins qu'elle ne soit associée à une diversification de la rotation des cultures ([Craheix et al., 2016](#)), ce qui démontre que l'ACS doit être vue, étudiée et quantifiée comme un système mettant en œuvre conjointement les trois piliers ([Reicosky, 2015](#)). Néanmoins, cette approche 'système' de la mise en œuvre des piliers nécessitent de penser la diversification des couverts et des cultures dans la rotation avant l'arrêt du travail du sol, ce qui se traduit par la présence encore ponctuelle et occasionnelle de travail du sol superficiel dans les systèmes, appelés dans ce chapitre pseudo-ACS. De plus, comme mentionné ci-dessus, certaines cultures (ex. pomme de terre, betterave, etc.) requièrent encore du travail du sol superficiel et ponctuel pour leur implantation (favoriser l'installation de la culture, buttage, etc.), et pas uniquement dans la phase de transition à l'agriculture de conservation. Enfin, il n'est pas exclu que dans la phase de transition vers l'ACS, des problématiques de gestions des limaces, campagnols, adventices obligent les agriculteurs à avoir recours à un travail du sol superficiel.

L'objectif de cette étude est d'apporter une contribution au débat sur les performances économiques et environnementales de systèmes en ACS, en s'appuyant sur les systèmes relevant de cette stratégie au sein du réseau des fermes DEPHY.

Sur la base des descriptifs détaillés des systèmes de culture, nous avons distingué deux types de systèmes relevant de l'ACS au sein des fermes DEPHY ([Adeux et al., 2022](#)) :

- D'une part les systèmes de semis direct strict (SD), pour lesquels aucun travail du sol n'est réalisé sur la période de caractérisation du système de culture (trois ans), correspondant a priori aux principes de l'agriculture de conservation;
- Des systèmes proches du ACS (Pseudo-ACS), mais intégrant du travail du sol superficiel de façon très ponctuelle, avec un passage sur la période considérée, à l'exclusion de tout travail du sol profond (profondeur supérieure à 10 cm).

Pour évaluer les performances de ces systèmes, nous avons cherché à les comparer avec des systèmes avec labour, ou en techniques culturales simplifiées (TCS) c'est à dire sans labour mais avec du travail du sol fréquent (plusieurs passages superficiels par an). Pour garantir la comparaison des performances de systèmes conduits dans des situations de production similaires, en s'affranchissant des effets du type de sol, du climat ou du contexte socio-technique (par exemple, présence d'élevage sur l'exploitation), nous avons identifié, pour chaque système en ACS ou pseudo-ACS, un ou plusieurs systèmes du réseau DEPHY avec labour (LABOUR) et un ou plusieurs systèmes avec travail du sol superficiel fréquent (TCS), dans une situation de production similaire ([Adeux et al., 2022](#)). Les systèmes LABOUR et TCS servent de référence pour notre évaluation des performances des systèmes ACS que sont le ACS et pseudo-ACS.

2. Matériels et méthodes

2.1. Réseau DEPHY et données disponibles

Le réseau de fermes DEPHY a été mis en place dans le cadre du plan ECOPHYTO, de façon progressive en 2010, 2011, 2012, pour atteindre près de 1900 fermes en 2012, avant une nouvelle extension du réseau en 2016, pour atteindre 3000 fermes, dont plus de la moitié en filière « Grandes Cultures-Polyculture élevage ». A des fins de production de références sur les systèmes économes en produits phytosanitaires, les systèmes de culture suivis dans les fermes DEPHY sont décrits dans la base de données AGROSYST, avec tout le détail des pratiques culturales. Pour ce travail, nous avons caractérisé chaque système de culture et calculé des indicateurs de performances sur une période de trois ans avec l'ensemble des parcelles du système de culture. Cette durée permet de lisser les effets des variations interannuelles du climat sur la productivité des cultures et la pression en bioagresseurs, tout en étant suffisamment courte pour que le système puisse être considéré comme stable sur la période considérée.

Les données disponibles sont très détaillées, à l'échelle du système de culture. Les tables exportées d'AGROSYST renseignent la commune de l'exploitation, qui donne une position géographique de chaque système de culture (Figure 1), sur la nature des cultures et leur ordre de succession, sur la séquence d'interventions sur chaque culture (depuis la récolte de la culture précédente), sur la nature du matériel utilisé, sur les intrants, les doses, les dates. AGROSYST calcule quelques indicateurs de performance (cf. liste des indicateurs utilisés ci-dessous).

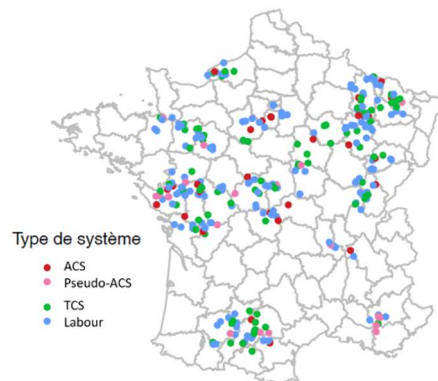


Figure 1 : Position géographique des systèmes en ACS (N = 36) et pseudo-ACS (N = 19), et de leurs homologues basés sur le LABOUR (N = 165) et TCS (N = 90) situés dans la même situation.

Geographical position of CA (ACS, N = 36) and pseudo-CA pseudo-ACS, (N = 19) systems, and their plough-based (L, N = 165) and superficial tillage (TCS, N = 90) counterparts in the same situation.

2.2. Repérage des systèmes en ACS et Pseudo-ACS

L'exploration des itinéraires de travail du sol a permis de repérer 36 systèmes de culture de semis direct strict (ACS), i.e. sans aucune intervention de travail du sol au cours de trois années successives sur l'ensemble des parcelles correspondantes, et 19 systèmes de culture avec aucune intervention de travail du sol profond et une intervention de travail superficiel sur la période étudiée (pseudo-ACS). Il est à noter que cette caractérisation est faite sur l'examen des itinéraires techniques et des pratiques enregistrées. Au cours de ce repérage, les interventions de roulage (quel que soit le type de rouleau) ne sont pas considérées comme des interventions de travail du sol. Quand les systèmes de culture étaient décrits sur des périodes plus longues que trois ans sans changement de stratégie de travail du sol, seules les trois années les plus récentes ont été conservées pour l'analyse, afin de maximiser les chances de caractériser le fonctionnement de systèmes ayant passé la phase de transition initiale dont on sait que les pratiques ne sont pas encore optimales (Derrouch *et al.*, 2020b).

2.3. Repérage des systèmes de référence

Afin d'optimiser la comparaison des systèmes dans des situations de production similaires (i.e. similaires pour toutes les variables descriptives de la situation de production qui échappent aux

décisions stratégiques des agriculteurs), les systèmes LABOUR et TCS ont été recherchés selon les règles suivantes :

- Climat similaire : pour chaque système ACS ou pseudo-ACS, nous avons recherché des systèmes LABOUR et TCS de référence dans un rayon géographique de 50 km. Cette règle assure non seulement que les systèmes de référence sont dans un climat plutôt similaire, même si on sait que la pluviométrie peut être plus localisée, mais maximise également la proximité d'un même contexte socio-technique (e.g. proximité d'une sucrerie ou d'une autre industrie offrant des débouchés pour des productions particulières : betterave, légumes de plein champ, ...).
- Type de sol similaire : le taux de renseignement du type de sol étant relativement faible dans la base de données AGROSYST, nous avons identifié le type de sol de chaque système sur la base de la carte des sols de France ([Inra, 2018](#)). Cette base de données des sols de France permet une cartographie des unités cartographiques de sols (UCS) qui sont elles-mêmes reliées à des unités typologiques de sols (UTS) évaluées sur la base de campagnes de terrain. A l'aide d'un système d'information géographique (SIG, e.g. Arcgis®), nous avons positionné les systèmes (code postal de la commune de l'exploitant) sur la carte des sols, permettant d'identifier l'UCS majoritaire de la commune à chaque système de culture. Sur l'ensemble de systèmes étudiés, un type de sol est largement dominant dans la commune. Ainsi, pour chaque système ACS ou Pseudo-ACS, nous avons filtré les systèmes LABOUR et TCS de référence situés dans le rayon précédemment établi de 50 km en ne conservant que les systèmes localisés dans des types de sol identiques.
- Années similaires : nous avons retenu les trois mêmes années pour décrire les systèmes ACS ou Pseudo-ACS et leurs homologues LABOUR et TCS, pour maximiser les chances que les conditions climatiques et les pressions en bioagresseurs soient similaires. Ces années varient entre systèmes ACS ou entre Pseudo-ACS, mais pour un système ACS d'une situation de production donnée, les systèmes LABOUR et TCS sont décrits sur les mêmes années. Il n'a pas été possible de respecter cette règle dans tous les cas, et ce afin de conserver au minimum un système LABOUR et un système TCS à comparer à chaque système ACS ou Pseudo-ACS.
- La présence d'ateliers d'élevage sur l'exploitation déterminant beaucoup les pratiques ([Lechenet et al., 2016](#)), nous n'avons conservé que des exploitations LABOUR et TCS sans élevage pour des systèmes ACS et Pseudo-ACS d'exploitations sans élevage, et que des exploitations LABOUR et TCS avec élevage pour des systèmes ACS et Pseudo-ACS d'exploitations avec élevage.
- L'accès à l'irrigation étant également structurel et déterminant des performances, seuls les systèmes LABOUR et TCS comparables aux systèmes cibles ACS ont été conservés (i.e. un système ACS ou Pseudo-ACS avec irrigation n'est jamais comparé à un système LABOUR et TCS sans irrigation, et vice versa)
- Lorsque cela était possible (nombre de système LABOUR ou TCS > 6 dans le voisinage du système ACS ou Pseudo-ACS cible) un deuxième filtre basé sur la distance a été appliqué afin de ne conserver que les six systèmes LABOUR ou TCS les plus proches et répondant à l'ensemble des autres conditions précédentes.

Sur la base de ces variables descriptives de la situation de production, nous avons identifié des « clusters » de systèmes de culture de même situation de production, centrés autour d'un système ACS ou Pseudo-ACS. Dans quelques rares cas, les systèmes ACS ou Pseudo-ACS sont proches géographiquement et peuvent donc partager les mêmes systèmes LABOUR et TCS auxquels ils sont comparés (Figure 1). Chaque « cluster » comporte donc un à deux système(s) ACS (nombre de clusters avec 2 systèmes ACS = 3) ou Pseudo-ACS (nombre de clusters avec 2 systèmes Pseudo-ACS = 1) et de 0 à 6 système(s) LABOUR de référence (en moyenne 3,3 pour la comparaison avec ACS et 3,7 pour la comparaison avec Pseudo-ACS) et de 0 à 6 systèmes TCS (en moyenne 1,8 pour la comparaison avec ACS et 1,9 pour la comparaison avec Pseudo-ACS). L'analyse statistique (§ 2.5.) permet de distinguer l'effet « cluster » (i.e. situation de production = effet du sol, climat, contexte socio-technique) de l'effet qui nous intéresse ici, i.e. l'effet du type de stratégie agricole sur chacun des indicateurs considérés.

2.4. Critères de performance évalués

Nous nous sommes intéressés à deux types d'indicateurs, pour un total de 12 indicateurs :

- Des indicateurs visant à vérifier si les systèmes en ACS et en Pseudo-ACS relèvent bien de l'agriculture de conservation des sols, c'est-à-dire respectent bien les deux autres piliers de l'agriculture de conservation, (i) la diversification des successions culturales, et (ii) la couverture des sols par des couverts d'interculture. Nous avons ainsi calculé pour chaque système (SD, Pseudo-ACS, LABOUR et TCS) d'une part le nombre de cultures différentes de la rotation (y compris éventuelles cultures dérochées), d'autre part la fréquence d'implantation d'un couvert d'interculture. Pour les systèmes de culture décrits avec l'approche parcellaire, ces indicateurs ont été calculés comme la moyenne sur les trois années de suivi et pour toutes les parcelles correspondantes. Dans quelques cas, quand le nombre de parcelles:années était inférieur à 9 (i.e. moins de 3 parcelles décrites chaque année), l'indicateur n'a pas été calculé.
- Des indicateurs de performance technico-économiques et environnementaux, calculés à l'échelle de chaque système de culture (moyenne des différentes parcelles ou cultures de la séquence culturale). Nous nous sommes limités aux indicateurs calculés par AGROSYST :
 - L'indice de Fréquence des Traitements (IFT), avec ses différentes composantes : IFT-total (y compris traitement de semences), IFT-Herbicide, IFT-Fongicide, IFT-Insecticide. L'IFT est un indicateur de niveau de dépendance aux produits phytosanitaires pour la maîtrise des bioagresseurs. Il est calculé avec deux méthodes différentes : IFT « méthode 2012 » pour laquelle la dose de référence est définie pour chaque couple « produit commercial : culture », et l'IFT « à la cible » pour laquelle la dose de référence est définie pour chaque trinôme « produit commercial : culture : cible ». L'IFT est sans unité mais correspond au nombre de pleines doses homologuées épandues sur la totalité de la surface de la parcelle.
 - Le temps de travail mécanisé, calculé en fonction du débit de chantier des outils utilisés pour chaque intervention mécanisée répertoriée sur un système de culture donné. Il s'exprime en $\text{h ha}^{-1} \text{an}^{-1}$.
 - La consommation de carburant, calculée pour chaque intervention en fonction du débit de chantier du matériel, mais aussi de la puissance de traction et du taux de charge moteur (fonction du type d'intervention), selon la méthode préconisée par le bureau « Agroéquipement » de l'APCA ([APCA - Chambres d'Agriculture France](#)). Elle s'exprime en $\text{L ha}^{-1} \text{an}^{-1}$.
 - Des indicateurs économiques : produits bruts ($\text{€ ha}^{-1} \text{an}^{-1}$), charges opérationnelles ($\text{€ ha}^{-1} \text{an}^{-1}$), charges de mécanisation ($\text{€ ha}^{-1} \text{an}^{-1}$), marges semi-nette ($\text{€ ha}^{-1} \text{an}^{-1}$, calculé tel que produit brut – charges opérationnelles – charges de mécanisation). Ces indicateurs sont calculés par AGROSYST sur la base de 10 scénarios de prix rendant compte de la volatilité des prix (produits agricoles, engrais et fuels) entre 2005 et 2017. Les indicateurs sont calculés pour chaque scénario de prix, puis moyennés, ce qui permet de comparer les performances économiques de systèmes de culture qui ne seraient pas caractérisés sur exactement les mêmes années, en s'affranchissant des évolutions du contexte de prix.

2.5. Analyses statistiques

L'ensemble des variables réponse (variable à expliquer présentée ci-dessus) ont été analysées via des modèles mixtes, grâce à la fonction lme() du package R (nlme). Ces modèles intègrent une partie fixe d'intérêt (stratégie de travail du sol, facteur à 3 niveaux, i.e. ACS/TCS/LABOUR ou Pseudo-ACS/TCS/LABOUR) et une partie aléatoire qui permet de tenir compte de la structure des données (l'effet cluster étant l'effet de la situation de production). Mettre l'effet cluster en aléatoire dans un modèle statistique revient à indiquer que certains systèmes partagent la même situation de production, d'autres non.

3. Résultats

3.1. Performances de systèmes en semis direct

3.1.1. Respect des principes de l'agriculture de conservation

Avec 5,1 cultures dans la rotation en moyenne, les systèmes en ACS sont significativement plus diversifiés que les systèmes de TCS (4,4) et les systèmes labourés (4,3). Les systèmes de semis direct comportent également plus de couverts d'interculture que les TCS et les systèmes labourés, et cela de façon significative (Figure 2).

3.1.2. Utilisation des pesticides

Les résultats des comparaisons entre types de stratégies de travail du sol sont très similaires pour les IFT calculés avec la « méthode 2012 » et pour les IFT « à la cible ». Les IFT totaux (Figure 2) des systèmes ACS sont légèrement supérieurs en moyenne à ceux des systèmes en TCS (sans que la différence ne soit significative), et supérieurs d'environ 1,1 point (+43% IFT « méthode 2012 », +49% avec l'IFT « à la cible ») par rapport aux systèmes labourés, et la différence est significative. La différence s'explique principalement par une plus grande utilisation d'herbicides en ACS qu'en système labouré (+1,1 point d'IFT herbicide, Figure 2), les systèmes TCS étant intermédiaires. Quelques agriculteurs (peu nombreux) en système ACS arrivent cependant à utiliser moins d'herbicides que les systèmes TCS (jusqu'à -2 points d'IFT herbicide) et LABOUR (jusqu'à -0,8 point d'IFT) du même cluster. Il y a une tendance à une moindre utilisation d'insecticides en ACS par rapport aux systèmes de référence (Figure 2), mais la différence n'est pas significative. Les niveaux d'usage de fongicides sont similaires entre les trois types de systèmes (Figure 2). Les systèmes ACS ont davantage recours au glyphosate (0,26 point d'IFT glyphosate) que les TCS et les CT, mais l'utilisation du glyphosate était globalement faible. L'IFT herbicide sans glyphosate était similaire dans les systèmes ACS et les TCS, mais plus élevé que dans les CT.

3.1.1. Indicateurs technico-économiques

Avec respectivement 3 h ha⁻¹ an⁻¹ et 57 L ha⁻¹ an⁻¹, le temps de traction (Figure 2) et la consommation de fioul (Figure 2) sont réduits en ACS par rapport aux systèmes de référence TCS et Labour. La réduction du temps de travail mécanisé par hectare est de 23% par rapport aux TCS, et de 32% par rapport aux systèmes labourés. La réduction de la consommation de fioul est respectivement de 21% et 39%. Les produits bruts sont inférieurs de 19 % en ACS par rapport aux TCS des mêmes clusters, et inférieurs de 25% par rapport aux systèmes labourés (Figure 2). Ces plus faibles produits bruts, probablement imputables en partie à la diversification des rotations avec des cultures de moindre productivité, sont partiellement compensés par des charges de mécanisation significativement plus faibles en systèmes ACS par rapport aux systèmes de référence (Figure 2). Cependant ces plus faibles charges de mécanisation ne suffisent pas à compenser le différentiel de produit brut, puisque les marges semi-nettes sont en tendance plus faibles en ACS qu'en systèmes de référence (Figure 2), bien que les différences ne soient pas significatives (-7% en moyenne par rapport aux TCS, -26% par rapport aux systèmes labourés). Rapportées à l'heure de travail mécanisé, les marges sont très similaires entre les 3 types de système, avec un léger avantage aux systèmes SD, de l'ordre de +20%.

3.1. Performances des systèmes en Pseudo-ACS

3.1.1. Respect des principes de l'agriculture de conservation

Les systèmes en Pseudo-ACS comprennent en moyenne également plus de cultures différentes que les systèmes de référence en TCS et LABOUR (environ +0,8 cultures par système, soit un différentiel du même ordre que pour les systèmes en ACS), bien que cette différence ne soit ici pas statistiquement significative, en raison d'un nombre de clusters plus faible (Figure 3). En tendance, la fréquence d'implantation de cultures intermédiaires est moins élevée qu'en ACS (vue ci-dessus), mais plus élevée qu'en systèmes de référence en TCS et LABOUR, et les différences ne sont encore pas significatives ici. Les systèmes en Pseudo-ACS semblent le plus souvent respecter les deux principes de diversification de l'agriculture de conservation, mais en moyenne de façon moins rigoureuse que les systèmes en ACS.

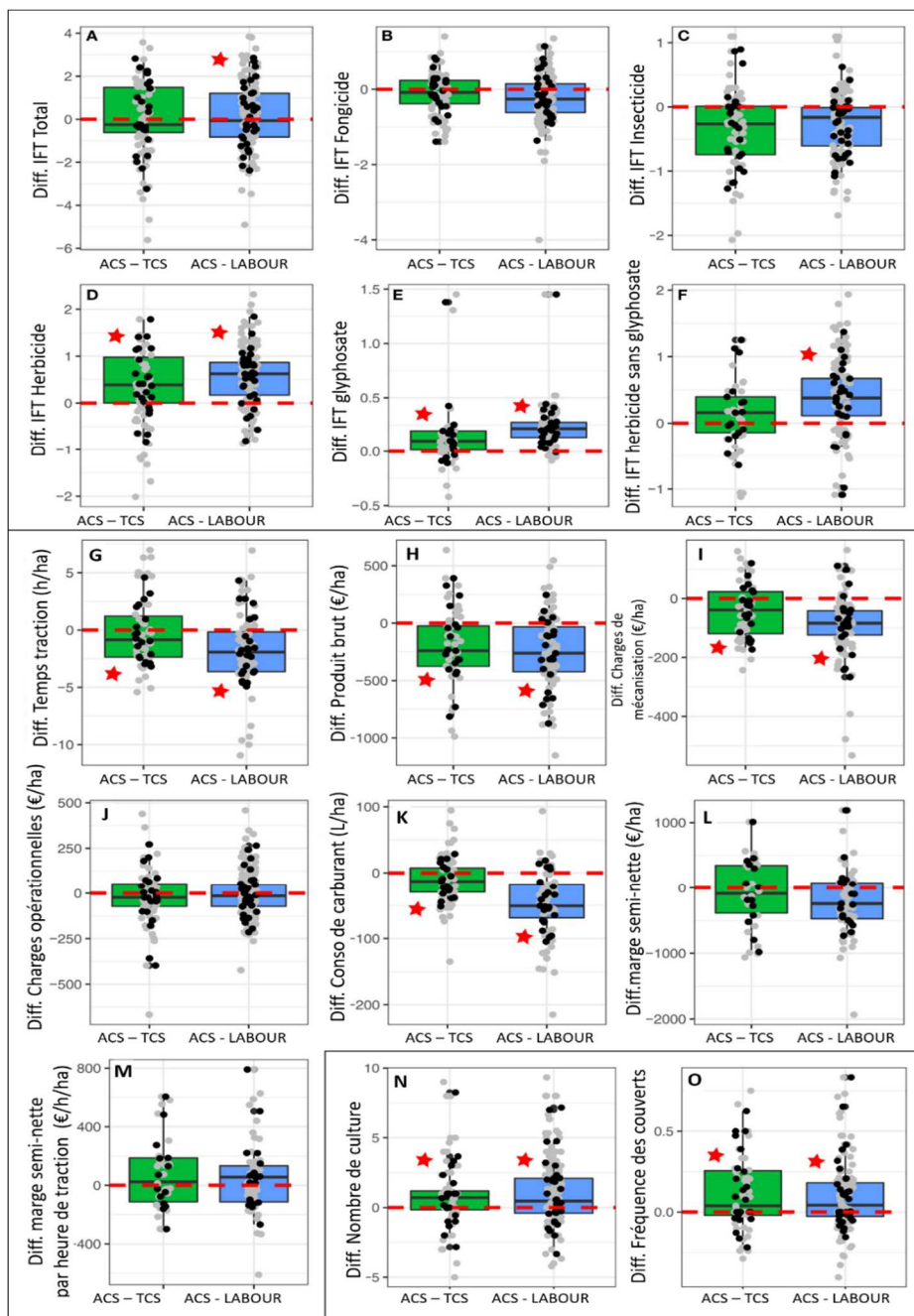


Figure 2 : Distributions des différences entre systèmes en ACS et systèmes de référence (TCS et LABOUR) pour 12 indicateurs. Les IFT présentés ici sont ceux calculés à la cible. Les points gris représentent les différences individuelles entre systèmes, les points noirs représentent les différences moyennes par cluster. Les étoiles rouges représentent les différences significatives ($P < 0,05$).

Distributions of differences between CA and reference systems (TCS and LABOUR) for 12 indicators. The TFIs presented here are those calculated at the target. Grey dots represent individual differences between systems, black dots represent average differences per cluster. Red stars represent significant differences ($P < 0.05$).

3.2. Performances des systèmes en Pseudo-ACS

3.2.1. Respect des principes de l'agriculture de conservation

Les systèmes en Pseudo-ACS comprennent en moyenne également plus de cultures différentes que les systèmes de référence en TCS et LABOUR (environ +0,8 cultures par système, soit un différentiel du même ordre que pour les systèmes en SD), bien que cette différence ne soit ici pas statistiquement

significative, en raison d'un nombre de clusters plus faible (Figure 3). En tendance, la fréquence d'implantation de cultures intermédiaires est moins élevée qu'en ACS (vue ci-dessus), mais plus élevée qu'en systèmes de référence en TCS et LABOUR, et les différences ne sont encore pas significatives ici. Les systèmes en Pseudo-ACS semblent le plus souvent respecter les deux principes de diversification de l'agriculture de conservation, mais en moyenne de façon moins rigoureuse que les systèmes en SD.

3.2.2. Utilisation des pesticides

Comme observé pour les ACS, la comparaison des IFT entre Pseudo-ACS et systèmes de référence donne des résultats très similaires, que l'on utilise les valeurs d'IFT « méthode 2012 » ou les IFT « à la cible ». Les IFT totaux des systèmes Pseudo-ACS (Figure 3) sont intermédiaires entre les systèmes en TCS (systèmes en moyenne aux plus forts IFT) et les systèmes labourés (IFT plus faibles). Même s'ils n'ont pas été rigoureusement comparés statistiquement deux à deux, il semble bien que le travail du sol très ponctuel en Pseudo-ACS permette une baisse de l'usage de pesticides par rapport aux systèmes en ACS stricts. Les différences sont encore une fois principalement dues aux herbicides (Figure 3), les IFT Herbicides en Pseudo-ACS étant intermédiaires entre ceux des TCS et ceux des systèmes labourés. Les IFT insecticides (Figure 3) en Pseudo-ACS sont extrêmement faibles, proche de 0, et significativement plus faibles que ceux des systèmes de référence. Les IFT fongicides, de l'ordre de 0,3, ne sont pas différents entre Pseudo-ACS, TCS et systèmes labourés (Figure 3). Les pseudo-ACS et les TCS ont eu recours au glyphosate de manière similaire, mais plus que les LABOUR, bien que l'utilisation du glyphosate ait été globalement faible. Il est intéressant de noter que l'IFT herbicide sans glyphosate dans les pseudo-ACS n'était pas significativement différent de celui des TCS ou des LABOUR, bien qu'il soit respectivement plus élevé et plus bas dans le cas des ACS.

3.2.1. Indicateurs technico-économiques

On n'observe aucune différence entre les Pseudo-ACS et les systèmes TCS, pour aucun des indicateurs technico-économiques étudiés. Le temps de traction (Figure 3) et la consommation de carburant (Figure 3) de Pseudo-ACS sont significativement plus faibles que pour les systèmes labourés. Le produit brut (Figure 3), les charges opérationnelles (Figure 3) et la marge semi-nette (Figure 3) sont en moyenne légèrement plus faibles en Pseudo-ACS par rapport aux systèmes labourés, bien que le faible nombre de systèmes ne permette pas de les différencier statistiquement. Rapporté à l'heure travaillée, les marges semi-nettes sont très similaires entre les trois types de stratégies Pseudo-ACS, TCS et LABOUR.

4. Discussion

L'étude présentée ici démontre une fois de plus la très grande valeur des gros jeux de données décrivant le détail des pratiques agricoles pour une grande diversité de systèmes de culture dans une grande diversité de situations de production ([Adeux et al., 2022](#)). Leur analyse permet de produire des connaissances en agronomie, très utiles pour accompagner les agriculteurs vers l'adaptation de systèmes multiperformants. La méthode développée ici est originale : nous avons choisi d'étudier des différentiels entre systèmes de situations de production similaires, avec la méthode des clusters construits autour des systèmes d'intérêt (ACS et Pseudo-ACS).

Comme tous les systèmes d'un même cluster partagent la même situation de production (type de sol, type de climat, contexte technico-économique... soit tous les éléments du contexte qui sont subis par les agriculteurs, qui ne sont pas modifiables par leur stratégie d'exploitation ([Lechenet, 2017](#)), l'approche permet de s'affranchir des effets de la situation de production sur les variables étudiées, et donc de faciliter la mise en évidence des effets des stratégies des agriculteurs. Par ailleurs, cette méthode ne nécessite pas de typologie préalable de situation de production ([Lechenet et al., 2017](#)), ce qui est un avantage important car les typologies induisent toujours une perte d'information et une dégradation de la puissance statistique des analyses. L'étude a permis de confirmer les hypothèses souvent formulées autour de l'ACS ([Adeux et al., 2022](#)). En moyenne, les systèmes identifiés ACS respectent bien les principes de diversification des cultures et de couverture des sols, piliers de l'ACS souvent considérés comme ceux à mettre en œuvre en premiers dans la phase de transition ([Derrouch et al.,](#)

2020b). Les systèmes en ACS requièrent plus d'herbicides mais légèrement moins d'insecticides que les systèmes de référence, TCS ou systèmes labourés. En effet, le travail du sol, même superficiel, est un levier de gestion des adventices par la destruction des communautés levées mais qui a aussi l'inconvénient de stimuler de nouvelles germinations.

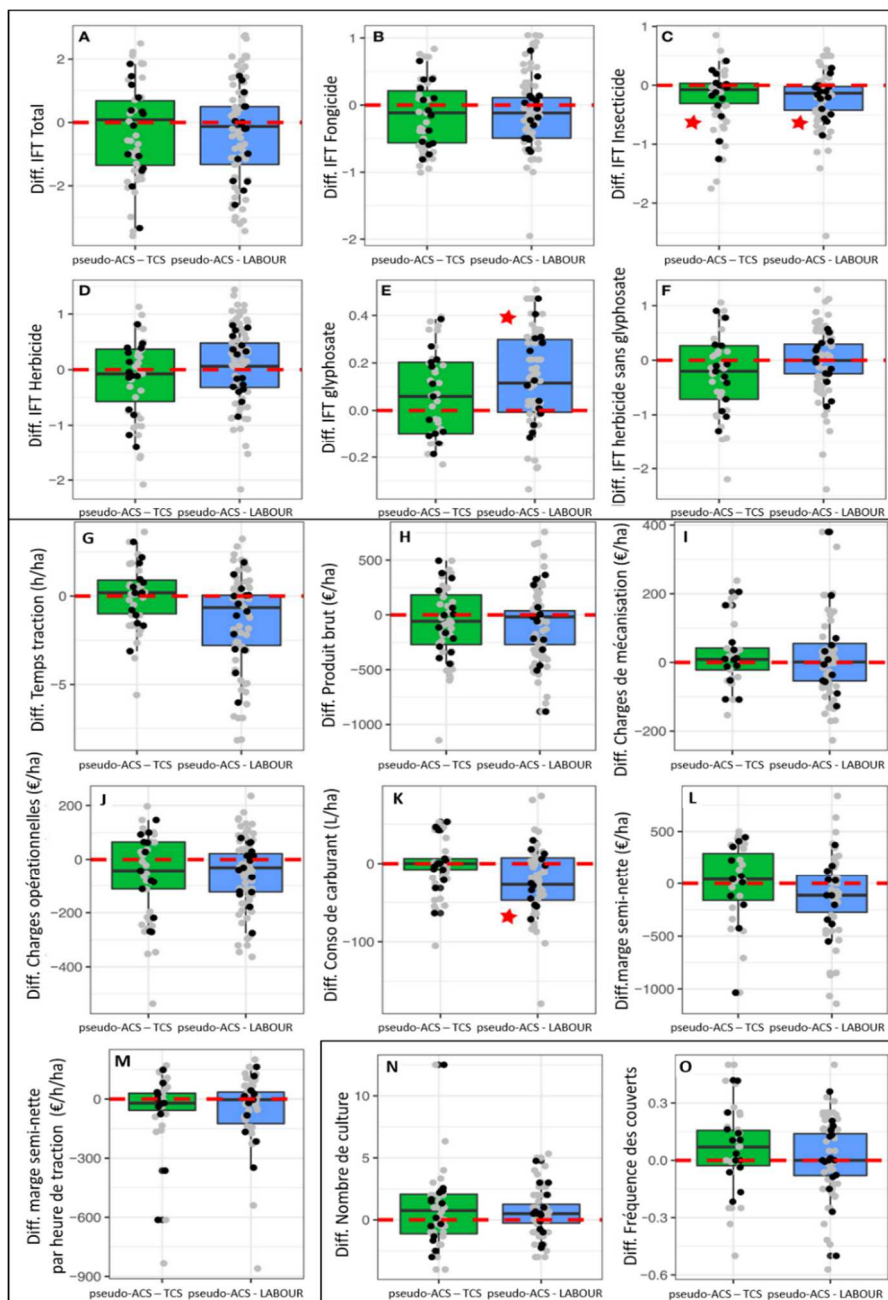


Figure 3 : Distributions des différences entre systèmes pseudo-ACS (autorise un travail du sol superficiel) et systèmes de référence (TCS et LABOUR) pour 12 indicateurs. Les IFT présentés ici sont ceux calculés à la cible. Les points gris représentent les différences individuelles entre systèmes, les points noirs représentent les différences moyennes par cluster. Les étoiles rouges représentent les différences significatives ($P < 0,05$).

Distributions of differences between pseudo-ACS systems (allowing one superficial tillage) and reference systems (TCS and LABOUR) for 12 indicators. The TFIs presented here are those calculated at the target. Grey dots represent individual differences between systems, black dots represent average differences per cluster. Red stars represent significant differences ($P < 0.05$).

En non travail du sol, les adventices vivaces et même annuelles se maintiennent et restent une préoccupation pour l'agriculteur ([Derrouch et al., 2020a](#)). En revanche, l'arrêt du travail du sol en ACS permet de diminuer le temps de traction/ha/an, la consommation de carburant, ainsi que les charges. Il tend à diminuer très légèrement la rentabilité par hectare (en raison d'une productivité légèrement plus faible), résultat observé aussi à l'échelle mondiale ([Pittelkow et al., 2015](#)). Le classement des rentabilités s'inverse quand la rentabilité est évaluée par heure travaillée. Par ailleurs, le temps nécessaire à se former, observer au champ, organiser les chantiers, etc. n'est pas comptabilisé dans cette étude (focalisée sur le temps de traction au champ).

Ces conclusions sont des enseignements généraux, fondés sur des différentiels moyens entre systèmes de situations de production similaires, mais qui masquent une grande diversité de performances entre les systèmes. C'est parfois des particularités qu'on extrait les enseignements les plus riches. Par exemple, certains systèmes ACS (même si peu nombreux) présentent des IFT herbicides plus faibles que leurs voisins en TCS ou en système labouré. Il est possible que des éléments de la situation de production (région, type de sol) puissent expliquer ces performances particulières mais nous n'avons pas eu les moyens, dans le cadre de cette étude, d'étudier comment la situation de production affecte les différences de performances entre les stratégies. Par exemple, l'arrêt du travail du sol représente une forte perturbation pour les adventices et ce n'est qu'après une phase de transition estimée par certaines études à 5-6 ans que la gestion de la flore adventice devient optimale, la maîtrise des couverts et des rotations faisant son effet ([Derrouch et al., 2020a](#)). Ainsi, il est certain que l'usage d'herbicides augmente lors du passage en ACS ([Adeux et al., 2019](#)), mais il est également probable qu'il baisse au cours du temps en ACS à mesure que certains processus montrent des effets (compétition du couvert, effet de la rotation, régulation, etc.). En revanche, l'usage d'herbicides tend à augmenter dans des systèmes moins diversifiés en TCS car les perturbations du sol récurrentes et la rotation simplifiée ne permettent pas de gérer efficacement les adventices. Par ailleurs, il est possible que la rentabilité économique par hectare (et/ou par heure de travail) soit plus favorable aux stratégies d'ACS dans les situations de zones intermédiaires, à sols argilocalcaires peu profonds et potentiel de rendement limité. Une analyse approfondie des différences entre les clusters permettrait de vérifier cette hypothèse.

Des analyses complémentaires sur cette étude ont mis en évidence une plus grande utilisation de glyphosate dans les systèmes ACS et Pseudo-ACS par rapport aux systèmes de référence TCS et LABOUR ([Adeux et al., 2022](#)). En effet, l'ACS est identifiée comme une situation d'impasse technique en cas de retrait du glyphosate en France ([Reboud et al., 2017](#)) et en Europe ([Antier et al., 2020](#)). Le rapport 'Le glyphosate dans le réseau DEPHY FERME' ([CAN DEPHY, 2018](#)) suggère en effet que l'utilisation du glyphosate en interculture s'ajoute aux itinéraires de désherbage en culture, sans effet de compensation entre les deux composantes de la lutte chimique contre les infestations adventices., les pseudo-ACS semblent utiliser moins d'herbicides que les SD, même s'ils n'ont pas été rigoureusement comparés statistiquement deux-à-deux ici. Les stratégies de Pseudo-ACS sont en générales jugées comme risquées du point de vue malherbologique car la phase de ACS concentre le stock semencier adventice dans l'horizon de surface et le travail superficiel stimule les germinations. Ce n'est pas le cas des stratégies de « rotational no-till » menées aux USA, alternant des phases longues de ACS avec du labour ponctuel, mais dont on ne connaît que peu la performance sur une gamme étendue de critères.

Cette étude a permis de comparer des systèmes à un instant donné ([Adeux et al., 2022](#)) ; il faut néanmoins garder en tête que l'état d'équilibre et de maîtrise des techniques mises en œuvre n'est pas forcément atteinte dans tous les systèmes et que les performances sont susceptibles d'évoluer. Il serait donc intéressant de disposer de données sur le long-terme et d'analyser les trajectoires de performances au regard des trajectoires de pratiques agricoles. L'ACS reste une forme d'agriculture nouvelle en France et mouvante, sans cesse innovante, même si des pionniers la pratiquent depuis quelques décennies. Il en va de même d'une manière générale dans les systèmes du réseau DEPHY, se fixant comme objectif de réduire l'utilisation de l'usage des pesticides.

5. Remerciements

Les auteurs remercient les agriculteurs et les conseillers agricoles du réseau DEPHY, ainsi que le CAN DEPHY pour avoir accepté notre demande d'utilisation des données du réseau. Les auteurs souhaitent remercier le soutien financier du Casdar ENGAGED qui a été financé par le ministère français en charge de l'agriculture et de l'alimentation, avec des contributions financières du compte d'affectation spéciale "Développement agricole et rural". Les auteurs souhaitent également remercier INRAE pour son soutien financier, le projet ANR PPR SPECIFICS (ANR-20-PCPA-0008), et le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne pour sa convention de subvention (no. 727321-IWM PRAISE).

6. Références

- Adeux G, Munier-Jolain N, Courson E, Guinet M, Lecaulle S Cordeau S, 2022 - Multicriteria assessment of conservation agriculture systems. *Frontiers in Agronomy* 4:999960.
- Adeux G, Munier-Jolain N, Meunier D, Farcy P, Carlesi S, Barberi P Cordeau S, 2019 - Diversified grain-based cropping systems provide long-term weed control while limiting herbicide use and yield losses. *Agron. Sustainable Dev.* 39, 42.
- Antier C, Andersson R, Auskalnienė O, Barić K, Baret P, Besenhofer G, Calha L, Carrola Dos Santos S, De Cauwer B, Chachalis D, Dorner Z, Follak S, Forristal D, Gaskov S, Gonzalez Andujar JL, Hull R, Jalli H, Kierzek R, Kiss J, Kudsk P, Leonhardt C, Leskovšek R, Mennan H, Messéan A, Nečajeva J, Mullins E, Neve P, Pedraza V, Pintar A, Reboud X, Redl M, Riemens M, Ringselle B, Ruuttunen P, Sattin M, Simić M, Soukup J, Stefanic E, Steinkellner S, Storkey J, Ulber L, Weickmans B Wirth J, 2020 - A survey on the uses of glyphosate in European countries. INRAE. <https://doi.org/10.15454/A30K-D531>.
- APCA - Chambres d'Agriculture France, 2020 - Matériels agricoles: Coûts des opérations culturales - Un référentiel pour le calcul des coûts de production et le barème d'entraide. 78.
- CAN DEPHY, 2018 - Le glyphosate dans le réseau DEPHY FERME : état des lieux des usages, des freins et des alternatives. *Cellule d'Animation Nationale DEPHY Ecophyto*, 62p.
- Craheix D, Angevin F, Doré T De Tourdonnet S, 2016 - Using a multicriteria assessment model to evaluate the sustainability of conservation agriculture at the cropping system level in France. *European Journal of Agronomy* 76, 75-86.
- Derrouch D, Chauvel B, Felten E Dessaint F, 2020a - Weed Management in the Transition to Conservation Agriculture: Farmers' Response. *Agronomy* 10, 843.
- Derrouch D, Dessaint F, Felten É Chauvel B, 2020b - L'adoption du semis direct sous couvert végétal: transition douce ou rupture? *Cahiers Agricultures* 29, 5.
- Inra, 2018 - Base de Données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000 version 3.2.8.0, 10/09/1998. Portail Data INRAE.
- Lechenet M, 2017 - Peut-on concilier un faible usage de pesticides, une bonne performance économique et environnementale ? Analyse d'un réseau national de fermes de démonstration Ecophyto. Université de Bourgogne Franche-Comté, Dijon (France), p. 288.
- Lechenet M, Dessaint F, Py G, Makowski D Munier-Jolain N, 2017 - Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants* 3, 17008.
- Lechenet M, Makowski D, Py G Munier-Jolain N, 2016 - Profiling farming management strategies with contrasting pesticide use in France. *Agricultural Systems* 149, 40-53 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.1008.1005>.
- Palm C, Blanco-Canqui H, DeClerck F, Gatere L Grace P, 2014 - Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 187, 87-105.
- Pittelkow CM, Liang X, Linquist BA, Van Groenigen KJ, Lee J, Lundy ME, Van Gestel N, Six J, Venterea RT Van Kessel C, 2015 - Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517, 365-368.
- Reboud X, Blanck M, Aubertot J-N, Jeuffroy M-H, Munier-Jolain N, Thiollot-Scholtus M Huyghe C, 2017 - Usage et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française Rapport Inra à la saisine Ref TR507024. Institut National de la recherche agronomique.
- Reicosky DC, 2015 - Conservation tillage is not conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation* 70, 103A-108A.