

Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France

Academic Notes of the French Academy of agriculture

Authors

Boizard H, Gate P

Title of the work

Agriculture de conservation des sols et transition agroécologique

References

Year 2025, Volume 19, Number 1, pp. 1-13.

Published online:

10 January 2025,

<https://www.academie-agriculture.fr/publications/notes-academiques/agriculture-de-conservation-des-sols-et-transition-agroecologique>

Licence

[Agriculture de conservation des sols et transition agroécologique](#) © 2025 by Boizard H, Gate P is

licensed under [Creative Commons Attribution 4.0 International](#) 

Agriculture de conservation des sols et transition agroécologique

Conservation agriculture and agro-ecological transition

Hubert Boizard^{1*}, Philippe Gate^{2}**

Avec la collaboration d'Éric Scopel (CIRAD), Stéphane Jézéquel (Arvalis), Lionel Alletto (INRAE), Stéphane Cordeau (INRAE) et Sophie Joimel (AgroParisTech)

1. Ingénieur de recherche honoraire INRAE, membre de l'Académie d'Agriculture de France
2. Ancien Directeur scientifique d'ARVALIS, membre de l'Académie d'Agriculture de France

* Correspondance : hubert.boizard@gmail.com

** Correspondance : philippegate01@gmail.com

Résumé

Trois séances de l'Académie d'agriculture de France ont porté sur l'agriculture de conservation des sols (ACS) en 2022 et 2023. Une revue des systèmes ACS a montré leur intérêt, mais aussi la diversité dans leur mise en œuvre. Pour que ces systèmes s'inscrivent pleinement dans la transition agroécologique, plusieurs verrous ont été identifiés, comme par exemple la gestion des adventices. Ces séances ont aussi montré la nécessité de développer des travaux de recherche dans deux directions : la première en conduisant des approches participatives avec les agriculteurs, acteurs et coproducteurs d'innovations, pour la mise au point de systèmes

ACS adaptés aux contextes locaux ; la seconde en explorant de nouveaux champs de connaissances, comme la recherche d'une meilleure régulation biologique des ravageurs ou l'amélioration génétique dédiée aux associations interspécifiques.

Abstract

Three sessions at the French Academy of Agriculture focused on conservation agriculture (CA) in 2022 and 2023. A review of CA systems showed their interest, but also the diversity of their implementation. To ensure that CA systems are fully part of the agroecological transition,

Note de synthèse

several challenges were identified, such as weed management. These sessions also highlighted the need to develop research in two directions: the first is to conduct participatory approaches with farmers, who are the actors and co-producers of innovations, for the design of CA systems adapted to local contexts; the second is to explore new fields of knowledge, such as the research into better biological regulation of pests or to promote genetic improvement dedicated to interspecific associations.

Mots clés

agriculture de conservation des sols, non travail du sol, fertilité des sols, plantes de couverture, diversification des cultures, biodiversité

Keywords

conservation agriculture, no-till, soil fertility, cover crops, crop diversification, biodiversity

Introduction

Les pressions qui s'exercent sur les ressources en terres, du fait de l'intensification de la production agricole et des effets du changement climatique, n'ont jamais été aussi fortes (ruissellement et érosion, tassement par les engins agricoles, salinisation, etc.), alors qu'en parallèle la superficie agricole disponible par habitant diminue rapidement. Depuis les années 1970, face à ces difficultés, mais aussi pour des raisons économiques, de nouvelles pratiques comme le non-travail et le travail réduit du sol se sont développées sur de grandes surfaces dans le monde. Plus récemment l'apparition d'herbicides totaux et des innovations en matière de machinisme, notamment pour implanter les cultures sous couverts, ont permis de combiner des pratiques de réduction de travail du sol avec la mise en place d'une couverture organique des sols continue. Ces pratiques, associées à la diversification des espèces végétales, ont donné naissance à l'agriculture de conservation des sols (ACS). Cette dernière est définie par la *Food and Agriculture Organization* (FAO) comme la mise en œuvre de trois principes, communément nommés

pilliers : aucune perturbation mécanique des sols (sauf celle du semoir ou du plantoir), couverture organique des sols quasi permanente, et diversité des espèces cultivées (Figure 1).

Le concept de l'ACS, associant trois principes, qui chacun à leur niveau contribuent au bon fonctionnement des sols, est novateur. Sans être exhaustif, on peut citer les bienfaits attendus de chaque pilier : il est établi que la réduction du travail du sol a des effets sur la stabilité de la structure et sur les équilibres biologiques des sols, que ce soit sur la macrofaune, la mésofaune, ou encore sur le rapport champignon/bactéries. Le couvert végétal en tant qu'apport de biomasse supplémentaire augmente les entrées de carbone et réduit fortement l'intensité des processus de ruissellement et d'érosion des sols lorsqu'il est couplé au non travail du sol. La diversification des cultures, en jouant sur la complémentarité des espèces, évite les effets pervers de la monoculture, est susceptible d'améliorer la couverture temporelle du sol, et peut augmenter la productivité primaire en biomasse et les entrées organiques au système.

L'Académie d'agriculture de France a consacré trois séances à l'ACS, en 2022 et 2023. La première a porté sur l'évolution de l'ACS en France et dans le monde ; la deuxième a abordé le point de vue des praticiens ; et la troisième a porté sur l'ACS et la transition agroécologique.

Ces trois séances ont été l'occasion de débats riches, parfois contradictoires, aussi bien lors de la préparation des exposés que durant les séances.

Dans une première partie, nous ferons un résumé des exposés d'Éric Scopel et Stéphane Jézéquel sur les modalités de développement de l'ACS dans le monde et en France (Académie d'agriculture de France, 2022). Dans une seconde partie, en nous fondant sur les exposés de Lionel Alletto, Stéphane Cordeau et Sophie Joimel (Académie d'agriculture de France, 2023), nous nous intéresserons à la situation en France, en identifiant les leviers et les verrous pour inscrire l'ACS dans la transition agroécologique et les voies de recherche à explorer.



Figure 1. La définition de l'agriculture de conservation des sols (ACS) par la Food and Agriculture Organization (FAO) <https://www.fao.org/conservation-agriculture/fr/>.

1. Evolution de l'ACS en France et dans le monde

1.1. Les modalités de développement de l'ACS dans le monde : l'évolution et l'adaptation d'un concept

L'exposé d'Éric Scopel a montré comment le concept de l'ACS s'est développé dans le monde. L'intensification de l'agriculture, notamment en raison de la mécanisation, a profondément perturbé les écosystèmes naturels, substituant des espèces cultivées à la végétation pérenne initiale. L'exposition des sols aux intempéries et leur fragilisation par l'action des outils de travail du sol ont alors contribué à de fortes dégradations par ruissellement et érosion, ou par minéralisation rapide des compartiments organiques du sol. C'est face à ces processus que, dans les zones les plus fragiles, les producteurs ont cherché à mettre au point des pratiques qui réduisent le travail du sol et facilitent le semis direct des cultures. Aux États-Unis tout d'abord, en Amérique

latine ensuite, des techniques dites de « travail de conservation » (*conservation tillage*) se sont développées. Ces nouveaux systèmes ont reposé sur deux innovations techniques importantes : l'apparition d'herbicides totaux, qui facilitent le contrôle des couverts végétaux, et la mise au point de semoirs qui n'imposent pas la préparation d'un lit de semences et peuvent semer à travers des résidus végétaux. Non-travail du sol et protection de la surface du sol par des résidus végétaux ont été les deux premiers leviers à la base de ces systèmes innovants qui ont permis de réduire considérablement les processus de dégradation des sols dans plusieurs régions.

Le concept a évolué ensuite par l'ajout d'un troisième levier : la diversification des cultures afin de mieux jouer sur la complémentarité des espèces, d'éviter les effets pervers des monocultures et d'augmenter la productivité primaire en biomasse et les entrées organiques dans le sol. Le système devient alors celui d'agriculture de conservation des sols tel

Note de synthèse

que connu actuellement (*conservation agriculture*).

Les systèmes ACS se sont propagés rapidement dans l'ensemble du continent américain et en Australie, mais beaucoup plus lentement en Europe, Asie et Afrique. L'apparition d'herbicides totaux facilitant le contrôle des couverts végétaux, souvent couplés à des plantes transgéniques tolérantes aux herbicides, a facilité leur développement. Toutefois les modalités de mise en place sont variables et dépendent des conditions pédoclimatiques et des systèmes de production. Par exemple, en zones sèches, l'insertion des plantes de services doit être repensée pour éviter les compétitions avec les cultures principales.

Dans les zones tempérées, où la croissance connaît moins de contraintes hydriques, ce sont des mécanismes de régulation sans herbicides qui sont à inventer pour que le couvert puisse faciliter le développement de la culture sans la concurrencer. En zones africaines d'agriculture familiale, les systèmes doivent s'adapter à un contrôle des adventices non chimique et à une forte compétition sur les biomasses avec les animaux.

1.2. Éclairages techniques sur l'agriculture de conservation des sols en France

En France, l'ACS s'est développée plus lentement, sous l'impulsion d'agriculteurs pionniers. Les témoignages entendus lors de la deuxième séance académique ont montré le rôle majeur des agriculteurs et des conseillers techniques pour mettre en œuvre et combiner des techniques innovantes adaptées aux conditions pédoclimatiques locales. Ce fut le cas, par exemple, pour implanter les plantes de couverture ou pour gérer des associations d'espèces. Le plus souvent c'est au sein de groupes d'agriculteurs et en dehors des réseaux classiques de recherche et développement que ces innovations ont été mises en place.

Stéphane Jézéquel a retracé, dans son exposé, comment les organismes scientifiques et

technologiques ont abordé le thème de l'ACS. Initialement ces systèmes ont été étudiés soit par l'angle de la réduction du travail du sol, en considérant que le « semis direct » en était la caractéristique principale, soit par des essais « systèmes de culture » en stations expérimentales. Les deux approches ont vite montré leurs limites : la première en ne prenant en compte que l'un des piliers, la seconde en se heurtant à la phase de transition ou de maîtrise du système. Aussi l'étude de l'ACS en grandes parcelles *in situ*, chez les agriculteurs qui la pratiquent, est vite apparue comme indispensable pour acquérir et analyser des références techniques sur ces systèmes. Pour cela il a fallu adapter les méthodes de travail : diagnostic à la parcelle des facteurs limitants, évaluations multicritères des performances de l'exploitation, méthodes de classification des pratiques comme par exemple celles mises au point par Arvalis – Institut du végétal : Diagchamp et Systerre®.

Un panorama de ce type d'études révèle quelques traits invariants des systèmes ACS en France : baisse des charges de mécanisation à l'hectare, offrant des degrés de liberté pour absorber économiquement des aléas de production ; des marges nettes similaires en moyenne ; une amélioration des propriétés physiques des sols en particulier de l'infiltration, et la possibilité d'intervenir sur une large plage de conditions pour les semis, les épandages et les récoltes, notamment dans les périodes de forte pluviométrie.

Néanmoins la maîtrise des adventices et des couverts reste dépendante du glyphosate (et autres herbicides) et du travail du sol. La variabilité des résultats économiques, selon les exploitations ou selon les parcelles, semble correspondre à des différences techniques, notamment à la plus ou moins bonne maîtrise des couverts et des adventices dépendant des conditions climatiques. Une des difficultés est de gérer l'équilibre entre la croissance des couverts et celles des espèces récoltées, avec deux risques : une croissance des couverts trop faible en conditions de déficit hydrique ou, au contraire excessive et concurrentielle, en situations

Note de synthèse

favorables à la croissance. Par ailleurs, l'observation des réseaux révèle une grande variabilité de pratiques culturales (Marguerie *et al.*, 2023) : (i) les trois piliers ne sont pas toujours mis en œuvre dans leur intégralité et de manière constante dans le temps et (ii) les agriculteurs adaptent leurs pratiques en fonction de la situation de production, à savoir du type de sol, des conditions climatiques, des systèmes de production, des débouchés, de l'accès à l'irrigation, etc.

2. Inscrire l'ACS dans la transition agroécologique

La troisième séance a examiné comment l'ACS peut s'inscrire dans le cadre de la transition agroécologique (Hazard *et al.*, 2022). On attend des systèmes ACS qu'ils utilisent mieux les fonctionnalités offertes par des agroécosystèmes plus diversifiés, sans sols nus, pour réduire la dépendance aux intrants chimiques de synthèse (engrais, produits phytopharmaceutiques). Les leviers pour y parvenir sont une meilleure biodisponibilité des éléments minéraux et une plus grande régulation biologique des bio-agresseurs.

Trois éléments sont déterminants pour la transition agroécologique :

1. L'ACS a des effets bénéfiques et quasi systématiques sur certains effets comme la réduction de l'érosion, la consommation en carburant ou la réduction du temps de traction au champ, mais d'autres effets sont plus spécifiques et dépendent des conditions du milieu comme la disponibilité de l'eau.

2. Les effets peuvent apparaître avec des temporalités diverses : certains se manifestent dès les premières années, telle la réduction du temps de traction au champ, alors que d'autres s'expriment plutôt sur le moyen ou long terme, comme le stockage du carbone ou la disponibilité des éléments chimiques.

3. Les agriculteurs adoptent une définition souple de l'ACS, tant sur l'acceptation donnée à chaque pilier que sur la pérennité de la mise en œuvre des trois piliers, et adaptent leurs pratiques en

fonction de leur situation. Aussi pour inscrire l'ACS dans la transition agroécologique, la question est moins la mise en place des trois piliers dans leur intégralité que la recherche de compromis pour les combiner de façon optimale en les adaptant aux conditions pédoclimatiques locales pour assurer productivité et services écosystémiques. Cela oblige à un changement de paradigme et un positionnement par rapport à des objectifs (services éco-systémiques) et non des moyens (piliers/pratiques).

Dans cette seconde partie, à la lumière des trois séances, nous examinerons dans quelles conditions agronomiques l'ACS peut s'inscrire dans la transition agroécologique dans les systèmes agricoles français et nous dégagerons des voies de recherche avec des nouveaux champs à explorer.

2.1. Des effets bénéfiques observés sur érosion, stockage de carbone et biodiversité

L'ACS, en combinant non-travail du sol et couvert végétal, a des effets positifs et génériques sur le fonctionnement des systèmes de culture comparé aux systèmes conventionnels (CONV) avec labour :

1. Le couvert végétal, en tant qu'apport de biomasse supplémentaire, augmente les entrées de carbone et contribue au stockage des matières organiques dans les sols. C'est ce que confirme le projet BAG'AGES, mais avec des nuances entre sols pauvres et sols riches (Alletto, 2022). De fait, le non-travail du sol a pour effet de localiser la matière organique en surface, et les restitutions plus importantes du carbone ont pour effet d'augmenter le stock.

2. L'ACS améliore la stabilité structurale grâce à un travail réduit du sol et à un couvert végétal continu, ce qui permet de réduire considérablement les processus de dégradation des sols, notamment en limitant le ruissellement et l'érosion. C'est d'ailleurs dans les zones les plus fragiles dans le monde que ces techniques de travail de conservation se sont développées (Basche et DeLonge, 2019).

3. Le vivant est au cœur de la conception des agrosystèmes dans le cadre de la transition

Note de synthèse

agroécologique. La biodiversité est attendue comme fournisseur de services écosystémiques sur la production de biomasse alimentaire, le recyclage des nutriments et la régulation des bio-agresseurs. La comparaison entre ACS et CONV montre clairement un effet majeur de l'ACS qui favorise une plus grande abondance des différentes communautés (Christel *et al.*, 2021), notamment parmi les plus grandes (macrofaune).

2.2. Des effets potentiellement positifs, mais qui dépendent des conditions locales

D'autres effets sont plus variables comme l'alimentation minérale des cultures. Il ressort de l'étude des réseaux que les agriculteurs les plus expérimentés obtiennent assez fréquemment des rendements par hectare aussi élevés qu'en classique avec le même niveau d'azote, voire moins. Cela est vrai pour les cultures d'hiver comme le blé ou pour les cultures de printemps comme le maïs, mais l'analyse des résultats de réseaux d'agriculteurs révèle une très forte hétérogénéité, qui peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

1. La variabilité de croissance des couverts : en conditions défavorables, le couvert est susceptible de ne pas croître suffisamment, donc sans rôle bénéfique sur la culture de rente (Jezequel *et al.*, 2018 ; Labreuche *et al.*, 2017). À l'opposé, en conditions favorables, le couvert peut exercer une concurrence forte en captant à son avantage les ressources en eau et azote du milieu, au détriment de la culture. Disposer des moyens de gérer cette variabilité est une priorité et, comme nous le verrons plus loin, des innovations issues de nouvelles pratiques agronomiques, de la génétique et de l'agroéquipement sont attendues.

2. Il existe un risque de « faim d'azote » en début de cycle, lors des phases de décomposition de couverts ou de résidus importants (cannes de maïs par exemple). Dans de telles conditions, la présence d'azote minéral dans les horizons du sol permet de limiter les états de carence des cultures associées.

3. L'absorption d'azote en fin de cycle par la

culture de céréale en ACS « maîtrisée » (avec un couvert installé, puis bien régulé, sans effet de compétition) est favorisée comparativement au système CONV (ARVALIS, 2018). À rendement égal, la teneur en protéines peut être supérieure (de l'ordre de un pour cent), résultant de la minéralisation tardive des couverts à base de légumineuses.

4. Enfin l'enfouissement des couverts dans le sol et leur transformation en humus est de nature à modifier la minéralisation nette de l'azote dans le temps long (> 10 ans). La première phase d'enrichissement du sol en humus est aussi une phase de fixation de l'azote, alors que l'accumulation de l'humus dans le sol est susceptible d'augmenter la minéralisation nette. Ces processus doivent être étudiés dans le cadre d'une modélisation globale des cycles carbone-azote (Constantin *et al.*, 2011).

Concernant la disponibilité des éléments phosphore et potassium en systèmes ACS, les références sur leur disponibilité à long terme (pour des périodes dépassant 50 ans) font défaut, les références ayant été acquises depuis toujours dans des systèmes de culture avec labour et, donc, avec incorporation des éléments chimiques en profondeur. Or, dans les systèmes ACS, ces éléments sont essentiellement concentrés en surface, et leur brassage en profondeurs ne dépend que de l'activité biologique. Il faut néanmoins remarquer qu'une seule opération de travail du sol comme le labour conduira à la dilution des éléments chimiques sur l'ensemble de la profondeur travaillée. Enfin, d'autres mécanismes devront être étudiés, tel que l'effet des plantes de couverture en association sur la biodisponibilité du phosphore, via le rôle exercé par les mycorhizes et les échanges racinaires entre les espèces.

Une autre question essentielle concerne l'adaptation au changement climatique. Les travaux conduits dans le cadre du projet BAG'AGES, présenté dans l'exposé de Lionel Alletto, concluent à un effet positif et modéré de l'augmentation du réservoir hydrique du sol, avec une augmentation attendue d'environ 10 % sur les premiers 30 cm du sol, soit de l'ordre de

Note de synthèse

15 mm environ (Alletto, 2022). Des investigations complémentaires restent à entreprendre pour rendre compte d'une incidence plus globale de l'ACS, en considérant le mode différent de la circulation de l'eau, les impacts possibles sur la profondeur d'enracinement de la culture de rente, et une mycorhization plus importante.

Par ailleurs, il convient de renforcer les résultats sur l'effet d'une évapotranspiration imputable aux couverts eux-mêmes, afin de mieux connaître ses conséquences sur les cultures suivantes et ainsi, estimer la prise de risque éventuelle pour le producteur. Certains travaux ont montré qu'un couvert qui se développe favorablement peut augmenter l'évapotranspiration d'environ 30 mm entre l'automne et l'hiver (ARVALIS, 2018). Cette perte d'eau peut avoir des incidences marginales ou impactantes, selon la disponibilité en eau sur la suite du cycle des cultures. De surcroît, dans les situations à sécheresses fréquentes, ce prélèvement supplémentaire peut perturber les grands équilibres en termes de flux d'eau, comme la recharge des nappes phréatiques. L'expertise de l'INRAE sur les cultures intermédiaires (Justes *et al.*, 2012) a montré que les cultures intermédiaires induisent une réduction du drainage annuel de l'ordre de 30 mm en médiane, mais avec des variations entre 0 à 80 mm, du fait de leur consommation d'eau et bien que l'évaporation du sol soit inférieure sous couvert. L'acquisition de nouvelles connaissances permettrait donc de choisir les pratiques culturales les plus adaptées : recours à l'irrigation si cela est possible, sinon mise en œuvre de pratiques pour réguler le couvert, substitution par un mulch, etc.

Par ailleurs, on observe que de plus en plus d'agriculteurs, y compris dans les régions du nord de la France, s'orientent vers davantage de couverts permanents ou pluriannuels. Les raisons en sont des échecs de plus en plus fréquents d'installation des couverts annuels consécutifs à des conditions de déficit hydrique ou, au contraire, d'excès d'eau. Cette orientation des pratiques renforce l'intérêt d'évaluations locales multicritères des couverts permanents,

notamment la recherche de meilleurs compromis entre adaptation au dérèglement climatique et maintien de la ressource hydrique.

2.3. Un verrou dans nos conditions climatiques : la gestion des adventices

Dans son intervention, Stéphane Cordeau a indiqué qu'en système ACS, la gestion des adventices est un point crucial dans la mesure où l'on supprime le levier du travail du sol utilisé en CONV et en agriculture biologique. C'est d'autant plus important que l'agriculteur peut être confronté à une grande diversité taxonomique, biologique et fonctionnelle de la flore adventice : 1200 espèces adventices des champs cultivés, 240 espèces communes, avec une grande variabilité de la persistance des semences dans le stock, une grande variabilité des phases de germination, des différences sur leur préférence écologique et leur capacité à préempter les ressources (par exemple suivant que l'espèce est nitrophile ou pas).

En système ACS, les observations dans des réseaux d'agriculteurs et les expérimentations conduites au champ en France montrent des effets différents des systèmes conduits en ACS :

1. Les adventices évoluent suivant un gradient d'âge de conversion à l'ACS et vers une plus grande homogénéité des communautés à long terme.

2. Le taux de germination des graines adventices en ACS est réduit, car les semences sont en surface du sol et exposées aux variations de conditions hydriques et au mulch.

3. On observe une augmentation faible des vivaces, une augmentation plus forte des printanières-estivales, et une baisse des espèces qui aiment la lumière.

Ce que la mise en œuvre de l'ACS modifie du point de vue de la gestion des adventices est, en premier lieu, la suppression du levier « travail du sol » et, en second, la moindre efficacité des désherbages chimiques, notamment racinaires. En outre, le choix des herbicides applicables (et autorisés) peut être plus limité par la richesse des espèces que l'on associe (couverts très souvent plurispécifiques). En revanche, cette

Note de synthèse

plus grande diversité d'espèces présentes simultanément, avec l'optimisation de la densité de semis, constitue un atout vis-à-vis de la régulation naturelle des adventices.

En perspective, Stéphane Cordeau souligne que l'enjeu est de mieux identifier comment les trois piliers de l'ACS peuvent être mobilisés pour une meilleure régulation en s'adaptant aux conditions spécifiques des systèmes de culture et des conditions pédoclimatiques. Il souligne aussi qu'il faudra identifier à quel moment d'autres leviers, tel le travail du sol, devront être utilisés pour corriger les situations jugées à risques d'enherbement, et avec quelles conséquences sur le fonctionnement des systèmes. Cette situation se pratique déjà, pour ceux qui appliquent une vision souple de l'ACS citée ci-dessus. En conclusion, la mise en œuvre d'innovations et de pratiques plus flexibles pour réduire la dépendance des systèmes ACS aux herbicides est un impératif pour aller vers des systèmes plus agroécologiques.

3. Des nouveaux champs de connaissances à investir dans des systèmes pluriels

Si beaucoup d'innovations ont été introduites au niveau de la mise en œuvre de l'ACS, notamment concernant le machinisme agricole, l'ACS ne pourra contribuer pleinement à la transition agroécologique que si de nouvelles connaissances sont obtenues.

3.1. Produire des références techniques qui représentent les systèmes ACS dans leur diversité.

La FAO définit l'ACS comme la mise en œuvre de moyens techniques de façon stricte et pérenne dans le temps : aucune perturbation mécanique des sols (sauf celle du semoir ou plantoir), couverture organique des sols quasi-permanente et diversité des espèces cultivées. Or nous avons vu que les agriculteurs adaptent leurs pratiques en fonction de la situation de

production : en climat sec, la couverture du sol restera toujours limitée ; dans la deuxième séance académique, un agriculteur du pays de Caux cultivant de la pomme de terre a montré comment on pouvait combiner des séquences en non travail avec couverture permanente et un cycle cultural en pomme de terre avec une fragmentation intense du sol. Aussi il est apparu clairement, à travers ces trois séances, qu'il fallait sortir des « dogmes » du non-travail du sol ou de la couverture permanente du sol et introduire une certaine souplesse dans la mise en œuvre des pratiques culturales.

Cependant accepter une certaine flexibilité pose la question de la limite « acceptable » en termes de perturbation du système sol/plante. Par exemple, lorsqu'un travail du sol occasionnel est nécessaire du fait d'un tassement du sol ou d'un salissement excessif de la parcelle, quels sont les effets à moyen et long terme sur la stabilité de la structure et l'activité biologique du sol ? Un travail superficiel régulier est-il plus perturbateur qu'un labour occasionnel à 20 cm de profondeur tous les 5 ans ? Il est actuellement difficile de répondre, car les résultats portent le plus souvent sur la comparaison labour annuel versus non-travail du sol (Christel *et al.*, 2021). Une meilleure connaissance des systèmes de culture dans leur diversité permettrait aux praticiens de mieux définir les compromis acceptables dans le cadre de la transition agroécologique. Cette réflexion à propos du pilier « non-perturbation du sol » doit se poser aussi pour les rotations qui mobilisent trop peu la couverture végétale (par exemple dans des rotations très hivernales avec colza, blé et orge) et pour les systèmes trop peu diversifiés en termes de cultures, car contraints par l'existence de filière, ou pour des raisons économiques.

3.2. Comment la biodiversité peut contribuer à la transition agroécologique ?

L'exposé de Sophie Joimel a montré un effet majeur de l'ACS : une plus grande abondance des différentes communautés. S'il est acquis que l'on observe une plus grande biodiversité, aussi bien en abondance qu'en diversité, leurs

Note de synthèse

effets restent peu renseignés à l'exception des organismes de grande taille. Les effets des lombriciens sur l'agrégation des sols, la régénération des sols tassés et le brassage des éléments minéraux sont bien démontrés. Il est aussi montré une augmentation de la biomasse microbienne avec un rapport champignons/bactéries supérieur qui favorise l'agrégation des sols.

Concernant la régulation biologique des ravageurs, effet attendu essentiel pour assurer la transition agroécologique, les connaissances sont fragmentaires, même si certains résultats, par exemple sur les nématodes, montrent l'intérêt de la diversification des cultures pour augmenter la diversité des populations et réduire l'action des phytophages (Puissant *et al.*, 2021). Enfin il faut noter une plus forte pression de certains ravageurs, comme les campagnols, les limaces, avec une incidence qui peut être forte sur les cultures, ce qui peut justifier l'intérêt d'un travail du sol occasionnel.

On attend aussi de la transition agroécologique une intensification des processus biologiques qui favoriserait le recyclage des nutriments. Des connaissances en ce domaine sur les systèmes en ACS, qui s'appuient sur l'intensification des cycles de production-restitution de biomasse, le non-travail du sol et la cohabitation spatiale des espèces, restent à acquérir.

3.3. L'ACS et la génétique : un champ exploratoire essentiel avec des traits nouveaux et spécifiques

L'amélioration génétique des plantes de couverture a été peu abordée dans les exposés, mais elle est ressortie comme un point essentiel dans les conclusions, avec pour objectif la recherche d'une additivité ou complémentarité fonctionnelle des espèces associées dans la gestion dynamique des ressources du milieu. Par ailleurs, l'amélioration génétique a porté sur les espèces élites, fort peu sur les couverts, et encore moins sur les associations d'espèces, à l'exception des plantes fourragères où les prairies plurispécifiques sont fréquemment

cultivées. Pourtant, contrairement aux écosystèmes naturels, où une redondance fonctionnelle entre les espèces finit par s'installer, la sélection de traits ciblés d'interaction pourraient déplaçonner les performances agronomiques des associations en ACS grâce à cette complémentarité fonctionnelle dans la gestion des ressources.

Les mesures de biomasse des parties aériennes effectuées au cours du temps dans de nombreuses parcelles ont permis d'estimer les cinétiques optimales de couverts pour faciliter au mieux la croissance de certaines espèces de grandes cultures comme le blé et le maïs. Ces premiers résultats agronomiques désignent des cibles d'intérêt pour améliorer génétiquement les couverts. On peut mentionner, à ce titre, que les plateformes de phénotypage mises au point dans le cadre du Grand Emprunt (notamment le projet PHENOME) pourraient être utilisées et valorisées pour de tels phénotypes spécifiques, afin d'évaluer les ressources génétiques disponibles.

On doit aussi signaler que de tout premiers projets de recherche phénotypent au champ des associations d'espèces avec de nombreuses variétés et lignées, en vue de procéder à une sélection des meilleurs individus à associer. C'est notamment le cas du Projet BbSoCoul (association blé dur - luzerne) avec un phénotypage dynamique de très nombreuses combinaisons mobilisant les outils technologiques de phénotypage à haut débit comme la phéno-mobile.

Pour accélérer la transition agroécologique, l'amélioration génétique doit aussi s'intéresser à valoriser les « dialogues » entre les plantes pour une meilleure gestion des bioagresseurs, de la biodiversité et aussi pour une utilisation plus efficiente, plus sobre des ressources. La présence d'une grande diversification d'espèces, de couverts variés en ACS offre notamment la possibilité d'imaginer des paysages olfactifs fondés sur les émissions de médiateurs chimiques émis par les plantes. Cette diversification permet également de considérer les espèces en interaction dans un

Note de synthèse

environnement génétique plus large et d'aborder la notion de microbiotes favorables héritables plus large via le recrutement de micro-organismes spécifiques.

En ACS, un des objectifs de la sélection est aussi de renforcer l'aptitude des plantes à concurrencer d'autres plantes. Ce trait est tout particulièrement intéressant pour une gestion des plantes adventices moins dépendante de la lutte chimique. Ici aussi, l'utilisation des outils de phénotypage à haut débit constitue une piste pour accélérer l'acquisition de références en caractérisant des dynamiques de croissance comme le pouvoir couvrant des parties aériennes et des systèmes racinaires. En complément aux effets d'ombrage, les sélectionneurs devraient également s'intéresser aux propriétés allélopathiques. Actuellement les études sur la faculté d'une plante à produire des métabolites toxiques pour la germination ou la croissance d'autres plantes ont peu exploré la variabilité génétique présente au sein des espèces. Cela est particulièrement vrai pour les couverts pour lesquels, les études sur l'allélopathie s'arrêtent le plus souvent au genre. Prouver l'existence de ce processus au champ pour inscrire des variétés au catalogue restera un défi (Mahé *et al.*, 2022).

3.4. L'ACS et l'organisation spatiale et temporelle des associations d'espèces

Plus largement, l'ACS suscite aussi des questions sur le mode d'organisation spatiale et temporelle des espèces. Le « tapis » végétal sur lequel on sème peut aller du couvert mort au couvert pluriannuel, voire permanent. Ces modalités présentent chacune des avantages et des inconvénients, et l'attitude pragmatique serait de ne pas les opposer, mais, au contraire, d'envisager une mixité de ces pratiques au cours du temps.

Intéressant dans les situations à conditions climatiques extrêmes (méditerranéennes par exemple), le couvert « semi-permanent » (légumineuse de type luzerne trèfle ou sainfoin maintenue pendant 2-3 ans en inter-cultures et en

cultures grâce à une régulation chimique avec des programmes herbicides ad hoc) est moins dépendant de l'usage systématique du glyphosate, puisque ce dernier n'est détruit qu'après un cycle pluriannuel. Cependant cette matière active reste actuellement nécessaire, car, utilisée à dose réduite non destructive pour la légumineuse, elle permet de réduire la pression de graminées de type ray-grass ou vulpin. En outre, la régulation du couvert en culture nécessite des programmes herbicides renforcés : si l'indice de fréquence de traitement (IFT) global est souvent comparable à celui du système classique, il résulte souvent, dans ce cas, d'un IFT fongicide, voire insecticide, en baisse, mais d'un IFT herbicide en hausse. Aujourd'hui l'application de glyphosate/herbicides ou le travail du sol (pas forcément labour) restent les deux leviers incontournables pour gérer les couverts.

Récemment d'autres façons d'imaginer l'organisation spatiale des associations sont apparues, grâce à l'utilisation de nouveaux agroéquipements de précision. Avec un système de géolocalisation de haute précision (GPS-RTK), il devient possible de faucher ou de broyer partiellement uniquement le couvert permanent qui a été semé entre des rangs d'une culture qui sera récoltée (par exemple, blé, maïs, tournesol) (Hélias, 2019).

De tels semis décalés n'ont pas les inconvénients mentionnés précédemment. Des travaux sont en cours pour mieux définir les réglages de cette toute nouvelle pratique agronomique : choix des variétés, des densités de semis, des écartements entre les rangs, du nombre de rangs par espèce, et des modalités de fauchage ou de broyage, et de gestion des adventices. Un autre intérêt de cette démarche est qu'elle pourrait également être déclinée en agriculture biologique. Le travail du sol ne serait plus obligatoire pour gérer les adventices avec de ce fait, la possibilité de gérer plus favorablement la teneur en matière organique et en éléments minéraux des sols en agriculture biologique.

Note de synthèse

4. L'ACS : une agriculture forcément plurielle

Comme nous l'avons vu à travers l'analyse des réseaux, il existe une grande diversité de pratiques en ACS, qui mènent à des solutions locales différentes, susceptibles de mobiliser des leviers plus ou moins spécifiques et dépendant de l'environnement et des objectifs des agriculteurs eux-mêmes.

Cette grande diversité est à considérer à la fois pour l'acquisition de références et l'accompagnement des agriculteurs. L'absence de solutions « universelles » pour respecter les trois piliers de l'ACS dans toutes les conditions françaises – avec la volonté d'utiliser le moins possible de glyphosate – implique de mixer les approches d'acquisition de références techniques (notamment essais factoriels, essais systèmes, diagnostics, évaluations multicritères, réseaux, modélisation) avec des agriculteurs acteurs et coproducteurs des références et des innovations.

La deuxième séance a bien montré comment les agriculteurs et leurs conseillers techniques ont été novateurs dans la mise au point de pratiques culturales (implantation des cultures sous couvert, associations d'espèces). Cette coconstruction entre acteurs doit permettre de dégager des clefs de réussite utilisables localement par les agriculteurs, et aussi, d'évaluer la multi performance, notamment les services écosystémiques. Deux tâches sont prioritaires : la première est de mieux comprendre les processus d'innovation pour mieux accompagner les acteurs. Les dispositifs d'accompagnement jouent un rôle déterminant dans le processus d'innovation et d'adoption de nouvelles pratiques en forte rupture technique (Faure *et al.*, 2018).

Ce thème n'a pas été traité lors des trois séances faute de temps. La seconde tâche porte sur le référentiel agronomique. Bien que la recherche participative sur l'ACS existe depuis plusieurs années avec des réseaux de plus en plus nombreux, les réseaux échangent peu entre eux. Qui sait quoi ? Il s'avère aujourd'hui nécessaire de mutualiser davantage les données acquises dans le cadre

des réseaux existants avec les trois piliers de l'ACS, afin d'être plus rapidement capables de contextualiser les conditions et les facteurs d'échecs ou de réussite. L'existence d'outils d'évaluation multicritère à l'échelle de l'exploitation pourrait offrir un cadre pertinent d'accueil pour l'analyse systémique des données. La clé pour mieux accompagner les agriculteurs est sans aucun doute de réussir la gestion dynamique des équilibres pour garantir la multi performance au moyen de nouveaux outils et d'innovations, ce qui impose de combiner diversification et rentabilité à l'échelle individuelle de l'agriculteur et collective des filières et des territoires.

Conclusion

Lors des trois séances consacrées à l'ACS, les effets bénéfiques des trois piliers de l'ACS ont été constatés : pas de perturbation mécanique des sols, couverture organique des sols quasi-permanente et diversité des espèces cultivées ; cependant l'application stricte de ces piliers est rarement réalisée, les agriculteurs adaptant leurs pratiques en fonction des systèmes de culture et des conditions climatiques.

Face à ce constat, les objectifs pour la recherche sont de mieux définir les conditions pour que ces systèmes s'inscrivent pleinement dans la transition agroécologique. Une première étape est de mieux les connaître et les caractériser, avec la nécessité de coupler des approches d'acquisition de références techniques avec des agriculteurs acteurs et coproducteurs des références et des innovations : c'est la condition pour que les systèmes ACS soient adaptés aux conditions locales. En parallèle, il est apparu nécessaire d'explorer de nouvelles voies de recherche plus thématiques, telle l'amélioration génétique des espèces pour assurer la complémentarité fonctionnelle avec les couverts, la régulation biologique des ravageurs et des adventices ou encore les conséquences des systèmes ACS sur la biodiversité et la gestion quantitative de l'eau.

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)

Note de synthèse

Références

- Académie d'agriculture de France. 2022. [https://www.youtube.com/watch?v=0puGU4Na -M&t=29](https://www.youtube.com/watch?v=0puGU4Na-M&t=29), dernier accès 2024-11-14.
- Académie d'agriculture de France. 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=kA0wF9UIA54&t=934s>
https://www.youtube.com/watch?v=lpH9jX8Y0&list=PLalurqnJ0_ZhckhAOLMWh0YZHODIRu7_j&index=3
- Alletto L. 2022. Valorisation des ressources hydriques et minérales pour une agriculture efficiente et durable, *colloque PHLOEME organisé par ARVALIS*, 4 novembre 2022, Cité des sciences, Paris.
- ARVALIS. 2018. *Les vrai-faux de l'irrigation*, ARVALIS - Institut du végétal Référence 3668. ISBN : 978-2-8179-0366-8, 80 p.
- Basche AD, DeLonge MS. 2019. Comparing infiltration rates in soils managed with conventional and alternative farming methods: A meta-analysis, *Plos One*, 14, e0215702. DOI: [10.1371/journal.pone.0215702](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215702)
- Christel A, Maron PA, Ranjard L. 2021. Impact of farming systems on soil ecological quality: A meta-analysis, *Environmental Chemistry Letters*, 19 (6), 4603-4625.
- Constantin J, Beaudoin N, Laurent F, Cohan JP, Duyme F, Mary B. 2011. Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization, *Plant and Soil*, 341 (1), 137-154. DOI: [10.1007/s11104-010-0630-9](https://doi.org/10.1007/s11104-010-0630-9).
- Cordeau S, Maron P, Sarthou JP, Chauvel B (eds). 2004. *L'agriculture de conservation des sols*, Quae, Versailles, 420 p.
- Dupont JN, Durand A, Dubois M. 1992. Molecular biology of methanogens, *Annual Review of Microbiology*, 46 (3), 165-191.
- Faure G, Chiffolleau Y, Goulet F, Temple L, Touzard JM (eds). 2018. *Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires*, Quae, Versailles 259 p.
- Hazard L, Magrini MB, Martin G. 2022. *Transition agroécologique : Définition*. Dictionnaire d'agroécologie. DOI : [10.17180/edxe-y440](https://doi.org/10.17180/edxe-y440)
- Hélias R. 2019. Semis sous couverture permanente en bio : Le graal bientôt à portée de main ? *Revue TCS*, 105, 4-9.
- Jézequel S, Bodilis AM, Labreuche J. 2018. Semis direct sous couvert végétal : de nouvelles façons d'expérimenter, avec des agriculteurs acteurs de la recherche, qui ont permis en 4 ans de dégager les principaux facteurs clés de réussite ou d'échecs, *Actes du Congrès Phloème 2018*, ARVALIS-Institut du végétal - Janvier 2018 – ISBN : 978-2-8179-0365-1 – Réf. : 3651, 41-53.
- Justes E, Beaudoin N, Bertuzzi P, Charles R, Constantin J, Dürr C, Hermon C, Joannon A, Le Bas C, Mary B, Mignolet C, Montfort F, Ruiz L, Sarthou JP, Souchère V, Tournebize J, Savini I, Réchauchère O. 2012. *Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques*. Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 60 p.
- Labreuche J, Gautellier-Vizioz L, Légère R, Jézéquel S, Hauprich Ph, Messmer Y, Baranger E. 2017. Couverts permanents : le rendement du blé dépend de la croissance du couvert, *Perspectives Agricoles*, n°443, 42-47.
- Mahé I, Chauvel B, Colbach N, Cordeau S, Gfeller A, Reiss A, Moreau D. 2022. Deciphering field-based evidences for crop allelopathy in weed regulation. A review, *Agronomical and Sustainable Development*, 42, 50.

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)

Note de synthèse

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-13021-00749-13591>

Marguerie M, Jézéquel S, Taulemesse F, Labreuche J, Véricel G, Bourgeois C. 2023. Agriculture de conservation des sols: tenir compte des spécificités du système, *Perspectives Agricoles*, 512, 44-47.

Puissant J, Villenave C, Chauvin C, Plassard C, Blanchart E, Trap J, 2021. Quantification of the global impact of agricultural practices on soil nematodes: A meta-analysis, *Soil Biology and Biochemistry*, 161, 108383. DOI: [10.1016/j.soilbio.2021.108383](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108383)

Edité par

Christian Valentin, membre de l'Académie d'agriculture de France, membre de l'Académie des sciences d'Outre-Mer, directeur de recherche émérite, Institut de recherche pour le développement, UMR242, VP Recherche du Consortium USTH (Hanoï).

Rapporteurs

1. Anonyme
2. Anonyme

Rubrique

Cet article a été publié dans la rubrique « Notes de synthèse » des *Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France*.

Reçu

11 septembre 2024

Accepté

15 octobre 2024

Publié

10 janvier 2025.

Citation

Boizard H, Gate P. 2025. Agriculture de conservation des sols et transition agroécologique, *Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France / Academic Notes from the French Academy of Agriculture (N3AF)*, 18(5), 1-13. <https://doi.org/10.58630/pubac.not.a95573>.



Hubert Boizard est ingénieur de recherche honoraire INRAE, membre de l'Académie d'agriculture de France.



Philippe Gate est ancien directeur scientifique d'ARVALIS, membre de l'Académie d'agriculture de France