



HAL
open science

Importance du travail du sol : typologie des modes de mise en œuvre et effet sur le rendement des cultures

Jean J. Roger-Estrade, J. Labreuche, Hubert H. Boizard

► To cite this version:

Jean J. Roger-Estrade, J. Labreuche, Hubert H. Boizard. Importance du travail du sol : typologie des modes de mise en œuvre et effet sur le rendement des cultures. Faut-il travailler le sol ?, Editions Quae, 192 p., 2014, Savoir Faire (Quae), 9782759221936. hal-02798149

HAL Id: hal-02798149

<https://hal.inrae.fr/hal-02798149>

Submitted on 5 Jun 2020

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.

1

Importance du travail du sol : typologie des modes de mise en œuvre et effets sur le rendement des cultures

J. ROGER-ESTRADE, J. LABREUCHE, H. BOIZARD

Le travail du sol, considéré comme l'ensemble des opérations mécaniques fragmentant le sol, tient une place à part dans les systèmes de culture. Comparé aux autres techniques agricoles, son impact sur les caractéristiques des sols cultivés est en effet bien plus global (figure 1.1).

En premier lieu, cet impact passe par la modification de la structure du sol : les actions mécaniques exercées par les outils (fragmentation et déplacement) et les tracteurs (tassement) modifient rapidement, et parfois très fortement, la structure. Or, celle-ci affecte un grand nombre de processus qui se déroulent dans le sol (circulation de l'eau et de l'air, intensité et nature des réactions biogéochimiques, conditions dans lesquelles s'activent la faune et la flore du sol, croissance et développement des adventices...). Ainsi les caractéristiques organiques, chimiques, biologiques, hydriques des couches superficielles sont affectées indirectement, via la structure, par le travail du sol et le roulage des engins.

À cet impact indirect s'ajoutent les impacts directs sur ces mêmes composantes de l'état des sols cultivés. En effet, le type de travail du sol (avec ou sans retournement, profond ou superficiel, avec des outils animés ou traînés,...) détermine la répartition verticale du stock de graines d'adventices, celle des éléments minéraux peu mobiles dans le sol, celle des résidus de culture ou des amendements. De même, le passage des outils affecte directement les populations ou la composition spécifique de la plupart des communautés d'organismes vivant dans et sur le sol. De même, le type de travail du sol et tout particulièrement la présence ou non du labour, détermine la présence (ou non) d'un mulch, c'est-à-dire d'une couverture de la surface du sol, constituée des résidus de culture ou d'une plante vivante. Ce mulch est d'une importance capitale pour la protection contre l'érosion, la lutte contre les adventices, les flux d'eau et de chaleur, la faune du sol.

Dans les systèmes de culture où l'on vise un rendement aussi proche que possible du maximum permis par la photosynthèse, le développement de l'usage des intrants de synthèse a, peu à peu, cantonné le rôle du travail du sol à un moyen de corriger les états structuraux jugés défavorables, pour améliorer l'efficacité d'utilisation des intrants (eau, éléments minéraux) et les conditions de germination et de levée des cultures.

Dans les systèmes de culture en agriculture biologique ou dans les zones où l'érosion représente un réel problème, en revanche, le rôle du travail du sol est resté crucial : c'est un levier majeur pour faire face aux problèmes posés par le contrôle des adventices ou la maîtrise du ruissellement.

Quel que soit le type d'agriculture, le travail du sol pèse sur les performances économiques des exploitations : les opérations, surtout celles de travail profond, sont coûteuses en énergie fossile et en charges de mécanisation. Par ailleurs, le travail du sol impacte considérablement, à certaines périodes, l'organisation du travail. Ce qui peut amener à supprimer le travail profond pour une meilleure répartition des pointes de travail au cours de l'année.

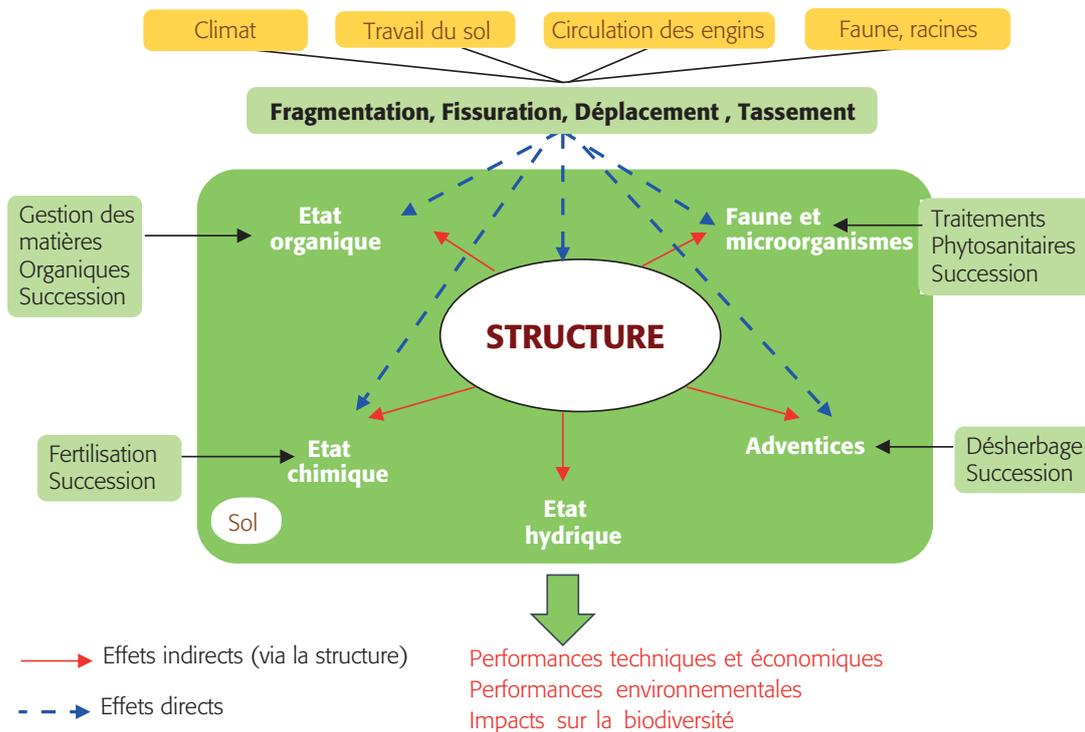


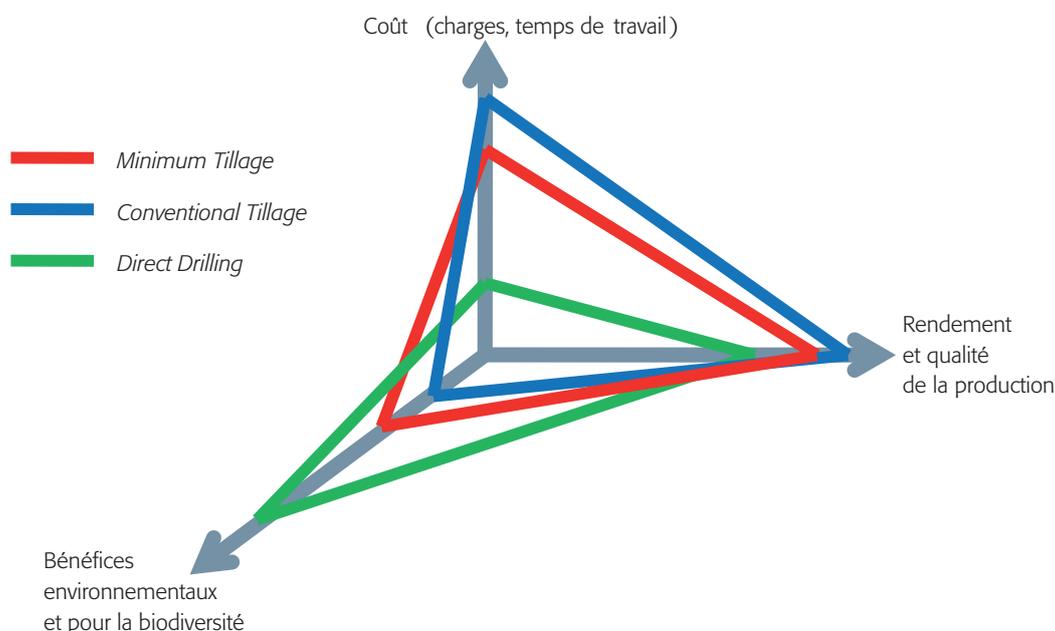
Figure 1.1 : Effets directs et indirects des actions mécaniques liées au travail du sol sur les états des sols cultivés (d'après Richard et Roger-Estrade, 1999)

Ainsi, les choix en matière de préparation des sols sont, dans une exploitation agricole, déterminants sur les plans économique, agronomique et environnemental. Il n'est donc pas étonnant que le travail du sol se trouve au cœur des débats concernant la manière de faire évoluer les systèmes de culture pour faire face au nouveau contexte auquel l'agriculture est confrontée (baisse des charges, réduction des impacts environnementaux, diminution de l'utilisation des carburants fossiles, atténuation et adaptation au changement climatique...).

Il est possible de comparer ces choix à partir d'un triptyque comprenant trois catégories de critères : ceux déterminant les performances en matière de rendement et de qualité des produits ; ceux permettant d'apprécier l'impact sur l'environnement et la biodiversité et ceux enfin qui déterminent les performances économiques

(Morris *et al.* 2010). Ces auteurs proposent de représenter la position d'un type donné de préparation de sol sur un schéma à trois axes, comme indiqué sur la figure 1.2. Ils présentent trois exemples : un itinéraire conventionnel avec labour (*conventional tillage*), le plus performant en matière de rendement, mais présentant un coût économique élevé et des performances environnementales moins favorables ; à l'autre extrême, le semis direct (*direct drilling*) avec des rendements un peu plus faibles en moyenne, mais aussi avec des coûts beaucoup plus bas et des bénéfices pour l'environnement et la biodiversité plus élevés que l'itinéraire avec labour ; les systèmes avec travail du sol simplifié (*minimum tillage*) se situeraient entre ces deux cas sur chacun de ces trois axes.

Si ces trois axes constituent un moyen commode de comparaison, on ne peut bien évidemment considérer cet exemple (pourtant très souvent cité dans les débats sur le travail du sol) comme entièrement généralisable : certains itinéraires de semis direct sont, sur le plan environnemental, moins bien placés que des itinéraires conventionnels ; certains itinéraires conduits en techniques culturales simplifiées peuvent, sur le plan des coûts, dépasser des itinéraires conventionnels, etc.



Workshop «travail du sol» - 4 & 5 décembre 2012 Boigneville

Figure 1.2 : Performances des différents systèmes de travail du sol (d'après Morris et al. 2010).

La question de l'évaluation des performances se heurte ainsi à trois difficultés, qui sont souvent insuffisamment prises en compte dans les débats sur le travail du sol. Tout d'abord, l'extrême diversité des types d'outils et des manières de les combiner pour préparer une parcelle, quel que soit le système de travail du sol choisi. Dans la première partie de ce chapitre, nous tenterons une présentation structurée de cette diversité, mettant l'accent sur la multiplicité des objectifs et des modes d'action des outils.

Une deuxième difficulté tient au fait que les transformations de la structure du sol sont aussi dues à d'autres agents que le travail du sol ou le roulage, naturels

ceux-là : les racines, la faune, le climat agissent sur la structure. Leur action est très variable en fonction des conditions de milieu (type de sol, climat, biologie du sol) et elle devra également entrer en ligne de compte lorsqu'il s'agira d'évaluer les performances de tel ou tel itinéraire de travail du sol ou les risques pris avec une option donnée. Le rôle de ces agents dans l'évolution (plus précisément la régénération) de la structure sera présenté plus loin dans cet ouvrage.

Enfin, connaître la technique seule ne suffit pas pour prévoir l'effet sur le milieu cultivé. En interaction avec le type de sol, les conditions d'emploi des outils (réglage, vitesse, profondeur d'action) et les dates d'intervention sont au moins aussi importantes à considérer que la nature même des pièces travaillantes.

Les raisons exposées ci-dessus expliquent pour une large part à la fois la variabilité des données sur le travail du sol, qui sont d'ailleurs souvent contradictoires et, dans une certaine mesure, le peu de différences observées dans les études statistiques portant sur le rendement des cultures entre les différents systèmes de travail du sol. Une synthèse des résultats de ces études sera présentée dans la deuxième partie de ce chapitre. Par ailleurs, dans chacun des autres chapitres de ce livre, les auteur(e)s insistent sur la dépendance des résultats aux conditions de sol, au climat, au réglage des outils, au type d'activité biologique.

Diversité des modes de travail du sol

Trois critères peuvent être utilisés pour classer la diversité des types d'outil de travail du sol (tableau 1.1) :

1. Le mode d'effet que l'outil a sur le sol et sur les résidus de culture. Si la fragmentation est systématique, elle ne s'accompagne d'un retournement des horizons que dans le cas du labour avec une charrue. Ceci étant, on peut mélanger des résidus et du sol sans retourner ce dernier : c'est le cas avec toute la gamme des outils à dents ou à disques, animés ou non, employés dans le cadre des techniques culturales sans labour. Enfin, certains outils ne font que fragmenter le sol, en préservant les résidus (le mulch) à la surface du sol.
2. Le deuxième critère, déterminant en particulier lorsque l'on considère la dépense énergétique liée au travail du sol, est la profondeur de travail. Classiquement, en situation agricole, celle-ci varie de 0 à 30 cm environ, mais peut atteindre 80 cm de profondeur dans des cas exceptionnels. Un même outil peut être employé à des profondeurs très variables. Par exemple, les profondeurs de labour ont, au cours du temps, fortement varié. Un mouvement général de remontée des labours a ainsi pu être observé dans les années 1960-1970, en France, particulièrement dans les régions de grande culture où l'on s'inquiétait de l'effet de dilution de la matière organique par le labour. On observe, depuis une petite dizaine d'années, des essais de labours très superficiels (10-15 cm), pratiqués avec des charrues à versoir.
3. Enfin, il faut ajouter un troisième critère qui est la proportion de la surface de la parcelle effectivement travaillée, tout particulièrement depuis le développement d'équipements de type « strip till » ou de semoirs spécialisés pour le semis direct, pour lesquels le travail du sol est concentré à proximité de la ligne de semis sur une

Tableau 1.1 : Classification des opérations de travail du sol.

		Fragmentation + Retournement + Enfouissement	Mélange + Enfouissement		Pas de mélange et un minimum d'enfouissement	
		Fragmentation sans retournement				
Profondeur	Pas de travail	semis : 3 cm, reste: 0 cm				Semis direct (sous couvert)
	Superficiel	3 -15 cm	Labour très superficiel (≤ 15 cm) Déchaumeur à versoirs	Travail superficiel Dents, disques, chisel, herse, houes, cultivateur, canadien vibroculteurs	Travail superficiel en bandes Strip tillers Rotasemis	
	Profond	15 -40 cm	Labour +/- profond Charrue à versoirs (+rasette)	Pseudo-labour machines à bêcher, charrue à disques, cultivateurs lourds (chisel), pulvérisateurs lourds (disques), charrue Express		Décompactage lames, dents
	Très profond	40 -80 cm	Labour très profond, défoncement Charrue « robuste »			Sous-solage dents (+ obus)
		100%	100%	Bandes 30%	100%	Ligne de semis 5%
Zone travaillée (%)						

Fragmentation sans retournement = TCS

bande plus ou moins large. Ces techniques introduisant en quelque sorte l'agriculture de précision dans le domaine du travail du sol.

Le tableau 1.1 a été bâti en croisant ces trois critères et en faisant figurer dans les cases quelques-uns des outils les plus utilisés en grande culture.

Cette diversité des options techniques pour travailler le sol, gérer les résidus, en entraîne une autre, celle des systèmes de travail du sol, que l'on peut définir comme la combinaison logique des opérations mécaniques sur le sol, ayant pour objectif la préparation de ce dernier pour y recevoir les cultures de la succession. Cette définition met l'accent d'une part, sur la logique de l'enchaînement des actions menées pour implanter une culture donnée, souvent après une succession d'opérations visant chacune un ou plusieurs objectifs et, d'autre part, sur l'idée d'un enchaînement de ces opérations, qui peut varier suivant l'ordre de succession des cultures. Il y a deux manières de classer les systèmes de travail du sol :

1. En utilisant comme critère l'opération de travail la plus profonde. Sur le plan de l'économie, ce type de classification est important dans la perspective d'une évaluation du coût du travail du sol (en carburant, en main-d'œuvre, en carbone fossile), même si celui-ci dépend aussi du nombre d'opérations. Sur le plan de l'agronomie, cette classification est pertinente pour raisonner la dilution des éléments minéraux et du carbone, la localisation et le mélange de la matière organique, la fragmentation des couches profondes.

On peut ainsi distinguer cinq grands types d'itinéraires de travail du sol, ordonnés selon l'importance de la place qu'occupe l'opération la plus profonde, qui est justement celle qui consomme le plus d'énergie (tableau 1.2).

Cette classification est imparfaite, dans la mesure où le classement sur un gradient de dépense énergétique peut être discuté : en effet, l'énergie dépensée dépend aussi

Tableau 1.2 : Systèmes de travail du sol, classés selon l'opération la plus profonde.

Système de travail du sol		Profondeur de travail (cm)
A	Travail du sol profond avec labour	15-40
	Travail du sol profond, sans retournement	
B	B1 :pseudo-Labour (avec mélange terre/résidus)	
	B2 : décompactage et sous-solage (sans mélange terre/résidus)	15-70
C	Travail du sol superficiel sur toute la surface	5-15
D	Travail du sol superficiel en bandes (strip-till)	5-20
E	Semis direct (travail uniquement sur la ligne de semis)	0

Le labour désigne ici uniquement le travail réalisé avec une charrue à versoirs.

Le pseudo-labour est défini dans le tableau 1.1

Cette classification ne prend pas en compte la fréquence des opérations : ainsi le labour peut être pratiqué tous les ans ou plus occasionnellement tous les 3-4 ans (*rotational tillage*).

du nombre d'opérations effectuées au cours de l'itinéraire de travail du sol et pas seulement de la nature de l'opération la plus profonde. Par ailleurs, il existe des systèmes intermédiaires entre les catégories A à E. Par exemple B1/A lorsqu'un sous-solage est pratiqué occasionnellement dans un système avec labour régulier ou intermittent.

2. En classant les systèmes par le nombre d'opérations de travail du sol effectuées en moyenne tous les ans, évalué sur une rotation type. Ce classement est pertinent pour comparer les systèmes par rapport à l'organisation du travail, au risque de tassement, au bilan énergétique. En étant prudent toutefois : sur le dernier point par exemple, les opérations n'ayant pas toutes le même poids en terme d'énergie dépensée, ne prendre en compte que leur nombre biaise le résultat. Il faut ainsi être prudent également sur le terme « intensif » qui est souvent employé (en anglais, on emploie l'expression *intensive tillage*). Il faut préciser ce à quoi le qualificatif se réfère : ce peut être au volume de terre fragmenté mais aussi au nombre de passages (pas forcément très profonds) voire à la nature des outils employés (outils animés ou simplement traînés).

La notion d'agriculture de conservation est de plus en plus utilisée à travers le monde y compris en France ; elle est souvent associée à celle de travail du sol de conservation (*conservation tillage* en anglais). Elle comprend trois éléments (Derpsch *et al.*, 2010) :

- le maintien d'une couverture suffisante du sol (plus de 30 % de la surface couverte et au minimum une biomasse sèche de résidus de 1,1 t/ha) durant toute l'année. Cette couverture est constituée soit des résidus morts de la culture précédente, soit de plantes vivantes ;

- une perturbation minimale du sol, sans retournement. Plusieurs types de travail du sol peuvent correspondre à cette exigence, le semis direct bien évidemment, y compris lorsqu'il est pratiqué sur couverture végétale, que celle-ci soit morte ou vivante. Mais le strip-till (travail du sol en bandes) s'inscrit aussi dans ce cadre, dans la mesure où la zone perturbée (sur la ligne de semis) représente une proportion de sol travaillé superficiellement inférieure à 25 % de la surface ;

- une diversification des cultures, avec des rotations suffisamment variées (pour des raisons sanitaires) incluant des légumineuses (pour la fertilité) et éventuellement avec des cultures associées. Cette dernière instruction reste toutefois vague, le degré de diversification n'étant pas précisé.

Ce taux de couverture (par les résidus ou la plante de service) est déterminant, mais le non-retournement du sol ne suffit pas toujours à le garantir : lorsque la culture précédente laisse très peu de résidus (soja dont le rendement était faible par exemple) et/ou lorsque ceux-ci se sont décomposés très rapidement, le taux de couverture peut être très faible.

Importance du non-labour en France

La proportion de parcelles implantées sans labour en France a été évaluée en 2001, 2006 et 2011 par l'enquête sur les pratiques agricoles réalisées par le Ministère en charge de l'agriculture (Agreste, 2008, 2011) et par Labreuche *et al.* (2007) pour la campagne 2005/2006. La figure 1.3 et le tableau 1.3 illustrent les principaux résultats de ces enquêtes.

Le développement des surfaces cultivées avec des techniques culturales sans labour (figure 1.3) a été lent sur blé et colza, mais continu entre 1994 et 2001 et plus rapide, notamment sur blé, à partir de 2002. Les surfaces n'ont plus évolué entre les enquêtes de 2006 et 2011, les cultures d'automne étant implantées pour ces deux années sur environ la moitié des surfaces (figure 1.4). Concernant les cultures de printemps, le même travail de recensement des pratiques montre que le labour est beaucoup plus présent sur ces cultures (tableau 1.3). En 2006 et 2011, on pouvait estimer que respectivement 34 et 35 % des surfaces de grande culture n'étaient

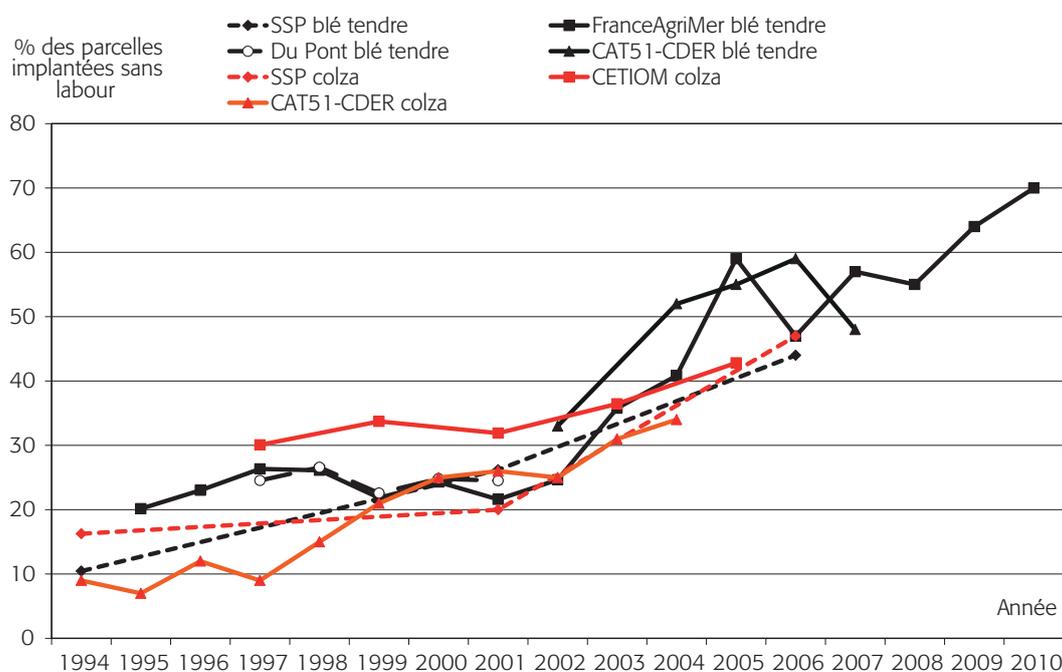


Figure 1.3 : Dynamique de développement des techniques culturales sans labour en France sur blé tendre et colza, au travers de différentes enquêtes (Labreuche *et al.*, 2007).

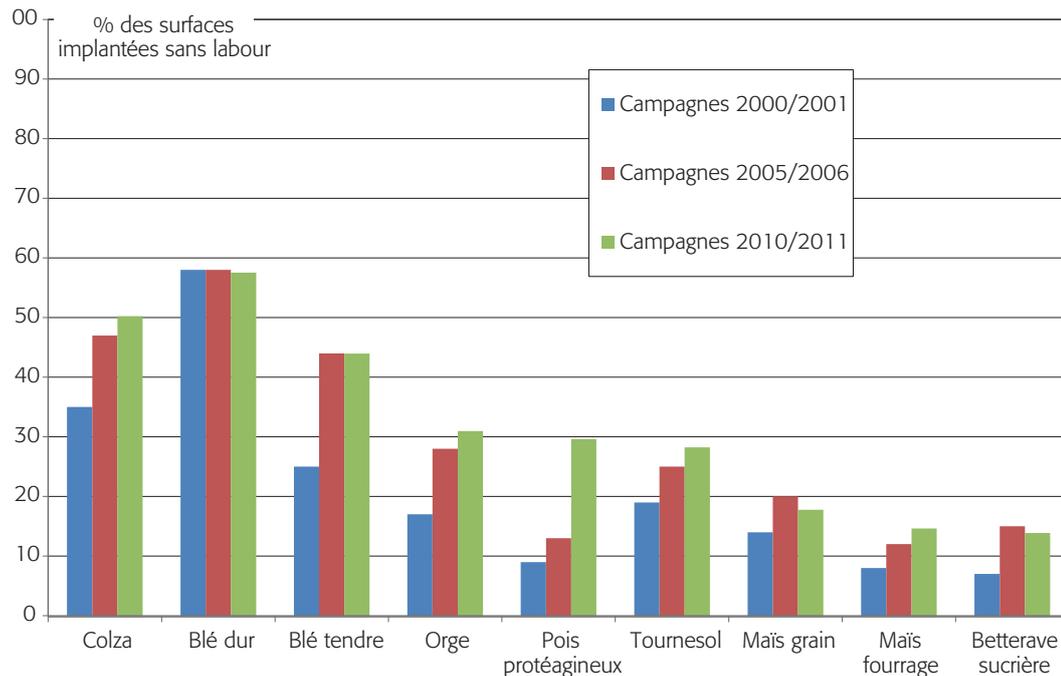


Figure 1.4 : Pourcentage des surfaces implantées sans labour par culture en France (enquête pratiques culturales MAAF-SSP, campagnes 2000-2001, 2005-2006 et 2010-2011).

plus systématiquement labourées tous les ans ; les cultures d'automne étant nettement plus concernées que celles de printemps. L'enquête de 2006 (Agreste, 2008) a permis de connaître les pratiques des cinq années précédant la culture de 2006 (nature des précédents cultureux et pratique ou non de labours). Il en ressort que la fréquence de non-labour pendant au moins six campagnes successives est faible, sans être nulle : de 4 à 17 % selon les cultures (figure 1.5). Le labour continu

Tableau 1.3 : Répartition des modes d'implantation de la culture (labour, travail du sol sans labour ou semis direct) pour les principales grandes cultures. Source : Agreste - Enquête Pratiques culturales 2011

	Travail du sol sans labour %	Labour %	Semis direct %
01 Blé tendre	40	56	4
02 Blé dur	53	42	4
03 Orge	30	69	1
04 Triticale	23	74	2
05 Colza	50	49	
06 Tournesol	27	72	1
07 Pois protéagineux	27	70	2
08 Maïs fourrage	15	85	
09 Maïs grain	18	82	
10 Betterave sucrière	14	86	
11 Pomme de terre	1	86	

représente quant à lui 23 à 65 % des parcelles selon la culture pratiquée en 2006. L'alternance entre labour et non-labour est la pratique dominante, mais le labour systématique reste encore assez répandu et le non-labour continu est au contraire limité en France.

Les techniques culturales sans labour, même si on peut les rencontrer dans toutes les situations, sont plus fréquentes dans quelques cas : cultures d'automne, sols argilo-calcaires, région du grand Sud-Ouest... Ces constats sont cohérents avec les motivations principales citées par les agriculteurs pour supprimer le labour : gagner du temps, faciliter l'organisation du travail, réduire les charges de mécanisation, améliorer les conditions d'implantation des cultures en sols argilo-calcaires ou argileux. En effet, un travail profond entraîne la fabrication de lits de semences grossiers, car le sol se dessèche après labour, devenant très difficile à fragmenter, notamment après un été et/ou un automne secs. La taille moyenne des exploitations pratiquant les techniques culturales sans labour est un peu supérieure à celles qui pratiquent le labour (+15 à 20 %). Les situations où le labour est majoritaire correspondent aux situations avec des sols peu argileux et incluant des cultures de printemps. Les régions bordant la Manche, de la Bretagne au Nord - Pas-de-Calais, sont celles qui pratiquent encore le plus le labour, y compris avant blé.

Des enquêtes d'opinion (comme celle réalisée par ADquation en 2012) montrent une volonté des exploitants agricoles de réduire à l'avenir l'usage de la charrue au profit de techniques comme le strip till, afin de répondre à des préoccupations d'ordre économique, organisationnel ou agronomique. Cependant, les difficultés croissantes de contrôle des adventices, et en particulier de certaines populations de graminées résistantes aux herbicides, amènent de nombreux producteurs à maintenir le labour au moins occasionnellement dans leurs itinéraires, faute d'avoir su trouver d'autres leviers efficaces. C'est ce qui semble expliquer la stabilisation de la part des surfaces non labourées entre 2006 et 2011.

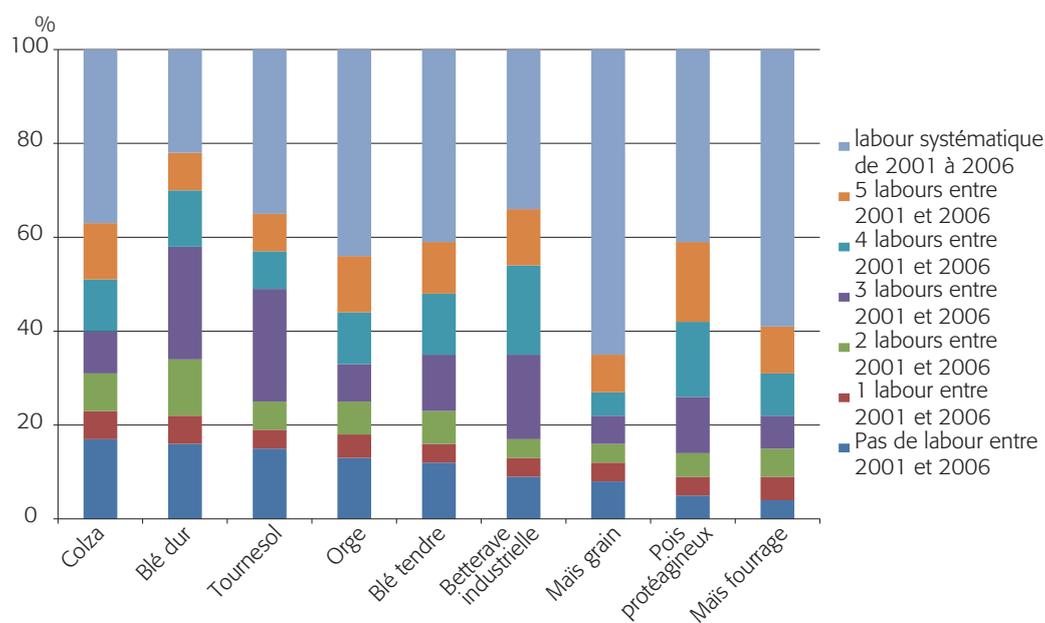


Figure 1.5 : Nombre de labours de 2000-2001 à 2005-2006 selon la culture récoltée en 2006.

Source : Agreste

D'autres enquêtes apportent quelques informations supplémentaires sur le travail du sol réalisé en l'absence de labour. Le travail avant blé est plutôt superficiel puisque 75 à 90 % des parcelles ne font l'objet d'aucun travail en profondeur. Une enquête Cetiom 2005 sur colza montre par contre que 87 % des colzas implantés sans labour ont fait l'objet d'un travail à plus de 8 cm de profondeur. 70 % des betteraves implantées sans labour ont subi un décompactage (enquête ITB, 2005), contre 61 % sur tournesol (enquête Cetiom, 2004). L'enquête pluriannuelle Du Pont 2001 nous apprend par ailleurs que le nombre de déchaumages augmente avec la suppression du labour (+ 0,5 passage/an). Ces quelques informations montrent bien que si les techniques sans labour se développent, il faut encore largement relativiser la « révolution » qu'elles représentent au niveau agronomique. En effet, les parcelles avec suppression continue du labour sont encore peu nombreuses. Par ailleurs, la suppression du labour est encore loin de signifier la suppression totale du travail du sol dans la majorité des parcelles. Par exemple, le semis direct ne représentait que 2 % des surfaces en 2011 alors que 35 % des surfaces n'étaient plus labourées. Ces éléments doivent être gardés en mémoire car il existe un décalage flagrant avec les pratiques pouvant être observées sur quelques essais de longue durée ou chez quelques exploitants avant-gardistes, pratiquant par exemple le semis direct continu.

Effets du système de travail du sol sur les rendements

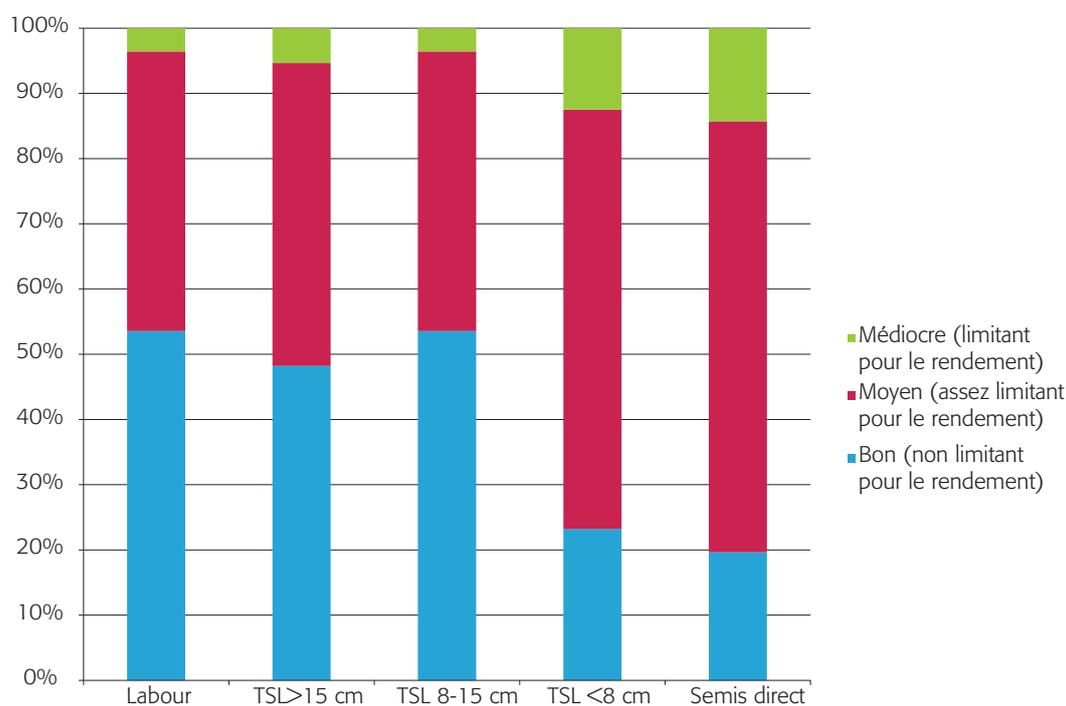
Élément clef de la performance économique des systèmes de culture, le rendement des espèces cultivées est affecté de manière très variable par le système de travail du sol. Avant d'aborder de façon détaillée les résultats de dispositifs expérimentaux français (chapitre 2), nous présentons quelques synthèses globales rassemblant des résultats internationaux conduits dans des contextes très divers.

De manière très générale, en fait quasi systématiquement, les études, qu'elles soient expérimentales ou menées par enquêtes sur les effets des systèmes de travail du sol sur le rendement des cultures, sont présentées en prenant les systèmes avec labour systématique comme témoin ou référence. Ainsi, Van den Putte *et al.* (2010) ont étudié les résultats de 47 études menées sur 75 sites à travers l'Europe. Leur analyse montre que l'adoption du non-labour diminue, en tendance, les rendements. Toutefois cette diminution est plus forte pour les systèmes de non-travail du sol stricts, alors que les systèmes de travail du sol réduit sans retournement n'entraînent de réduction du rendement que pour certaines cultures seulement, en particulier le maïs et la betterave. Cette étude confirme plusieurs résultats antérieurs d'enquêtes comme celle menée en France par le SCEES (Agreste, 2008). Les résultats de cette enquête, même s'ils sont cohérents avec d'autres données en France et en Europe, sont cependant à considérer avec prudence, car il existe un fort risque de confusion d'effets. Avec l'effet du type de sol par exemple, le non-labour étant plus fréquent sur certains types de sol, comme cela est mentionné ci-dessus. La diminution de rendement par rapport au labour est, au moment de l'enquête, de l'ordre de 4,5 % globalement, tous systèmes de non-labour confondus. La betterave en particulier est très sensible aux conditions d'implantation, moins favorables en système de travail du sol réduit qu'en système conven-

tionnel avec labour régulier. Au-delà d'une profondeur de travail de 15 cm, et sauf pour le maïs, le rendement n'est pas inférieur en système de non-labour, et apparaît même parfois supérieur. L'analyse plus fine de ces résultats montre que, excepté pour le maïs, la perte de rendement est inversement proportionnelle à la profondeur de travail. Concernant le colza, une enquête conduite en 2006-2007 sur 387 parcelles, confirme cette relation (figure 1.6).

Cette étude ne permet pas de trancher clairement sur l'interaction entre système de travail du sol et déficit hydrique. Dans certains cas, en système de travail réduit et en conditions sèches, le système racinaire contraint par une structure du sol moins favorable présente une efficacité d'utilisation de l'eau plus faible qu'en système conventionnel ; dans d'autres cas au contraire, la présence d'une couverture de résidus diminue l'évaporation, ce qui permet une meilleure alimentation en eau des cultures (essentiellement des céréales à paille) en non-labour.

Toujours en Europe, Soane *et al.* (2012) ont recensé les données expérimentales issues de 13 publications comparant labour et semis direct (strict, en excluant les systèmes de travail du sol réduit) dans neuf pays européens (dont Boigneville pour la France). Pour la majorité de ces études, les rendements en semis direct et en labour sont très proches, les écarts de rendement n'excédant en général pas 5 %. Cependant, les rendements obtenus en situation non labourée tendent à approcher ceux obtenus en labour, voire à les dépasser lorsque la pluviométrie décroît, du Nord au Sud de l'Europe, contredisant certaines études mentionnées



Labour : 129 parcelles ; TSL > 15 cm sans labour : 44 parcelles ; TSL compris entre 8 et 15 cm : 160 parcelles ; TSL < 8 cm : 25 parcelles et semis direct : 29 parcelles.
TSL : techniques sans labour

Figure 1.6 : Pourcentage de parcelles pour lequel le mode de travail du sol a limité sévèrement moyennement ou pas du tout le rendement. Source : CETIOM, enquête 2007-2008 dans les régions Centre, Poitou-Charentes, Bourgogne, Lorraine. <http://www.cetiom.fr>.

par Van de Putte *et al.*, (2010). Ainsi en Europe du Nord, les rendements en semis direct ne dépassent quasiment jamais ceux obtenus en situation labourée et sont parfois très nettement inférieurs (jusqu'à 60 à 80 % de la valeur observée en situation labourée pour de l'orge de printemps, de l'avoine ou du blé en Finlande). Il faut souligner toutefois que ces résultats ont été obtenus pendant la période de transition après abandon du labour. En revanche, les essais menés en Espagne et au Portugal, montrent qu'en semis direct on peut obtenir de meilleurs rendements des céréales en semis direct plutôt qu'après un labour, jusqu'à deux fois plus (Fernandez-Ugalde *et al.*, 2009). Les mécanismes responsables de la réduction des rendements en semis direct varient bien évidemment avec les conditions locales. Dans les sols légers du Danemark, c'est le tassement qui apparaît comme la cause principale. En Suède et en Norvège la gestion des résidus est plus problématique que le tassement. Enfin en Finlande, le tassement, la gestion des résidus et le contrôle des adventices sont tous les trois invoqués à part égale.

Par ailleurs l'étude de Soane *et al.*, (2012) est plus complète que celle de Van de Putte *et al.* (2010), car elle envisage aussi l'ensemble des critères permettant une évaluation complète des deux systèmes. Sans entrer dans le détail des effets (qui seront développés dans le Chapitre 2), l'analyse fait ressortir l'intérêt du semis direct pour la maîtrise de l'érosion. Elle ne tranche pas sur le bilan en matière d'émission de gaz à effet de serre (hors économie résultant de la réduction de consommation de fuel) et ne met pas en évidence de gain en matière de séquestration du carbone lié à l'adoption du semis direct (système qui toutefois entraîne une modification de la répartition verticale du carbone dans le profil). Enfin, les auteurs alertent sur le risque d'une moins bonne maîtrise des adventices en semis direct.

Hors d'Europe, une méta-analyse a été réalisée par Alvarez et Steinbach (2009) sur un grand nombre de publications comparant les rendements en labour et semis direct dans des pampas humides d'Argentine. Cette étude montre que les rendements en semis direct sont diminués (toujours par rapport au système avec labour) en moyenne de 13 % en blé et de 6 % en maïs. En revanche, il n'y a pas d'effet sur le rendement du soja. Ces mêmes auteurs montrent également qu'en ne considérant que les données correspondant à des situations avec fertilisation azotée, on ne retrouve plus de différence entre semis direct et labour, quelle que soit la culture.

Ces résultats doivent cependant être considérés avec précaution. En effet, plusieurs éléments rendent difficile la comparaison entre les situations labourées et celles en semis direct ou techniques culturales simplifiées, au premier rang desquels le nombre d'années depuis l'abandon du labour au profit du semis direct (données européennes) ou depuis le défrichement (une partie des données sud-américaines). Cette question est très importante, dans la mesure où l'on peut penser que lors de la transition, il existe une période pendant laquelle on observe une évolution progressive de la structure et de la portance du sol (liée à l'accumulation progressive de matière organique en surface, à la mise en place d'une porosité d'origine biologique), mais aussi à l'acquisition progressive de la maîtrise technique du semis direct. La durée de cette période de transition fait débat. Dans les études analysées par Soane *et al.* (2012), les rendements diminuent, souvent

de manière appréciable, l'année suivant la conversion au semis direct. Mais après une période dont la durée est de l'ordre de trois ans, les rendements augmentent à nouveau (Christian et Ball, 1994). Cependant, on peut penser qu'à l'inverse, dans les années qui suivent l'abandon du labour, certains problèmes difficiles à résoudre s'amplifient (développement des adventices) et ont alors un effet négatif sur les rendements qui augmente progressivement. Enfin, ces données ne renseignent pas sur les variabilités interannuelles des rendements en fonction du type de travail du sol et donc sur la résilience ou la stabilité des systèmes de culture.

Conclusion

Les études présentées ci-dessus font ressortir que le non-labour peut être une solution viable pour l'agriculture, lorsque l'on se place du seul point de vue de la productivité agricole. Toutefois, Van de Putte *et al.* (2010) incitent à la prudence quant aux attentes à l'égard de l'agriculture de conservation : leurs données montrent que ce type de pratique, s'il peut remplacer la conduite conventionnelle avec travail profond régulier laissant le sol nu une partie de l'année, ne permet pas d'espérer, même avec le temps, une augmentation significative du rendement des cultures.

Mais la question de l'effet sur les rendements doit être replacée dans un débat plus large instruisant la question du rôle du travail du sol pour permettre à l'agriculture de faire face aux changements globaux et aux enjeux auxquels elle est confrontée. Dans ce débat, il faut prendre en compte l'ensemble des effets du travail du sol, y compris sur le plan environnemental. Ces effets seront abordés en détail dans les différents chapitres de cet ouvrage.

Mais ce débat est surtout nécessaire pour ne pas s'enfermer dans des positions dogmatiques prônant le tout labour ou, au contraire, l'abandon systématique et définitif de cette technique, considérant que ce renoncement est l'objectif à atteindre pour l'agriculture de demain, car il est le seul moyen de satisfaire tous les objectifs de durabilité (productivité, bilan énergétique, préservation de la biodiversité, intensification des régulations biologiques, amélioration de la qualité des sols...).

L'observation des évolutions actuelles des systèmes de culture en région de grande culture montre que le labour, même s'il n'est plus pratiqué de manière aussi systématique qu'avant, reste une pratique de travail du sol très fréquente, particulièrement dans le Nord de la France en raison de risques élevés de tassement, particulièrement lors des récoltes. Deux éléments caractérisent ces évolutions.

1. Une forte diversification des itinéraires de préparation du sol, avec tous les intermédiaires entre le semis direct et le travail du sol conventionnel (un labour annuel suivi d'une ou plusieurs façons superficielles). Certaines de ces préparations de sol, loin de représenter une simplification par rapport au système conventionnel, sont parfois plus complexes que ce dernier (impliquant par exemple des stratégies complexes de contrôle mécanique des adventices avant et pendant la culture). Cette diversité des modes de préparation entraîne une diversité des volumes de sol affectés (profondeurs de quelques centimètres à quelques décimètres). Elle a

des conséquences variables sur le devenir des résidus de culture (plus ou moins enfouis), sur la répartition du carbone au sein du profil de sol, sur la dynamique des adventices, sur les conditions de fonctionnement des racines, sur la qualité de préparation des lits de semences...

2. La pratique, très fréquente en région de grande culture (tout particulièrement lorsque des cultures d'été sont présentes dans la rotation), de labours « intermittents », effectués de manière plus ou moins régulière pour résoudre des situations devenues problématiques après quelques années de renoncement au labour (augmentation de la pression des adventices ou des risques de maladies, dégradation de la structure) ou pour faire face à des conditions climatiques exceptionnelles (périodes prolongées d'excès d'eau avant les semis).

Ces deux tendances entraînent l'apparition de conditions nouvelles, et complexes à appréhender pour l'évolution de l'état des sols cultivés. Cet état de fait est essentiel à considérer dans une perspective d'évaluation des services écosystémiques rendus par ces derniers.

Ainsi, des opérations de recherche qui, dans des essais comparant labour et non-labour (depuis une période de temps plus ou moins longue), étudient différents processus à la base de ces services (émission de GES, structure, stock de graines d'adventices...) ne répondent pas complètement aux attentes de la profession (qui attend des règles de décision plus précises que supprimer ou non le travail profond), ou aux besoins d'évaluation de l'impact du travail du sol sur l'environnement, les sols, la biodiversité.

Références bibliographiques

- Agreste, 2008. Dans le sillon du non-labour. *Ministère de l'agriculture et de la pêche*.
- Alvarez R., Steinbach H.S., 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil & Tillage Research*, 104, 1–15.
- Christian D.G., Ball B.C., 1994. Reduced cultivation and direct drilling for cereals in Great Britain. In: M. Carter (ed) « Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems ». Raton, Florida, USA: Lewis Publishers. Pp 117–140.
- Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Hongwen L., 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *Int. J. Agric. & Biol. Eng.*, 3-1, 1–26. *Open Access at <http://www.ijabe.org>*
- Fernandez-Ugalde O., Virto I., Imaz M.J., Enrique A., Bescansa P., 2009. Soil water retention characteristics and the effect on barley production under no-tillage in semi-arid conditions of the Ebro Valley (Spain). In: *Kassam et al. (Eds), Proc. 18th ISTRO Conf. Izmir, Turkey, 2009*.
- Labreuche J., Le Souder C., Castillon P., Ouvry J.F., Real B., Germon J.C., de Tourdonnet S., Schubetzer C., Bastide G., Feix I., 2007. Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour en France. *ADEME-ARVALIS Institut du végétal-INRA-APCA-AREAS-ITB-CETIOM-IFVV*. <http://www2.ademe.fr/servelet/getBin?name=69872338DEBF31F72728710AAA008EC91224246166054.pdf>

Morris, N. L., Miller P. C. H., Orson J.H., Froud-Williams R. J., 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment-A review. *Soil & Tillage Research*, 108, 1–15.

Richard, G., Roger-Estrade J. and Guéris J., 1999. Chantier « Travail du sol » du Département Environnement et Agronomie (État des lieux et perspectives de recherches). *Inra, Paris*, 8 pp.

Soane B.D., Ball B.B., Arvidsson J., Baschd G., Moreno F., Roger-Estrade J., 2012. No-till in Northern and Southern Europe: opportunities and problems for crop production and the environment. *Soil & Tillage Research*, 118, 66-87.

Van den Putte A., Govers G., Diels J., Gillijns K., Demuzere M., 2010. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *Europ. J. Agronomy*, 33, 231–241. doi:10.1016/j.eja.2010.05.008.