

Savoir
faire

Faut-il travailler le sol ?

Acquis et innovations
pour une agriculture durable

J. Labreuche, F. Laurent, J. Roger-Estrade, coord.



ARVALIS
Institut du végétal

éditions
Quæ

Faut-il travailler le sol ?

Acquis et innovations pour une agriculture durable

Jérôme Labreuche, François Laurent, Jean Roger-Estrade,
Coordinateurs

Éditions Quæ, Arvalis - Institut du végétal

Collection *Savoir-faire*

Les clémentiniers et autres petits agrumes
C. Jacquemond, F. Curk, M. Heuzet, coord.
2013, 368 p.

Torrents et rivières de montagne
Dynamique et aménagement
Recking, D. Richard, G. Degoutte, coord.
2013, 352 p.

Qualité du cacao
L'impact du traitement post-récolte
M. Barel
2013, 104 p.

Analyse de sensibilité et exploration de modèles
Application aux sciences de la nature et de l'environnement
R. Faivre, B. Looss, S. Mahévas, D. Makowski, H. Monod, éd.
2013, 352 p.

*Les auteurs remercient le GIS GC-HP2E
(Grandes Cultures à Hautes Performances Economiques et Environnementales)
pour son soutien à l'organisation du colloque « Faut-il travailler le sol » du 3 avril 2014
qui a permis la réalisation de cet ouvrage.*

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex, France

Arvalis - Institut du végétal
3 rue Joseph et Marie Hackin, 75116 Paris, France

© Éditions Quæ, Arvalis - Institut du végétal, 2014

ISBN Quæ : 978-2-7592-2194-3

ISBN Arvalis : 978-2-8179-0170-1

ISSN 1952-1251

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6°.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Introduction : Quelle place pour le travail du sol dans les enjeux de durabilité des futurs systèmes de culture? | 7 |
| | |
| 1. Importance du travail du sol, typologie des modes de mise en œuvre et panorama de ses effets sur le rendement des cultures. | 11 |
| Diversité des modes de travail du sol | 14 |
| Importance du non-labour en France | 17 |
| Effets du système de travail du sol sur les rendements | 20 |
| Conclusion..... | 23 |
| Références bibliographiques | 24 |
| | |
| 2. Travail du sol et rendement des cultures : conditions et modalités de mise en œuvre pour les principales espèces de grande culture..... | 27 |
| Le lit de semences | 28 |
| Les dispositifs étudiés | 31 |
| Résultats obtenus sur céréales à pailles..... | 33 |
| Résultats obtenus sur maïs..... | 35 |
| Résultats obtenus sur colza..... | 37 |
| Résultats obtenus sur tournesol..... | 40 |
| Résultats obtenus sur pommes de terre..... | 41 |
| Conclusion : synthèse de l'aptitude des cultures à être implantées sans labour..... | 44 |
| Références bibliographiques | 47 |
| | |
| 3. Dynamique de la structure du sol en travail et non travail du sol | 49 |
| La dynamique de la structure en l'absence de travail du sol et de tassement | 50 |
| L'effet des tassements sur la structure du sol..... | 52 |
| La régénération par les agents naturels des sols tassés. | 54 |
| La régénération de la structure des sols par le travail du sol. | 58 |
| Conclusion | 60 |
| Références bibliographiques | 61 |

| | |
|---|------------|
| 4. Effets du travail du sol sur les cycles biogéochimiques de l'azote et du carbone : compréhension des mécanismes et conséquences pour la gestion des pratiques agricoles ... | 63 |
| Travail du sol et flux d'azote | 65 |
| Travail du sol et stockage de carbone | 73 |
| Travail du sol et émissions de gaz à effet de serre..... | 81 |
| Conclusions | 84 |
| Références bibliographiques | 85 |
| | |
| 5. Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique | 89 |
| Les effets du travail du sol sur les organismes vivants dans le sol | 92 |
| Les effets du travail du sol se conjuguent avec ceux d'autres pratiques culturales associées..... | 98 |
| Conclusion..... | 108 |
| Références bibliographiques | 109 |
| | |
| 6. Travail du sol et gestion de la flore adventice | 113 |
| Les adventices, une composante biotique diverse et variable | 114 |
| Une diversité de processus liés au travail du sol..... | 115 |
| L'indispensable faux semis | 116 |
| L'abandon du labour | 118 |
| L'abandon du travail du sol..... | 122 |
| Conclusion..... | 123 |
| Références bibliographiques | 124 |
| | |
| 7. Travail du sol et risques de transferts de produits phytosanitaires | 127 |
| Effets du travail du sol sur le devenir des pesticides dans les sols | 128 |
| Effets du travail du sol sur les transferts des pesticides..... | 130 |
| Méthodes et outils pour réduire les risques de transfert..... | 135 |
| Conclusions | 138 |
| Références bibliographiques | 139 |
| | |
| 8. La technique strip till | 143 |
| Historique de la technique | 143 |
| Positionnement de la technique | 146 |
| Les cultures concernées par la technique strip till..... | 148 |
| Résultats d'essai | 149 |
| Références bibliographiques | 156 |

| | |
|--|------------|
| 9. Le semis direct sur couverture végétale permanente | 157 |
| La gestion des résidus végétaux..... | 158 |
| Un équilibre structural fragile..... | 160 |
| Des rotations pour compenser l'absence de travail du sol..... | 161 |
| La destruction du couvert est un compromis..... | 162 |
| Références bibliographiques | 167 |
| | |
| 10. Évaluation des stratégies de travail du sol | |
| pour des exploitations agricoles en grandes cultures | 169 |
| Un essai de « micro-ferme » : pour s'approcher du fonctionnement d'une exploitation agricole ... | 170 |
| Des systèmes étudiés « toutes choses égales par ailleurs »..... | 171 |
| Une évaluation pluri-critères des techniques de travail du sol et des semis avec SYSTERRE® | 172 |
| Impact du type de travail du sol sur les performances | |
| techniques de l'exploitation et l'organisation des chantiers..... | 174 |
| Impact du type de travail du sol sur les performances économiques de l'exploitation | 176 |
| Impact du travail du sol sur les performances environnementales de l'exploitation | 179 |
| Effet sur le potentiel agronomique des parcelles..... | 180 |
| Conclusion | 182 |
| Références bibliographiques | 183 |
| | |
| Synthèse et perspectives: « faut-il travailler le sol?» | 185 |
| | |
| Liste des auteurs..... | 189 |

Introduction

Quelle place pour le travail du sol dans les enjeux de durabilité des futurs systèmes de culture?

F. LAURENT, G. RICHARD

Cet ouvrage rassemble un ensemble de communications originales qui – pour la plupart – ont fait l’objet d’exposés lors du colloque tenu le 3 avril 2014 à Paris¹.

L’organisation de cet événement est à porter au crédit du GIS Grandes Cultures à Hautes Performances Économiques et Environnementales (GIS GC-HP2E) qui au travers de ses membres Inra et Arvalis a décidé de traiter des enjeux de durabilité des systèmes de culture en s’interrogeant sur la place du travail du sol. En préalable à ce colloque plus de soixante experts de la chaîne Recherche – Développement s’étaient réunis à Boigneville fin 2012² pour d’une part faire l’état des connaissances concernant les effets du travail du sol sur les performances agronomiques, environnementales et économiques des systèmes de culture, et d’autre part éclairer la question du levier que peut constituer le travail du sol dans la nécessaire transformation de l’agriculture face aux différents enjeux de durabilité auxquels sont confrontés les systèmes agricoles. Le colloque de 2014 en constitue un prolongement pour porter à la connaissance du plus grand nombre les acquis les plus récents dans ce domaine. Il s’accompagne de l’édition de cet ouvrage pour transmettre ces connaissances au-delà du cercle des trois cent cinquante participants.

Au sein de l’itinéraire technique, le travail du sol joue un rôle central car il modifie l’ensemble des états du sol (au travers de ses composantes physique, organique, chimique et biologique), impactant ainsi à la fois la production végétale et les processus impliqués dans les transferts de composés vers l’hydrosphère ou l’atmosphère. Les décisions concernant le choix des outils et des dates d’intervention ont donc une importance considérable dans le raisonnement de l’ensemble de l’itiné-

(1) «Faut-il travailler le sol? Acquis et innovations pour une agriculture durable»

(2) Remerciements à Helmut Meiss, missionné par le GIS GC-HP2E pour la préparation et la valorisation de ce séminaire

raire et dans la conception de modes de conduite des cultures minimisant leur impact environnemental.

Le travail sol a une action directe sur la structure du sol (par fragmentation et tassement), la localisation de la matière organique et des éléments minéraux, ainsi que celle de graines d'adventices et de certains pathogènes. De nombreux processus biophysiques et états du milieu en dépendent : lit de semences (et donc qualité de l'implantation des cultures), enracinement et fonctionnement racinaire, avec des conséquences significatives sur la production végétale, le stockage et l'infiltration ou le ruissellement de l'eau, cycles biogéochimiques du carbone et des éléments minéraux (azote, phosphore, soufre...) et de l'ensemble des xénobiotiques, composition et activité des communautés vivantes ...

Parmi les différentes techniques de travail du sol, le labour, par l'importance du volume de terre concerné et par l'inversion des horizons qu'il entraîne, est la technique dont l'impact sur toutes ces composantes est probablement le plus important. Il importe, dans le cadre de la mise au point d'une agriculture multi-performante, de comprendre ces effets afin d'en tirer le meilleur parti pour optimiser l'emploi des intrants et maîtriser les effets sur l'environnement.

Par ailleurs, le travail du sol se trouve au cœur de la tension entre deux visions du statut du sol : pour les uns, facteur de production qu'il est nécessaire de gérer dans la durée ; pour les autres, patrimoine qu'il est indispensable de sauvegarder en l'état. La première consiste à aborder le travail du sol comme un moyen d'améliorer la performance technique de l'exploitation agricole confrontée à des enjeux de productivité du travail, de gestion de grandes surfaces... La seconde est plutôt motivée par la recherche de pratiques alternatives au labour considéré comme impactant négativement et systématiquement un ensemble de fonctions attendues du sol. Ces deux visions recoupent des conceptions de la fonction de production agricole assez distinctes et doivent nous conduire à mieux expliciter les objectifs poursuivis par le travail du sol, les états du milieu à obtenir par rapport aux processus et fonctions écologiques sur lesquels on souhaite agir. Sans cet effort de clarification nous continuerons à étudier des systèmes dits « sans labour » et devons gérer ce choix comme une contrainte initiale, ce qui appauvrirait considérablement la réflexion et la portée des travaux. Ces objectifs affectés au travail du sol sont d'ailleurs variables selon la nature des enjeux locaux : érosion, transferts de polluants, stockage d'eau, adventices, ravageurs...

Il nous faut donc dépasser la dichotomie « labour *versus* non-labour », ceci est d'autant plus nécessaire que la diversité des pratiques de travail du sol à l'œuvre sur le terrain va croissante : une proposition de typologie (chapitre 1) basée sur le mode d'action des outils, leur profondeur d'action, la proportion de surface affectée et la durée de différenciation, rend ainsi compte de cette diversité et permettra de mieux prédire les effets de modalités intermédiaires.

Cette diversité met aussi en lumière que le travail du sol n'est qu'un élément du système de culture : l'insertion de couverts végétaux plurifonctionnels dans les rotations, les pratiques de désherbage mécanique, la valorisation des produits résiduels organiques accroissent encore cette complexité des interactions attendues et renforcent la nécessité de traiter les effets au travers d'une analyse globale de

ce système. Cela interroge à la fois les pratiques et les thématiques de recherche. La grille de lecture proposée par la définition des services écosystémiques (d'approvisionnement, de régulation, de support) pourrait guider dorénavant notre façon de renseigner les effets des systèmes de culture et plus particulièrement ceux du travail du sol (conclusion, cet ouvrage). Plusieurs questions découlent alors de ce concept : quels sont les services attendus de mon agroécosystème ? Quel compromis faut-il rechercher ? Comment gérer l'agroécosystème pour qu'il fournisse les services attendus ? Quelle place du travail du sol dans cette gestion ?

Même s'il est ainsi possible de questionner le sol sur ces bases conceptuelles renouvelées, les connaissances acquises en France sur les effets du travail du sol sont nombreuses, multidisciplinaires, appuyées sur l'instrumentation de sites de longue durée comme les essais Arvalis de Boigneville, les essais « système » conduits par l'Inra (par exemple essai « adventives » de Dijon) ou bien les systèmes d'observation et de recherche pour la recherche en environnement (SOERE) qui constituent de véritables plate-formes collaboratives entre la recherche et le développement. Il était donc nécessaire de faire un point aussi complet que possible sur ces acquis de façon à dresser un état partagé des connaissances sur les effets non pas « du » travail du sol mais « des » diverses modalités de travail du sol. Cet ouvrage aspire à dresser cet état des lieux des connaissances et propose de traiter à la fois des processus impactés par le travail du sol, de proposer un éclairage sur des techniques récentes et innovantes, et d'aborder les effets de la diversité de sa mise en œuvre sur le fonctionnement des systèmes de culture et d'exploitation.

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.

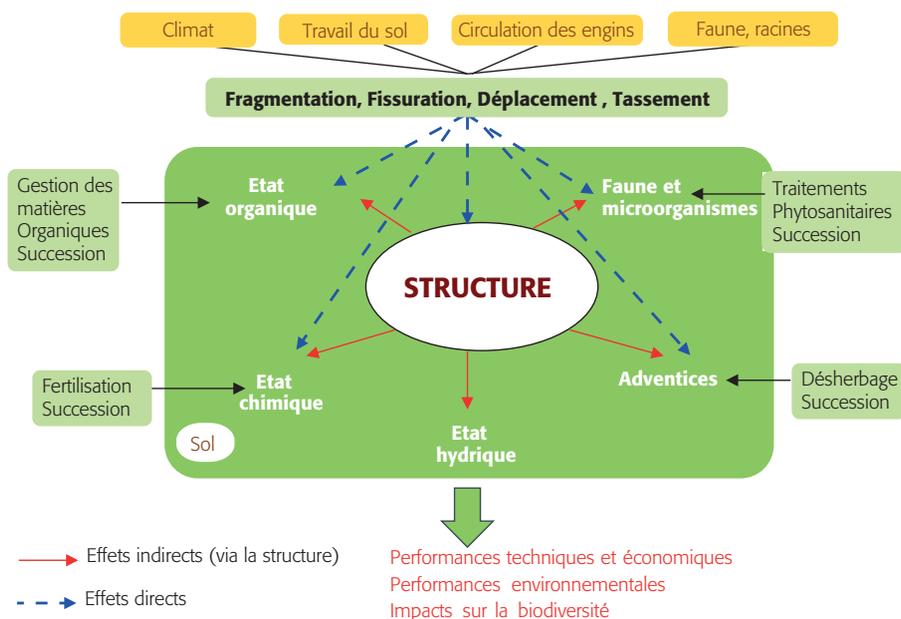


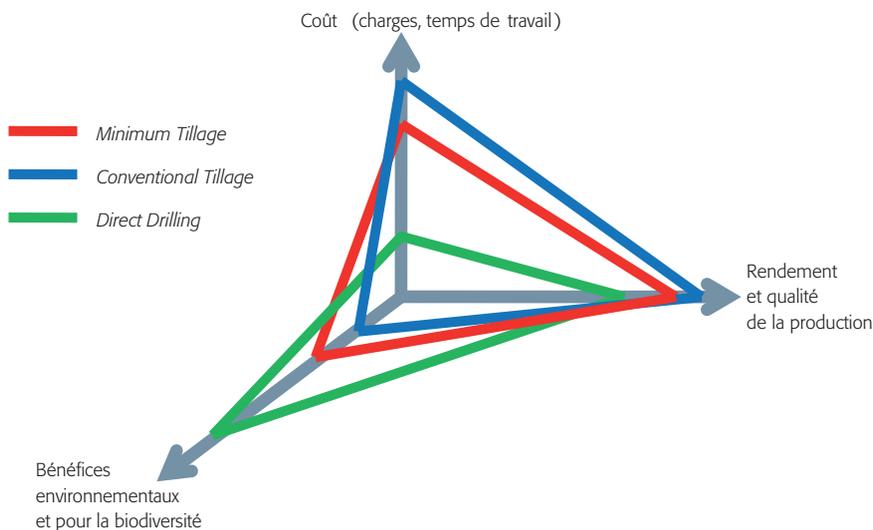
Figure 1.1 : Effets directs et indirects des actions mécaniques liées au travail du sol sur les états des sols cultivés (d'après Richard et Roger-Estrade, 1999)

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 (≤15cm) 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, défoulement 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

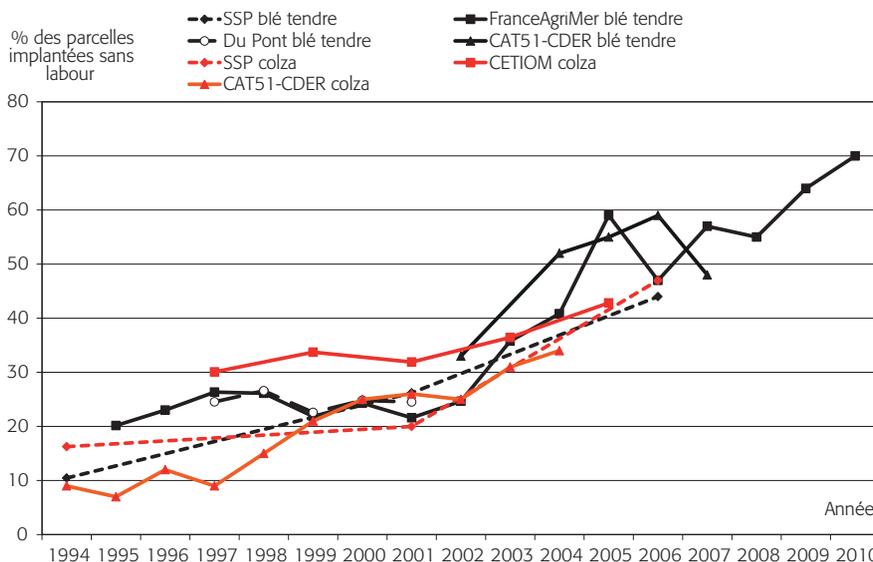


Figure 1.3 : Dynamique de développement des techniques culturales sans labour en France sur blé tendre et colza, au travers de différentes enquêtes (Labreuche *et al.*, 2007).

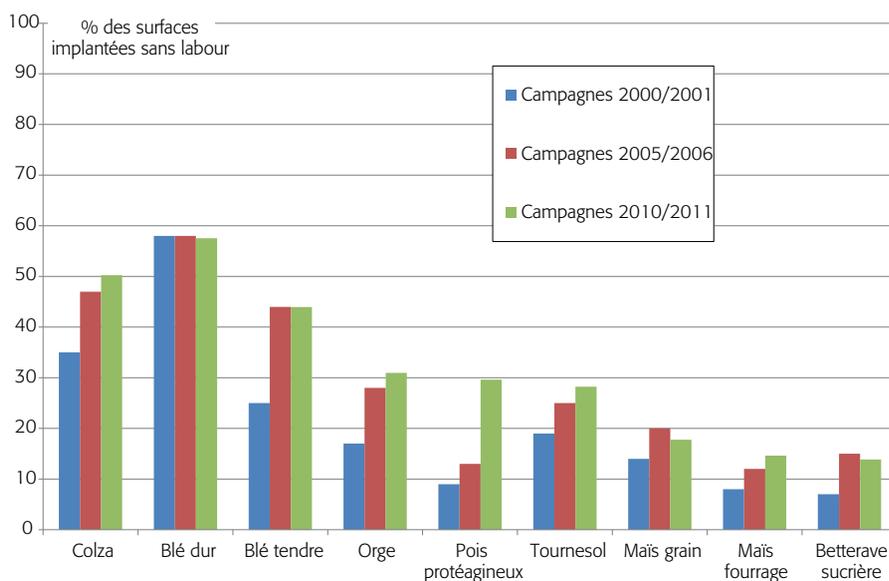


Figure 1.4 : Pourcentage des surfaces implantées sans labour par culture en France (enquête pratiques culturales MAAF-SSP, campagnes 2000-2001, 2005-2006 et 2010-2011).

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 culturaux 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 | |