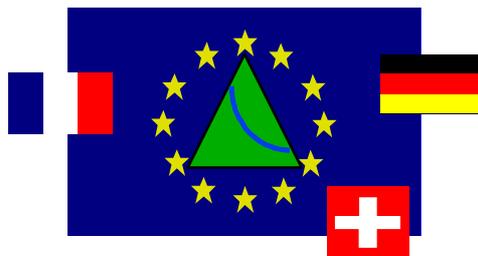


ITADA

**Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut
zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft**



Programme ITADA III (2002-2005)

RAPPORT FINAL DU PROJET 1

**Etablissement et validation d'un référentiel régional
sur le travail du sol simplifié dans le Rhin supérieur**

décembre 2005

Projet cofinancé par l'initiative communautaire INTERREG III A Rhin supérieur Centre-Sud

Secrétariat ITADA : 2 allée de Herrlisheim F – 68000 COLMAR

Tél : 0(033)3.89.22.95.50 Fax : - .59 e-MAIL : itada@wanadoo.fr

www.itada.org

Le programme d'actions ITADA III est placé sous la maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional d'Alsace et cofinancé par :

- le Fonds Européen pour le Développement Régional (programme INTERREG III),
- le Ministère de l'Agriculture du Land de Bade-Wurtemberg,
- le Ministère de l'Agriculture français
- le Conseil Régional d'Alsace,
- l'Agence de l'Eau Rhin Meuse,
- les Cantons suisses de Bâle Ville, Bâle-Campagne, Argovie
- la Confédération helvétique

Les maîtres d'œuvres réalisateurs du projet 1

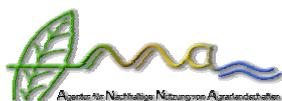
« Etablissement et validation d'un référentiel régional sur le travail du sol simplifié dans le Rhin supérieur »

sont :

Chef de projet (F) : Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA), Schiltigheim
Rémi Koller et Eric Granveaux

Partenaires (D) : Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften (ANNA), Müllheim (prestataire pour IfuL)
Thomas Hölscher et Dr. Karl Müller-Sämann
Institut für umweltgerechte Landwirtschaft (IfuL), Müllheim
Dr. Reinhold Vetter et Jürgen Maier

(CH) : Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) (FAL), Zürich
Dr. Bernhard Streit



SOMMAIRE

	Page
AVANT-PROPOS	5
RESUME	9
A. INTRODUCTION SUR LES TSL	12
B. CONTEXTE ET ENJEUX DES TSL DANS LE RHIN SUPERIEUR	18
C. OBJECTIFS	20
D. METHODES ET RESULTATS DES INVESTIGATIONS REALISEES	21
1. Bibliographie internationale	24
1.1 Objectifs du travail	24
1.2 Plan de présentation de la synthèse	24
1.3 Organisation des résultats – Mode d'emploi	26
1.4 Résultats synthétiques	27
2. Enquête de perception des TSL auprès des experts	34
2.1 Méthode	34
2.2 Résultats	35
2.2.1 Atouts et freins des TSL	35
2.2.2 Evolution des paramètres cultureux et environnementaux	38
2.2.3 Effet des caractéristiques du sol et du site sur la faisabilité des TSL	39
2.2.4 Effet à long terme de l'application de TSL adaptées	40
2.2.5 Répartition des réponses au sein des deux groupes enquêtés	40
2.2.6 Différences transfrontalières de perception entre groupes	46
2.2.7 Conclusions tirées des déclarations partiellement divergentes	47
3. Enquêtes sur les pratiques des agriculteurs en TSL	48
3.1 <u>Qui sont-ils ? Comment travaillent ils ? Avec quels résultats ?</u>	48
3.1.1 Méthodes	48
3.1.1.1 Echantillonnage	48
3.1.1.2 La méthode d'analyse du fonctionnement des exploitations	49
3.1.2 Résultats	50
3.1.2.1 Les exploitations enquêtées dans le paysage	50
3.1.2.2 Typologie de fonctionnement des exploitations enquêtées	52
3.1.2.3 Motivations du passage au non labour	54
3.1.2.4 Phase d'adaptation au non labour	55
3.1.2.5 Les effets du non labour	59
3.1.2.6 Les résultats techniques du non labour	61
3.1.2.7 Bilan de l'étude	67
3.1.2.8 Conclusions et perspectives	69
3.2 <u>Analyse des pratiques par les itinéraires techniques</u>	72
3.2.1 Pourquoi s'intéresser aux pratiques	72
3.2.2 Méthodes	72
3.2.3 Résultats	72

4. Evaluation agro-environnementale d'exploitations en TSL par la méthode INDIGO	102
4.1 La méthode INDIGO	102
4.2 Méthode de calcul de chaque indicateur d'INDIGO	103
4.3 Objectifs du travail réalisé avec INDIGO	104
4.4 Résultats	104
4.4.1 Evaluation des exploitations en TSL	104
4.4.2 Comparaison avec des exploitations en labour	121
5. Essais régionaux sur les TSL dans le Rhin supérieur	123
5.1 Méthodes	123
5.2 Résultats	124
5.3 Perspectives	125
6. L'ABC du semis direct en Suisse	128
6.1 Introduction	128
6.2 Objectifs	130
6.3 Démarche	130
6.3.1 Définition des mots clés	130
6.3.2 Choix des partenaires enquêtés	132
6.3.3 Réalisation des enquêtes	132
6.3.4 Publication des résultats	133
6.4 Synthèse et perspectives	134
E. SYNTHÈSE SUR LES TSL : 20 QUESTIONS/REPONSES SUR LES TSL DANS LE RHIN SUPÉRIEUR	135
1 synthèse pour les décideurs	135
2 synthèse pour les praticiens : conseillers et agriculteurs	142
F. PERSPECTIVES : pour faire vivre les TSL demain	151
ANNEXES	
Annexe 1 : Synthèse bibliographique :	
les TSL dans nos pays et dans le monde en 27 thèmes	154
1.1 Présentation des résultats détaillés	154
1.2 Liste des références bibliographiques	198
Annexe 2 : Fiches détaillées individuelles sur les essais régionaux	224
Annexe 3 : l'ABC du semis direct sur le site www.no-till.ch	247

Liste des figures

Fig.	Titre	Page
1	Les types de travail du sol en TSL	13
2	Effets mécaniques, physiques et chimiques du travail du sol simplifié	16
3	Interactions cultures / sol/ éléments nutritifs	18
4	Travaux et rapports réalisés dans le cadre du référentiel	21
5	Raisons en faveur des TSL en lien avec l'environnement	36
6	Raisons favorables en lien avec la conduite de l'exploitation	36
7	Raisons contre la mise en œuvre des TSL	37
8	Evolution de paramètres culturaux ayant un effet sur l'environnement lors du passage aux TSL	38
9	Effets de différentes caractéristiques du sol et du site sur la faisabilité des TSL	39
10	Effet à long terme de l'application de TSL adaptées	40
11	Raisons pratiques pour la mise en œuvre des TSL	41
12	Raisons contre la mise en oeuvre des TSL	42
13	Effets des caractéristiques du sol et des particularités du site pour la mise en œuvre des TSL	43
14	Evolution à long terme de paramètres suite au passage aux TSL	44
15	Schéma de fonctionnement fictif	49
16	Motivation du passage au non labour	54
17a	Analyse INDIGO exploitation 2 : indicateur succession culturale	107
17b	Analyse INDIGO exploitation 2 : indicateur matière organique	107
17c	Analyse INDIGO exploitation 2 : indicateur azote	108
17d	Analyse INDIGO exploitation 2 indicateur phosphore	108
17e	Analyse INDIGO exploitation 2 indicateur phytosanitaires	109
18	Points forts et faibles de l'exploitation 2	110
19a	Analyse INDIGO exploitation 14 : indicateur azote	112
19b	Analyse INDIGO exploitation 14 indicateur phosphore	112
19c	Analyse INDIGO exploitation 14 indicateur phytosanitaires	113
20	Points forts et faibles de l'exploitation 14	114
21a	Analyse INDIGO exploitation 18 : indicateur succession culturale	116
21b	Analyse INDIGO exploitation 18 : indicateur azote	116
21c	Analyse INDIGO exploitation 14 : indicateur phytosanitaires	117
22	Points forts et faibles de l'exploitation 18	118
23	Points forts et faibles de l'exploitation 12	120
24	Localisation géographique des enquêtes	132

Liste des tableaux

Tab.	Titre	Page
1	Chapitres et thèmes de la bibliographie	25
2	Synthèse des effets technico-économiques des TSL	27
3	Synthèse des effets agronomiques des TSL	28
4	Synthèse des effets environnementaux des TSL	29
5	autres facteurs liés à la mise en place des TSL sur une exploitation	30
6	Effet des TSL sur les transferts d'eau	31
7	Effet des TSL sur les transferts d'azote et de phosphore	32
8	Effet des TSL sur les transferts de produits phytosanitaires	33
9	Structure du questionnaire auprès des experts agriculteurs et prescripteurs	35
10	Nombre d'agriculteurs et de prescripteurs ayant répondu à l'enquête	35
11	Cultures adaptées au travail du sol sans labour	45
12	Cultures inadaptées au travail du sol sans labour	45
13	Différents groupes d'exploitations enquêtées	53
14	Evolution en matériel et en surface	57
15	Les effets du non labour	59
16	Principales données sur les exploitations enquêtées	71
17	Itinéraires techniques répertoriés en fonction du type de sol et de la succession de culture	74
18	Enseignements généraux de l'analyse sur les exploitations en TSL	121
19	Comparaison d'exploitations en labour et en TSL avec INDIGO	122
20	Inventaire des essais régionaux	123
21	Aperçu des objectifs des essais régionaux	123
22	Liste des mots clés et de leur priorité	131
23	Liste des partenaires qui ont été enquêtés	133

Avant-propos:

Des techniques de conservation du sol aux Techniques Sans Labour (TSL)

Au début du 21^{ème} siècle, les techniques de conservation du sol ne sont plus une découverte, et elles sont devenues le standard dans de nombreuses exploitations conventionnelles à travers le monde. Les estimations disponibles font état de plus de 95 millions d'hectares cultivés sans travail du sol en 2004/2005 (compilation Rolf Derpsch, 2006), auxquels il convient d'ajouter les surfaces travaillées sans labour. Cependant, malgré les nombreux résultats d'études scientifiques qui en décrivent les effets positifs sur l'écosystème sol et en même temps sur le revenu de l'exploitation, les techniques sans labour comme le semis direct ne se sont jusqu'à présent que peu développées en Europe.

Au contraire aux Etats-Unis par exemple, selon les données du *Conservation Technology Information Center* (CRM survey system - CTIC 2003), 37 % des surfaces labourables des USA sont cultivées selon des techniques de conservation du sol en 2002, ce qui représente 44 millions d'hectares. Le semis direct est la méthode la plus fréquente avec 20% de la surface labourable (22,3 millions d'hectares) contre 16% en semis sous mulch. Un grand nombre de publications montre que l'érosion des sols aux USA peut être réduite jusqu'à 99 % grâce aux techniques de conservation des sols – et avant tout par le semis direct.

Une préoccupation croissante pour la préservation des sols d'Europe

En Europe, les réglementations de certains pays imposent déjà la mise en place de pratiques de préservation des sols et de prévention de l'érosion en relation avec ces préoccupations agronomiques, environnementales et leur impact économique.

Ainsi, actuellement, en Allemagne, la loi fédérale „Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)“ exige des propriétaires allemands de "...prévenir les atteintes préjudiciables au sol...et de prendre des précautions quant aux impacts négatifs sur le sol." Le but de cette loi est d'assurer durablement la fonctionnalité du sol ou de la restaurer. Cette base de la législation concerne particulièrement les situations où l'érosion ou le compactage du sol sont provoqués par un travail du sol inadapté et conduisent à des dégâts à long terme (§ 7 devoir de prévention et § 17 Code des bonnes pratiques). Les bonnes pratiques de protection du sol visent à « maintenir la teneur en humus du sol à un niveau proche du niveau de référence pour le sol concerné en particulier par un apport suffisant de matière organique ou par une réduction de l'intensité de travail du sol ».

En France, depuis 2003, la loi autorise les préfets à « délimiter les zones dites "zones d'érosion" dans lesquelles l'érosion des sols agricoles peut créer des dommages importants en aval. En concertation avec les collectivités territoriales et leurs groupements et les représentants des propriétaires et des exploitants des terrains, il établit un programme d'actions visant à réduire l'érosion des sols de ces zones. Ce programme précise les pratiques à promouvoir pour réduire les risques d'érosion ainsi que les moyens prévus pour favoriser leur généralisation. Certaines de ces pratiques peuvent être rendues obligatoires. Ces pratiques peuvent bénéficier d'aides lorsqu'elles induisent des surcoûts ou des pertes de revenus » (Article L114-1 du Code rural). Cependant, aucune technique particulière n'est citée concernant les pratiques à promouvoir.

A l'échelle de l'Union Européenne, une stratégie thématique pour la protection des sols est en préparation depuis 2002, visant en particulier la prévention de l'érosion, la préservation de la

matière organique des sols et la biodiversité. Elle devrait aboutir à une directive cadre européenne pour la protection des sols.

Dans les faits, le risque érosif est confirmé. L'« atlas » de l'érosion du Bade-Wurtemberg estime à 3t/ha les pertes de terre par érosion pour des sols avec une texture équilibrée où la conduite est traditionnelle, et 9 t/ha pour des sols limoneux. L'Institut de Mécanique des Fluides de Strasbourg a même mesuré des pertes de 35 t/ha de terre pour sous des orages apportant 40 mm de pluie en 30 minutes sur une parcelle limoneuse à 5% de pente. Ce type d'épisode pluvieux se produit chaque année sur l'une ou l'autre commune alsacienne. Ces valeurs peuvent paraître élevées mais il convient de rappeler que cela ne représente que 1% de la masse de terre retournée par le labour d'un hectare. En tous cas, la formation de sol (ou pédogenèse) est trop lente pour compenser ces pertes.

Sans labour, une conduite des cultures à renouveler

Si l'aspect conservation du sol, au sens de préservation vis à vis de l'érosion, constitue un résultat reconnu des techniques sans labour sous certaines conditions, les modifications provoquées par l'abandon du labour affectent de nombreuses caractéristiques et fonctions du sol ainsi que l'environnement immédiat de la plante cultivée. C'est pourquoi de nombreux autres aspects de la technique agricole doivent être revus en concomitance avec l'arrêt du labour : les modalités de traitement des résidus de culture, le semis, le désherbage, les densités de semis, la protection phytosanitaire, la fertilisation...

De ce fait, les techniques de semis sous mulch et de semis direct sont perçues avec beaucoup de scepticisme dans la pratique. Les pertes de rendement souvent occasionnées par des pratiques inadaptées notamment aux conditions pédo-climatiques, par des techniques mal maîtrisées, ou bien liées à la phase de conversion inachevée, aboutissent souvent à conclure à la carence du système cultural. Les principales observations des agriculteurs qui ont tenté les Techniques Sans Labour (TSL) dans la région du Rhin Supérieur concernent leur manque d'expérience, les plus fortes exigences de ces techniques et le défaut de conseils techniques.

Dans le Rhin Supérieur, il existe cependant des agriculteurs et techniciens qui utilisent les TSL voire le semis direct avec succès. En Suisse tout particulièrement, les adeptes du semis direct, qui exclut tout type de travail du sol, sont nombreux, même si la technique est exigeante pour l'agriculteur et pour l'équipement en matériel. Mais les réductions du temps de travail et des charges s'ajoutent au constat des avantages environnementaux et agronomiques issus des recherches et de la pratique :

- réduction du risque d'érosion
- maintien de l'humidité du sol en année sèche, et meilleur ressuyage en conditions humides
- amélioration sensible de la stabilité et de la portance du sol
- amélioration des propriétés physiques du sol
- étalement des pointes de travaux
- réduction des coûts
- diminution globale des transferts de fertilisants et de produits phytosanitaires vers les eaux souterraine et de surface.

De la technique à l'économie

En plus des effets écologiques et agronomiques positifs, l'impact économique favorable de la prévention de l'érosion par ces techniques est aussi à souligner. Les conséquences directes ou sur le long terme des pratiques traditionnelles, en particulier dans les zones en pente, sont la perte d'éléments à forte valeur comme l'humus et les éléments nutritifs par l'érosion. Le coût

moyen des seules pertes d'éléments nutritifs a été estimé à environ 25 €/ha pour une érosion de 2t/ha. L'impact économique de l'érosion ne concerne pas que la perte de fertilité des sols. Les dégâts annexes ou « Off-site » sur les infrastructures comme les réseaux de drainage, les chemins, les routes, les canaux... et qui sont supportés financièrement par les collectivités (le contribuable) ne sont souvent pas intégrés dans les coûts. Des évaluations scientifiques ont fait ressortir que dans les zones érosives, les charges de production sont augmentées jusqu'à 53 €/ha/an. En incluant un coût annuel des dégâts « Off-site » de 32,5 €/ha, le coût global de l'érosion s'élève à 85,5 €/ha/an pour les surfaces concernées. Sachant que 157 millions d'hectares de l'Union Européenne sont concernés par l'érosion, le montant des dégâts et des pertes peut être estimé à 13,5 milliards d'euros (soit un tiers du budget agricole européen).

Valoriser une expérience régionale pratique et multiple

Beaucoup d'agriculteurs hésitent avant de s'engager dans des techniques culturales sans labour, car diverses questions restent, de leur point de vue, encore ouvertes. De nombreux points sont remis en question par le choix d'un travail du sol sans labour comme par ex. la sensibilité des productions aux maladies telles que la fusariose responsable de la production de mycotoxines, l'adaptation de la fertilisation et de la protection de la culture voire de la succession culturale.

Dans le cadre de ce projet, nous nous sommes intéressé à toutes les techniques ayant comme point commun de départ l'abandon du labour, qui est sans doute l'opération la plus coûteuse dans le travail du sol et celle qui perturbe le plus le sol de la parcelle, par le retournement d'un horizon de surface d'une épaisseur comprise entre 25 et 35 cm. Cet abandon du labour peut avoir des motivations diverses, et pas seulement le souci de la conservation du sol, comme nous l'ont montré les enquêtes réalisées auprès d'exploitants agricoles.

Nous avons cherché à vérifier si les effets attendus étaient bien atteints, à la fois par le témoignage des agriculteurs, une analyse bibliographique et l'exploitation des résultats observés sur les différents essais en place dans la région, en recherchant autant que possible une explication de ces effets par la compréhension du fonctionnement du sol.

Enfin, afin de faciliter la prise de décision des exploitants agricoles candidats aux TSL, les problèmes et les freins à leur développement dans la région ont été identifiés et les possibilités de solution issues de la pratique des agriculteurs ou de la recherche répertoriées. Les résultats sont rassemblés dans une base de données régionale spécifique de la région du Rhin supérieur sur les techniques culturales sans labour et mis à disposition des exploitants et des conseillers agricoles intéressés.

Une expérience Suisse plus engagée

En Suisse, le semis direct est en plein développement et concerne déjà 3% des terres labourables. Mais les promoteurs de cette technique ont également fait le constat que les connaissances disponibles sur cette technique particulière sont fondés principalement sur des connaissances scientifiques et non pas orientés vers les besoins des praticiens. Ils ont ainsi souhaité valoriser l'expérience acquise par les praticiens de leur pays sur ce type de TSL, en collectant des entretiens avec un groupe d'agriculteurs, d'entrepreneurs et de conseillers disposant d'expérience, et en organisant les connaissances et savoir-faire recueillis sous la forme d'un « ABC du semis direct ». Les informations et conseils recueillis sont présentés selon une série de mots clés. Le résultat de ce travail, réalisé de manière indépendante et parallèlement au reste du projet n'est pas intégré dans les conclusions les plus synthétiques de ce rapport, mais il fait l'objet d'une présentation au sein de celui-ci.

En effet, l'approche développée par les auteurs suisses de l'ABC est convergente avec le choix fondamental des responsables français et allemands du projet : il consiste à valoriser

l'expérience locale et pragmatique de praticiens ayant tenté la conversion aux TSL. Ces derniers ont su trouver de nombreuses solutions aux problèmes rencontrés avec l'arrêt du labour, dans des conditions de mise en oeuvre extrêmement variées ; et ils identifient les facteurs d'échec et les questions encore à résoudre sur lesquelles la recherche régionale pourrait utilement s'investir. Par ailleurs, la restitution par mots clefs constitue un pendant à la présentation de nos résultats selon des questions clefs dans la synthèse de ce rapport : les questions soulevées tant par les TSL en général que par le semis direct en particulier sont trop nombreuses, les préoccupations des interlocuteurs trop diverses et les solutions trop nuancées pour proposer la lecture d'une conclusion unique et définitive sur ce sujet.

Par ce travail, nous espérons contribuer à une compréhension réelle des atouts de ces techniques, à faire circuler l'expérience acquise et à provoquer une mobilisation constructive autour des questions qui doivent encore être résolues.

Le rapport du projet ITADA est également en ligne sur www.itada.org.

Résumé

Dans la vallée du Rhin supérieur, entre Alsace et Pays de Bade, les questions autour des Techniques Sans Labour (TSL) émanent à la fois d'agriculteurs qui disposent d'une réelle expérience pratique, souvent autodidactes et à la recherche de voies possibles d'amélioration, et d'autres qui s'interrogent sur la poursuite du labour pour diverses raisons (agronomique, économique, gain de temps). Elles proviennent également des pouvoirs publics qui à l'échelle locale, nationale ou européenne recherchent des réponses à des problèmes d'ordre agri-environnementaux. Les élus des collectivités locales et territoriales de certaines régions de la vallée du Rhin supérieur (Sundgau, Kochersberg et Outre-Forêt en Alsace, collines loessiques au pied de la Forêt Noire en Bade Wurtemberg) sont ainsi confrontés à la gestion de problèmes récurrents d'érosion des terres agricoles, responsable de coulées boueuses dans de nombreuses communes.

Le projet réalisé avait pour finalité d'établir un référentiel régional, constitué de recommandations pratiques et de références sur les potentialités agronomiques, environnementales et économiques du travail du sol sans labour, dans l'objectif de répondre aux interrogations des agriculteurs et des pouvoirs publics. La situation de référence par rapport à laquelle les résultats sont exprimés est celle des systèmes de cultures annuelles comportant systématiquement un labour profond, largement dominants dans la région.

Ce référentiel repose à la fois sur une analyse bibliographique, l'exploitation de résultats et d'observations réalisées dans le cadre d'essais en région et sur le recueil de l'expérience pratique d'agriculteurs. Les données recueillies ont permis d'alimenter une base de données établie pour les conditions de milieu et de production du Rhin supérieur. Elle est constituée :

- d'une bibliographie structurée par thèmes,
- d'enquêtes sur les pratiques auprès d'agriculteurs en TSL badois et alsaciens,
- d'une tentative d'analyse agro-environnementale des effets des TSL,
- d'une enquête de perception des TSL auprès des prescripteurs agricoles,
- d'un recueil des résultats d'expérimentations locales.

Une synthèse est proposée sous forme d'une analyse des atouts et contraintes de ces techniques pour les 2 publics concernés, agriculteurs et prescripteurs du domaine agricole d'une part, décideurs territoriaux d'autre part.

Analyse de la bibliographie

La bibliographie a été réalisée à partir de publications scientifiques internationales et aussi de « littérature grise » allemande, française et suisse, en provenance d'instituts techniques et d'organismes de développement. L'analyse de ces travaux a dû prendre en compte la grande variété des situations étudiées : type de sol, climat, système de culture et aussi type de technique sans labour. Elle a porté sur les aspects agronomiques, en particulier l'évolution des caractéristiques des sols après l'arrêt du labour, et sur les aspects environnementaux et agricoles, c'est à dire les résultats et les exigences techniques nouvelles posées.

Elle permet une compréhension des effets des TSL sur la production agricole. La simplification du travail du sol par abandon du labour est possible sans perte de rendement, mais l'adaptation locale de toutes les composantes de l'itinéraire technique et parfois la modification de la rotation des cultures sont décisives pour atteindre cet objectif, éviter le salissement des parcelles et maîtriser le risque de maladies ou de ravageurs. Cette adaptation exige une bonne connaissance des cycles biologiques des ravageurs ou des conditions de développement des maladies pour construire ces nouveaux itinéraires techniques.

L'évaluation des impacts environnementaux est nuancée. L'augmentation de la présence de résidus de culture en surface – cependant très variable selon les choix techniques concernant leur traitement, l'évolution de l'activité biologique – augmentation des vers de terre et concentration en surface de la biomasse microbienne, la baisse globale de la porosité et sa

redistribution dans le profil, sont autant de facteurs qui modifient les conditions de circulation de l'eau et des gaz à la surface du sol et en son sein. Les effets sont généralement positifs concernant la diminution du ruissellement et l'érosion, ainsi que pour le transfert par ruissellement des produits phytosanitaires. L'appréciation de l'effet sur les risques de transfert vers les eaux des éléments minéraux (azote et phosphore) reste incertaine, ainsi que celle concernant le risque de lixiviation des produits phytosanitaires. Il en est de même pour le bilan des gaz à effet de serre.

Comment les agriculteurs pratiquent-ils les TSL dans le Rhin supérieur ? Avec quels résultats ?

Les enquêtes réalisées auprès de 37 agriculteurs ont montré que les TSL ont été adoptés dans les faits dans une large gamme de tailles d'exploitation et de systèmes de production, avec une grande variété de pratiques, de matériel utilisé et d'itinéraires techniques, jugés satisfaisants aux dires des agriculteurs enquêtés. Il n'y a donc ni exploitation ni recette type pour la mise en œuvre des TSL. Mais une condition constante est exprimée pour la réussite du passage aux TSL : l'attention particulière portée aux conditions de ressuyage et de nivellement du sol lors des passages d'engins sur-le-champ. L'arrêt du labour est surtout motivé par des problèmes agronomiques (dont l'érosion) et la recherche d'une meilleure organisation du travail. La phase « d'apprentissage » des techniques est longue et dure plusieurs campagnes. Les systèmes en monoculture de maïs sont souvent maintenus pour des raisons économiques liées à la culture. Concernant les résultats visés, les rendements retrouvent leur niveau après quelques années de transition, tandis que l'efficacité des TSL dans la lutte contre l'érosion est sans conteste. L'évaluation environnementale tentée sur 4 des exploitations enquêtées avec la méthode INDIGO® (INRA-ARAA) montre des aspects positifs des systèmes en non-labour sur la gestion de la matière organique (maintien des résidus en surface), des produits phytosanitaires (utilisation exclusive de produits de post-levée du maïs à meilleur profil environnemental), de la consommation énergétique (réduction des postes machinisme et engrais). L'expérience pratique recueillie auprès des agriculteurs concerne aussi les modalités de mise en œuvre des TSL dans des conditions de sol de climat et pour des successions de cultures très variées. 27 itinéraires techniques ont été sélectionnés pour leur intérêt dans le cadre du transfert d'expérience et présentés sous forme d'une fiche, complété d'un commentaire de conseiller agricole recueilli auprès des experts de la région.

Réticences ou prudence chez les conseillers ... et des praticiens qui se posent des questions

L'analyse comparative d'enquêtes de perception menées auprès de 31 agriculteurs pratiquant les TSL et de 44 prescripteurs de la région montre une grande convergence des appréciations portées sur la plupart des points concernant les avantages de ces techniques pour l'environnement comme pour la conduite de l'exploitation, y compris la représentation des effets à long terme jugés neutres ou favorables. On relève aussi que les praticiens sont souvent plus positifs que les experts dans ces appréciations.

Des divergences apparaissent toutefois concernant les freins au développement des TSL. Pour les prescripteurs, le contrôle des mauvaises herbes et des maladies, ainsi que les risques de baisse et d'irrégularité accrue des rendements sont les facteurs jugés les plus défavorables à la mise en œuvre des TSL. Le passage aux TSL est perçu par ceux-ci comme source d'une aggravation de la pression en adventices, maladies et ravageurs.

Pour les agriculteurs praticiens, ces points n'apparaissent pas aussi problématiques. Par contre ils soulignent le déficit de l'offre en conseil technique spécifique, le manque d'expérience pratique et la plus grande exigence d'attention de leur part comme difficultés assez importantes. Mais les 2 groupes se rejoignent sur l'appréciation réservée concernant les possibilités de la monoculture de maïs avec ces techniques.

Enfin, sur quelques points, les avis divergent au sein même des 2 groupes ou bien entre perception allemande et française : c'est le cas par exemple parmi les agriculteurs pour les avantages concernant l'amélioration de la portance des sols, la perception des problèmes de désherbage et de maladie, la faisabilité des TSL en sols argileux ou en terres humides.

Des expérimentations locales difficiles, pas toujours complètes et encore trop récentes

19 essais en cours ou achevés ont été répertoriés dans la région du Rhin supérieur. Si les premiers essais remontent pour les plus anciens à 1989, les essais « système », dans lesquels la mise en œuvre des TSL est accompagnée par une révision globale de la conduite des cultures, sont récents et ont donc cumulé moins d'expérience que les agriculteurs.

Ils confirment l'obligation d'une phase d'apprentissage des techniques y compris pour les expérimentateurs. Les principaux enseignements tirés à ce jour pour assurer le rendement concernent la maîtrise du désherbage, l'intérêt du travail profond et les limites du semis direct dans les systèmes de culture du Rhin Supérieur, la maîtrise du peuplement du maïs par une adaptation précise des semoirs.

Quelques essais ont permis de vérifier en le quantifiant l'effet de diverses modalités de TSL sur la réduction du ruissellement et l'entraînement de matières en suspension, sans que ces résultats soient pour le moment extrapolables. Enfin, la relation précise entre TSL et développement des mycotoxines reste à explorer en vue d'une maîtrise du risque. Ces questions restent à traiter, et elles justifient la poursuite et l'adaptation d'expérimentations régionales consacrées à la mise au point et à l'évaluation de systèmes de culture sans labour.

L'ABC du semis direct à partir de l'expérience suisse.

Le semis direct est en plein développement en Suisse, concernant 3% des terres labourables. Afin de valoriser l'expérience acquise par les praticiens de ce type de TSL, les partenaires suisses ont choisi de se focaliser sur cette alternative et ont décidé de réaliser un « ABC du semis direct », à partir de la collecte de cette expérience auprès de 20 agriculteurs, entrepreneurs et conseillers. En effet, les praticiens ont su trouver de nombreuses solutions aux problèmes rencontrés avec l'arrêt du labour, dans des conditions de mise en œuvre extrêmement variées ; et ils identifient les facteurs d'échec et les questions encore à résoudre sur lesquelles la recherche régionale pourrait utilement s'investir. Les connaissances et conseils sont rassemblés et présentés selon une série de mots clés. Ce travail fait l'objet d'une partie spécifique du rapport. Le support complet résultat de ce travail est intégré au rapport en version cd et n'est actuellement disponible qu'en langue allemande.

Questions/réponses sur les TSL dans le Rhin Supérieur – synthèse pour les décideurs / pour les conseillers et les agriculteurs

L'ensemble des enseignements issus de la bibliographie et des travaux précédents fait l'objet de deux synthèses. La première, plutôt destinée aux décideurs politiques et responsables de l'aménagement du territoire et de la préservation des ressources naturelles, met l'accent sur l'impact probable des TSL concernant l'érosion et la qualité des eaux, l'effet de serre, l'économie agricole régionale et les exploitations agricoles. La seconde s'adresse aux praticiens (conseillers techniques, expérimentateurs et agriculteurs) et propose de faire le point sur des thèmes comme l'évolution des caractéristiques du sol, l'adaptation du matériel et de la conduite des cultures, les résultats technique et économiques.

Ces synthèses sont formulées sous forme de réponses à des questions simples, respectivement 16 questions de décideur et 20 questions de praticiens. Les réponses formulées s'appliquent spécifiquement à la pratique des TSL dans le Rhin Supérieur.

A. Introduction sur les TSL

1. Les Techniques culturales Sans Labour (TSL), qu'est-ce que c'est ?

Les TSL font référence à une gamme très large de pratiques ayant comme point de départ commun, l'abandon du labour et du retournement de la terre par le versoir de la charrue . Les interventions liées au travail du sol diffèrent par l'intensité et la localisation de l'émiettement ou par la qualité du mélange des résidus végétaux avec la terre. Une classification des **types de travail du sol** établie pour ce travail est proposée (cf. figure 1 page 13). Chacun de ces types diffère par la profondeur de travail, la préparation de sol et la part de résidus enfouis. Dans cette variété, est considérée comme une technique de conservation du sol toute intervention qui laisse 30% de résidus minimum à la surface.

- Le semis sur travail profond (supérieur à 25 cm)

Le travail profond peut être réalisé avec retournement et alors il s'agit d'un labour (charrue classique ou déchaumeuse à socs) ou sans retournement (ameublisseurs en tout genre) ce qui va nettement favoriser la présence de résidus en surface. La profondeur de travail équivaut à celle de l'ancien fond de labour. En TSL il s'agit d'ameublir le profil, notamment au niveau de l'ancienne profondeur de labour. La reprise peut se faire avec un large panel d'outils à choisir selon les disponibilités, les types et conditions de sol.

- Le semis sur travail à profondeur intermédiaire (entre 10 et 25 cm)

La profondeur de travail est très variable et dépend de la technique appliquée. A ces profondeurs un mélange de terre et de résidus végétaux peut être réalisé avec certains outils type chisel.

- Le semis sur travail superficiel (au-dessus de 10 cm)

Une majorité de résidus reste en surface. Le nombre de passages dépend du choix des outils de travail du sol et du mode de semis. La gamme d'outils est très variable et les interventions mécaniques ne touchent que les horizons superficiels sur toute leur surface.

- Le semis direct

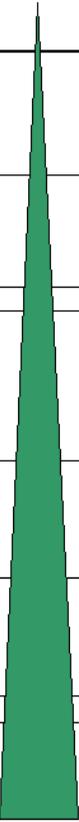
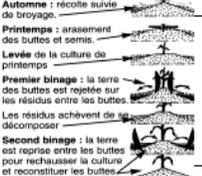
Un travail exclusivement sur la ligne de semis est réalisé à l'aide d'un semoir spécifique. Les résidus de récolte restent intégralement à la surface. Le fraissage sur le rang, technique employée Outre-Rhin pour l'implantation du maïs, entre dans cette catégorie.

Le semis du maïs avec fraissage du rang

Cette conduite est évaluée depuis 1992 dans le Bade-Wurtemberg et a été élargie depuis 2004 à des projets pilote. La technique n'est pas très répandue mais doit être mentionnée vue son utilisation dans les expérimentations et par les agriculteurs du Rhin Supérieur. La semence est déposée dans une bande de 35 cm de large, qui lors d'un même passage a préalablement été fraisée, alors que le reste de la surface n'est pas travaillé.

Figure 1 : les types de travail du sol en TSL

Les techniques culturales simplifiées regroupent plusieurs approches qui reposent toutes sur l'absence de retournement de la terre et le non enfouissement total des résidus de récolte

Types de travail du sol		Profondeur de travail	Résidus de culture		Type d'outils	Itinéraire de travail du sol	Travail conventionnel <i>Conventional or intensive till</i>	Technique de Culture Simplifiée <i>Conservation Tillage</i>	Profil obtenu sur la profondeur travaillée	Définition	
			état	% in 0-5 cm							
LABOUR	profond	Avec retournement et mélange	20-30 cm	Enfouis	0	Charrue Bêche + Outils classiques	retournement + reprise (outils animés ou non) + semis			 avec retournement et enfouissement (labour)	Travail conventionnel (<i>Conventional till or intensive till</i>) : Retournement et émiettement sur toute la surface. Les résidus couvrent 0-15% de la surface du sol (jusqu'à 30 % dans le cas d'un labour superficiel dressé).
	intermédiaire		10-20 cm	Partiellement enfouis	<30	Charrue classique Charrue déchaumeuse				 avec mélange homogène (bêchage)	
NON-LABOUR	profond	Décompactage sans mélange	25-35 cm	En surface	70	Décompacteurs + Outils classiques*	décompactage + reprise (outils animés ou non) + semis			 avec décompactage	Décompactage et travail superficiel sur toute la surface : décompactage en profondeur associé à un travail mécanique en dessous de la zone de semis sur une profondeur limitée selon les conditions du milieu
	intermédiaire	Ameublissement, mélange éventuel	15-25 cm	Partiellement enfouis	60	Chisel Ameublisseurs Charrue Perrein	ameublissement + reprise (outils animés ou non) + semis			 sans mélange homogène (chiselage)	Chiselage (<i>chisel plow</i>) : Le sol est ameubli et émietté sur une profondeur intermédiaire sans être retourné
	superficiel	Sans ameublissement	10 cm 3 cm	En surface +/- enfouis	60 100	Outils (très) adaptés	déchaumage du billon (outils animés ou non) + semis + binage 2x			 avec semis homogène	Culture sur billons (<i>Ridge Till / Strip Till</i>) : tous les engins roulent sur les mêmes traces et les cultures occupent les mêmes buttes, jamais tassées
			5-10 cm	En surface	80	Déchaumeurs classiques (cultivateur) + outils classiques*	déchaumage + reprise (outils animés ou non) + semis			 sans décompactage	Travail superficiel sur toute la surface : Maintien d'un travail mécanique en dessous de la zone de semis sur une profondeur limitée selon les conditions du milieu
			< 5 cm	En surface	90	Néodéchaumeurs + semoirs spécifiques de semis direct**	déchaumage + semis sous mulch			 sous mulch	Semis sous mulch (<i>Mulch Till</i>) : Maintien d'un travail mécanique au dessus de la zone de semis permettant de conserver une couverture végétale morte
non-travail	Travail uniquement sur ligne de semis	2-6 cm	En surface	100	Semoir spécifique pour semis direct	semis		 avec semoir petites graines	Semis direct (<i>No Till</i>) : Maintien d'un travail mécanique seulement sur la ligne de semis (ou sur une bande avec des semoirs monograines)		

*: outils spécifiques également adaptés
 **: outils classiques possibles s'ils ont été adaptés

Source : Tebrügge, Düring (1999) / Soil & Tillage Research 53, pp 15-28
 Barthélémy & Billot (1991)/ Simplification du travail du sol 65, INRA éd.
 Soltner (1998) / les TCS pourquoi ?

2. Les TSL, qu'est ce que ça change et comment ça marche ?

La figure 2 (page 16) illustre les principaux effets mécaniques, physiques et chimiques du travail simplifié.

Aspects mécaniques

Deux aspects principaux caractérisent les TSL :

↳ l'absence de retournement

L'activité biologique du sol est directement modifiée avec l'abandon du retournement réalisé par le labour. La modification de la distribution verticale des matières végétales enfouies et des éléments peu mobiles est à la fois une conséquence du non retournement et une cause de l'accroissement de l'activité biologique à la surface du sol.

↳ la réduction relative des actions mécaniques de fragmentation, en surface et en profondeur.

Effets sur les caractéristiques du sol

Ces effets créent progressivement un nouvel équilibre physico-chimique du sol qui fluctue sous l'effet du climat, du couvert végétal et des techniques culturales. De nombreuses propriétés sont en interaction.

Effet sur les caractéristiques hydriques et thermiques du sol

En surface, la rugosité est réduite par la diminution de la fragmentation mais accrue par la présence de débris végétaux. Elle peut alors favoriser l'infiltration d'eau dans les couches superficielles qui peut se poursuivre à travers les pores sur toute la profondeur en particulier sans interruption par un fond de labour. Le bilan global sur l'année apparaît favorable à une forte réduction du ruissellement d'eau. Sous la surface, la porosité autrefois créée par le labour (retournement et fragmentation) est partiellement remplacée, en l'absence de travail profond, par les pores d'origines biologique (créés par les vers de terre et les racines des végétaux) et fissurale (due au climat et fortement dépendante de la nature du matériau et des alternances humectation /dessiccation). La densité apparente du sol est plus élevée dans l'ancienne couche labourée ; ces sols sont alors plus portants et moins sensibles à l'érosion mais aussi plus rapidement saturés en eau lors de pluies intenses (d'où un risque de dénitrification par manque d'aération).

Lorsque le sol fonctionne en régime d'évaporation, la présence d'un mulch de surface assure une restitution d'eau à la culture plus efficace en été mais réduit la vitesse de ressuyage des sols au printemps. En régime d'infiltration, la perméabilité (ou conductivité hydraulique) du profil est assurée par la continuité des pores (d'origine biologique ou fissurale). Cette continuité peut être stoppée par une zone lisse causée par les passages d'outils (pneu de tracteur, anciens fonds de raie de charrue, soc déchaumeur).

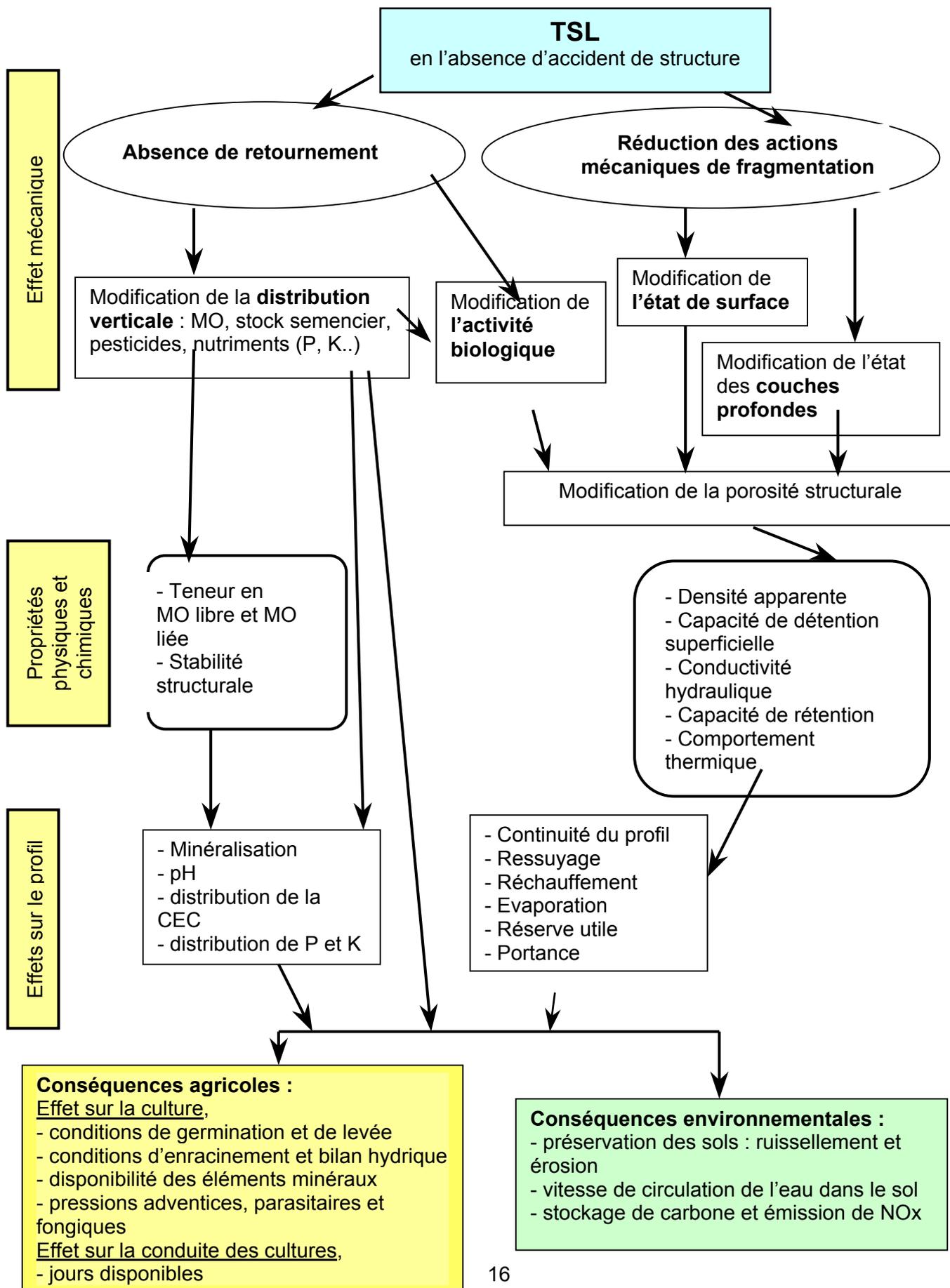
Effets sur la minéralisation de la Matière Organique et la disponibilité des nutriments minéraux

La concentration de la matière organique en surface affecte la minéralisation de l'humus : la limitation des contacts sol/résidus diminue la disponibilité de l'azote pour les microorganismes ; le réchauffement ralenti sous le mulch de surface retarde la minéralisation et peut retarder la croissance de départ. Les éléments moins mobiles type phosphore et potassium se fixent à la matière minérale et sont donc plus présents en surface.

Effets sur la faune et la flore

L'absence de retournement favorise le développement des graminées annuelles (semences photosensibles à faible dormance) et des vivaces (moindre épuisement de leurs réserves en non-travail du sol ; sol plus dense). Cela se vérifie d'autant plus que les herbicides racinaires sont moins efficaces à cause du mulch et de la dégradation plus active par les microorganismes. Le non-enfouissement favorise les vers de terre, les ravageurs des cultures (campagnols, limaces) mais aussi les auxiliaires, et certaines maladies fongiques qui persistent sur les résidus et contaminent la culture suivante.

Figure 2 : Effets mécaniques, physiques et chimiques du travail du sol simplifié



Le système sol et sa réaction au travail du sol

En modifiant le travail du sol, les caractéristiques fondamentales du sol évoluent et on touche à l'ensemble de ses fonctions vis à vis de la production agricole (disponibilité en eau, en nutriments, conditions de température du sol, qualité du profil cultural pour la levée et l'enracinement, concurrence des adventices, pression parasitaire, praticabilité pour les interventions agricoles) et des fonctions écologiques du sol (rôle de filtre et de tampon, de réservoir d'eau).

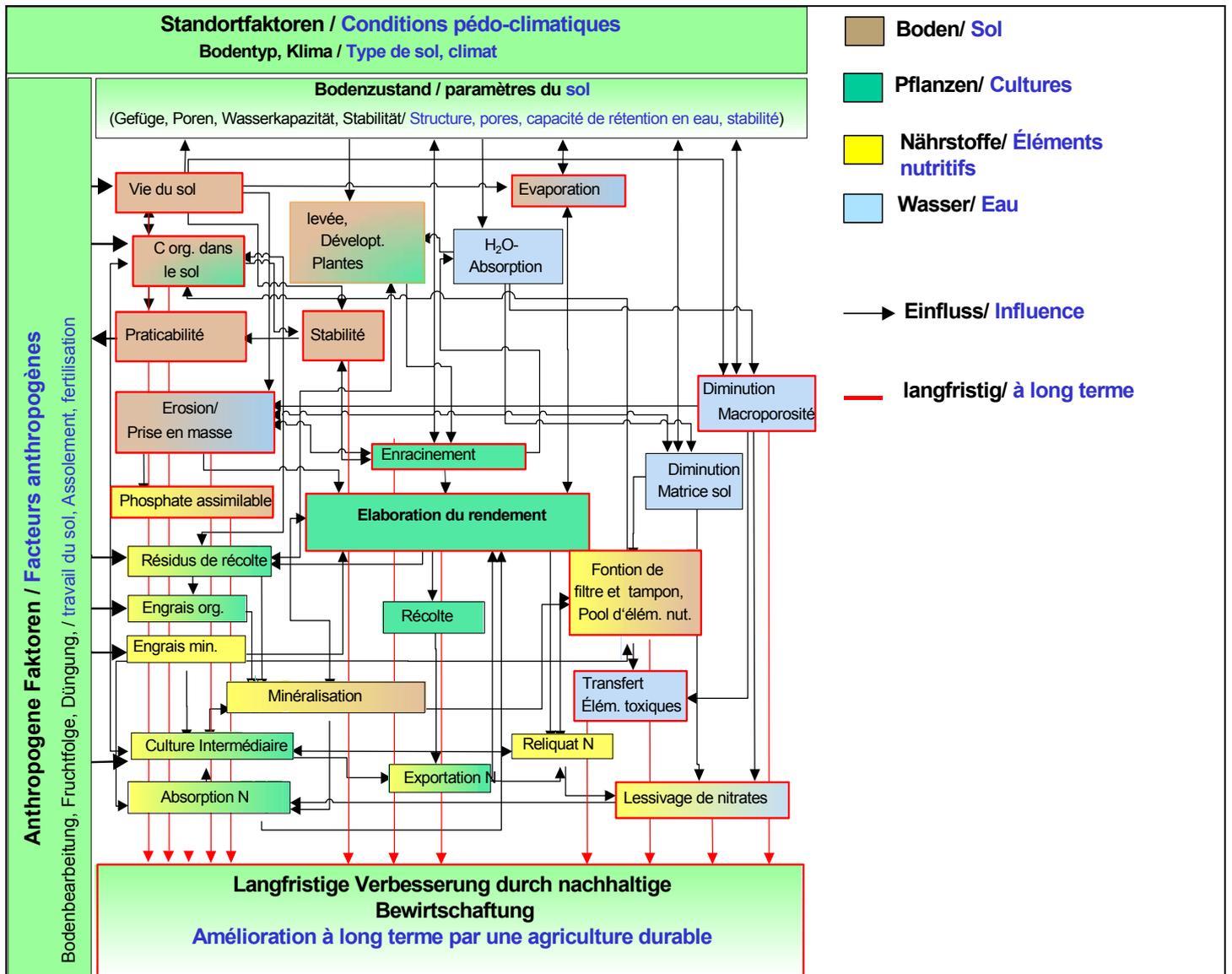
Avec le temps un équilibre physico-chimique se crée, sous l'effet du climat, de la couverture du sol et du travail du sol. De nombreuses propriétés sont en interaction (figure 3 page 18). Les effets sont parfois contraires et ne sont pas à considérer isolément. Au contraire, les composantes sont plutôt influencées par un changement de conduite du facteur de production qu'est le sol. Les aspects négatifs peuvent être contrebalancés par des mesures multiples. Dans le projet, les alternatives sont évaluées. Les facteurs, les causes et les principes d'action entre critères qui influencent la réussite des systèmes en TSL sont mis en évidence. La figure donne une vision des relations entre les facteurs biotiques et abiotiques et leur évolution. L'obtention du rendement (au centre), critère central de la production agricole, est influencé par les pratiques de l'agriculteur d'une part (colonne de gauche) et par les facteurs du milieu (partie supérieure).

L'état du sol en tant que facteur majeur de réussite des productions végétales résulte d'un côté de l'effet des modifications entre le milieu et de l'autre des facteurs anthropogènes et des nombreux processus de développement des cultures d'un autre (champs au milieu de la figure). Ces derniers peuvent être partagés entre caractéristiques du sol (haut gauche en brun), processus de croissance et de décomposition des plantes (au milieu en vert), critères qui déterminent la rétention de l'eau (à droite en bleu) et les teneurs en éléments nutritifs (bas en jaune) et sont fortement liés entre eux. Certains de ces facteurs agissent à court terme d'autres à long terme sur l'état du sol et la formation du rendement.

Du fait de cette complexité, l'évaluation des bénéfices ou difficultés créés par les situations de non labour est complexe et continue de susciter de nombreux travaux et essais. En particulier, l'évaluation des effets sur la production agricole et sur l'environnement ne doit pas être dissociée des autres techniques adoptées pour la conduite des systèmes de culture concernés : densité de semis, fertilisation, protection phytosanitaire, désherbage, gestion de l'interculture. Les techniques culturales doivent faire l'objet d'adaptations aux nouvelles conditions de milieu créées par le non labour, tout en préservant une cohérence de l'itinéraire technique.

↵ .

• Figure 3 : Interactions cultures/sol/éléments nutritifs



B. Contexte et enjeux des TSL dans le Rhin Supérieur

Dès la fin des années 90' et face à la recrudescence des phénomènes de coulées boueuses affectant des villages de part et d'autre du Rhin, la problématique de l'érosion des sols est devenue un enjeu majeur pour les agriculteurs et les élus locaux des zones concernées. Des techniques de prévention contre l'érosion mises en place parfois spontanément paraissaient alors être efficaces : les Techniques culturales Sans Labour (TSL).

1 Les pouvoirs publics traitent de la problématique d'érosion des terres agricoles

Les élus des collectivités locales et territoriales sont confrontés à la gestion de problèmes récurrents d'érosion des terres agricoles responsable de coulées boueuses dans plusieurs communes.

Des dispositions ont déjà été prises à différents niveaux pour promouvoir les mesures de lutte contre l'érosion. Dans le Bade-Wurtemberg, le programme MEKA (Markt Entlastungs- und Kulturlandschafts- Ausgleich) prévoit depuis 2000 des mesures d'accompagnement financier des agriculteurs allemands passés au non-labour. Cependant, les exploitations n'ayant pas contractualisé ne sont plus en mesure de le faire car plus aucun financement n'est disponible. En 1989-1990 l'Institut des Productions Végétales (LAP) de Forsheim encourageait la mise en œuvre des TSL dans le cadre d'un projet pilote intitulé « Erosion des sols et travail du sol dans le Kraichgau », région fortement touchée par l'érosion

Côté français le CTE (Contrat Territorial d'Exploitation) « non-labour » permettait jusqu'en 2002 de prendre en charge une partie de l'investissement en matériel spécifique et des compensations financières sont versées à l'hectare. Il a été remplacé par un CAD (Contrat d'Agriculture Durable). Dans le cadre d'une politique d'amorçage, le conseil général du Bas-Rhin a financé en 2003 l'achat de deux semoirs pour le semis direct de céréales et de maïs pour mise à disposition aux agriculteurs du département. Ceux qui le souhaitent peuvent entreprendre des essais de non-labour à moindre frais, le coût de la prestation ne prenant pas en compte les charges liées à l'investissement.

Dans le Haut-Rhin, des PPRN (Plans de Prévention des Risques Naturels) ont été mis en place suite à un arrêté préfectoral. Ils incitent les agriculteurs à mettre en œuvre des actions de lutte contre l'érosion (par exemple par le maintien de l'enherbement des voies empruntées par l'eau c'est à dire des prairies en zones sensibles par exemple).

Toutefois, un soutien plus fort à l'extension de surfaces en TSL n'est envisageable qu'avec l'appui de connaissances plus précises des techniques, de leurs effets sur les cultures et le sol et l'environnement et des conséquences économiques pour l'agriculteur.

2 Les agriculteurs face à de nouveaux enjeux et attentes vis à vis des TSL

Une mesure efficace de lutte contre l'érosion concernerait la mise en place des TSL par les agriculteurs. Mais elle soulève des problèmes d'ordre technique.

Quelques agriculteurs du Rhin Supérieur se sont lancés avec succès dans les TSL pour répondre à des problèmes d'érosion, souvent seuls et sans soutien du conseil agricole. Nos connaissances de leurs pratiques restent sommaires et leurs interrogations sur la technique multiples. Les conseillers agricoles avouent manquer de références pour accompagner ces agriculteurs. En parallèle, de plus en plus d'agriculteurs se posent des questions concernant le labour, même en l'absence de risques érosifs. Ils doivent faire face aux mêmes soucis d'érosion ou leur intérêt concerne d'autres aspects : fertilité des sols, gestion du temps de travail sur l'exploitation, réduction des coûts de production du fait de la baisse continue des prix à la production.

Le contexte économique : recherche permanente d'efficacité du travail, Politique Agricole Commune et ouvertures sur le monde.

Aux impacts environnementaux de la production agricole et à la préservation des ressources naturelles (qualité de l'eau et fertilité des sols) s'ajoutent des enjeux économiques. La baisse des prix dans de nombreux secteurs agricoles impose d'optimiser les coûts de production et d'améliorer la productivité du travail ce que permet l'adoption des TSL dans certains cas (Robert *et al*, 2003)¹.

C. Objectifs : le référentiel régional sur les TSL

Les exigences quant aux pratiques agricoles placent l'agriculture à l'interface d'attentes sociétale, environnementale et économique. Ces aspects peuvent être abordés dans le cadre d'un référentiel sur les Techniques Sans Labour.

Qu'est-ce qu'un référentiel ?

Un référentiel est la mise en commun et la validation des connaissances et des références collectées par différents acteurs sur un thème donné, en l'occurrence les TSL. Ces informations sont rassemblées et aboutissent à des recommandations pratiques qui doivent faire l'objet d'une évaluation et d'un consensus entre les acteurs concernés et les destinataires de l'information. La valorisation des expériences des agriculteurs est un choix méthodologique effectué par les partenaires qui travaillent sur le référentiel régional sur les TSL en Alsace.

Le référentiel est constitué à partir des résultats issus de plusieurs travaux : bibliographie, enquêtes auprès des agriculteurs en TSL, enquêtes auprès des prescripteurs et experts agricoles, résultats d'expérimentations diverses, évaluation agro-environnementale avec le logiciel INDIGO (voir présentation ci-après).

Pourquoi construire un référentiel ?

Le contexte régional présente des conditions physiques à la fois spécifiques et variées (géomorphologie, pédologie, climat, hydrologie), où les objectifs de protection des ressources en eau et en sol sont partagés. D'autre part, des systèmes de culture particuliers et intensifs se sont développés grâce aux ressources en eau disponibles et dans le cadre de la réforme de la PAC de 1992. Ils justifient donc la création de références locales sur les TSL, pour pouvoir tirer des enseignements simples des conditions locales. Toutefois, si les résultats de publications et de recherches issus d'autres régions ont un intérêt certain pour la région mais ils doivent être vérifiés dans les conditions locales.

Le but du référentiel régional est d'établir une base de données constituée de recommandations pratiques et de références sur les potentialités agronomiques, environnementales et économiques du travail du sol simplifié dans les conditions de milieu et de production du Rhin supérieur. L'analyse des besoins des acteurs, l'identification des techniques de non-labour et la vérification des effets que les changements envisagés pourront avoir sur les exploitations et le milieu naturel seront autant d'éléments mis à disposition des agriculteurs et techniciens en quête de références sur les TSL et des pouvoirs publics pour décider de l'éventuel accompagnement des TSL.

¹ ROBERT M., CAPILLON A., 2004, *Historique mondial et enjeux environnementaux des TCSL*, Colloque TCSL Impacts économiques et environnementaux, Editeur MEDD, 2-11

D. METHODES ET RESULTATS

Méthodologie

Le projet a été conduit et évalué par des ingénieurs de l'ARAA, de l'ANNA et de l'IfUL. Par conséquent, l'approche des TSL est avant tout celle d'agronomes qui travaillent dans la région du Rhin Supérieur. L'objectif du projet est de mettre en place un référentiel, c'est-à-dire une base de données sur les atouts et contraintes du travail du sol simplifié.

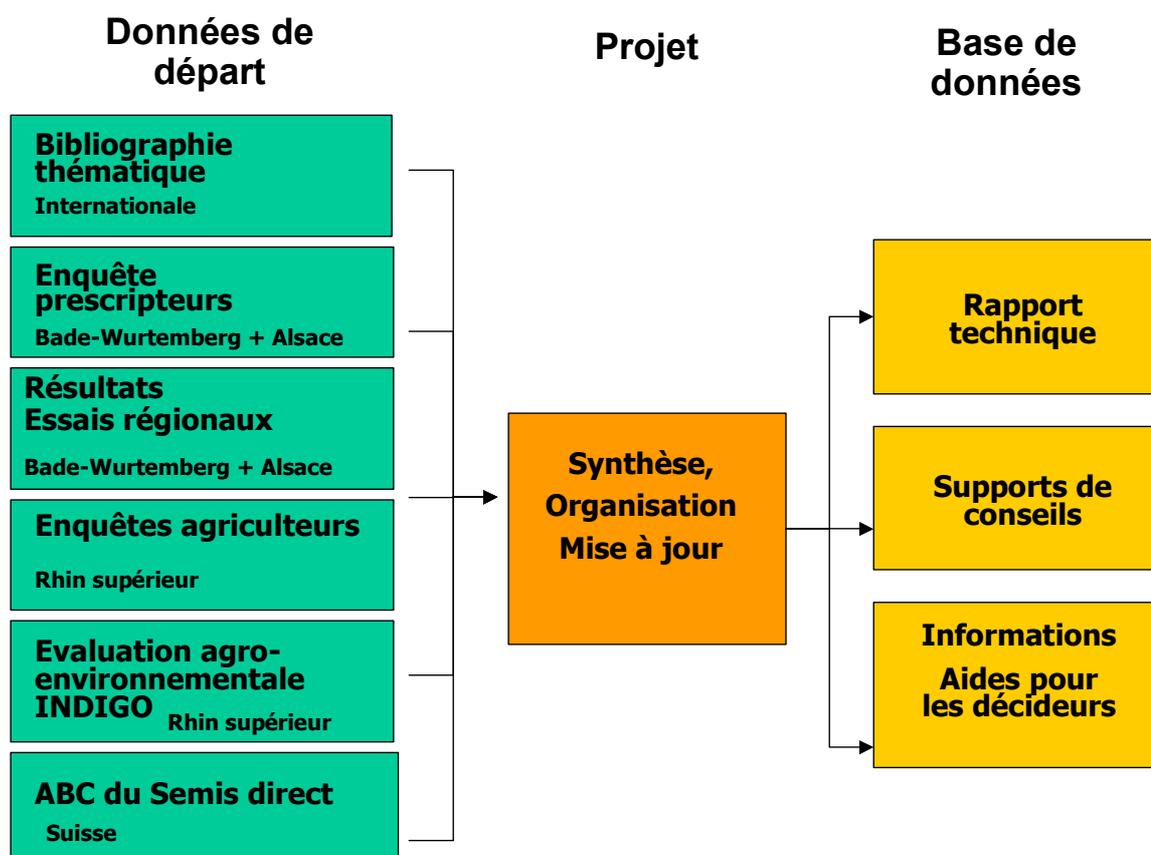


Figure 4 : descriptif du projet : travaux et documents réalisés dans le cadre du référentiel

Synthèse bibliographique

Une bibliographie a été rassemblée sur le thème des TSL. Elle regroupe d'abord des publications scientifiques nationales françaises, allemandes et suisses et aussi internationales.

L'ensemble des résultats a été synthétisé suite à une analyse commune et est présenté sous forme thématique.

Enquête de perception des TSL Cette première enquête a été réalisée au début du projet dans le but de collecter les points de vue et interrogations des porteurs d'opinion sur les TSL et de connaître les convergences et divergences de ces points de vue avec les agriculteurs et les résultats bibliographiques. L'enquête, basée sur des questions de type « fermées », a été envoyée par voie postale.

Les personnes contactées sont en lien plus ou moins direct avec les agriculteurs : conseillers agricoles « agronomie » ou « grandes cultures » des chambres d'agriculture ; technico-commerciaux et agents relation/cultures des organismes de collecte ; autres personnes-ressource travaillant dans les domaines technique, commercial et administratif de l'agriculture.

Enquête sur les pratiques des agriculteurs en TSL

Cette enquête de type semi-directif a pour objectif de cerner la stratégie d'exploitation dans sa globalité puis la pratique des TSL.

L'analyse du fonctionnement de l'exploitation agricole permet de connaître le cadre d'exploitation dans lequel se pratiquent les TSL et les points déterminants du choix des TSL d'après la finalité stratégique des agriculteurs. La méthode utilisée est celle de l'Approche Globale de l'Exploitation Agricole. Le référentiel a été construit sur la base d'itinéraires techniques qui fonctionnent (ou pas) dans un milieu, dans un système d'exploitation et pour une culture donnée. Relevés sur les exploitations, ces itinéraires techniques sont révélateur des pratiques.

L'enquête a concerné uniquement des agriculteurs qui pratiquent ou qui ont pratiqué les TSL. Un échantillonnage, guidé par la recherche de diversité des conditions pédoclimatiques et des systèmes d'exploitation en TSL, a permis de désigner 2 à 3 agriculteurs par petite région naturelle. Au total, 16 agriculteurs allemands et 21 français ont été enquêtés par les partenaires des pays respectifs. Ils ont accordé deux à cinq heures de leur temps pour les besoins de l'enquête. Selon les approximations ils représenteraient environ 40% des agriculteurs qui pratiquent les TSL « quasi-exclusivement ». La partie française s'est chargée du dépouillement et de l'analyse de l'ensemble des enquêtes. Ce travail a fait par ailleurs fait l'objet d'un mémoire d'Ingénieur².

Évaluation agro-environnementale des TSL

Des outils d'analyse de l'impact potentiel des pratiques des agriculteurs du point de vue agronomique et environnemental existent, résultant des précédents programmes ITADA. *INDIGO*[®] est la méthode scientifique d'évaluation développée par l'INRA et l'ARAA qui a été choisie. La méthode a permis d'évaluer les pratiques à l'échelle de l'itinéraire technique afin de comparer les différents types de travail du sol en TSL. Le partenaire allemand du projet a renseigné le logiciel à partir de l'ensemble des itinéraires techniques relevés sur les exploitations allemandes et françaises. Indigo a aussi permis d'évaluer l'impact global de la mise en place des TSL à l'échelle de l'exploitation sur quatre d'entre elles. Les résultats des travaux ont été mis en commun pour l'analyse agro-environnementale finale.

Synthèse des essais existants sur les TSL dans le Rhin Supérieur Un recensement de l'ensemble des essais côté allemand et français est présenté sous forme d'une fiche descriptive par essai. Sur cette carte d'identité de l'essai figurent des points importants le concernant : type de sol, situations géographique et topographique, objectifs de l'essai, traitements testés, liste de paramètres mesurés, résultats principaux.

Les partenaires ont identifié 19 essais régionaux menés en Pays de Bade (9 essais) et en Alsace (10 essais). Certains essais ont pour but de mesurer l'effet du type d'outils utilisé sur le rendement et d'estimer la minéralisation des sols et les pertes en nitrates. D'autres essais

² Granveaux, E., 2004. Cibler les perspectives de réussite des TCSL dans le Rhin Supérieur par le diagnostic dynamique du fonctionnement d'exploitations en non-labour et l'analyse de leurs itinéraires techniques. Mémoire d'ingénieur ENESAD

s'intéressent aux transferts de phytosanitaires par ruissellement de surface et à l'érosion du sol à partir du ruissellement d'eau en surface. Certains essais français ont été le support d'un mémoire de DESS soutenu par le projet ITADA³.

Une analyse commune tire les principaux enseignements des résultats de ces essais sur les potentialités des TSL dans le cadre rhénan.

L'ABC du semis direct en Suisse

La contribution suisse au projet a fait l'objet d'une partie indépendante sous la forme d'un recueil de déclarations de praticiens du semis direct expérimentés pour les nouveaux intéressés. Les expériences et les observations de 20 spécialistes, agriculteurs, entrepreneurs et conseillers ont été rassemblées sous une série de mots clés. La série des mots clés déterminée par le groupe de travail s'est orientée vers les thèmes d'actualité en lien avec le semis direct.

Le choix des experts enquêtés a été fait en prenant en compte les différentes catégories professionnelles et les différentes régions d'application du semis direct, afin de mieux recouper la diversité des situations existantes. Les chercheurs ont été exclus de l'enquête car il a été préféré de s'en tenir avant tout aux expériences de praticiens de terrain.

Les réponses au questionnaire d'enquête ont été exploitées avec le soutien de SWISS NO-TILL et rassemblées sous la forme d'un ABC du semis direct qui a été introduit sur le site internet www.no-till.ch sous la rubrique « semis direct » (disponible uniquement dans la version allemande pour l'instant). Il a été choisi de diffuser ce support via Internet car le thème du semis direct fait l'objet d'innovations et d'améliorations constantes et parce qu'il fallait donc prévoir une mise à jour simple et rapide des informations sur ce système de culture.

³ Armand, R., 2004. Observation, appréciation et quantification du ruissellement appliquées aux parcelles cultivées en techniques culturales sans labour (TCSL). Mémoire de DESS, université de Strasbourg, 83.

1 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES TECHNIQUES SANS LABOUR (TSL)

1.1 Objectifs du travail

Il s'agit de rassembler les résultats de publications scientifiques et d'expériences liées à la mise en place d'essais régionaux conduits en France, en Allemagne et en Suisse.

De nombreuses publications à caractère scientifique sont issues des Etats-Unis, du Canada, du Royaume-Uni, des stations de recherche suisses (Zollikofen, Changins) et allemandes (Hessen), des travaux et synthèses réalisés par l'INRA et par ARVALIS-Institut du végétal d'après les résultats sur ses sites de longue durée (Boigneville, Baziège).

Ces résultats sont complétés et modulés par des résultats obtenus pour les systèmes de culture et dans les conditions pédoclimatiques du Rhin Supérieur dans des essais badois et alsaciens. Des documents plus complets, spécifiques aux enseignements tirés de ces essais, sont disponibles par ailleurs.

1.2 Plan de présentation de la synthèse

Les effets des TSL sont abordés sous trois aspects : agricole, agronomique et environnemental. L'interconnexion entre les différentes composantes est présentée schématiquement dans le tableau suivant.

Aspect agricole : sont traités les aspects techniques liés à la mise en place des TSL (matériel utilisé, implantation et levée des cultures, perspectives de mise en place de rotations et de couverts puis les conséquences en terme de développement d'adventices, de maladies et de ravageurs) et leurs effets en terme de rendement, de temps de travail et de résultats économiques.

• **Aspect agronomique** : les effets agronomiques des TSL sont déclinés en trois composantes : physique, chimique et biologique.

- physique : porosité, stabilité structurale, densité apparente ; rétention en eau, conductivité hydraulique ; comportement thermique ; portance
- chimique : effets sur le pH, la matière organique, le phosphore et le potassium ; cycle de l'azote (minéralisation, réorganisation, dénitrification et conséquences pratiques pour la gestion de l'azote)
- biologique : vers de terre et activité biologique.

• **Aspect environnemental** : transferts d'eau (ruissellement), de sédiments (érosion), de fertilisants, de produits phytosanitaires ; émission ou piégeage de gaz à effet de serre.

Tableau 1 : Chapitres et thèmes de la bibliographie

ASPECT AGRICOLE	ASPECT AGRONOMIQUE, LE SOL	ASPECT ENVIRONNEMENT
<ul style="list-style-type: none"> • Matériel • Implantation et levées • Rotations et couverts • Adventices • Maladies/Ravageurs • Rendement • Economie/ temps de travail 	<p><u>Propriétés physiques du sol</u></p> <p>SOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porosité • Stabilité structurale • Densité apparente • Portance <p>EAU</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacité de rétention en eau • Conductivité hydraulique • Comportement thermique 	<ul style="list-style-type: none"> • Transferts de matières en suspension (MES) : érosion • Transferts d'eau : ruissellement • Transferts de fertilisants • Transferts de produits phytosanitaires • Gaz à effet de serre
	<p><u>Propriétés chimiques du sol</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • pH • Matière Organique, Phosphore, Potassium • Minéralisation • Dénitrification • Réorganisation • Gestion des apports azotés 	
	<p><u>Propriétés biologiques du sol</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vers de terre • Activité biologique 	

Les résultats issus de la bibliographie sont sur certains thèmes assez contradictoires. Cela tient à divers facteurs :

- le type de travail du sol : les TSL regroupent une large gamme de techniques, du travail profond au semis direct. Les effets observés interviennent alors plus ou moins rapidement ou différemment
- les conditions pédo-climatiques, qui en plus ne sont pas toujours renseignées
- le type d'essai : monofactoriel ou plurifactoriel. Dans le premier cas, l'effet du travail du sol est évalué « toutes choses égales par ailleurs ». Dans le second cas, l'essai intègre des règles de décision établies au préalable pour chacune des modalités. Elles permettent de prendre en compte certains effets connus des TSL et conduisent généralement à de meilleurs résultats en TSL.

1.3 Organisation des résultats présentés dans la synthèse bibliographique – Mode d'emploi

Dans toute la synthèse, les résultats des TSL sont comparés de façon implicite au labour.

Chaque thème est présenté en trois points (voir Annexe 1.1) : en premier lieu la conclusion générale, puis les résultats détaillés, enfin une rubrique qui récapitule les sources bibliographiques utilisées dans le document.

La conclusion générale de chacun des thèmes est présentée en début de document car elle permet au lecteur disposant de peu de temps de cerner rapidement quelques enjeux et conclusions majeures pour ce thème.

Par la suite, et pour chaque thème, les résultats détaillés de la bibliographie sont abordés d'après différents paramètres pertinents, avec mention des auteurs. La pertinence de chacun des paramètres est liée :

- à son importance pour expliquer un phénomène (facteur explicatif d'un processus),
- à la nécessité d'aborder le thème sous divers points de vue (exemple : dans les conséquences économiques des TSL sont abordées les charges de mécanisation, les charges d'approvisionnement, la marge directe),
- à la disponibilité de ces informations dans les différentes sources exploitées.

L'effet des TSL sur chacun de ces paramètres présenté en Annexe 1.1 est noté suivant la grille ci-dessous. Elle vise à mesurer si l'effet des TSL est favorable ou défavorable, variable ou incertain; autrement dit à savoir si les conclusions des auteurs convergent, auquel cas l'effet des TSL constaté est certain, ou si elles divergent, auquel cas des variabilités dans les résultats ou des incertitudes persistent.

	...en comparaison au labour
(+)	Résultats favorables aux TSL
(-)	Résultats défavorables aux TSL
(=)	Résultats équivalents en TSL
(~)	Résultats variables en TSL
(?)	Résultats incertains en TSL

Enfin, pour chaque thème, le listing des auteurs cités dans la partie précédente est repris avec mention des conditions d'expérimentation pour lesquelles sont avancés leurs résultats (dans la mesure du possible région, type de sol, techniques de travail du sol et systèmes de culture comparés, nombre d'années en TSL...). Il est ajouté un sigle à chacune des références ; il classe les résultats selon leur type et leur origine.

Sigle	Type d'information fournie...	
M	Mécanisme	Information sur le mécanisme mis en jeu
RG	Résultats généraux	Résultat d'une synthèse réalisée par l'expert
RE	Résultats d'expérimentations	Données et conditions de l'essai disponible
RL	Résultats en laboratoire	Tests et essais en conditions de laboratoire
RS	Résultats de simulation	Simulation réalisée hors conditions réelles

1.4 Résultats synthétiques

Le détail de l'analyse bibliographique est présentée en Annexe 1.1.

Il est possible de résumer les effets des TSL (tableaux 2 à 4) par rapport au labour en les classant de la manière suivante : effets positifs (+), effets négatifs (-), effets variables ou incertains (~).

Ce qu'il faut retenir des effets sur les transferts d'eau, de fertilisants et de produits phytosanitaires est présenté dans les tableaux 5 à 7.

Tableau 2: synthèse des effets technico-économiques des TSL

Effets positifs (+)	Effets variables ou incertains (~)	Effets négatifs (-)
<p>Impact technico-économique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adventices : diminution à long terme par épuisement du stock semencier dû aux levées plus nombreuses les premières années; diminution en semis direct ou sous mulch par effet du matelas de mulch en surface défavorable aux levées • Retour à des niveaux de rendement équivalents au labour après une période de baisse les 3 à 5 premières années de TSL ; amélioration dans les situations à problème (érosion, sécheresse) • Temps de travail: diminution du temps de travail • Economie : charges de mécanisation (fioul, entretien-réparations) et capital matériel réduits; marge directe améliorée 	<ul style="list-style-type: none"> • Adventices et utilisation de produits phytosanitaires : les effets de la qualité du désherbage, de la technicité de l'agriculteur et de la rotation sont tout aussi importants que le type de travail du sol. Le semis direct nécessite généralement des quantités supplémentaires de substance active • Gestion des apports azotés : passage possible à des formes d'engrais plus solubles pour compenser les moindres quantités d'azote disponible au début de printemps à cause de terres plus froides. Le renforcement de la dose du premier apport peut s'avérer nécessaire selon les années, le type de travail du sol, la culture (maïs). La dose globale reste le plus souvent identique 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantations et levées : elles sont plus délicates à maîtriser : irrégularité, échelonnement, défaut d'enracinement • Adventices : développement et sélection par les systèmes de culture de graminées et vivaces mais la pression reste généralement gérable • Maladies : renforcement du risque mycotoxines dans certains systèmes : semis direct de blé après maïs grain, succession de maïs grain en semis direct • Ravageurs : croissance des mulots, souris, limaces mais aussi de leurs auxiliaires (carabes) • Economie : diminution des Produits et augmentation des Charges d'approvisionnement (traitements phytosanitaires) • Rendement affecté : les premières années suite au passage aux TSL ; sur sols à caractère hydromorphe, sur sols limoneux fortement tassés sans travail profond. Le maïs est pénalisé en cas de mauvaises levées

Tableau 3: synthèse des effets agronomiques des TSL

Effets positifs (+)	Effets variables ou incertains (~)	Effets négatifs (-)
<p>Impact sur le sol</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabilité structurale de l'horizon de surface • Portance • Rétention en eau : restitution améliorée en phase d'évaporation de l'eau (été) • Conductivité hydraulique : infiltration et redistribution dans le profil • Matière organique : effet « mulch », augmentation de la teneur dans l'horizon de surface • Minéralisation : pas de pics de minéralisation, quantités minéralisées équivalentes à moyen voire court terme • Vers de terre : forte augmentation avec impact sur la porosité globale du profil à moyen terme • Activité biologique : concentration en surface 	<ul style="list-style-type: none"> • Porosité : elle varie selon <ul style="list-style-type: none"> - la profondeur de mesure et de travail : la porosité est plus forte dans une zone non travaillée que dans une zone travaillée - le nombre d'années en TSL : diminution de la porosité à court terme par la réduction de l'intensité du travail du sol ; compensation partielle à long terme grâce aux pores d'origine biologique et racinaire - les conditions de l'année : un climat sec en été et hiver favorise la fissuration des sols ; un climat humide lors des périodes de travaux augmente les risques de compactage des sols dus à de mauvaises conditions d'intervention - le type de pores avec des effets variables sur les caractéristiques majeures du sol : aération, circulation de l'eau, enracinement 	<ul style="list-style-type: none"> • Rétention en eau : ressuyage plus lent du profil au printemps • Comportement thermique : démarrage des cultures plus lent et baisse possible de l'aération (porosité) • Acidification de surface • Minéralisation à court terme moins forte au printemps (sol plus froid et plus humide) • Réorganisation et dénitrification plus fortes

Tableau 4: synthèse des effets environnementaux des TSL

Effets positifs (+)	Effets variables ou incertains (~)	Effets négatifs (-)
<p>Impact environnemental</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduction du ruissellement en périodes à risque identifié de transferts (printemps) • Prévention de l'érosion dans tous les cas • Réduction des transferts de produits phytosanitaires par ruissellement de printemps en année à pluviométrie normale • Réduction des transferts d'azote en hiver par diminution des quantités d'azote potentiellement lessivable rendues disponibles suite à un labour précoce 	<ul style="list-style-type: none"> • Transferts d'azote par lessivage au printemps en TSL et par ruissellement plus forts en hiver en TSL variables selon les années; processus compensatoires • Transferts de phytos par lessivage : processus compensatoires spécifiques aux TSL avec impact de l'activité biologique et de la matière organique : risques à priori plus forts au printemps en SD du fait de la continuité de la porosité • Gaz à effet de serre : séquestration de CO₂ systématique mais émission possible de N₂O en SD sur sol lourd à caractère hydromorphe 	<ul style="list-style-type: none"> • Transferts de phosphore par ruissellement sub-surfacique

Tableau 5 : autres facteurs liés à la mise en place des TSL sur une exploitation

- **Matériel** : l'utilisation d'outils de préparation du sol traditionnel reste largement possible ; par contre ils doivent pouvoir s'affranchir de la présence de grandes quantités de résidus végétaux en surface. Les semoirs, à maïs notamment, doivent être impérativement équipés de disques semeurs et de chasse-mottes (rotatifs de préférence).
- **Rotation et couverts** : la mise en place de rotations et de couverts qui maintiennent voire « améliorent » la structure du sol caractérise les systèmes d'exploitation en TSL. Elle est motivée par la nécessité de rompre les cycles biologiques (maladies, adventices, ravageurs) et de maintenir une structure du sol favorable, deux facteurs plus indispensables mais plus délicats à mettre en œuvre qu'en labour.
- **Structure du sol** : l'état de la structure du sol est le facteur clé de la réussite des TSL. La stabilité des agrégats de l'horizon superficiel diminue les risques de transferts de sédiments ; la porosité diminue le ruissellement, maintient l'aération stimulatrice de l'activité biologique et faunistique, favorise l'enracinement, améliore les transferts d'eau en régime de saturation ou d'évaporation tout en augmentant la portance et la résistance à l'incision. Elle garantit au final le maintien des niveaux de rendements. Toute intervention doit préserver la structure du sol !

Tableau 6 : Effet des TSL sur les transferts d'eau

	Hiver		Printemps	
	Ruissellement	Lessivage	Ruissellement	Lessivage
Effets des TSL sur les transferts d'eau	Augmentation du ruissellement d'eau, surtout en SD, par diminution de la capacité de rétention. La rugosité est aussi plus faible qu'après un labour. Les itinéraires avec déchaumage ou décompactage augmentent la capacité de réserve en eau du sol. La présence de couverts et de résidus broyés et répartis en surface favorisent l'infiltration.	Lessivage d'eau accru par les pores: moindre réserve utile et infiltration instantanée moins rapide mais totale et plus en profondeur grâce à la continuité porale. Les déchaumages d'automne créent une rupture de cette continuité.	Réduction des volumes d'eau ruisselée en TSL grâce à une meilleure stabilité structurale et une meilleure infiltration de l'eau par les pores biologiques.	. Infiltration rapide de l'eau par les pores mais . flux d'eau vers la surface du sol plus importants grâce à une meilleure continuité hydraulique ou capillarité . et épuration par adsorption et échanges avec la matière organique et le complexe argilo-humique.

Tableau 7 : Effet des TSL sur les transferts d'azote et de phosphore

(les éléments non soulignés correspondent aux constats, les éléments soulignés aux préconisations)

	Hiver		Printemps	
	Ruissellement	Lessivage	Ruissellement	Lessivage
Effets + des TSL sur l'azote		Sol couvert, minéralisation moins importante qu'après un labour, flux d'eau plus grand qui limite la diffusion -> concentration attendue plus faible	Moins d'eau ruisselée en année à pluviométrie normale	Moins d'azote dans le profil et moins de diffusion grâce aux chemins préférentiels en semis direct ; activité de réorganisation de l'azote par les microorganismes plus forte
Effets - des TSL sur l'azote	Plus d'eau ruisselée qui peut entraîner des fertilisants. <u>Pas d'apports azotés à l'automne</u>			Infiltration des fertilisants solubles épandus en surface par les chemins préférentiels en semis direct. <u>Enfourir l'azote</u>
Effets - des TSL sur le phosphore			Ruissellement subsurfacique du phosphore en solution. <u>Les apports de phosphore doivent être incorporés</u>	

Le lessivage de fertilisants en hiver est réduit en TSL. Au printemps, période d'apports azotés, les risques sont plus élevés en TSL mais les quantités transférées sont à priori moindres qu'en hiver.

Tableau 8 : Effet des TSL sur les transferts de produits phytosanitaires

(les éléments non soulignés correspondent aux constats, les éléments soulignés aux préconisations)

	Hiver		Printemps	
	Ruissellement	Lessivage	Ruissellement	Lessivage
Effets + des TSL sur les phytos	X	<p>. Circuits préférentiels en SD: moindre portion de sol lessivée</p> <p>. Dégradation estivale par les microorganismes des produits appliqués au printemps en TSL</p>	Réduction systématique des flux (- 30 à -100% selon les cas) car moins d'eau ruisselle et malgré la concentration en phytos plus forte	Adsorption par la matière organique et dégradation par les microorganismes, à la surface du sol et dans les macropores (ex: alachlore, 2,4-D, métolachlore, isoproturon, trifluraline: -75 à -100%)
Effets - des TSL sur les phytos	<p>Plus d'eau ruisselée mais peu de traitements à cette période.</p> <p><u>Pas d'apports de phytosanitaires à l'automne et ameublissement pour augmenter la réserve du sol</u></p>	<p>Flux accrus à cause des circuits préférentiels en SD: volumes d'eau percolée et concentrations en phytos supérieurs (ex: Diflufénican).</p> <p><u>Pas d'apports tardifs de phytosanitaires à l'automne; implantation de couverts</u></p>	X	Lessivage par les circuits préférentiels, en SD notamment (ex: métolachlore et cyanazine x20)

Les TSL réduisent systématiquement les transferts de produits phytosanitaires par ruissellement.

Les résultats sur les transferts par lessivage sont plus éparses et contradictoires. La qualité biologique du sol en TSL (matière organique et activité microbienne) semble être une composante importante pour limiter les transferts.

3 ENQUETE DE PERCEPTION DES TSL AUPRES DES EXPERTS AGRICULTEURS ET PRESCRIPTEURS

2.1 Méthode

En complément aux enquêtes détaillées réalisées auprès des exploitants agricoles, un questionnaire a été rempli par 31 agriculteurs pratiquant les TSL et 44 représentants d'organismes de conseil, d'instituts techniques et administrations agricoles du Land de Bade Wurtemberg et de la région Alsace, ces derniers étant désignés comme des prescripteurs. Ce questionnaire leur demandait de livrer leur avis sur les avantages et inconvénients ainsi que sur les motivations et les effets de la mise en oeuvre de Techniques Sans Labour.

Il avait été prévu au départ dans le cadre du projet d'une part une enquête par entretien avec des exploitants agricoles pratiquant les TSL dans le Rhin supérieur et d'autre part une enquête auprès d'experts agricoles non praticiens (par voie écrite et avec un questionnaire fermé) uniquement en Bade Wurtemberg.

Afin de pouvoir exploiter les résultats de cette dernière enquête sous un angle transfrontalier, le questionnaire a été également envoyé aux prescripteurs alsaciens et pour mettre en lumière d'éventuelles différences d'appréciation entre les prescripteurs et les agriculteurs disposant d'expériences en TSL, le questionnaire a finalement été aussi envoyé aux exploitants agricoles qui avaient été enquêtés par entretien direct.

L'objectif était le recueil et l'appréciation des critères (subjectifs) de réussite ainsi que l'identification des freins et des fondements qui motivent le passage aux techniques culturales sans labour.

Le questionnaire fermé reprend dans son contenu la base de l'enquête conduite à l'échelle de l'Europe auprès des experts par TEBRÜGGE et BÖHRNSEN (1997) avec une adaptation par un complément de questions relatives au contexte du Rhin supérieur.

Au total 56 questions abordent différents paramètres (rendement, revenu de l'exploitant, maladies, organisation du travail, retombées environnementales...) et leur sensibilité à la mise en place des TSL ainsi que les avantages et les inconvénients de la conversion au non labour. De plus, plusieurs facteurs à spécificité locale, qui se rencontrent dans la zone d'enquête (par ex. stagnation d'humidité, faibles pluviométries annuelles, forte et faible température moyenne annuelle) ont été abordés pour ce qui concerne leurs effets dans la mise en pratique des techniques sans labour.

Le questionnaire se compose donc de différentes parties. La première partie aborde une série d'arguments propres à la conduite de l'exploitation et à l'environnement en faveur ou contre la mise en oeuvre des TSL en demandant de juger leur pertinence et leur niveau d'importance.

Dans l'autre partie, on demande aux enquêtés leur avis sur les effets des caractéristiques de sols et l'aptitude des cultures pour la mise en oeuvre des TSL ainsi que les effets présumés des TSL sur différents paramètres .

La structure du questionnaire est précisée dans le tableau suivant.

Tableau 9 : structure du questionnaire auprès des experts agriculteurs et prescripteurs

Question	Nombre de critères / paramètres
De votre point de vue, quelles raisons militent pour l'utilisation du non labour ?	16 + 1x libre*
De votre point de vue, quelles raisons militent contre l'utilisation du non labour ?	11 + 1x libre*
Comment jugez-vous les caractéristiques suivantes du sol ou d'un milieu pour l'application du non labour ?	12 + 1x libre*
Selon vous, quelles cultures <u>sont adaptées</u> au non labour ?	Réponse libre
Selon vous, quelles cultures <u>ne sont pas adaptées</u> au non labour ?	Réponse libre
Selon vous, comment les paramètres suivants évoluent ils au cours d'une longue période en non labour ?	13 + 1x libre* + champ pour réponse libre pour maladies et ravageurs
Selon vous, quel pourcentage de terre arable est adapté à la mise en œuvre du non labour <u>en Alsace</u> ?	%- distinction faite entre pour du semis mulché et pour du semis direct
Si une pratique de non labour adaptée au contexte local était mise en œuvre dans la région sur du long terme, quels seraient selon vous les effets sur les paramètres suivantes ?	4 + 1x libre*

*champ de réponse libre pour stipuler et évaluer d'autres critères considérés comme importants par l'enquêté

Les questionnaires ont été envoyés aux experts par voie postale ou par e-mail tandis que les agriculteurs qui ont participé à l'enquête sur les pratiques ont reçu le questionnaire à la fin de l'entretien. De plus, trois agriculteurs du Kraichgau (région naturelle au nord-ouest de Stuttgart particulièrement sensible à l'érosion et aux coulées de boue) ont aussi participé à cette enquête des experts bien qu'ils ne faisaient pas partie des praticiens enquêtés, puisque les responsables du projet avaient décidé de se limiter géographiquement à la région des Landkreise (équivalents de Cantons) de la plaine du Rhin appartenant au Regierungsbezirk (équivalent de département) de Freiburg. Ils ont donc enrichis le groupe des agriculteurs.

Pour l'enquête auprès d'experts, il avait été choisi d'élargir la zone à tout le territoire du Land de Bade Wurtemberg afin d'avoir une taille suffisante de l'échantillon de personnes consultées. Au total, 92 experts ont été consultés (44 en Alsace, 48 en Bade Wurtemberg) et 41 exploitants agricoles (21 en Alsace et 19 en BW). Par la suite, les résultats sont présentés en distinguant les nationalités F et D bien que ces notions ne se rapportent en réalité qu'aux territoires en bordure du Rhin interrogés dans le cadre du projet. Les conclusions de l'enquête ne sont donc pas représentatives pour l'Allemagne et la France mais uniquement pour le secteur du Rhin supérieur.

Les retours des questionnaires d'enquêtes se répartissent comme suit par groupes d'enquêtés.

	Allemagne	France	TOTAL
Prescripteurs	25	19	44
Agriculteurs	19	12	31

Tab. 10 : nombre d'agriculteurs et de prescripteurs ayant répondu au questionnaire

2.2 Résultats

2.2.1 Atouts et freins des TSL

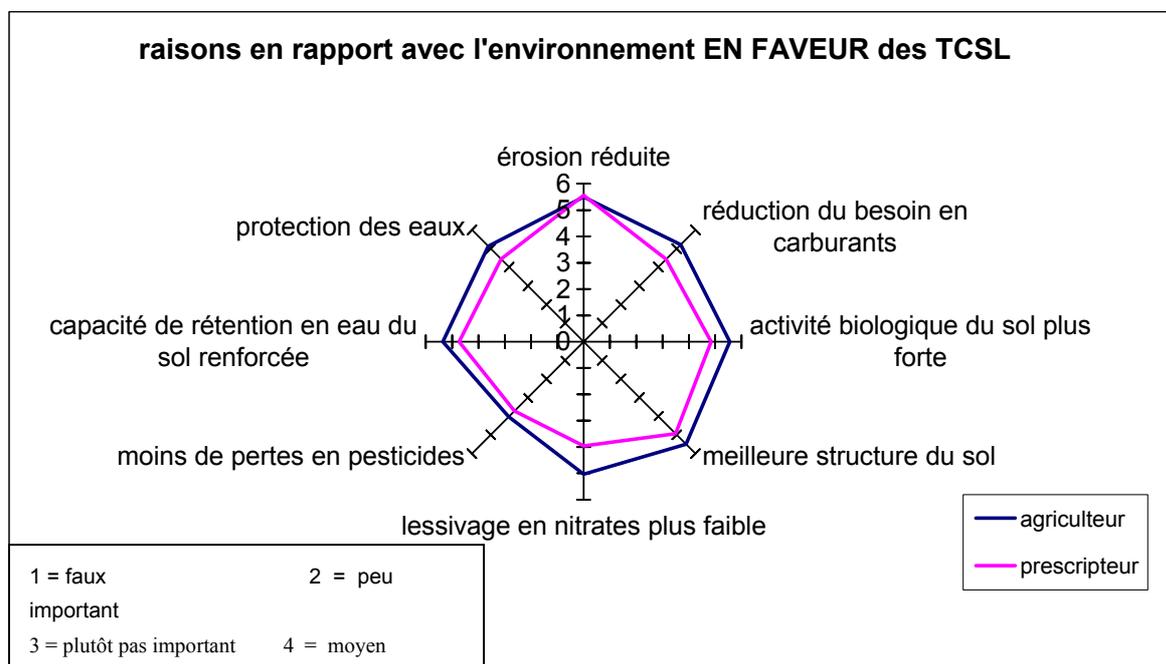


Figure 5 : raisons en faveur des TSL en lien avec l'environnement

Parmi les raisons en faveur de l'environnement, on constate une large unanimité entre agriculteurs et prescripteurs, même si l'on remarque que pour 7 critères sur 8 les avis qui émanent des exploitants sont plus positifs que ceux des experts. Seul le point érosion recouvre pour les deux groupes une même très forte importance.

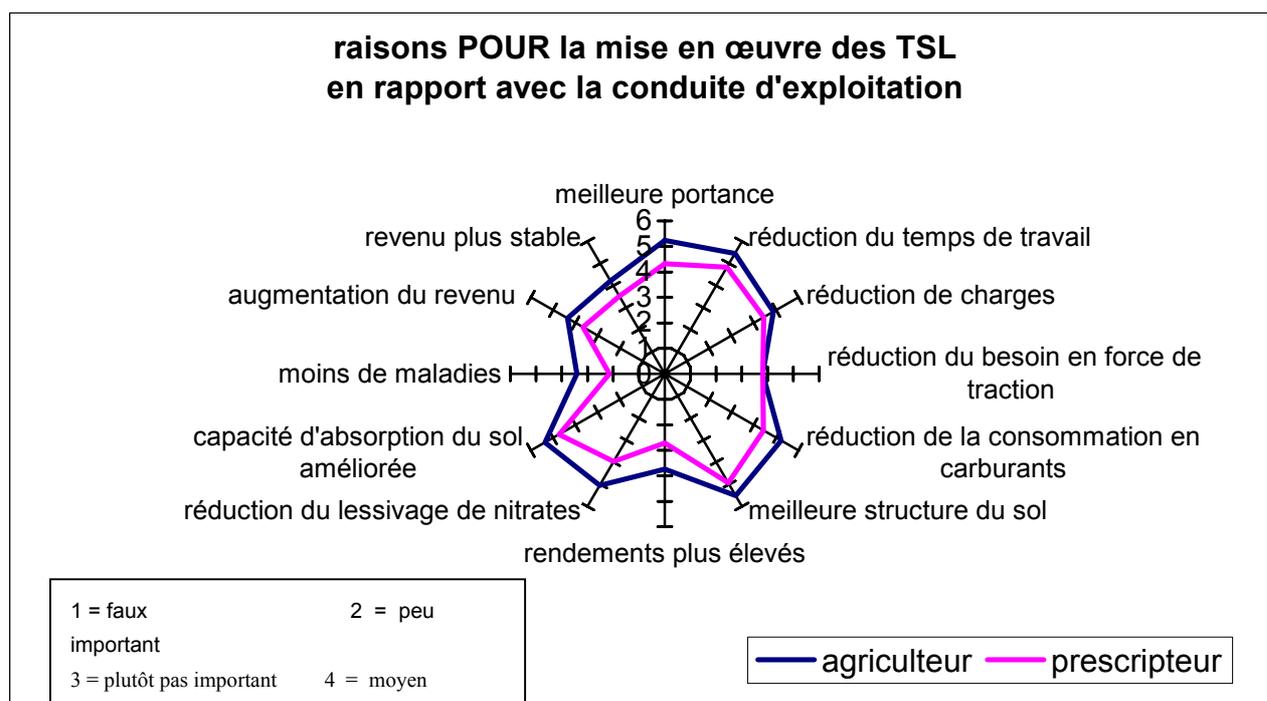


Figure 6 : raisons favorables en lien avec la conduite d'exploitation

Pour ce qui concerne les motivations à appliquer les TSL (figure 2), les avis des praticiens sont également plus largement positifs même si l'on peut remarquer une tendance identique entre les deux catégories pour les appréciations individuelles par critère. Ainsi par ex., les arguments « moins de maladies » et « rendements plus élevés » sont estimés comme peu importants ou faux tandis que la « capacité de rétention en eau », une « meilleur structure », la « facilité d'accès à la parcelle » ou encore l'« économie de temps de travail » sont confirmés par les deux groupes d'enquêtés comme des arguments de grande importance.

Les arguments relatifs à la conduite d'exploitation en faveur des TSL ont été appréciés comme plus importants par les praticiens même si les mêmes tendances se retrouvent. Les arguments les plus appréciés par les agriculteurs sont l'économie de temps de travail, l'amélioration de la capacité de rétention en eau du sol, une meilleure portance du sol et en même temps une réduction des besoins en carburants. La réduction du lessivage en nitrates et une meilleure structure du sol sont aussi des points considérés comme important pour l'abandon du labour. Une analyse différenciée des résultats à l'intérieur des 2 groupes est faite au Chapitre 1.6.

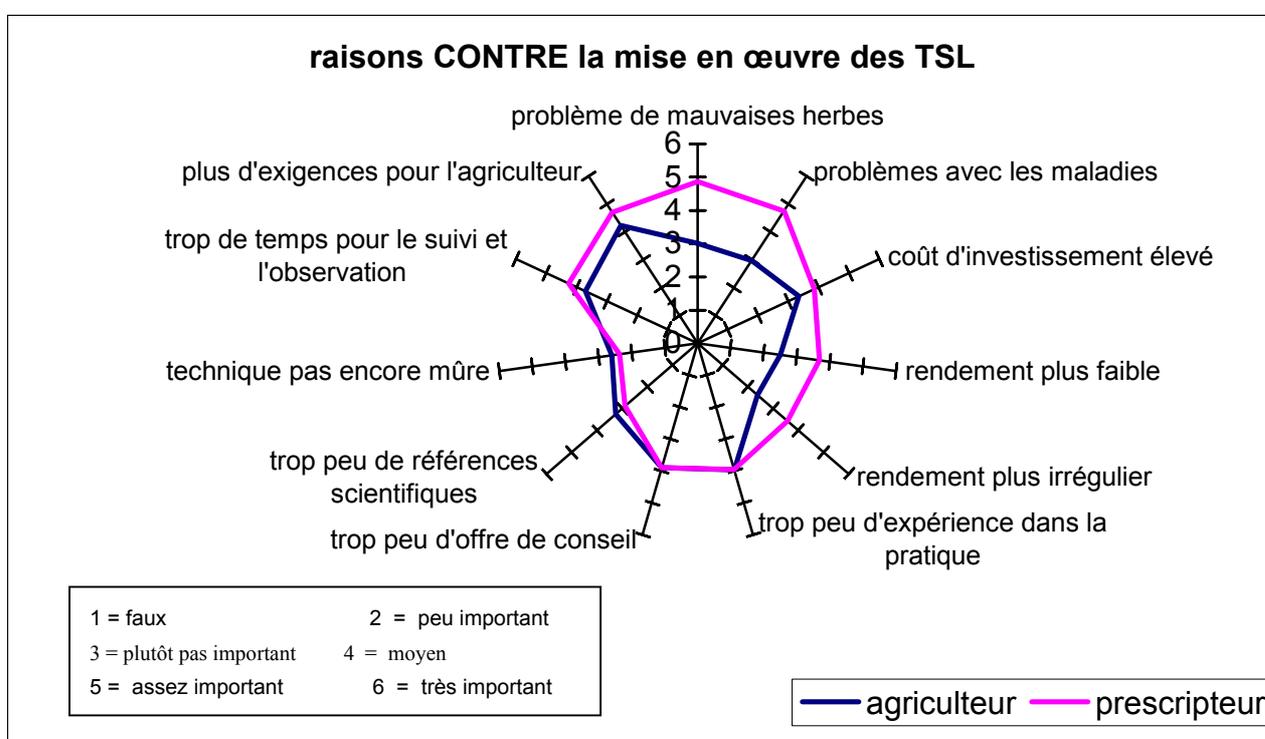


Figure 7 : raisons contre la mise en œuvre des TSL

Pour ce qui concerne les éléments défavorables à la mise en oeuvre des TSL, les prescripteurs se montrent plutôt sceptiques, surtout pour les paramètres cultureux tels que la problématique des mauvaises herbes, les problèmes de maladies et les pertes de rendement, tandis que les praticiens voient de leur côté les principaux freins dans le manque d'expériences dans la pratique et de plus fortes exigences pour l'exploitant ainsi que l'offre trop faible en conseil. Ces derniers points font en moyenne, largement l'objet d'un même consensus entre les deux groupes enquêtés tandis qu'une étude plus précise des répartitions des réponses montre qu'à l'intérieur des groupes il existe de fortes disparités dans les appréciations (cf. Chap. 1.6.).

2.2 Evolution des paramètres cultureux et environnementaux avec les TSL

Pour ce qui concerne l'évolution de différents paramètres cultureux et pédologiques, on retrouve une grande unité des avis entre les 2 groupes enquêtés. Tandis que les deux groupes n'attendent pas d'effet sur les paramètres « pression en adventices », « attaques de ravageurs » ou « attaques de maladies » et pour l'évolution de la densité apparente du sol, il semble que les expériences des agriculteurs les amènent à attendre une évolution positive à très positive de la capacité d'absorption en eau et de stockage de l'eau du sol ainsi que de la teneur en matière organique. Des améliorations légèrement positives sont attendues par les agriculteurs au niveau des rendements et de la mise en œuvre de l'irrigation tandis que les prescripteurs sont d'avis qu'il n'y aura pas d'effet sur ces points.

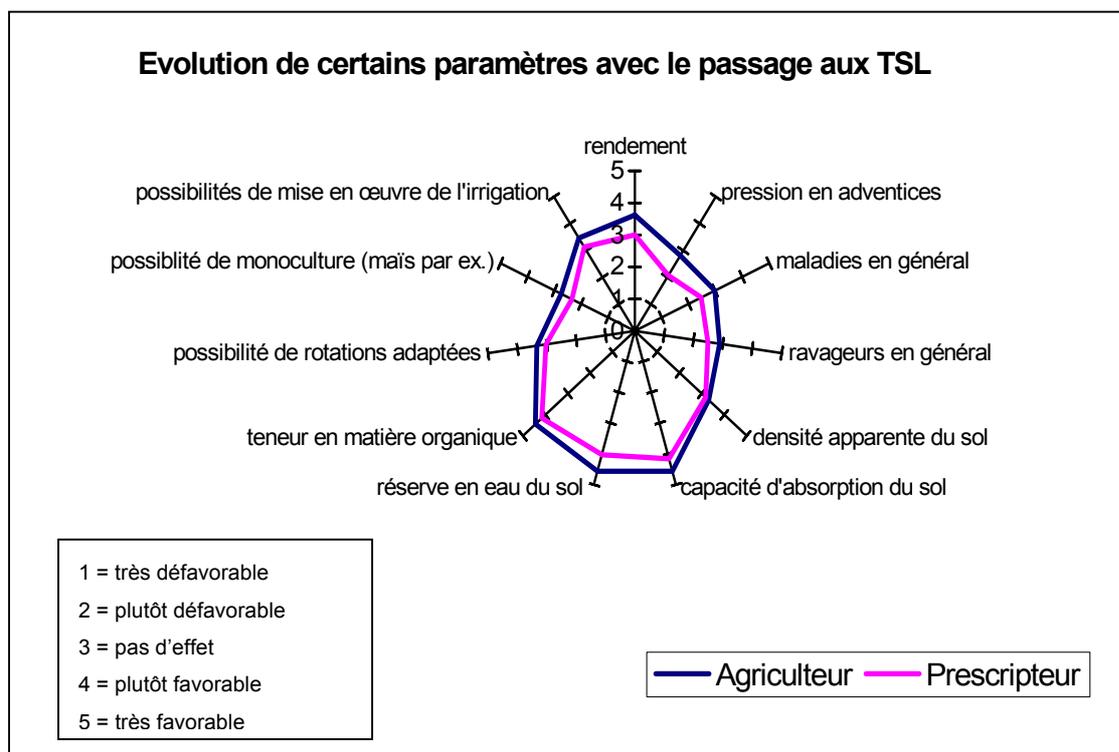


Figure 8 : évolution de paramètres cultureux ayant un effet sur l'environnement lors du passage aux TSL

Le point le plus critique pour tous est la mise en œuvre de la monoculture de maïs en TSL car la moyenne des avis exprimés montre un effet plutôt négatif alors que la mise en œuvre de TSL améliore légèrement les possibilités de rotation selon les deux groupes.

2.2.3 Effets de caractéristiques du sol et du site sur la faisabilité des TSL

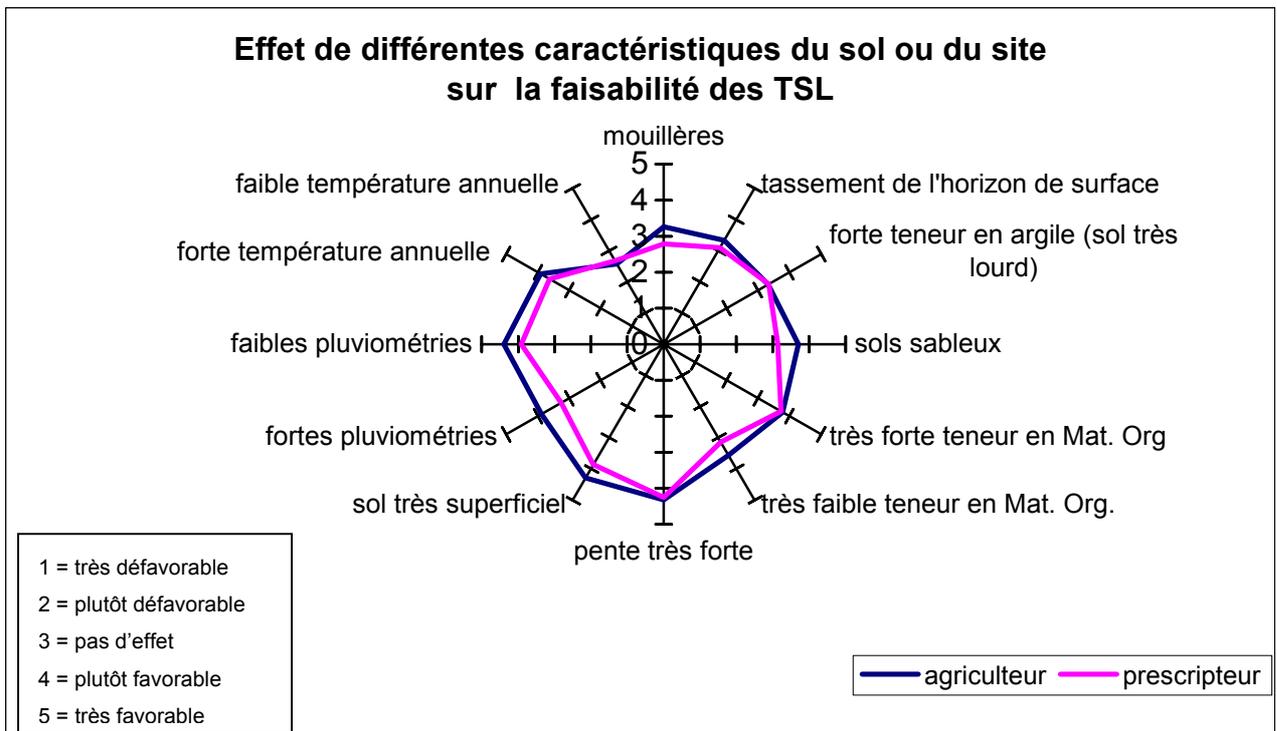


Figure 9 : effets de différentes caractéristiques du sol et du site sur la faisabilité des TSL

Pour ce qui est de l'influence de différents facteurs propres au site sur la faisabilité des TSL, les agriculteurs se montrent encore une fois légèrement plus optimistes.

Le seul facteur qui est estimé négativement par les deux parties est une faible température annuelle moyenne.

On remarque que c'est aussi le seul point où les agriculteurs se révèlent plus critiques que les experts, lesquels toutefois attribuent aussi en majorité un effet négatif des faibles températures sur la faisabilité des TSL.

Les sols très lourds ne semblent pas occasionner plus de craintes pour les TSL.

2.2.4 Effet à long terme de l'application de TSL adaptées

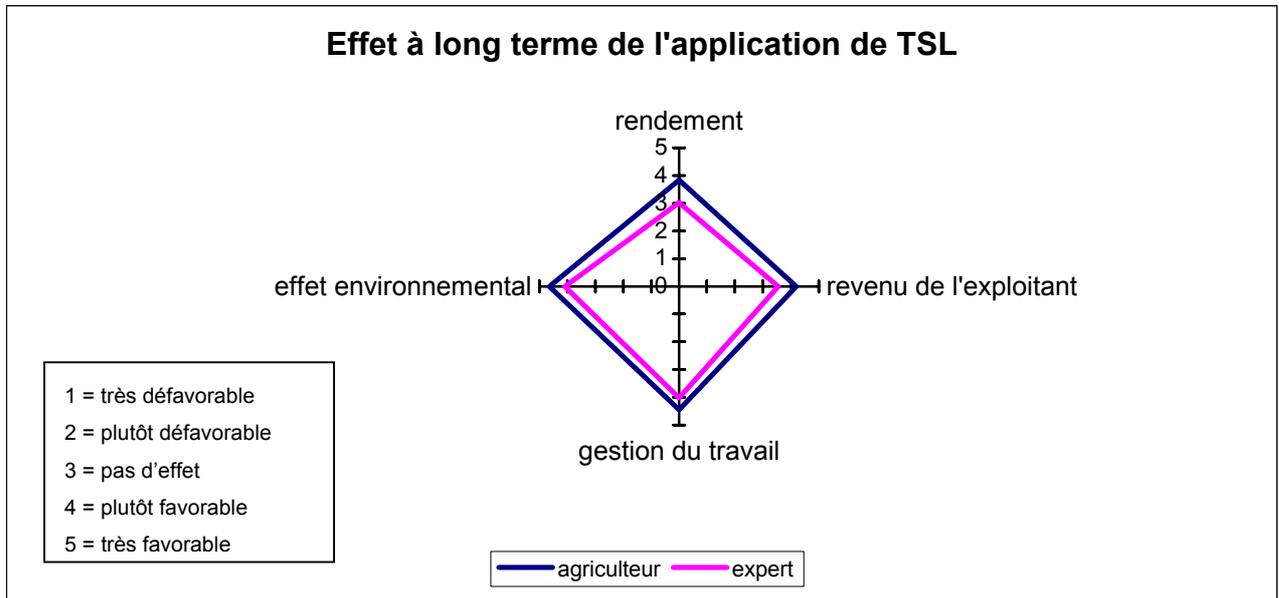


Figure 10 : Effet à long terme de l'application de TSL adaptée (cas favorable)

La question de l'effet supposé à long terme de TSL adaptées au site et bien appliquées, c'est à dire d'un scénario favorable, suscite des réponses positives des agriculteurs pour les quatre critères considérés : revenu de l'exploitant, rendement, gestion du travail, effet sur l'environnement.

Pour les domaines gestion du travail, revenu de l'exploitation et effet sur l'environnement, les expériences et les appréciations des praticiens sont positives à très positives, tandis que l'évolution du rendement est estimée entre neutre et positive. Cette tendance s'observe aussi pour les prescripteurs à un niveau plus réservé, si bien que s'ils estiment les effets sur les trois premiers domaines comme positifs, ils n'attendent en moyenne pas de répercussion pour le rendement.

2.2.5 Répartition des réponses au sein des deux groupes enquêtés

Pour certains points, la ventilation des réponses données par les deux types d'enquêtés montre qu'à l'intérieur des groupes il existe des différences sensibles dans l'appréciation des choses.

Au niveau des raisons motivant chez les exploitations l'application de TSL, les écarts entre réponses est la plus forte pour l'argument « meilleure portance ». Tandis que presque 90 % des exploitants considèrent ce point comme une raison importante voire très importante pour le renoncement au labour, l'affirmation que les TSL améliorent la portance du sol est considérée comme fautive pour près de 10 % des prescripteurs.

Raisons POUR le passage aux TSL

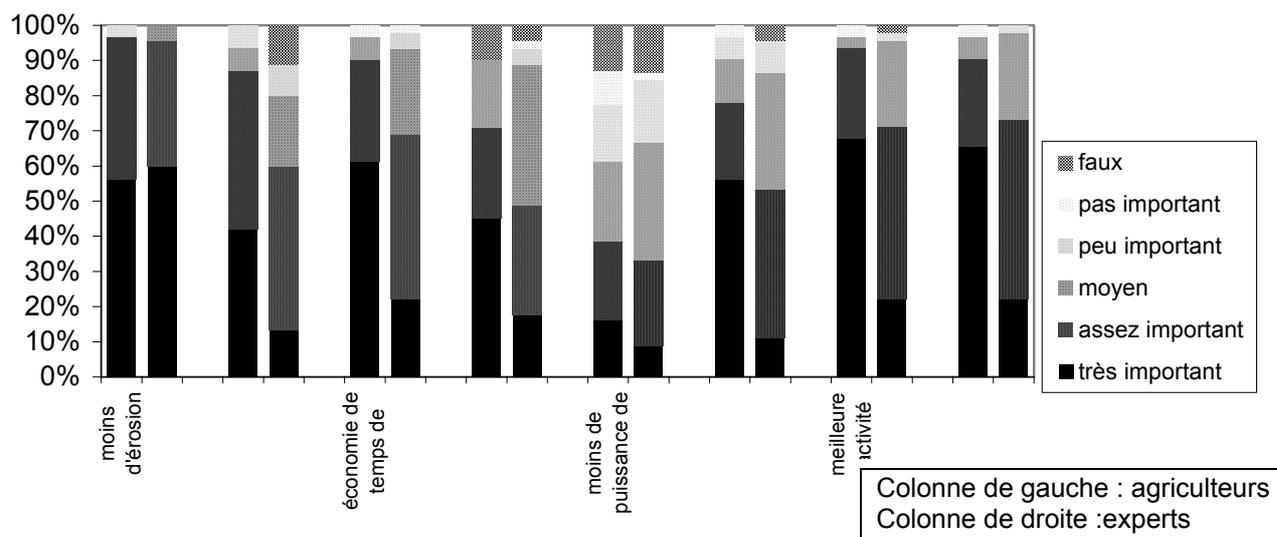


Figure 11 : raisons pratiques pour la mise en oeuvre des TSL

Il existe une différence d'avis selon la nationalité des enquêtés (non présenté graphiquement). 100 % des agriculteurs allemands estiment ce point comme important ou très important. La plupart des agriculteurs français ont la même opinion que leurs collègues allemands alors que plus de 20 % des prescripteurs français enquêtés ont répondu faux à la question.

Une explication possible à ce décalage pourrait être liée à la profondeur de travail, qui selon des discussions avec les praticiens alsaciens et après observations sur des visites de parcelles semble être nettement plus importante en Alsace. Dans les publications spécialisées, il est souvent affirmé qu'une plus forte portance et une meilleure accessibilité sont avant tout justifiées par la structure plus stable de sols non travaillés sur une longue durée.

Pour les autres éléments qui motivent au passage aux TSL, aucune différence significative n'est relevée entre agriculteurs et prescripteurs.

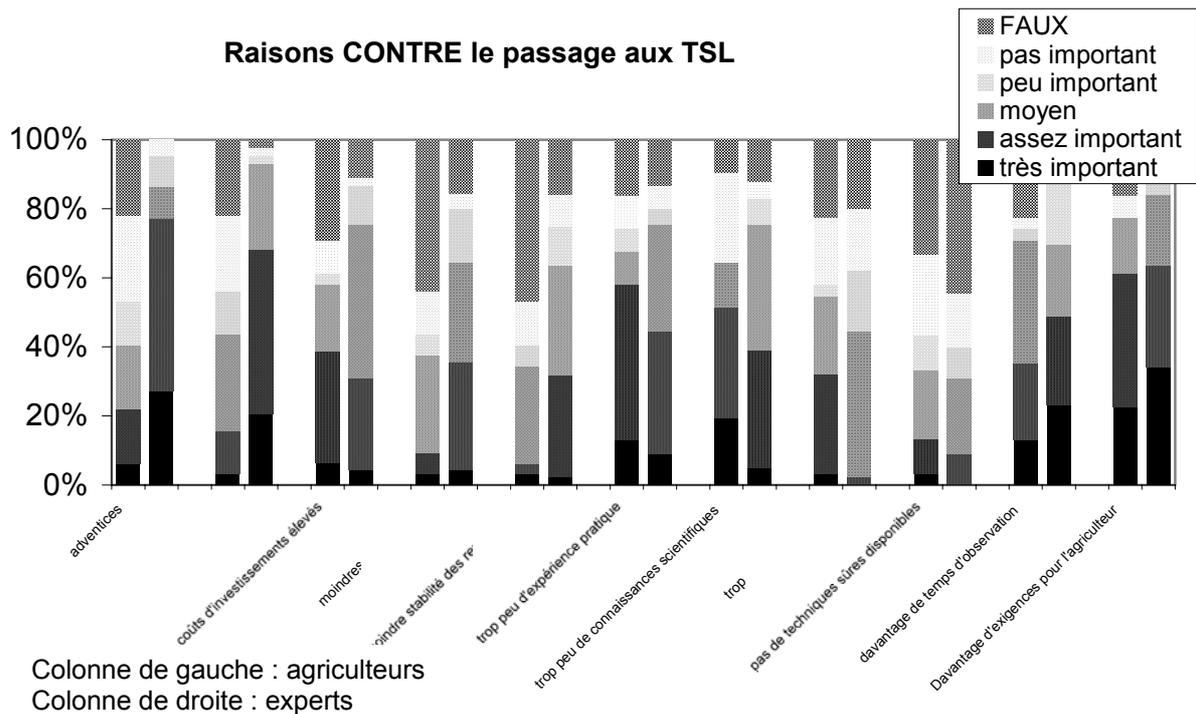


Figure 12 : raisons contre la mise en oeuvre des TSL

Les problèmes de mauvaises herbes sont un point très important ou important qui joue contre les TSL pour plus de 75 % des prescripteurs. Si 20 % des praticiens partagent cet avis, presque 50 % des agriculteurs considèrent ce point comme non important voire faux. Une image analogue se retrouve pour les problèmes de maladies.

Un point de controverse surtout chez les agriculteurs est celui de l'offre en conseil. Plus de 50 % des agriculteurs enquêtés sont d'avis que la trop faible offre de conseil est une raison importante ou assez importante qui jouent contre le développement des TSL tandis que presque 40 % des exploitants considère ce point comme peu important ou même considèrent cette affirmation comme fausse. 35 % des agriculteurs considèrent toujours qu'il existe trop peu de connaissances scientifiques dans ce domaine. 20 % de leurs collègues ainsi que 20 % des prescripteurs considèrent cette affirmation comme fausse. Ce point apparaît comme important pour un seul des experts enquêtés.

Effet des caractéristiques du sol et des particularités du site pour la mise en œuvre des TSL

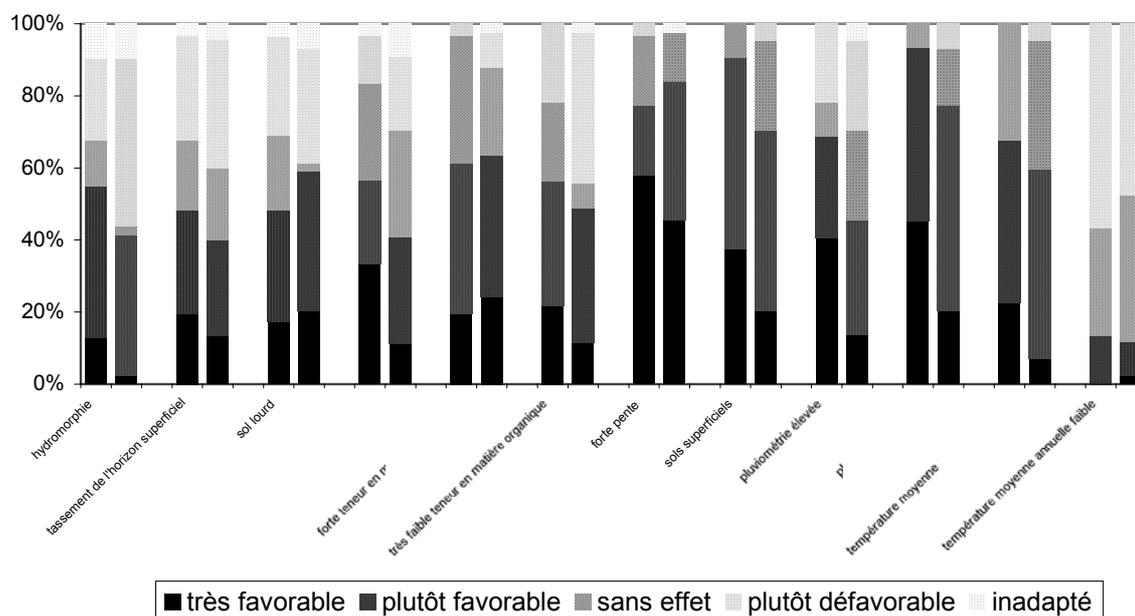


Figure 13 : effets des caractéristiques du sol et des particularités du site pour la mise en œuvre des TSL

Selon l'avis de plus de 50 % des agriculteurs, les sites sensibles à l'excès d'eau sont favorables pour l'abandon du labour tandis que 30 % des autres praticiens enquêtés considèrent ces sites comme plutôt « peu » ou « pas » du tout appropriés. Ce dernier avis est majoritairement partagé par 65 % des prescripteurs chez qui l'on retrouve toutefois aussi presque 35 % qui estiment le non labour comme plutôt avantageux pour ce type de situation.

Pour les autres caractéristiques de sol, les différences dans les appréciations à l'intérieur des deux groupes sont relativement fortes, tandis que les deux groupes d'enquêtés se prononcent en moyenne de manière analogue (par ex. pour des sols appréciés comme lourds, 50 % des questionnés des deux groupes considèrent les TSL comme avantageuses ou favorables, tandis que plus de 30 % pensent que ces sites sont défavorables ou totalement inadaptés au non labour).

Respectivement 70 à 95 % des agriculteurs voient un avantage à pratiquer le non labour dans des conditions de précipitations extrêmes : très fortes ou très faibles. Les experts sont en moyenne un peu plus sceptiques mais la majorité voit aussi un avantage à pratiquer les TSL dans de telles situations de pluviométrie extrêmes.

Dans le cas de figure « faible température moyenne », seulement 3 agriculteurs et un prescripteur considèrent que l'on aurait avantage à pratiquer les TSL. Ce résultat est cohérent avec les communiqués retrouvés dans les publications spécialisées qui considèrent que les sites où les sols se réchauffent lentement sont plutôt mal appropriés pour la mise en œuvre de TSL.

Evolution à long terme des paramètres suivants suite au passage aux TSL

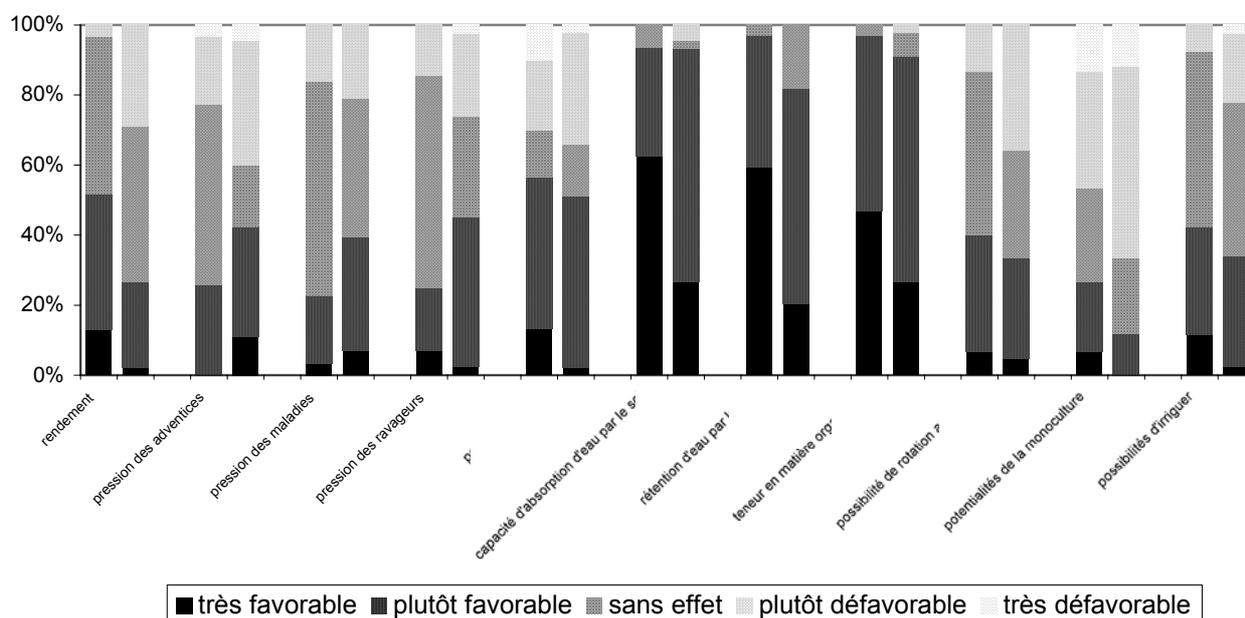


Figure 14 : évolution à long terme de caractéristiques lors de la mise en oeuvre des TSL

Plus de 50 % des agriculteurs et 30 % des experts attendent à long terme un effet favorable ou très positif sur le rendement des TSL. Seulement un des praticiens mais 30 % des prescripteurs attendent plutôt une dégradation.

Pour ce qui concerne l'évolution de la pression en mauvaises herbes, les prescripteurs sont plus optimistes que les agriculteurs chez qui cependant presque 30 % attendent un effet positif des TSL. Toutefois 20 % des agriculteurs sont convaincus d'une évolution défavorable ainsi que 30 % des experts. Pour 50 % des agriculteurs questionnés, l'abandon du labour dans le travail du sol n'aura pas d'effet sur la pression en adventices.

Les critères pour lesquels il est attendu une évolution positive de manière nette et majoritaire sont les améliorations de la réserve en eau du sol et de sa capacité d'absorption ainsi que la teneur en matière organique.

Pour les domaines maladies et ravageurs, on retrouve la totalité de l'éventail de réponses possibles de très avantageux à plutôt défavorable. Dans les deux cas, plus de 50 % des praticiens ne constatent pas d'avantage ni d'inconvénient, alors que 25 à 30 % mentionnent une évolution positive et 15 à 20 % une évolution négative..

Les résultats présentés dans le graphique se rapportent à la totalité des maladies et des ravageurs.

A ce niveau de l'enquête, il était possible de faire mention d'une réponse distincte entre les maladies et les ravageurs particuliers

Les maladies les plus souvent nommées sont les fusarioses et les autres maladies fongiques. Ce point qui fait actuellement l'objet de discussions et de controverses entre les agriculteurs, les services du conseil, les organismes économiques et les instituts de recherche, a été appréhendé avec soin dans le projet et est détaillé dans les autres parties. Chez les ravageurs, les limaces et les souris sont les plus cités des deux côtés du Rhin. Du côté alsacien, on cite aussi à plusieurs reprises les rongeurs et les sangliers.

La question des cultures adaptées et non adaptées aux TSL était formulée de manière ouverte avec un champ de réponse (des réponses multiples étaient possibles, le total en haut de colonne mentionnant le nombre de participants de chaque groupe).

Il ressort de l'enquête un avis positif pour le blé d'hiver et nombreux sont ceux qui ont désigné toutes les céréales à paille comme adaptées aux TSL. L'orge a été nominativement citée uniquement par des enquêtés français et ceci à 4 reprises par des praticiens et par de nombreux experts. Du côté D, 11 enquêtés ont mentionné l'orge et en particuliers l'orge de printemps comme non adaptée alors que du côté F aucun agriculteur ni aucun expert ne s'est montré critique sur l'aptitude de cette culture aux TSL. Les déclarations critiques allemandes recourent les publications, entre autres les résultats de la série d'essais sur le travail du sol conduite en Bade Wurtemberg, dans lesquels la culture de l'orge de printemps procurait de très mauvais résultats.

Pour le maïs, on retrouve au total 30 avis positifs partagés des deux côtés du Rhin, mais du côté F on retrouve toutefois 7 prescripteurs qui mentionnent le maïs comme une culture défavorable à la mise en œuvre des TSL.

Pour le colza et la betterave à sucre, on retrouve des avis partagés entre très critique et positif.

Les tableaux 11 et 12 suivants donnent un aperçu des réponses.

Tab 11 : cultures adaptées au travail du sol sans labour

Culture adaptée	Total = 26	Total = 20	Total = 19	Total = 12
	Experts D	Agriculteurs D	Experts F	Agriculteurs F
Toutes	4	4	0	1
Maïs	12	4	8	6
Céréales d'hiver	18	6	19	9
Colza	7	2	9	4
Orge	0	0	4	4
Bett. À sucre	10	0	6	1
Légumineuses	6	0	2	0

Tab. 12 : cultures inadaptées au travail du sol sans labour

Culture inadaptée	Total = 26	Total = 20	Total = 19	Total = 12
	Experts D	Agriculteurs D	Experts F	Agriculteurs F
aucune	0	0	0	4
Maïs	1	0	7	2
Colza	5	0	0	0
Pomme de terre	5	0	9	0
Légumes	4	0	5	0
Orge	4	1	0	0
Orge printemps	4	2	1	0
Betterave à sucre	0	1	8	1
Tabac	0	0	4	1

2.2.6 Différences transfrontalières de perception entre les groupes enquêtés

- Effets sur les nitrates

La réduction des pertes de nitrates est une raison importante à l'introduction des TSL pour les acteurs allemands aussi bien pour les prescripteurs que les praticiens, alors que les agriculteurs français mais aussi les prescripteurs locaux n'attribuent à cet argument qu'un rôle secondaire.

- Effets sur les rendements et les revenus

Les enquêtés F attribuent également une valeur plus faible aux arguments « plus forts rendements » et « meilleur revenu de l'exploitant » comme raison pour l'abandon du labour. La moitié des prescripteurs français considèrent l'argument « amélioration du rendement » comme faux. De même 25 % des prescripteurs F tiennent l'argument de la progression du revenu de l'exploitant et de l'amélioration de sa régularité (meilleure compensation les années extrêmes) comme faux. Les praticiens français sont un peu plus positifs dans leur appréciation sur ce point du revenu mais ils n'ont jamais déclaré ce point comme très important.

En Allemagne, 10 % des praticiens et 20 % des experts voient dans l'augmentation du niveau et de la stabilité de revenu un argument très important pour l'abandon du labour. Toutefois 45 % des experts D considèrent l'affirmation d'une augmentation des rendements par les TSL comme inexacte, alors que 25 % des questionnées du même groupe tiennent ce point pour assez important à très important. Dans les deux pays, 10 % des praticiens déclarent ce point comme faux.

Selon 20 % des agriculteurs et prescripteurs F, la diminution des rendements est un frein assez ou très important pour la mise en œuvre des TSL. Cet avis est partagé par 40 % des prescripteurs D. D'un autre côté, 55 % des praticiens allemands et 25 % des prescripteurs considèrent cette affirmation que les rendements sont plus faibles en TSL comme inexacte.

- Faisabilité de la monoculture de maïs et de l'irrigation

Pour ce qui concerne la possibilité de développer les TSL en système de monoculture de maïs, on retrouve des avis sceptiques surtout du côté F et surtout chez les agriculteurs. Ce scepticisme est aussi relevé du côté D mais pas dans une même proportion. Pour la question de l'évolution du tassement du sol, on est beaucoup plus critique côté F que côté D. Le renvoi au niveau des différences de la profondeur de travail du sol a déjà été fait en lien avec la portance des sols.

Pour l'irrigation, les experts D et les praticiens F et D voient des avantages aux TSL alors que les experts F sont plutôt sceptiques pour ce point.

- Evolution des pressions en adventices, maladies et ravageurs

Dans les domaines des maladies, des ravageurs et de la pression en mauvaises herbes, les agriculteurs F et avant tout les prescripteurs F voient de sérieux inconvénients aux TSL, tandis que leurs collègues agriculteurs D ne constatent pas d'incidences. Les experts D comptent également plutôt sur une dégradation dans ces domaines.

- Représentation de long terme

Côté D, les experts et les praticiens voient à long terme une évolution favorable à très positive d'une application de TSL convenablement réalisée pour les aspects gestion du travail et effet sur l'environnement. Du côté F, à côté d'une forte majorité d'avis positifs des prescripteurs et des agriculteurs pour ces deux points, il y a également qui s'attendent à un développement défavorable de la situation au niveau de la gestion du travail (10 % des agriculteurs et 20 % des prescripteurs). De plus, 15 % des prescripteurs F considèrent que sur le long terme le non labour ne s'avérera pas positif pour les effets sur l'environnement. Cette position n'est partagée par aucun enquêté allemand.

2.2.7 Conclusions tirées des déclarations partiellement divergentes entre experts et agriculteurs

On peut remarquer en comparant les réponses des avis divergents pour quelques questions entre agriculteurs et experts. Il apparaît avant tout que dans la plupart des domaines, les tendances sont analogues et que les praticiens se montrent plus positifs que les experts. Un résultat de recherche en 2003 sur les champs d'essais et la pratique des TSL est que, surtout pour ce qui concerne les rendements en non labour, les expériences pratiques semblent couronnées de plus de réussite que la recherche. On peut avancer des pistes d'explications.

La recherche bibliographique et les échanges avec les expérimentateurs ont mis en évidence que souvent dans les essais, pour des raisons de comparabilité (toutes choses égales par ailleurs), on applique des règles de décision inadaptées et des conditions d'expérimentations qui ne permettent pas des états optimaux pour les variantes sans labour. Une adaptation aux besoins des cultures et une réaction rapide n'ont pas toujours été assurées.

Un large consensus règne au niveau du constat que la conduite de culture en TSL nécessite un suivi et des observations plus intensifs et soignés. Cet avis est surtout exprimé par les prescripteurs.

Des observations fréquentes sont la base d'une adaptation et d'une intervention rapide (par ex. la lutte contre les limaces, une protection fongicide encadrant la floraison du blé en conditions humides favorables à la fusariose...). Cette possibilité de réaction et d'adaptation n'est pas toujours assurée dans la conduite des essais.

Une solution possible serait la mise en œuvre pour la conduite des essais d'un vrai système de décision évolutif en fonction des événements tel que cela est le cas pour les essais du projet ITADA 03 : « production de maïs durable dans la plaine du Rhin supérieur : conception et évaluation approfondie de systèmes de culture ». Des règles de décision pré-définies permettent une comparaison des systèmes de culture sans écarter une réaction du responsable de l'essai aux exigences propres aux différentes variantes testées.

De plus, dans certains essais, il n'a pas toujours été possible de travailler avec des outils et des techniques optimales pour des raisons d'organisation et parce que le matériel n'était pas toujours disponible sur site.

Tous les points exposés pourraient avoir conduit à des résultats dans les essais qui ne sont pas bien représentatifs pour les rendements des TSL, de meilleurs résultats pouvant être atteints par les agriculteurs plus flexibles et réactifs vis à vis des besoins des cultures et des systèmes de culture. Les publications de résultats d'essais conduits sous de telles conditions pourraient alors jouer un rôle de dissuasion pour les prescripteurs comme pour les exploitations intéressées par la conversion aux TSL.

3 ENQUETES SUR LES PRATIQUES DES AGRICULTEURS EN TECHNIQUES SANS LABOUR DANS LE RHIN SUPERIEUR

3.1 Qui sont-ils , Comment travaillent-ils ? Avec quels résultats ?

3.1.1 Méthodes

3.1.1.1. L'échantillonnage

L'échantillonnage réalisé a pour but de réaliser une trentaine d'enquêtes parmi cette population de cent agriculteurs environ en recherchant la diversité :

➤ des conditions pédoclimatiques avec le choix d'une à deux exploitations par petite région naturelle alsacienne, à partir d'une lecture de paysage permise par l'utilisation des « Guides des sols » édités par l'ARAA.

➤ des systèmes d'exploitation avec des grandes cultures, des cultures spéciales annuelles ou pérennes, des élevages avec des types d'animaux différents.

Les limites de l'extrapolation des résultats sont ainsi précisées et les références collectées couvrent une large gamme de situations.

3.1.1.2. La méthode d'analyse du fonctionnement des exploitations

L'analyse du fonctionnement de chaque exploitation agricole permet de connaître le cadre d'exploitation dans lequel se pratiquent les Techniques culturales Sans Labour (TSL) et les points déterminants du choix des TSL d'après la finalité stratégique des agriculteurs. La méthode utilisée est celle de l'Approche Globale de l'Exploitation Agricole (AGEA).⁴ Elle correspond à « l'étude d'un complexe de décisions et d'actions qui sont le fait de personnes agissant dans un environnement en vue de satisfaire les finalités fixées à cette exploitation ». L'exploitation est perçue comme un système, c'est à dire un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but fixé par l'agriculteur et sa famille.

L'AGEA s'organise autour de plusieurs thèmes :

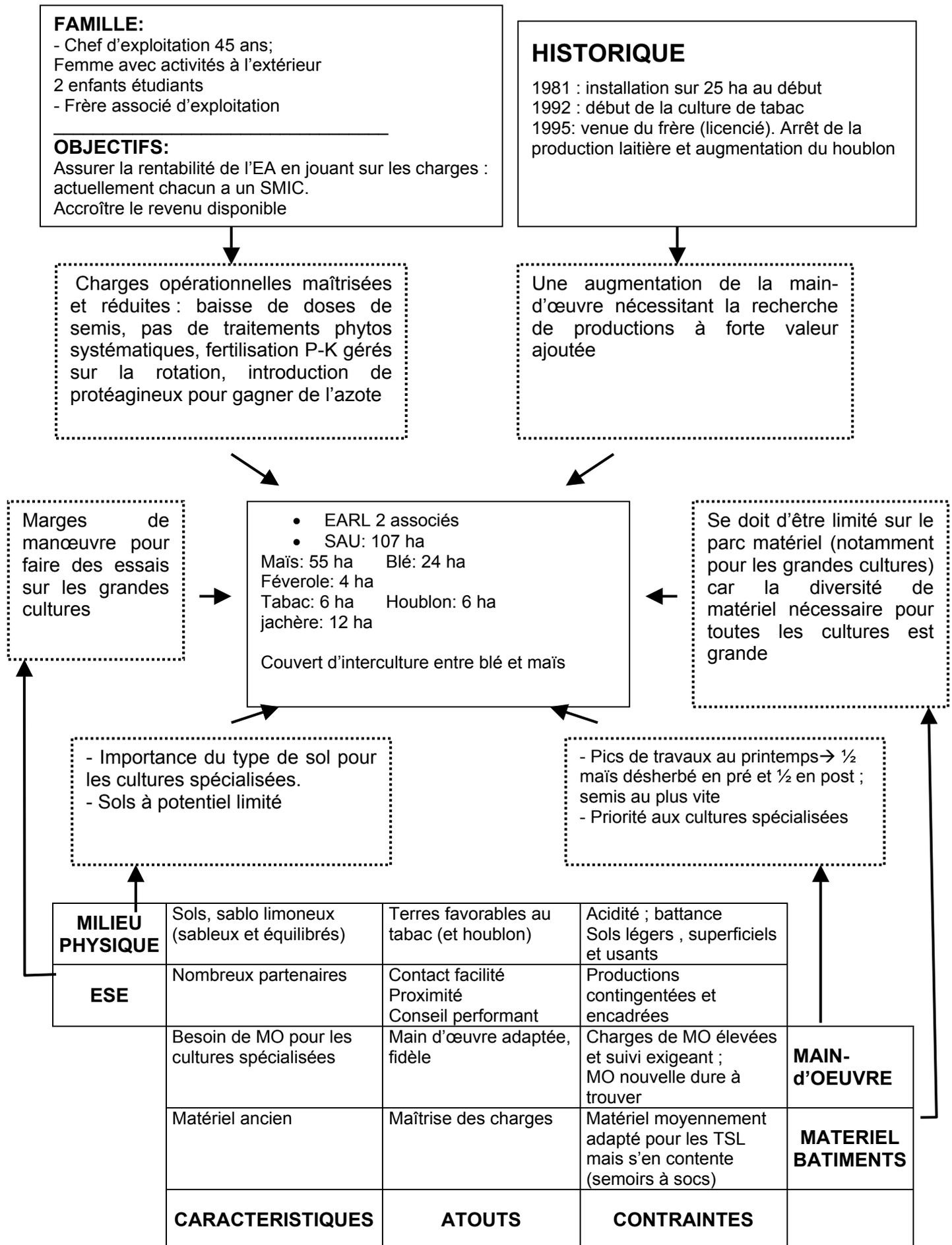
- Description générale de l'exploitation
- Atouts et contraintes du système de production
- Objectifs et stratégies des agriculteurs à travers leurs choix de production en particulier sur les niveaux de productivité et d'intensification de leurs cultures

L'entretien est conduit de façon à préciser la place des TSL dans l'évolution générale de l'exploitation (changements de stratégies ; taille et structure de l'exploitation ; évolution des types de culture, de leurs surfaces et de leurs conduites ; évolution des ateliers animaux) et dans les projets actuels.

L'analyse de chaque exploitation aboutit à la réalisation d'un « portrait » de l'exploitation qui correspond en fait à son schéma de fonctionnement (figure 15 p 49). Le système de production (au centre) découle des objectifs de l'agriculteur et de sa famille (partie supérieure). Les stratégies mises en place par l'agriculteur pour atteindre ses objectifs restent soumises aux atouts et contraintes des facteurs de production et à l'environnement socio-économique de l'exploitation (partie inférieure).

⁴ BONNEVIALE J-R., JUSSIAU R., MARSHALL E., 1989, *Approche globale de l'exploitation agricole*, INRAP, 329p

Figure n°15 : Schéma de fonctionnement fictif
 « Simplifier les grandes cultures pour accorder du temps aux cultures spéciales »



3.1.2 Résultats

3.1.2.1 Les exploitations enquêtées dans le paysage

3.1.2.1.1 Echantillon

Trente-sept exploitations pratiquant les TSL ont été enquêtées : 21 du côté français ; 16 du côté allemand. Une des exploitations ne pratiquant plus le NL a été insérée afin de connaître les motivations de son arrêt (19). Dans la suite du travail, un nombre mentionné entre parenthèses identifie l'exploitation enquêtée. Le tableau 16 p 74 présente les principales données sur les exploitations. Les activités des agriculteurs sont très diverses. Cela permet de prendre en considération les contraintes de chaque catégorie. Dix-huit agriculteurs font exclusivement des grandes cultures, huit des cultures spéciales et onze des productions animales. Le nombre d'unités de travailleur humain (UTH) permanentes requis est différent. Ainsi le rapport ha SAU/UTH est de 101 pour les premiers, 44 pour les seconds et 73 pour les derniers. Trois agriculteurs sont des double-actifs au sens juridique (17 ; 18 ; 20). Treize exploitations ont une activité complémentaire : compostage (21 ; 24 ; 33), travail du sol en Non-Labour NL (2 ; 14 ; 26 ; 27 ; 31) et en labour (3 ; 20), moissons (10 ; 19 ; 32), transport de céréales (27), travaux publics (14). Quatre exploitations sont en agriculture biologique dont deux sans élevage (7 ; 24 ; 25 ; 31).

Il apparaît à posteriori que l'échantillon constitué représente environ 40 % de la population composée par les agriculteurs en NL connus des services du conseil, ce qui lui donne une certaine puissance.

3.1.2.1.2 Représentativité de la diversité des systèmes d'exploitation alsaciens et badois ?

L'outil utilisé est la typologie alsacienne.

Répartition dans les familles

Une proportion plus importante d'exploitations diversifiées ...

- Les exploitations de la famille « diversifiée » sont bien représentées : elles représentent 32 % des exploitations de l'échantillon contre 10% dans la typologie alsacienne.
- Les familles « cultures » et « bovine » sont sous représentées dans l'échantillon.
- Il n'y a pas d'exploitations ovines dans l'échantillon.

... et des surfaces d'exploitation similaires entre les familles

- La répartition de la SAU globale dans les familles donne le même résultat que la répartition des exploitations. Ainsi, par exemple la famille « cultures » regroupe 49 % des exploitations et 48% de la SAU totale de l'échantillon. En Alsace, les exploitations laitières concentrent plus de surfaces que la moyenne des exploitations alsaciennes et les exploitations de grandes cultures moins de surface.

- La surface moyenne des exploitations de l'échantillon oscille entre 113 ha et 121 ha selon la famille considérée. L'amplitude est donc très faible.

Il s'agit maintenant de présenter chaque famille avec en italique la dénomination de la catégorie ou du type donnée dans la typologie, et entre parenthèses l'abréviation correspondante entre guillemets et les critères permettant de délimiter chaque catégorie.

Résultats par famille

Famille « cultures » :

En Alsace, les *très petites structures* (« CTPS » avec SAU de moins de 16 ha) représentent 58 % des exploitations de la famille « cultures ». Aucune exploitation de l'échantillon n'appartient à cette catégorie. Par contre les *cultures grandes structures* (« CGS » avec une SAU minimum de 60 ha) représentent 17% des exploitations de la typologie contre 89% pour l'échantillon et 97% de la

SAU de cet échantillon. Les 11 % restants (soit deux exploitations sur dix-huit) font partie des *petites structures* (« CPS ») qui ont moins de quarante hectares.

Dans la catégorie « *grandes structures* », les *polyculteurs* (« CGS POLY » avec moins de 40 % de maïs dans la SCOP hors gel) sont bien représentés alors que les maïsiculteurs irriguant sont peu représentés (« MMI » et « DMI » avec plus de 65 % de la surface irriguée). Les *non irriguants en monoculture de maïs* (« MMNI » avec plus de 95 % de la sole en maïs) ou à *dominante maïs* dans l'assolement (« DMNI » avec moins de 95 % de la sole en maïs) sont mieux représentés.

Concernant la part du maïs dans la SAU, elle est un peu plus faible pour l'échantillon : 55% contre 65% pour la famille « cultures », 54% contre 70% pour la catégorie *grandes structures*. Cela s'explique par des surfaces en maïs relativement plus faibles chez les non-irriguants (« DMNI » et « MMNI »).

La surface par unité de main d'œuvre (traduite par le rapport SAU/UTH) est nettement plus élevée pour l'échantillon : 100 ha/UTH contre 59 ha/UTH pour la catégorie « grandes structures » et pour chacun des types.

Les exploitations de l'échantillon sont plus grandes, plus intensives en terme de charge individuelle de travail et avec une sole de maïs plus faible.

Famille « diversifiée »

La famille est divisée en deux catégories : les *cultures spéciales* (« CSPE ») et les *diversifications animales* (« DIV »).

Les *cultures spéciales grandes structures* (« CSPEGS » avec plus de 60 ha de SAU) représentent 24% des exploitations de la typologie contre 58% pour l'échantillon soit 7 exploitations sur les 8 qui font partie de la catégorie *cultures spéciales*. Les différents types en diversification animale (porcs, poules, poulets, chevaux) ne sont représentés à chaque fois que par une seule exploitation ; leurs résultats sont donc difficilement extrapolables.

Dans le type *cultures spéciales grandes structures* (« CSPEGS »), les exploitations de l'échantillon ont une SAU, une part de maïs dans la SAU et un rapport par SAU/UTH plus importants.

Par ailleurs, les surfaces en cultures spéciales sont plus grandes : 9 ha de tabac contre 4.7 ha ; 8 ha de houblon contre 1.3 ha. De même la taille des ateliers animaux est plus élevée : poulets, porcs, chevaux.

Les exploitations de l'échantillon cumulent donc des grandes cultures sur de plus grandes surfaces et davantage de productions spéciales tout en mobilisant moins de main d'œuvre.

Famille « lait »

Les *très grands quotas* (« TGQ » quota supérieur à 550000 litres, SAU supérieure à 120 ha et part de cultures de vente dans la SAU supérieure à 40%) représentent 4% des exploitations alsaciennes et 40% de l'échantillon qui est composé de 5 exploitations. La catégorie des *petits quotas* (quota inférieur à 80000 litres) n'est pas représentée dans l'échantillon (figure 5).

La catégorie *très grand quota* (« TGQ ») est marquée par une SAU moyenne légèrement plus faible pour l'échantillon (174 ha contre 181 ha) mais une sole en maïs plus forte (75 ha contre 63 ha). La moyenne des quotas est très inférieure pour l'échantillon : 496000 litres contre 699000 L pour les exploitations alsaciennes (figure 6).

La catégorie *grand quota* (« GQ ») est marquée par une SAU moyenne légèrement plus forte pour l'échantillon (92 ha contre 98 ha) mais une part de maïs nettement plus faible car les exploitations de l'échantillon sont l'une en agriculture biologique sans maïs et l'autre avec une surface en herbe importante. La moyenne des quotas est très équivalente (320000 litres).

Les exploitations de la famille « lait » se situent davantage dans la moyenne de leurs catégories respectives.

Famille « Viande bovine »

57% des exploitations alsaciennes appartenant à cette famille sont composées de troupeaux allaitants. L'échantillon est constitué de deux exploitations avec des *Taurillons Gros Troupeaux Grandes Surfaces* (type « TGTGS », plus de 80 ha et de 40 taurillons) comme le sont 4% des exploitations alsaciennes de cette famille.

L'échantillon est composé d'exploitations plus grandes en surface (115 ha contre 98 ha) et en production de taurillons (160 contre 95) mais avec des surfaces en maïs bien plus faibles (22

ha contre 49). Cela peut s'expliquer par le fait que ces exploitations sont allemandes et qu'à ce titre elles bénéficient d'avantages économiques particuliers liés au maintien des surfaces herbagères.

Conclusion : des exploitations en TSL de taille importante

Les exploitations enquêtées entrent majoritairement dans les catégories correspondant aux grandes structures respectives de chaque famille. Pour la famille « lait », les exploitations de l'échantillon se situent dans la moyenne des exploitations alsaciennes de chaque catégorie, voire même un peu en dessous. Pour les trois autres familles, « cultures », « diversifié » et « bovine », les exploitations de l'échantillon sont au-dessus des cœurs de cible et appartiennent à la partie haute de chaque catégorie et type. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées. Elles seront à démontrer par la suite.

- Les rapports SAU/UTH sont plus élevés dans l'échantillon. Le NL dégage du temps ce qui permet de réaliser davantage de travaux sur l'exploitation.
- Les surfaces d'exploitation importantes permettent de mieux amortir le matériel spécifique nécessaire au NL
- Les exploitations diversifiées sont les plus représentées preuve que la diversification permet de répartir les risques au niveau des différentes cultures.

.3.1.2.2 Typologie de fonctionnement des exploitations enquêtées

Les variables discriminantes

L'hypothèse d'origine est que les TSL sont liées à un type de fonctionnement particulier des exploitations. L'objectif du dépouillement est d'identifier des groupes d'exploitations dont la distinction se fait selon des critères pertinents. Ces variables discriminantes sont les suivantes :

- niveau d'exigences économiques de la famille en rapport avec la taille de l'exploitation (SAU), sa spécialisation (grandes cultures, autres productions), l'activité de l'épouse et les activités annexes à l'exploitation
- objectifs de l'agriculteur et de sa famille
- trajectoire de l'exploitation corrélée avec le NL (raison du passage et bénéfices engendrés par le NL).

Chaque groupe sera ensuite commenté sur un certain de nombre d'éléments de structure (productions), de fonctionnement et de pratique (façon de pratiquer le NL en relation avec les disponibilités en temps et en argent de l'agriculteur).

Sept groupes ont ainsi été formés.

Objectif	Groupe 1: « Rester agriculteur sur une petite structure »	Groupe 2: « Concilier activité non agricole et exploitation agricole sur une grande surface »	Groupe 3: «Dégager un revenu supplémentaire suite à l'arrivée récente d'un nouvel associé»	Groupe 4: «Maintenir la viabilité de l'EA en vue d'une transmission et maîtriser le travail»	Groupe 5: « Améliorer et stabiliser le revenu en optimisant un système de production diversifié »
Éléments du fonctionnement de l'EA	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitations de petite taille (< 60 ha) • Autres activités professionnelles • Stratégie de simplification 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitations de taille moyenne (> 85 ha), en polyculture • Activité extérieure, professionnelle ou non • Objectif: gain de temps 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrivée récente d'un nouvel associé • Priorité aux cultures spéciales • Objectif: limiter les charges sur les grandes cultures 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures spéciales et élevage • Objectif : viabilité économique et maîtrise du travail 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes exploitations (> 165 ha) en fin de phase d'agrandissement • Orientation sur l'élevage
Lien avec la pratique des TSL	<ul style="list-style-type: none"> • TSL participe à la stratégie de simplification • TSL sur toute la surface • Diversité des stratégies (propriété du matériel, orientation des productions) 	<ul style="list-style-type: none"> • TSL sur toute la surface • Conversion rapide aux TSL • Approche agronomique forte 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel traditionnel • Conversion rapide aux TSL • Modifications du système: couverts, rotation, protéagineux 	<ul style="list-style-type: none"> • Projets pas en lien avec les TSL • TSL pour des raisons agronomiques • Conversion très rapide, forts investissements en matériel 	<ul style="list-style-type: none"> • Projets pas en lien avec les TSL • TSL pour des raisons agronomiques • Conversion très rapide, forts investissements en matériel
Objectif	Groupe 6A: «Du temps libre pour des EA diversifiées, structurées avant les TSL»	Groupe 6B: «Les pics de travaux à gérer sur des grandes exploitations»	Groupe 6C: « Du temps pour les activités annexes aux grandes cultures»	Groupe 7: « s'agrandir sinon développer l'activité d'entreprise »	
Éléments du fonctionnement de l'EA	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitations familiales de taille moyenne à grande(> 90 ha) • Diversification animale et cultures spéciales • Objectif: Temps libre et temps pour les productions animales 	<ul style="list-style-type: none"> • (Très) grandes exploitations (135 à 307 ha) • Grandes cultures et cultures spéciales • Peu de main-d'oeuvre • Objectif: faire le travail dans les temps 	<ul style="list-style-type: none"> • Ateliers animaux et ETA • Objectif: simplification du travail sur les grandes cultures 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitations de taille moyenne (> 78 ha) • ETA systématique • Objectif: agrandir l'EA 	
Lien avec la pratique des TSL	<ul style="list-style-type: none"> • Gain de temps est la raison du passage aux TSL • NL partiel par appréhension du risque • Recul moyen sur les TSL 	<ul style="list-style-type: none"> • TSL pour des motivations agronomiques • Gain de temps par les TSL • Pas de matériel spécifique systématique, TSL partielles 	<ul style="list-style-type: none"> • Gain de temps et baisse des charges ayant permis le développement d'activités • Matériel spécifique et travail rapide : débits de chantier élevés 	<ul style="list-style-type: none"> • TSL ont-elles favorisé l'agrandissement de l'EA ? • TSL total et ancien • Matériel très spécifique: suréquipement, sécurité sur les ITK 	

Tableau 13 : différents groupes d'exploitations enquêtées

Conclusions de la typologie :

Le NL ne concerne pas que des grandes exploitations mais aussi des petites (groupes 1 et 3). Seulement, les exigences économiques fortes de ces dernières les pousse à maîtriser les charges et à utiliser du matériel traditionnel. Ces exploitations sont aussi les plus disposées à adapter leur système d'exploitation dans le but de le simplifier et le rendre plus autonome, surtout si des activités supplémentaires soutiennent le revenu et mobilisent du temps.

Des structures importantes n'ont pas de stratégies rapides d'investissements : elles n'ont pas d'activités annexes à l'exploitation et le matériel traditionnel leur donne satisfaction malgré des craintes qui se traduisent par le maintien partiel du labour (groupe 6 classes 1 et 2).

Des agriculteurs qui ont des activités annexes importantes (double-activité ou entreprise) cherchent à gagner du temps sur leur exploitation qui est de taille conséquente. Ils mettent leur capacité d'investissement au profit du gain de temps : achat de matériel spécifique et débit de chantier élevé sur des systèmes de culture adaptés (groupes 2 et 6.3).

Plus que la capacité d'investissements des exploitations, c'est leur poids économique et la sécurité financière que fournissent des activités annexes ou d'autres productions de l'exploitation qui vont influencer d'une part le choix d'investissements dans du matériel spécifique et d'autre part les risques qui seront engagés dans la mise en place de l'itinéraire technique.

.3.1.2.3 Motivations du passage au non-labour

Pour chaque exploitation, une hiérarchisation des motivations a été réalisée du fait que dans la plupart des cas le passage au NL conjugué plusieurs objectifs.

Motivations du passage au non-labour

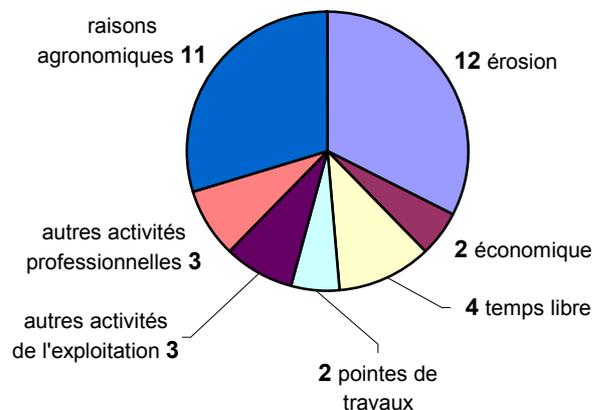


Fig. 16 : motivations du passage au non labour

Le poids de la localisation géographique pour les motivations agronomiques (groupes 4 ;5 et 6C)

Les raisons agronomiques ressortent très largement et en premier lieu le facteur **érosion**. Dix des douze exploitations concernées se situent dans des zones à collines et versants érosives. Les sols sont limoneux à structure instable. La couleur blanche en sommet de pente marque les zones touchées par les départs de terre arable. Quatre petites régions naturelles sont concernées en Alsace (Sundgau, Pays de Hanau, Kochersberg et Outre-forêt au Nord) et trois dans le Bade-Wurtemberg (Kraichgau, Kaiserstuhl, Neckar). Toutes les exploitations de ces zones, y compris celles qui ont adopté le NL initialement pour d'autres raisons, ont perçu les effets du NL sur l'érosion. Il est intéressant de noter que du

côté français les exploitations sont passées au NL après 1998, et majoritairement après 2000, date qui correspond au début de la médiatisation des phénomènes de coulées boueuses dans plusieurs villages alsaciens. Du côté allemand, la prise en considération de ces nuisances est bien plus ancienne : plus de onze ans dans tous les cas et plus de vingt dans trois cas (23 ; 33 ; 35). Les deux autres exploitations sont situées en zone de l'Ill soumise au risque d'érosion hydrique lors d'inondations et en terres sableuses sensibles à l'érosion éolienne (24).

Les autres raisons **agronomiques** sont diverses : les deux exploitations de la Hardt évoquent le faible taux de matière organique (1) et la faible vie biologique des sols (7). Même constat pour trois autres agriculteurs de la plaine Nord et du Sundgau (13 ; 17 ; 19). A noter que trois de ces derniers agriculteurs cités ont mis en relation le NL et leur intérêt pour l'agriculture biologique. Une trop faible décomposition de la matière organique en terres humifères et la recherche d'une meilleure infiltration d'eau en terres hydromorphes concernent les exploitations situées dans les plaines alluviales des différents fleuves, notamment du Rhin (15 ; 22 ; 25 ; 36).

Les motivations secondaires : le gain de temps (groupes 2 et 6A)

L'objectif de gain de temps n'est évoqué que pour les structures qui possèdent des surfaces relativement importantes en grandes cultures (environ 60 hectares minimum) et où le gain de temps peut être conséquent. Les exploitations du groupes 1 et 3 ne sont donc pas concernées.

Le NL a été adopté par quatre éleveurs pour consacrer du temps à d'**autres activités** de l'exploitation. Ils ont un travail d'astreinte quotidien (vaches laitières et poules, taurillons, porcs) et 70 hectares minimum de grandes cultures avec un assolement très diversifié (deux exploitations du groupe 6A). Deux céréaliers en maïs – blé sur 150 ha et plus cherchaient à gagner du temps pour gérer leurs **pointes de travaux** (16 ; 29). Trois céréaliers ont cherché à gagner du temps pour leurs activités professionnelles. Pour deux d'entre eux (18 ; 26), le gain de temps était une condition impérative pour continuer leurs deux activités vu qu'un agrandissement était prévu.

Deux exploitations sont passées au NL pour diminuer leurs charges : elles comptent 40 et 60 ha (14 et 31 du groupe 1).

Dans la grande majorité des cas (excepté 19), le NL a permis d'atteindre l'objectif qui lui était fixé malgré des échecs et des baisses de rendements pour certains. Cela concerne particulièrement les agriculteurs qui ont commis des erreurs d'intervention : passage en conditions non ressuyées aboutissant à des compactages et lissages.

.3.1.2.4 La phase d'adaptation au NL

.3.1.2.4.1 Les essais de première année

Afin d'accompagner les agriculteurs dans cette phase plutôt délicate, plusieurs éléments ont été approfondis dans les enquêtes du côté français : ce sont la durée de conversion et ses causes ; les essais réalisés au préalable ; les évolutions en surface et en matériel ; les freins majeurs.

Le matériel utilisé pour les premiers essais :

Quinze exploitations sur vingt et une ont utilisé du matériel traditionnel disponible sur l'exploitation, le plus souvent chisel et vibroculteur. Les limites apparaissent très vite : bourrage des outils à socs (semoirs, vibroculteurs) ; nivellement moindre, débit de chantier moyen, nombre de passages quasi équivalent, ravinement persistant.

Six exploitations ont fait leurs essais avec du matériel spécifique (dont quatre des cinq exploitations du groupe 4 et 5) : la charrue Perrein pour les trois qui l'ont adopté ; un Disc'o mulch (5), deux Horsch Sème-Exact (18 ; 19). Hormis pour 5 et 19, les essais ont été

réalisés car des opportunités de prêt de matériel par un voisin ou par le constructeur se sont présentées.

La surface travaillée la première année

Six agriculteurs ont expérimenté le NL sur toute la surface dont la moitié avec du matériel non spécifique (trois exploitations citées dans le paragraphe ci-dessus et trois exploitations des groupes 1 et 3). Y figurent des agriculteurs qui ne voulaient pas d'un système hybride (1) ou d'une installation qui impose le maintien du labour (7, 14), un agriculteur qui a connu une battance généralisée sur ses terres en 1998 (6) et deux agriculteurs qui ont acheté un matériel spécifique sans essais (5 ; 19). A contrario, quinze agriculteurs ont débuté le NL sur une partie de leur surface (faible surface le plus souvent).

Des essais sur des types de sols qui diffèrent selon la motivation du NL

Pour les agriculteurs ayant adopté le NL afin de lutter contre l'érosion ou pour des problèmes type battance ou faible décomposition de la matière organique dans les argiles humifères, le NL a été expérimenté directement sur les parcelles à problèmes le plus souvent avec du matériel traditionnel (sauf 10).

Pour les autres motivations, les critères sont différents : les surfaces d'essai ont été « les terres les plus faciles », c'est à dire les plus légères de l'exploitation (quatre agriculteurs) ; « les cultures d'hiver » (cinq agriculteurs) ; « les parcelles non rectangulaires » (deux agriculteurs) , « à l'abri des regards » (deux agriculteurs).

Finalement, c'est l'exigence de rapidité d'action et de résultats corrélée à la capacité d'investissement qui va déterminer la nature des essais conduits par l'agriculteur. Par exemple, un agriculteur qui veut gagner du temps grâce au NL va l'essayer sur une petite surface et sur les sols à priori les plus faciles à conduire en NL. A l'inverse, un agriculteur situé en zones érosives va mettre en place le NL sur les parcelles les plus sensibles quel que soit le type de sol. Et le matériel utilisé va dépendre de la prise de risque qu'il veut et peut prendre ou des opportunités de prêts qui se proposent. Les essais peuvent donc se faire avec du matériel traditionnel sur les parcelles concernées par un problème spécifique ou sur de petites surfaces à priori les plus simples à conduire en NL pour limiter les risques et entamer un apprentissage de la technique.

.3.1.2.4.2 Durée de la conversion

Plusieurs facteurs de durée

Les conversions les plus longues (10 ans) concernent avant tout les agriculteurs qui ont des cultures spéciales : la betterave et surtout la pomme de terre paraissent être les cultures les plus difficiles à gérer car leur exigence de structure affinée sur 15-20 cm de profondeur est forte. Du côté allemand, plusieurs exploitations pratiquent le NL depuis plus de 20 ans mais où le labour et le non-labour coexistent dans la succession des cultures (blé en NL et maïs en labour).

D'autres freins sont relevés : les terres argileuses et la monoculture de maïs. Ils sont abordés plus loin.

Tab. 14 Evolution en matériel et en surface

Evolution en matériel \ en surface	rapide (tout en 2 ans)	lente
rapide (investissement dans les 2 ans)	10 exploitations : 2 ; 14 ; 19 ; 21 ; groupe 2 (8 ; 18 ; 20) groupe 5 (5 ; 10) ;	Aucun cas
lente	4 exploitations : 17, groupe 3 (6 ; 7 ; 12 ;)	7 exploitations : 3 ; 4 ; 13 ; groupe 6A (9 ; 11) ; groupe 6B (15 ; 16)

Ces évolutions sont à mettre en relation avec plusieurs facteurs : la capacité d'investissement des exploitations et la prise de risque que veut bien prendre l'agriculteur (en lien avec l'idée qu'il faut ou pas du matériel spécifique pour faire du NL et avec la perception qu'il a des perspectives de réussite pour certains types de sol).

Deux années sont souvent nécessaires pour juger de l'opportunité de l'achat de matériel spécifique : premiers résultats du NL ; recherche éventuelle des matériels existants les plus adaptés. Dès qu'un investissement est réalisé, il s'agit de le rentabiliser donc l'évolution des surfaces en NL suit. Les exploitations des groupes 2 et 5 ont des évolutions simultanées rapides : elles ont une capacité d'investissement confortable à la base. Le matériel acheté pour lutter contre l'érosion est utilisé sur toute l'exploitation. Le groupe 3 comme l'exploitation 17 ne peuvent ou ne veulent pas investir vue la faible capacité d'investissements et la faible importance des cultures de vente. Pourtant les surfaces passent rapidement en NL intégral car l'enjeu est moindre. Par ailleurs, leur matériel traditionnel leur apporte entière satisfaction.

Enfin hormis la 3 (qui est la seule en NL total), les exploitations du dernier groupe (caractérisé par des évolutions lente en matériel et en surface) auraient pu investir les deux premières années mais elles le font plus lentement car elles appréhendent davantage le risque et ne sont pas dans les zones les plus érosives. L'utilisation de matériel peu spécifique (semoirs à disques au minimum) est encore très généralisée. Elle peut constituer un frein dans l'application sur toute la surface à cause des terres argileuses qui se ressient trop peu au printemps (4 ; 9 ; 16) ou de la monoculture de maïs (11). Mais l'utilisation de matériel spécifique au NL n'est pas perçue comme une solution dans les sols argileux. Au contraire, les techniques les plus simplifiées comme le semis direct sont considérées comme les plus périlleuses (défaut de réchauffement, lissages, manque de terre fine, pertes et échelonnement à la levée).

Les pratiques du NL stabilisées ?

Seule la moitié des agriculteurs a fourni une réponse positive. Il faut souvent attendre dix années pour trouver un système adapté (couverts, matériel, conditions de passage d'outils), moins pour ceux qui ont eu une approche agronomique forte ou qui ont mis beaucoup de moyens pas uniquement financiers. Des exploitations passées en NL pour les cultures d'hiver ont attendu dix à quinze ans avant de s'adapter pour le maïs (26). D'autres n'ont pas trouvé les bonnes techniques pour conduire le maïs en terres argileuses dans ce laps de temps (9 ; 16 ; 35 ; 37).

.3.1.2.4.3 Facteurs d'échecs liés à cette phase de conversion

Il est possible de replacer les deux exploitations de l'échantillon qui ont rencontré des problèmes de structure du sol non résolus à ce jour (5 ; 19) ce qui a poussé un des agriculteurs à stopper le NL. Les agriculteurs ont cumulé plusieurs facteurs d'échec: l'absence d'essais partiels ; l'utilisation d'un matériel spécifique sur toute la surface dès la

première année ; l'achat de ce matériel sans essais partiels préalables ; enfin l'idée que le matériel fait le NL.

Il apparaît à l'occasion de cette enquête que l'expérience forgée la première année est sans aucun doute très enrichissante pour apprécier les mécanismes mis en jeu lors de l'arrêt du labour. Il n'est en aucun cas nécessaire pour cela de disposer de matériel spécifique.

.3.1.2.4.4 La nécessité des mesures d'accompagnement

Accompagnement technique

La phase de conversion au NL est très délicate à gérer car les références des agriculteurs qui l'essaient pour la première fois ne sont basées que sur l'expérience du labour (frein psychologique lié à la « propreté du champ », notion qui est revenue plusieurs fois). Pourtant de la réussite partielle de cette première expérience (traduite souvent par une baisse contenue du rendement) va souvent dépendre la persévérance de l'agriculteur dans sa démarche. Et nombreux sont les agriculteurs qui mettent en avant le rôle de soutien du technicien (pas uniquement technique) ou qui au contraire déplorent s'être forgés seuls leurs expériences avec beaucoup d'incertitudes et peu de conseils pertinents apportés. D'ailleurs certains agriculteurs estiment que l'image négative du NL provient d'expériences malencontreuses qu'ont connu certains agriculteurs qui ont fait des essais indépendamment de tout suivi.

Accompagnement financier

Vingt et un agriculteurs ont bénéficié d'aides au passage au NL dans le cadre des CTE NL (8/21) ou du programme MEKA (13/16). Côté français, certains agriculteurs ont bénéficié d'une prise en charge de 30% de l'investissement en matériel spécifique, de compensations financières sur le nombre d'hectares passés en NL et liées aux risques encourus et aux pertes de rendement, de compensations financières pour la mise en place de couverts végétaux. Côté allemand, l'investissement n'est pas aidé directement. Le montant de ces aides et l'enjeu que représente le passage au NL pour une exploitation agricole freineraient les agriculteurs qui ne voudraient faire du NL que par simple opportunisme économique.

Plusieurs agriculteurs ont relevé le caractère indispensable de ces aides pour le maintien de la santé financière de leur exploitation, notamment dans les zones d'érosion où des agriculteurs ont entrepris la mise en place rapide de mesures de lutte et consenti des efforts financiers pour investir dans le matériel qui leur paraissait répondre au mieux à ces objectifs.

Toutefois, certains antagonismes dans ces mesures mettent en lumière la difficulté de soutenir équitablement les agriculteurs. Les éleveurs de porcs allemands qui conservent leurs céréales pour l'alimentation des animaux ont difficilement accès aux mesures de MEKA concernant le NL car le contrat oblige de limiter le nombre de traitement fongicide à un seul. Or les porcs étant très sensibles à la présence de mycotoxines, les éleveurs préfèrent assurer la qualité sanitaire de leurs aliments en faisant deux traitements anti-fusariose (d'autant que les discours actuels des collecteurs et des fabricants d'aliments suspectent le NL de favoriser le développement des mycotoxines).

Côté français, des agriculteurs ont réalisé des investissements pris en charge par le CTE « NL ». Mais pour mieux amortir ce matériel, il leur faut faire de la prestation auprès d'autres agriculteurs. Or le conseil général du Bas-Rhin propose les mêmes prestations à des prix bien plus faibles (35 €/ha), perçues comme une concurrence déloyale. A l'avenir, un Contrat d'Agriculture Durable (CAD) « érosion » est prévu. Contrairement aux CTE « NL » qui dans l'application étaient ouverts à tout agriculteur, les exploitations qui pourront bénéficier du CAD devront se situer dans les zones à risque délimitées par le GERPLAN dans le Haut-Rhin ou dans une des quatorze communes définies comme particulièrement

sensibles dans le Bas-Rhin (sur les cent vingt communes sensibles répertoriées). Or le retard pris par les communautés de communes sur le dossier des GERPLAN laisse à penser que le CAD érosion ne sera pas opérationnel dans les prochains temps. Quoi qu'il en soit, le CAD tel qu'il est imaginé pour l'instant pourrait bien créer des distorsions entre agriculteurs situés dans les zones à risques d'érosion et les autres, notamment lorsqu'il s'agira d'effectuer des prestations auprès d'autres agriculteurs pour amortir au mieux le matériel.

.3.1.2.5 Les effets du NL

Dans ce paragraphe sont présentés et commentés les thèmes abordés dans la dernière partie du questionnaire. Les agriculteurs se sont exprimés plus ou moins spontanément sur ces diverses questions. Il s'agit de repérer les bénéfices incontestables accordés au NL et les raisons pour lesquelles les points de vue sur un même thème divergent. Le deuxième chiffre de la fraction correspond selon les cas au nombre de réponses exploitables ou au nombre d'agriculteurs concernés par la question. Les commentaires sont illustrés par les dires des agriculteurs sous la rubrique « les chiffres avancés »

Tab. 15 : les effets du non labour

Effet constaté	Part de réponses positives	Commentaires
Economique		
baisse des charges liées à l'utilisation du matériel (fioul, main d'œuvre)	28/33	Les agriculteurs avancent spontanément et unanimement ce facteur positif du NL. La baisse des charges reste peu perceptibles pour les agriculteurs qui font du NL sur une surface de l'ordre de 20 ha (4; 13) et pour ceux qui rencontrent des déboires dans leur pratique du NL (5).
augmentation des charges liées à l'investissement	12/35	Ne sont concernées que les exploitations qui achètent du matériel spécifique (vingt exploitations). Huit d'entre elles ne jugent pas les charges d'investissement élevées: deux qui ont investi dans du matériel léger et porté (7, 11); six qui sont en NL depuis plus de 9 ans et ont amorti leur matériel. Malgré leur capacité de financement relativement aisée, plusieurs exploitations jugent les prix des matériels spécifiques exorbitants. <u>Les chiffres avancés</u> : il faut compter entre 150 et 200 ha/an pour amortir au mieux un matériel de semis ou un mulchtilleur sachant que le prix d'achat tourne autour de 27000 € avec de grandes disparités selon les marques et les tailles du matériel.
<u>Les chiffres avancés</u> : gain de 25 €/ha déchaumage remplacé par broyage (2 ; 22), +15 Litres de gasoil/ha et +50 CV en passant d'un travail superficiel à un travail profond (8) ; 30 L/ha de consommation déchaumage + semis direct avec 2 binages sans irrigation (14) ; 6 fois moins de gasoil Smaragd par rapport au labour ; gain global de 125 €/ha (36).		
Temps		
gain de temps libre	12/12	Pour les exploitations qui veulent consacrer du temps à leur famille (groupe 6A) et les exploitations qui laissent faire le travail du sol par entreprise (groupe 1). Plusieurs jugent qu'une partie du temps gagné sur le tracteur est reporté pour le suivi, les observations et les prises de décision.
gestion des pointes de travaux	9/13	Le NL apporte un plus pour les exploitations qui doivent réaliser un même travail dans un laps de temps très court: monocultures de maïs sur de grosses surfaces ; vendanges, récoltes de maïs et semis de blé ; semis de maïs et plantation de tabac. Par contre, quatre agriculteurs trouvent que les pointes de travaux sont accrues en NL car la fenêtre optimale d'intervention est limitée. Ce sont aussi des agriculteurs qui disposent de surfaces importantes et qui recherchent les conditions de sols optimales : conditions gelées (limons) ou ressuyées (limons et argiles) (5 ; 10 ; 15 ; 18).
du temps pour les autres activités de l'EA	10/13	Concerne les exploitations ayant d'autres activités sur l'EA: cultures spéciales et animaux (systématique en vignes quel que soit le système). Trois agriculteurs disent ne pas gagner de temps pour les autres activités car ils font beaucoup de passages ou n'ont pas de surface suffisante pour gagner assez de temps (40 ha et matériel traditionnel) alors que le gain existe pour ceux qui ont du matériel spécifique avec la même surface.

du temps pour les autres activités	15/15	Pour les exploitations des groupes 1, 6C et 7 qui font de l'entreprise
<p><u>Les chiffres avancés pour le gain de temps</u> : 1H50/ha avec charrue Perrein et mulchifier (1), 1H10/ha avec chisel + combiné au semis (3) ; 2H/ha avec landroller en trois fois (9), 1H/ha avec Smaragd et combiné au semis (15) ; 70% (26), 90% (14).</p>		
Agronomique		
lutte contre l'érosion	18/18	L'effet des TCSL est clair et incontestable quelle que soit la profondeur de travail et le type d'outil utilisé. C'est bien le facteur retournement qui est déterminant. Néanmoins, des ravines de moins de 5 cm de profondeur peuvent subsister sur limons en pente et limons argileux ou en zone inondable pour les parcelles qui ne sont pas en semis direct pur (4 ; 8; 11; 15).
infiltration d'eau	10/12	La stagnation d'eau en bas de pente disparaît dès deux-trois ans sur limons et argiles (1; 15; 16; 27; 29; 34). Deux agriculteurs évoquent aussi un bon ressuyage en argiles du Ried (14; 15). La continuité du profil lors des phases d'humectation et de dessèchement a été mesurée par les sondes tensiométriques d'irrigation en sol de Hardt (1).
résistance des sols au sec	11/11	Visible sur tout type de sol peu ou fortement séchant en été notamment en 2003 dès la 5 ^e année. <u>Les chiffres avancés</u> : le gain est estimé entre 5 jours en terres séchantes (12; 15) et 15 jours en terres limoneuses (10) de résistance du maïs au flétrissement par rapport aux voisins. Sur argiles du Ried, la dose d'irrigation a été diminuée (14).
portance	18/18	Effet le plus visible et le plus rapide (1 ^e année), quel que soit le type de sol. Les apports d'azote sur limons ou de fumier sur argiles lourdes sortie hiver se font sans tracer (20; 25).
facilité de travail du sol	11/14	Après cinq années environ, la structure de surface devient plus grumeleuse, moins dense et les mottes moins anguleuses (2; 3) pour arriver à un type de "semoule" (16). Le semis direct peut parfois poser des problèmes de pénétration des organes en terres argileuses (8; 2; 15).
meilleure structure	7/10	La stabilité du sol est accrue et visible lors des passages d'engins. Ce n'est pas forcément le cas les quatre premières années lorsqu'il y a du semis direct ou lors de compactages en profondeur.
résistance à la battance	7/7	Sur terres à dominante limoneuse, les résidus et la structure plus stable limitent la formation d'une croûte en surface.
plus de vers de terre	8/9	Mis à part en zones de forts tassements, la présence de vers est souvent citée dès la première année.
amélioration du taux de matière organique	2/2	Deux agriculteurs ont relevé une amélioration des taux de MO d'après les analyses de sol après 10 à 12 ans de NL en sables du Ried et dans la Hardt (1; 12). Elle serait de l'ordre de 1%.
Autre		
confort de travail	2/3	Accru pour un parcellaire de petite taille et mal découpé; pénalisé au début par la perte d'adhérence que fournissait le fond de la raie de labour (1) ce qui est rapidement compensé par la facilité de passage des outils. Les conditions de passage (ressuyage, gel) et le jumelage sont alors deux points importants (1; 3 ; 10).
rendement au moins égal	19/28	Il est souvent inférieur jusqu'à 10 % (même sans problème particulier de structure) pour des exploitations passées au NL depuis moins de quatre ans. C'est aussi le cas pour des exploitations qui avaient du recul sur blé en NL et qui ont passé le maïs bien après (20 ; 25). Plutôt en sols limoneux et indépendamment de la spécialisation de l'outil. Les rendements deviennent meilleurs en sols à problèmes: battance, hydromorphie, blocage de l'évolution de la matière organique, départs de terre (3; 14; 15; 35). La perte de rendement est souvent inévitable pendant les cinq premières années (large) mais ce dernier revient à son niveau par après sauf dans les cas de matériel non adapté (socs) ou de forte dégradation de structure. Certaines pratiques bien positionnées semblent permettre de limiter ces pertes de rendement : le décompactage en sables et limons (2 ; 8 ; 20); la reprise au printemps même en combiné au semis sur limons et argiles qui se réchauffent lentement (2 ; 17 ; 14).

Les agriculteurs sont unanimes sur l'efficacité du NL contre l'érosion. Les gains de temps sont surtout remarquables avec du matériel spécifique qui travaille superficiellement et rapidement (semoirs, néodéchaumeurs). L'accroissement des débits de chantier ainsi obtenu concerne avant tout les structures importantes, qui peuvent financer l'achat de ce type de matériel mais avec l'obligation dans la plupart des cas (moins de 200 ha travaillés par outil) d'étendre les surfaces exploitées donc de développer une activité d'entreprise ou de chercher à agrandir la surface de l'exploitation.

Les diminutions de charges sont peu souvent précisément évaluées: les pièces d'usure sont moins chères sur du matériel traditionnel utilisé en NL et l'usure est moindre pour les outils spécifiques que pour des socs de charrue ; le fioul est utilisé pour l'irrigation et les niveaux de remplissage des réservoirs entre deux travaux restent approximatifs ; le relevé des temps de travaux est perçu comme fastidieux et n'est pas disponible.

.3.1.2.6 Les résultats techniques du non-labour

.3.1.2.6.1 La pratique du NL : quel matériel pour quel résultat ?

Matériel de travail du sol utilisé : le matériel spécifique est-il généralisé ?

Par matériel spécifique il faut entendre outils et semoirs spécifiques de semis direct (à rotor horizontal, à disques et chasse-mottes plutôt rotatifs, à socs avec grand dégagement), charrue Perrein et néodéchaumeurs (disques, pattes d'oies). Douze agriculteurs utilisent du matériel traditionnel et vingt cinq du matériel spécifique. Parmi ces derniers, quatre font appel à l'entreprise intégralement (deux petites structures et deux plus grandes qui ont d'autres activités); un seul dispose du matériel en CUMA et cinq autres agriculteurs ne disposent pas de l'ensemble du matériel nécessaire et donc utilisent du matériel complémentaire provenant d'autres agriculteurs. Finalement, vingt agriculteurs disposent d'un parc matériel personnel pour le NL.

La moitié des agriculteurs est équipée de décompacteur (fissurer sur 20 à 40 cm), de herse rotative (affiner et désherber le futur lit de semences), de vibroculteur (niveler et ressuyer) ; un tiers de chisel (fissurer sur 10 à 20 cm de profondeur) et de covercrop (désherber, mélanger, enfouir) ; un quart de smaragd (en déchaumage pour mélanger terre et résidus). Trente trois agriculteurs ont un semoir à disques pour le maïs. Le semoir à céréales à socs équipe les structures de taille diverse qui ne veulent pas investir pour de petites surfaces en céréales et acceptent les limites de leur matériel (bourrages, hétérogénéité du semis). Les chasse mottes rotatifs équipent les semoirs à maïs de quinze agriculteurs français mais pas allemands pour une raison de coût qui varie du simple au double. Ils constituent souvent la seule adaptation effectuée sur le semoir à disques existant et portent entière satisfaction (régularité de semis, dégagement de la ligne de semis).

Les agriculteurs portent une attention particulière aux équipements permettant d'affiner les résidus : broyeur et répartiteur de paille ; broyeur sous bec ; broyeur machine ; rouleaux. Le broyage permet d'assurer une dégradation plus rapide des résidus ce qui occasionne moins de gênes pour les travaux du sol et de semis à suivre et constitue pour les agriculteurs une étape importante dans la lutte contre la pyrale.

La gamme des outils utilisables est donc relativement large. Il est possible de travailler avec du matériel de préparation traditionnel surtout lorsque les débris sont peu nombreux ou affinés et bien répartis. Pour les semis toutefois, les semoirs non spécifiques sont limités en semis direct et dans tous les cas, les semoirs à disques, avec chasse-mottes (rotatifs), paraissent nécessaires pour le maïs.

Puissance de traction : le matériel spécifique nécessite-t-il davantage de puissance ?

Les tracteurs de tête ont des puissances variant de 80 à 260 CV (huit supérieurs à 200 CV) avec une moyenne de 160 CV et une médiane de 140 CV. La moitié des agriculteurs travaille donc avec du matériel de puissance ordinaire (inférieure à 140 CV). Deux facteurs jouent sur la puissance requise :

➤ le matériel :

la charrue Perrein travaille une surface de sol importante et nécessite au moins 170 CV quel que soit le type de sol ; les semoirs spécifiques de 4 m et le néodéchaumeur de 5.7 m nécessitent au moins 190 CV et réclament une vitesse de travail et une largeur élevées pour faire un travail de qualité.

➤ le type de sol :

la fourchette de puissance est toujours plus élevée en terres argileuses qu'en terre limoneuse quels que soient la profondeur de travail et le type d'outils.

Ainsi ressort un groupe de dix agriculteurs qui travaillent à moins de 20 cm de profondeur et de cinq mètres de large (hors vibroculteur). Ils travaillent avec des tracteurs de 80 à 150 CV sur tout type de sol. Six ont du matériel traditionnel et cherchent à réduire les charges (deux exploitations du groupe 1 et les quatre du groupe 3). Seuls deux n'ont que des grandes cultures mais sur une petite structure (31) ou en complément d'une autre activité (18).

Le NL peut apporter des résultats satisfaisants sans engendrer des investissements conséquents en matériel de traction et de travail du sol. Le matériel spécifique demande plus de puissance et concerne davantage les céréaliers purs et les éleveurs (60 % des agriculteurs sont équipés dans chacune de ces deux catégories). Avant d'investir, il faut donc voir quelle puissance de traction est disponible sur l'EA et si l'achat d'un tracteur est envisageable le cas échéant.

Enseignements des agriculteurs sur l'utilisation des outils

Les principaux échecs constatés proviennent d'utilisation en conditions non ressuyées qui provoquent des lissages voire des compactages. Lorsque la situation est réversible (autre le retour au labour qui est rarement envisagé), les pertes de rendement s'étalent sur plusieurs années. Les enseignements suivants ressortent de l'expérience exprimée par les agriculteurs.

les outils à dents

■ pour fissurer

- En sols argileux ils sont à utiliser à l'automne (après ressuyage faisant suite à une première pluie assez conséquente pour accroître le phénomène de fissuration) ou en hiver, plutôt en sol gelé et ressuyé où la portance et l'adhérence sont meilleures.
- En conditions trop sèches, les outils à dents utilisés pour la fissuration en profondeur créent de la terre fine en limons. Dès la première pluie cette terre fine va se prendre en masse et colmater les galeries et fissures. Il est donc conseillé de réaliser ces opérations sur sol gelé ou très près du semis en évitant de faire de la terre fine (adaptation de la vitesse ; sol un peu humide).
- En condition trop humide sur sols limoneux et argileux, les outils à dents ont tendance à lisser sur les bords et sous la profondeur de travail d'autant plus si leur surface de contact avec le sol est importante (pattes d'oies). Il faut intervenir en conditions ressuyées ou en période de gel léger.

■ pour préparer le lit de semences

- Leur utilisation en sols argileux est plus marginale qu'après labour car il faut créer de la terre fine. Des problèmes de bourrage des résidus interviennent surtout dans ces sols où la matière organique évolue lentement. Les outils à disques et les pattes d'oie semblent être privilégiés.
- En sols plus légers et moins structurés, ils peuvent créer de la terre fine qui à la première pluie forme une croûte en surface qu'il faudra casser avec un passage supplémentaire. Des lards créés en conditions humides sont peu favorables à l'affinement du lit de semences (même constat avec les bêches roulantes).

les outils à disques

- sur sols non ressuyés et avec un angle d'attaque assez ouvert, les outils à disques peuvent créer une semelle sous la zone travaillée). Même constat avec les outils à rotor horizontaux sur sols limoneux.
- sur sol argileux particulièrement, lors des reprises ou au semis pour les semoirs à disques, les disques peuvent lisser et ne créent pas de terre fine si les conditions de sol ne sont pas optimales.

Ces phénomènes apparaissent essentiellement au printemps.

Le travail en conditions ressuyées (pas sèches non plus) vaut quel que soit le matériel utilisé. Des interventions plus ou moins précoces de printemps sont donc risquées sauf si elles ont lieu en conditions gelées et ressuyées. Cela explique aussi le maintien du labour par les agriculteurs qui produisent de l'orge ou des protéagineux de printemps.

.3.1.2.6.2 NL partiel et freins éventuels

Douze exploitations maintiennent le labour parmi lesquelles une seule en grandes cultures pures (35) et sept qui ont de l'élevage. Les raisons majeures avancées pour justifier le maintien partiel du labour sont de deux ordres :

- La culture de maïs pour cinq exploitations (11 ; 28 ; 37 ; 25 ; 30). L'équipement adapté fait défaut : les semoirs à disque et chasse-débris fixes peuvent ne pas suffire en monoculture de maïs (11) ; les chasse-mottes rotatifs n'équipent aucun des semoirs à maïs de ces exploitations.

- Les terres argileuses pour quatre agriculteurs qui possèdent du matériel spécifique dans deux cas (4 ; 9 ; 16 ; 35) et où le maïs est en rotation (sauf 16). Deux agriculteurs labourent aussi avant leur blé (4 ; 9). Plusieurs commentaires s'imposent. Le ressuyage du sol au printemps est la cause invoquée ; le labour permet d'assécher l'horizon sur la profondeur de travail. Le NL n'a jamais été essayé dans ces terres (9 ; 16) ou se solde par des résultats insatisfaisants ce qui freine le passage du reste des surfaces en NL (4). La période hivernale crée une bonne structure au printemps ce qui justifie de ne pas prendre de risques avec le NL (9 ; 35). Le nombre d'années de recul n'explique pas le maintien du labour car la moitié de ces exploitations le pratiquent depuis plus de dix ans.

Enfin, deux ont des problèmes d'enfouissement du fumier qui est apporté tardivement sur les parcelles (25 ; 30). Le programme MEKA interdit les épandages avant le 1^{er} mars. Cela ne laisse pas le temps au fumier de se décomposer avant l'implantation d'un maïs.

Les chasse-mottes rotatifs sont à privilégier surtout en maïs de maïs. Pour les terres argileuses, des techniques restent à consolider ou à trouver.

.3.1.2.6.3 Monoculture de maïs et irrigation freins au NL ?

Dix sept agriculteurs pratiquent la monoculture de maïs pure en NL sur une partie ou la totalité de leurs surfaces (de 15 à 165 ha) et sur tous les types de sols. On y retrouve deux exploitations du groupe 1 qui ne sont pas équipées en matériel spécifique et aussi des grosses structures avec ou sans matériel spécifique mais avec des adaptations de matériel. Quatre autres agriculteurs maintiennent le labour systématique ou partiel pour les raisons développées ci-dessus (4 ; 9 ; 16 ; 37). Les principales difficultés rencontrées concernent la gestion des résidus (occasionnant des manques ou des irrégularités de levée), la maîtrise des adventices (vivaces type liserons sur tout type de sols mais essentiellement problématiques sur argiles) et l'enracinement (avec la question récurrente des effets d'un

passage d'outil sur la structure du sol en fonction de la période et des conditions de passage).

L'irrigation concerne huit agriculteurs dont sept font de la monoculture de maïs en NL sur des terres légères pour la plupart, et aussi en Hardt rouge superficielle (1) et en argiles du Ried (14) (le huitième fait de la rotation). **L'irrigation n'est jamais présentée comme un problème** et aucun agriculteur n'a mis en place de rotation sur les parcelles irriguées suite au NL.

Le passage au NL n'entraîne pas une remise en cause du système dominant et le plus rentable même si les bienfaits de la rotation au niveau notamment du contrôle des adventices sont reconnus par ces agriculteurs. Mis à part pour les petites exploitations de l'échantillon qui militent pour son maintien, la monoculture de maïs pourrait être rompue suite à la nouvelle PAC qui ne pénaliserait plus les autres cultures par rapport au maïs irrigué.

.3.1.2.6.4 Cultures spéciales et non-labour

Les cultures spéciales sont souvent les dernières à passer au NL sur une exploitation, du fait de leur valeur économique et de leurs exigences spécifiques de structure. D'ailleurs, la gestion des résidus est souvent plus drastique (déchaumage supplémentaire pour affiner la terre et les résidus). Le constat est le suivant :

- trois exploitations sur quatre pratiquent le NL pour la betterave sucrière (1 ;10 ;12 ;13). Les résultats paraissent encourageants au vu des faibles quantités de betteraves fourchues.
- quatre sur quatre le tabac (1 ;6 ;12 ;22) dont trois en monoculture ; deux sur deux les oignons sans trop de difficultés (12 ;15) ;
- une sur deux la pomme de terre (13 ;15) culture pour laquelle les exigences de structure sont élevées. Ameublissement et déchaumage profond se succèdent . A noter que sept exploitations se partagent l'ensemble des cultures spécialisées et que seules deux d'entre elles labourent partiellement (13 ;15). **La conduite des cultures spéciales en NL est possible.**

.3.1.2.6.5 Gestion de l'interculture : couverts et glyphosate

Vers des couverts plus structurants

➤ Vingt et un agriculteurs sèment des couverts. La moutarde reste le couvert majoritaire car peu chère et gélive. Elle est souvent utilisée comme CIPAN notamment lors d'apports organiques entre un blé et un maïs. Des agriculteurs se sont orientés vers des couverts multi-espèces plus structurants et non gélifs qui doivent maintenir la structure dans les sols les plus fragiles: avoine d'hiver, radis oléifère, seigle en association éventuelle avec une légumineuse pour y apporter de l'azote. Le couvert occupe une place prépondérante pour quelques agriculteurs ; il est conduit avec autant d'attention qu'une culture. Des couverts prennent place aussi entre deux maïs. Des constantes conditionnent la réussite d'un couvert :

- le semis à la bonne date (références auprès des CA) à la fois pour éviter les phénomènes d'allélopathie avec un couvert trop développé et pour assurer un développement minimal permettant au couvert de remplir son rôle
- une destruction à la bonne date pour éviter que le couvert ne pénalise la culture suivante (quinze jours avant le semis semble être un bon compromis). L'objectif est d'assurer l'action du glyphosate afin que la lumière puisse réchauffer le sol et surtout que le maïs qui lève « voit » la lumière. Une exception : la destruction la veille du semis pour les couverts qui doivent assécher le sol (14).

Le glyphosate aussi pour gérer les adventices

L'usage du glyphosate est souvent présenté comme une constante du NL alors que moins de la moitié seulement des agriculteurs enquêtés l'utilisent. Les doses utilisées sont

relativement faibles : de un à deux litres en général (homologation à 6,5 litres sur vivaces). Dix sept agriculteurs utilisent un désherbant total quasi systématiquement mais pour des raisons différentes :

➤ sept l'utilisent en interculture sur repousses et adventices soit en automne avant blé (16 ; 28 ; 30 ; 34 ; 37), soit au printemps avant maïs (8 ; 29 ; 37). Dans la plupart des cas, ces agriculteurs réalisent autant de passages de déchaumage et de préparation que les autres. L'objectif est de semer dans un sol propre.

➤ dix l'utilisent pour détruire un couvert au printemps (pratique généralisée) : avoine d'hiver, seigle, phacélie, moutarde. L'intervention est positionnée au plus près du semis et pour laisser au glyphosate le temps d'agir (généralement quinze jours avant semis).

L'alternative mécanique est préférée si les couverts sont peu développés et pour certaines espèces faciles à détruire : moutarde, radis oléifère, pois, féverole. Elle est plus délicate à gérer (donc souvent évitée) et les reprises de végétation de couverts non gélifs (avoine, seigle) peuvent être importantes et pénalisantes (2 ;5). Les outils privilégiés pour l'action de désherbage sont le néodéchaumeur équipé de pattes d'oies (1 ;14 ;16), le covercrop (8 ;16), la herse rotative (3 ;6).

La gestion de l'interculture est une étape clé de la conduite et de la réussite du NL car elle permet de « nettoyer » la parcelle avant la culture suivante, selon les cas avec du glyphosate. L'introduction d'un couvert est une contrainte supplémentaire surtout s'il n'est pas maîtrisé. Mais il peut permettre, en plus de piéger les nitrates, de maintenir la structure du sol.

.3.1.2.6.6 Enseignements sur les itinéraires techniques

Les agriculteurs enquêtés ont des systèmes d'exploitation et des types de fonctionnement très différents. Leur pratique du NL s'en ressent, ce que confirment les itinéraires techniques relevés (annexes). Ces derniers coïncident aux principaux enjeux repérés tout au long de ce travail : les zones érosives, la culture de maïs, le NL en sols argileux. Chaque itinéraire est resitué par rapport au fonctionnement de l'exploitation et présenté avec ses résultats, ses problèmes, et les modifications qu'il a engendré. Il est commenté par rapport à sa difficulté technique de mise en œuvre, à son exigence en matériel et en disponibilité humaine, et aux risques pour un novice. Ces commentaires sont apportés par les conseillers.

Globalement, les enseignements tirés peuvent laisser entrevoir des préconisations d'un ITK sur la base d'un maïs en monoculture sur sols limoneux. D'emblée, le semis direct pur répété sur plusieurs années est risqué et occasionne des difficultés à moyen terme quel que soit le type de sol : rendement, tassements, gestion du mulch, adventices, ravageurs, levées.

✧ Le broyage : systématique

Sous bec au minimum suivi d'un passage au broyeur, il est réalisé par la plupart des agriculteurs pour favoriser la dégradation des résidus, limiter les pyrales et les maladies et éviter les bourrages d'outils lors d'opérations ultérieures. Sa qualité est un aspect important (surtout sur sols argileux où la matière organique évolue moins vite) et il remplace parfois un déchaumage pour un coût moins élevé.

✧ Le déchaumage : un plus pour faire évoluer les résidus

Il est réalisé dès la récolte surtout pour faire lever les adventices ou un couvert éventuel en tirant profit de l'humidité résiduelle, plus tard pour éliminer les adventices. Dans les deux cas, il s'agit aussi de travailler les résidus en maintenant si possible un sol nivelé ou en reprenant en travers des ornières pour niveler (d'autant plus s'il est possible de semer le maïs au printemps sans reprise). Il s'agit souvent du seul travail réalisé avant semis d'un blé

de maïs au combiné (semoir à disques ou à socs) sur les exploitations ne disposant pas de semoir spécifique pour les céréales à paille.

✧ Le travail profond : selon l'état de la structure et le type de sol

Il assure un mélange terre-résidus moins poussé mais suffisant avec certains outils. Il est à réserver aux sols ne se restructurant pas avec le climat (sables, sablo-limoneux, limono-sableux, limons) à une fréquence d'une année sur deux ou sur trois généralement si les conditions de récolte sont favorables à de moindres tassements (moins souvent si alternance avec un blé ou un couvert « structurant »).

Il s'agit au début d'un décompactage sous l'ancienne profondeur de labour puis d'un ameublissement à profondeur intermédiaire par la suite (les chisels peuvent alors être utilisés pour accroître le mélange terre-résidus).

Trois périodes d'intervention paraissent optimales : l'automne s'il y a implantation de couvert et sur sols argileux (supérieur à 20-25% d'argile), plutôt après une pluie pour humidifier le profil et favoriser l'éclatement. La période hivernale pour des sols argileux ou limoneux en conditions faiblement gelées (portance, adhérence) paraît être la moins risquée pour les sols légers sur lesquels la vitesse d'avancement réduite doit permettre d'éviter la création de terre fine qui colmate. Le risque est la prise en masse au printemps qui peut annuler l'effet escompté. Des couverts à chevelu racinaire puissant peuvent maintenir en place le profil créé par le passage d'un décompacteur qui ne bouleverse pas les horizons. Au printemps, un ameublissement au plus près du semis peut être réalisé dans les terres légères afin de favoriser l'enracinement. De bonnes conditions de ressuyage sont impératives du fait des risques de lissage (jumelage aussi préconisé pour limiter les tassements). Les risques supplémentaires mis en jeu sont assez élevés (en témoignent les échecs relevés à travers les enquêtes qui sont tous dus à une intervention de printemps) : assèchement du profil en année sèche, rupture de capillarité, nombres de jours disponibles à mettre en relation avec d'autres activités.

✧ Le couvert : pour le maintien de la stabilité structurale

La couverture du sol favorise l'activité biologique, la protection des sols, l'état structural pour certains couverts à fort développement racinaire (avoine d'hiver, radis oléifère, seigle d'hiver). Le développement végétatif trop important de certaines espèces peut gêner les travaux du sol qui suivent, surtout lorsqu'ils ne sont pas gélifs. Les espèces choisies doivent se développer rapidement car le semis du couvert intervient après récolte, et résister au gel si un effet structurant est recherché (d'où le choix d'espèces plutôt hivernales).

✧ La reprise : vigilance sur les conditions de ressuyage

L'objectif est de réchauffer le lit de semences et parfois d'assurer un nouveau mélange des cannes ou un désherbage sur adventices peu développées voire un nivelage. L'utilisation de la herse rotative est de ce fait répandue malgré les risques de création de terre fine en limon. Cependant, l'utilisation du vibroculteur reste préférable. Les conditions de ressuyage sont là aussi primordiales (tassement, lissage). Le travail sous la future zone de semis paraît risqué car la semence risque d'être placée dans un environnement sec et qu'un léger lissage éventuel ne pourra être repris au semis. En cas de période favorable en mars, la reprise peut être réalisée. Une deuxième suit alors régulièrement une quinzaine de jours plus tard. Dans la majorité des cas (surtout en terres légères), un seul passage suffit, réalisé quinze jours avant semis ou parfois au semis. Aucun passage n'est préconisé avant semis par un conseiller de Chambre, lorsque le matériel spécifique de semis est disponible (pression élevée sur chaque élément semeur surtout dans les argiles aussi dans les limons). La préservation de la structure est favorisée au risque d'échelonner et de diminuer les levées. L'intervention est à moduler selon les années.

✧ Le glyphosate : selon le reverdissement de la parcelle

Il est à réaliser au plus tard quinze jours avant semis (temps d'action du produit) pour détruire un couvert ou « nettoyer » une parcelle (selon les années dans le dernier cas).

✧ Le semis : outils à disques et chasse-mottes

Ces deux organes de semis sont l'équipement indispensable pour assurer la qualité du semis. Les chasse-mottes rotatifs sont à préconiser préférentiellement en maïs de maïs. L'adaptation sur les semoirs conventionnels est possible. Des conditions ressuyées sont indispensables : risques de lissage, de non-crédation de terre fine surtout en sols argileux. Les doses de semis n'ont pas à être augmentées.

✧ Fertilisation, traitements phytosanitaires : peu de différences avec le labour

Les programmes techniques sont identiques au labour : pas d'anti-limaces même avec des couverts (terre à rappuyer ; sols plus denses ; pas de semis-direct). Un travail du sol, à profondeur différente selon les années, dérange les ravageurs.

La dose globale de fertilisants azotés n'est pas à modifier. Quelques-uns augmentent le premier apport en sols froids ou privilégient l'ammonitrate plus rapidement disponible pour la culture.

La réglementation sur les **mycotoxines** qui entrera en vigueur en 2006 incite déjà les organismes stockeurs de la région à mettre la pression sur les agriculteurs pratiquant le NL mais les résultats disponibles localement sont peu nombreux et n'engendrent pas encore de modifications des pratiques des agriculteurs en NL (si ce n'est le broyage et un minimum de travail du sol).

Le point le plus délicat concerne la **gestion des adventices** qui est « avant tout un problème lié à la monoculture et pas au NL » et à certains types de sols qui la « supportent » moins bien (argiles). Des agriculteurs en NL partiel disent pourtant que l'effet année paraît plus fort que l'effet travail du sol. La disparition de l'atrazine engendre aussi une évolution de flore visible partout en Alsace ; de nombreux programmes de désherbage sont à l'étude (chimiques et mécaniques). En tous les cas, le désherbage est une étape essentielle où l'agriculteur doit faire valoir sa technique. Un traitement bien positionné sur des adventices à un stade sensible ne nécessite pas une dose supplémentaire bien que les adventices soient plus nombreuses (concentration des semences sur une profondeur moindre que le labour). L'augmentation des vivaces type liseron est généralisée. Les traitements localisés en plein et à l'interculture permettent de maîtriser l'adventice favorisée par la monoculture de maïs

.3.1.2.7 Bilan de l'étude

.3.1.2.7.1 Acquis

Validation des hypothèses

Le NL est adopté pour des raisons qui diffèrent selon l'agriculteur, le type d'exploitations et la situation géographique. Les facteurs déclencheurs sont multiples : l'érosion voire les coulées de boues qui demandent une action rapide ; les opportunités d'essayer un matériel de NL alors qu'une réflexion concernait les TCSL ; une évolution de main d'œuvre (installation ou départ), de surface ou de production sur l'exploitation qui incite à rechercher des gains de temps. Selon ses objectifs, ses capacités financières et son approche agronomique, l'agriculteur va mettre en place des itinéraires techniques jusqu'à trouver un (ou des) itinéraire(s) qui le satisfasse après quelques années de pratique et d'adaptations. Il se forge son propre référentiel sur les conditions d'intervention et les pratiques à risque.

Dans tous les cas, le NL réduit l'érosion. Pour le reste les bénéfices sont variables : le gain de temps est proportionnel à la taille des structures et à la spécificité du matériel. Les charges liées aux investissements en matériel spécifique sont lourdes et amputent les résultats économiques des exploitations les premières années. La surface optimale à exploiter est alors importante. Les charges liées à l'utilisation baissent d'autant plus que le

sol n'est pas usant et lourd (moins d'usures et de consommation) et que le travail est superficiel à largeur d'outil équivalente (consommation et puissance requise). Les rendements sont plus faibles les premières années mais reviennent à leur niveau par la suite si aucun accident de structure n'intervient.

Potentialités du NL dans le Rhin Supérieur

Les préconisations nationales des instituts techniques se veulent vigilantes en ce qui concerne la conduite du NL sur maïs, pour les sols fragiles (limons battants) et les argiles lourdes. Les expériences des agriculteurs alsaciens montrent que les perspectives de réussite du NL existent dans ces conditions malgré les difficultés soulevées. Bien que la comparaison à la typologie alsacienne fait ressortir que les exploitations de l'échantillon sont généralement de taille plus importante, des exploitations de petite taille pratiquent également le NL avec succès. Elles ont plutôt recours à du matériel traditionnel adapté ou à l'entreprise, d'autant que le travail par entreprise est très développé en Alsace (et que des agriculteurs ayant investi recherchent des surfaces supplémentaires à exploiter). C'est le cas aussi pour de grosses structures qui n'ont pas forcément les moyens ou la volonté de posséder un parc matériel complet. Au final, la gamme d'itinéraires techniques donnant des résultats satisfaisant l'agriculteur est très large (chaque exploitation a son itinéraire !). Elle l'est d'autant plus que les agriculteurs ont développé le NL sans appui technique.

Les conditions de réussite sont valables quel que soit le type d'exploitation. La phase de transition conditionne la poursuite du NL. Elle correspond à une phase d'expérience importante pour l'agriculteur sachant qu'elle se traduit le plus souvent par des difficultés et des baisses de rendement. Le suivi par un conseiller paraît rassurant mais a souvent fait défaut. L'agriculteur doit disposer de compétences de compréhension du fonctionnement d'un sol car la prise de risque est plus grande: les techniques sont plus exigeantes en terme de conditions de travail, de technique et de temps d'observation. Le fonctionnement du sol diffère d'un système en labour (réchauffement, ressuyage, tassement).

.3.1.2.7.2 Questions ouvertes et propositions

Les agriculteurs rencontrés ont des attentes concernant le NL même lorsqu'ils se disent satisfaits de leur pratique. Une fois mis un pied dans le NL, les perspectives d'adaptation sont très grandes. Nombreux sont ceux qui se disent intéressés par les résultats du semis direct en Alsace car il conjugue plusieurs objectifs communs aux agriculteurs : lutte contre l'érosion, gain de temps (des résultats issus des essais de la CA67 devraient prochainement les éclairer). Pourtant, le scepticisme entoure les résultats attendus : coût du matériel, qualité du semis en sols argileux surtout, comportement du maïs en l'absence de travail profond, résultats en année humide, développement des adventices et ravageurs.

Les agriculteurs déplorent aussi le manque de conseils techniques sur plusieurs points importants : les dates d'intervention (pour la gestion des couverts et pour tous les travaux du sol surtout les plus délicats comme le travail en profondeur et la reprise) ; la nécessité de restructuration en profondeur ; les types de couverts les plus adaptés sachant que le piégeage des nitrates devient presque un objectif secondaire du couvert en NL.

D'autres attentes sont plus ponctuelles : résultats du NL dans les terres argileuses hydromorphes, résultats du NL sans reprise de printemps avant maïs ; augmentation des chaulages surtout dans les terres acides; augmentation du premier apport d'azote ; sensibilité à la fusariose des systèmes en NL ; recherche de variétés adaptées au NL (compensatrices des manques à la levée, plus vigoureuses à la levée, moins exigeantes quant à la structure du sol), comportement de certains matériels ; mise en relation des agriculteurs alsaciens en NL.

La **collecte de références**, notamment par les essais des organisations professionnelles, doit se poursuivre au niveau du Rhin supérieur car elle apporte des éléments de comparaison entre les techniques de travail du sol (toutes choses égales par

ailleurs) et des réponses non disponibles sur les exploitations : pratiques favorisant les mycotoxines, variétés les plus adaptées... . Les enquêtes ont mis en lumière que chaque agriculteur dispose d'éléments techniques nombreux et plus adaptés à son contexte particulier. Ils peuvent constituer non seulement une base pour l'aide à la décision destinée aux « novices » et aussi aux agriculteurs déjà en NL qui cherchent des adaptations. En effet, le manque de contact entre allemands et français d'une part et bas-rhinois et haut-rhinois d'autre part ne favorise pas l'échange entre agriculteurs alors que les enquêtes montrent que des éléments de réponses aux questions des uns sont disponibles chez d'autres et inversement. L'idée d'un réseau de fermes de références actuellement en NL doit être approfondie car les informations notamment économiques font défaut.

Un **programme d'initiation** pour les agriculteurs « **débutants** » en TSL pourrait être mis en place :

- Il viserait à faciliter les essais sur un à deux ans. Ainsi la mise en relation d'agriculteurs intéressés par des essais et d'agriculteurs en NL qui voudraient mettre à disposition leur matériel ou leur expérience pratique pourrait être envisagée par l'intermédiaire d'une base de données où figurent les agriculteurs intéressés par cette opération.

- Une plaquette d'information et une formation courte destinée aux candidats au NL pourrait aborder les thèmes suivants : le fonctionnement des sols, le profil cultural outil de diagnostic, l'utilisation des outils, l'expérience des TCSL en Alsace.

- Un diagnostic individuel portant sur l'état des sols de ses parcelles avant le passage au NL, le matériel disponible sur l'exploitation et les moyens que veut mettre en œuvre l'agriculteur pourrait être proposé en vue d'accompagner l'exploitant dans ses choix : indications et conseils sur les adaptations possibles.

.3.1.2.8 Conclusion et perspectives

L'**intérêt méthodologique** de la démarche repose sur la retranscription de l'expérience des agriculteurs pionniers du NL en Rhin supérieur. Cela permet de couvrir une large gamme de situations (systèmes de production, contexte pédoclimatique) et d'identifier les difficultés à surmonter pour des agriculteurs novices et les questions en suspens pour les plus expérimentés. Ce travail constitue un appui pour les acteurs de développement agricole qui doivent se positionner par rapport aux attentes des agriculteurs (notamment dans le cadre d'un conseil individualisé) et pour les pouvoirs publics qui doivent orienter leurs interventions de manière cohérente. Les informations collectées auprès des agriculteurs et les préconisations qui en découlent alimenteront bien le futur référentiel régional.

Quoi qu'il en soit, les perspectives de réussite du NL dans les systèmes alsaciens et badois traditionnels existent. Bien qu'elle soit plus délicate à gérer, la culture du maïs, voire la monoculture irriguée ou non, est compatible avec le NL dans différents types de sols et avec des types de matériel et d'itinéraires variables d'une exploitation à l'autre. Le NL réclame tout de même des adaptations matérielles et une approche technique particulière. Ainsi, le profil cultural paraît être un des outils de diagnostic de l'état du sol que les agriculteurs doivent s'approprier afin de juger de l'opportunité d'un passage d'outil. Des constantes reviennent souvent pour justifier la réussite en NL : des travaux en conditions de sol optimales et la mise en œuvre de mesures pour maintenir l'état du sol ; au minimum quelques organes spécifiques sur le matériel ; une gestion spécifique de l'interculture.

Outre les réponses à fournir aux questions posées au paragraphe précédent, des références supplémentaires paraissent nécessaires pour accompagner l'agriculteur dans les évolutions futures. Elles concerneraient les impacts économiques et environnementaux du NL (« revenu » de l'agriculteur ; reliquats azotés, résidus de pesticides), l'évaluation de la

	SAU	surf Mais	UTH	mono maïs	ha	NL	couverts	CTE ou MEKA	matériel spé	charges NL élevées	CI élevée	NL total	Motivation 1 ^è du NL				1ers essais partiels	années de recul	glypho utilisé
													érosion	éco	temps	agro			
1	180	120	3	4 ans sur 5	160	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	9	0
2	102	69	1	1	45	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	5	1
3	56	50	1	1	50	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	12	0
4	113	63	2	3 ans sur 4	16	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	6	0
5	166	112	1	1	68	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	4	1
6	90	40	3	0			1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0
7	105	0	3,3	0			1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0
8	86	29	1	0			0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	12	1
9	110	84	2,5	1	70	0,5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	8	0
10	200	90	4	1	25	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7	0
11	148	59	2	0			1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	8	1
12	120	85	2	1	25	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	12	0
13	140	55	2,5	0			1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	8	0
14	40	38	1	1	38	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	5	1
15	135	110	1	1	55	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	11	0
16	160	103	1	1	70	0,5	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	10	1
17	30	21	1	1	15	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	6	1
18	130	50	1,5	0			1	1	1	1	0,5	1	0	0	1	0	1	10	1
19	65	50	1,1	1	38	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	/	1
20	100	33	0,5	0			1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	7	0
21	85	80	1	1	80	1	0	1	1	1	0,5	1	1	0	0	1	1	8	0
22	120	70	2,5	1	60	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1		9	1
23	34	30	2,2	1	30	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0		25	0
24	84	48	1,9	1	16	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0		11	0
25	110	40	2	0			1	1	0	1	1	0	0	0	0	1		30	0
26	78	70	1	1	70	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0		13	1
27	190	165	2	1	165	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0		11	0
28	120	4	2,1	0			1	1	0	0	0	0	0	0	1	0		10	1
29	180	87	2	0			1	1	1	1	1	1	0	0	0	0		12	1
30	90	10	2,4	0			0	1	1	1	0	0	0	0	1	0		6	1
31	60	0	1	0			1	1	1	0	0	1	0	1	0	0		3	0
32	60	0	3	0			1	1	1	0	0,5	0	0	0	1	0		5	0
33	110	0	0,5	0			1	1	0	0	1	1	1	0	0	0		28	0
34	103	60	2,5	1	20	1	1	0	1	0	0,5	1	0	0	1	0		4	1
35	307	40	1	0			0	1	1	0	1	0	1	0	0	0		20	0
36	90	65	1	1	65	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1		11	1
37	137	74	2,7	1	61	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0		11	1
TOT				20+2		18	21	21	25	12	19	25	12	2	12	11	16	10,1	17

sensibilité des systèmes de cultures en NL vis à vis des mycotoxines dans le cadre de la nouvelle réglementation ; la recherche d'alternatives au glyphosate.

Tableau 16 : Principales données sur les exploitations enquêtées

3.2 L'analyse des pratiques par les itinéraires techniques

3.2.1. Pourquoi s'intéresser aux pratiques ?

Les pratiques sont révélatrices des objectifs de production hiérarchisés par l'agriculteur, des atouts et des contraintes qu'il perçoit, de sa technicité et du référentiel technique qu'il utilise. Elles sont le reflet de la diversité des situations et des projets des agriculteurs (Bonneviale *et al.*, 1989). Leur mise en œuvre est déterminée par le projet de l'agriculteur qui juge de l'opportunité des décisions par rapport à un objectif de « solutions satisfaisantes » (Landais et Deffontaines, 1988). La connaissance des pratiques alimente l'Approche Globale de l'Exploitation Agricole (AGEA).

Les pratiques des agriculteurs sont révélées par les itinéraires techniques (ITK) qu'il s'agit d'enregistrer afin de construire le référentiel sur la base d'ITK qui fonctionnent (ou pas) dans un milieu, dans un système et pour une culture donnés.

3.2.2. Méthodes

- ⁵ Le type d'informations demandées

L'enquête (de type semi-directif) sur la pratique des TSL s'est effectuée dans la foulée de l'Approche Globale de l'Exploitation (AGEA) . Elle a abordé différents aspects :

- les pratiques du non labour mises en œuvre à travers les itinéraires techniques (ITK) ;
- les conditions dans lesquelles elles s'opèrent et assurent la réussite ;
- les adaptations nécessaires pour réussir le passage et le maintien en TSL (aussi dans la gestion des interventions culturales autres que celles du travail du sol) ;
- les types de problèmes rencontrés et les solutions mises en œuvre pour les résoudre ;
- les solutions de rattrapage éventuel ;
- les modifications engendrées sur le système d'exploitation ;
- la conformité des résultats avec les objectifs initiaux .

3.2.3 Résultats

La série d'itinéraires techniques recueillie est présentée sous la forme de fiches synthétiques dont l'organisation est présentée page suivante.

⁵ BONNEVIALE J-R., JUSSIAU R., MARSHALL E., 1989, Approche globale de l'exploitation agricole, INRAP, 329p

LANDAIS E., DEFFONTAINES J-P., 1988, Les pratiques des agriculteurs ; point de vue d'un courant nouveau de la recherche agronomique, Etudes Rurales, vol.109, 125-158

- le schéma type de présentation des itinéraires techniques (ITK)

NUMERO D'ITK – SYSTEME DE CULTURE : CULTURE / PRECEDENT

(cf tableau page suivante)

Eléments de fonctionnement de l'exploitation agricole (EA) pour situer le non-labour (NL) au sein de l'exploitation : durée, motivations pour le NL, éléments généraux de la conduite de la culture.

Objectif général de l'itinéraire technique sur la culture.

<p>Calendrier des opérations avec les objectifs et les règles de décision de chaque intervention et les éventuelles remarques de l'agriculteur</p>	<p>Résultats de l'ITK et du NL en général du point de vue de l'agriculteur</p>
	<p>Problèmes rencontrés et solutions mises en œuvre pour les résoudre</p>
<p>Remarques supplémentaires et Avis des conseillers quant à la difficulté technique de mise en place de l'ITK présenté, ses exigences en matériel et en expérience du NL, ses améliorations possibles.</p>	

Tab. 17 : itinéraires techniques répertoriés en fonction du typer de sol et de la succession de culture

ITK répertoriés en fonction du type de sol et de la succession de culture

(les chiffres donnés correspondent au numéro d'exploitation, numéro repris dans la fiche ITK correspondante - cf pages suivantes)

Type de sols et correspondances avec la typologie des sols de la plaine d'Alsace (cf Guide des Sols)	Monoculture de maïs	Maïs de maïs	Maïs de blé (ou de colza)	Blé (ou orge d'hiver ou pois d'hiver) de maïs	Blé de blé (ou d'orge d'hiver, de pois ou de colza)	Betterave sucrière de maïs
limons lehm 22	2a;10		29;34	2b;25;29;34		
limons loess 21	10	8	18;29	8;29		
limons argileux 13&15	9;17	15	20	11	33	
argilo limoneux 15	9;17;15			11		
limons sableux (ou sablo-argileux) 15&17	9;16a;22;26		20	17;20; 29	16b	
argiles humifères 16	3;15					
argiles lourdes 11, 13, 16	2;14					
sablo limoneux 12&22	6;22;23;24;27;36	12		6;37		12
sablo argileux 11&16	1;12;16;26	15		24		1

2a MONOCULTURE DE MAÏS DANS LES COLLINES ERODIBLES et DANS LE RIED

Les coulées de boues qu'ont subi les habitants des villages voisins ont poussé l'agriculteur à chercher des méthodes de lutte efficaces contre l'érosion. Le semis direct sous couvert est le meilleur moyen mais il nécessite du matériel spécifique. Les investissements consentis sur deux années seulement fragilisent sans doute la situation financière de l'exploitation à court terme. Cependant, les résultats agronomiques déjà observés et économiques attendus d'ici la fin de la phase de conversion devraient être plus que satisfaisants. L'objectif de l'ITK est de minimiser les coûts d'intervention et de bouleverser le moins possible les horizons en maintenant les résidus en surface.

Rotation	Monoculture de maïs avec couvert					Irrigation Non	Couvert : Oui	
Type de sol	Limons blancs battants - Collines du Nord de l'Alsace / Argilo-limoneux - Collines sous-vosgiennes / Argiles lourdes des Rieds blonds ou bruns du Rhin - Ried Nord							
Calendrier	Nov.		D	F	M	Avril		Mai
Opération	semis du couvert à la volée	broyage				Destruction du couvert	Semis de maïs	Désherbage post Fertilisation toujours après semis pour rouler dans l'interrang
Outils	90 CV + semoir à engrais	140 CV + broyeur				90 CV + pulvé	90 Cv + semoir spécifique à disques gaufrés + chasse mottes rotatifs + roulette de rappui	
Réglages	120 kg/ha d'avoine d'hiver					1,5 L de glyphosate	12 km/h à 5 cm de profondeur	
Règles de décision de l'intervention	au plus près de la récolte (humidité)	direct après le semis du couvert				15j avant semis pour que lumière pénétrante au semis	Sol encore humide ; date de semis optimale	
Objectifs	choisir un couvert non gélif, structurant, non dépressif	Affiner les résidus				parcelle doit être propre au semis (couvert et adventices détruits)	Bon démarrage du maïs et bon enracinement	
Opération réussie : Pourquoi ?	couvert semé avant le 22 novembre					temps d'action du glyphosate respectée	Levées (72000 plantes / ha)	
Remarques	Si récolte du précédent effectuée en conditions humides, un décompactage à 35 cm peut être réalisé à l'automne ou au printemps (un profil révèle si les conditions de sol le permettent).							
Le regard du conseiller	Un semis du couvert à la volée donne de bons résultats et coûte moins cher. Destruction du couvert relativement tardive : 30 à 45 jours sont préconisés pour éviter l'allélopathie sur le maïs. Interventions réalisées selon l'état du sol et non systématiques pour le travail en profondeur. L'observation demeure le meilleur moyen d'évaluer l'opportunité d'une intervention. Le semis d'un couvert permet de maintenir la structure créée par le précédent ou par un décompactage et ainsi d'éviter la prise en masse des terres limoneuses. Nécessité de disposer de semoirs adaptés et bien réglés pour assurer la pénétration des disques du semoir. La maîtrise des adventices est plus délicate du fait notamment de l'absence de déchaumage. Le désherbage en végétation et interculture doit être irréprochable. La rotation reste la meilleure solution. L'absence de reprise de printemps ne favorise pas le ressuyage du futur lit de semences. Il est donc impératif de se montrer patient au printemps et attendre les bonnes conditions de semis.							

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement		pertes de 10%
Charges	Fioul, entretien, heures de travail ; engrais de fond et azotés	frais liés aux investissements
Agronomique	Exploration racinaire ; sol friable, se laisse plus facilement travailler	
Travail	Temps de travail, nombre et vitesse de passages	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Adventices (liserons, renouée des oiseaux)		Dés herbages accrus et rotation (2004 a montré les limites du non-dés herbage)
Psychologique la 1 ^{ère} année : état chaotique des parcelles, mauvais démarrage du maïs, problèmes de réglages du semoir		Soutien de conseillers, travail sur soi.
Diminution des rendements de 10%.		Phase de création d'un nouvel équilibre du sol : 3 années de baisse des rendements prévues
Autres modifications		
Approche agronomique acquise par l'intermédiaire du Non labour ; Intégration des couverts végétaux et rotation ; profils culturaux; baisse des apports azotés et de la fertilisation de fond		

10

MONOCULTURE DE MAIS DANS LES COLLINES ERODIBLES

Le NL est mis en place depuis 8 ans sur cette exploitation. Selon l'agriculteur, les problèmes d'érosion ne peuvent être résolus que par la mise en place des techniques culturales sans labour. Ces dernières nécessitent l'utilisation de matériel spécifique : jumelages (tracteurs, bennes, tonnes à lisier, épandeur à fumier), chasse-mottes rotatifs, charrue Perrein.

Pourtant, mis à part cet aspect, le NL n'apporte aucune modification si ce n'est l'exigence vis à vis des conditions de sol qui réduit les fenêtres d'intervention .

Rotation	Monoculture de maïs				Irrigation : Non	Couvert : Non
Type de sol	Limons lœss et lehms des collines et versants du Bas-Sundgau					
Calendrier	Déc.	D	F	Mars	Avril	Mai
Opération	Pseudo labour			Reprise de printemps – 2 passages	semis	Fertilisation apports organiques tous les 5 ans
Outils	170 cv avec jumelage - Charrue Perrein 2.7 m			140 cv jumelé et herse lourde + vibro dents droites (6m)	140 cv jumelé + semoir classique à disques et chasse-mottes rotatifs (6 rangs)	
Réglages	18 – 20 cm de prof – 8-9 km/h			4 – 5 cm; 7 – 10 km/h	5 – 6 km/h; 3 – 4 cm de prof Sol ressuyé	Désherbage prélevée (Lasso-Prowl)
Règles de décision de l'intervention	Sol gelé (travail la nuit) ; dès que possible			Sol absolument ressuyé	Faire un bon semis	
Objectifs	Garder un travail en profondeur et mélanger les résidus avec la terre			Niveler et détruire les adventices	Semer autour 15 avril	
Opération réussie : Pourquoi ?	Sol n'a pas bougé en surface			Sol nivelé pour le semis	Cannes déchirées avant le passage du semoir ; pas de bourrage	
	Mauvais résultats quand passage au printemps ou en absence de reprises					
Remarques						
Le regard du conseiller	<p>Pour maintenir davantage de résidus en surface et ainsi mieux prévenir le ruissellement et l'érosion, un déchaumage superficiel suivi d'un décompactage sont plus efficaces qu'un travail à la charrue Perrein, qui nécessite aussi davantage de puissance. Un seul passage de préparation du lit de semences peut suffire pour ne pas affiner excessivement le sol en surface.</p> <p>Sinon, cet itinéraire conduit depuis 8 années apportent des résultats satisfaisants pour peu que les conditions de ressuyage sont favorables. Sur les essais CA68, cet itinéraire donne même des résultats meilleurs que le labour.</p>					

Résultats :	positifs équivalents	négatifs
Rendements	CTE érosion ;	investissements ; pas de différence globale Périodes intenses de travail
Charges Agronomique		
Travail		
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Charrue Perrein en conditions dégelées → 20q/ha en moins		Passage impératif de la charrue Perrein en conditions gelées
Autres modifications		
Travail de nuit → pas pour la paix des ménages		

6

MONOCULTURE DE MAÏS DANS LES COLLINES DE BRUMATH

Dans ces terres sableuses très séchantes où le potentiel du maïs est donc limité, le choix de l'agriculteur se porte sur la réduction des charges, à la fois d'investissement et charges opérationnelles : utilisation de matériel traditionnel, modulation de doses à la parcelle selon son potentiel (la densité de semis peut descendre à 50.000 graines semées par hectare), intégration de protéagineux pour amener de l'azote. Le NL est survenu en 2001 après des problèmes de battance en 1999 qui ont fortement pénalisé le rendement. Le NL a résolu ce problème.

L'ITK doit donner satisfaction avec l'utilisation de matériel présent sur l'exploitation.

Rotation	Monoculture de maïs				Irrigation : non	Couvert : Non (que derrière blé)	
Type de sol	Sols sableux et acides des collines de Brumath						
Calendrier	Nov.		D	Fév	M	Avril	Avr/Mai
Opération	récolte	broyage		chiselage		Reprise superficielle	semis
Outils	entreprise	80 cv + Broyeur 3 m		80 cv + chisel 2.5 m		80 cv + vibro ou herse lourde ou rotative selon les mottes	80 cv + semoir à disques classique 4rgs
Réglages		Faible vitesse d'avancement		6 – 7 km/h à 10 cm de prof		5 cm de profondeur ; de 5 à 10 km/h	5 cm de profondeur ; de 5 à 7 km/h
Règles de décision de l'intervention	Maturité du maïs			Au plus près du semis		Conditions optimales de ressuyage	Attendre mi-avril
Objectifs	Rendement avec variétés tardives plus productives	Faire un broyage de qualité		Enfouir et casser les cannes de maïs et ameublir en surface		Niveler et aérer	Semer dans un sol nivelé
Opération réussie : Pourquoi ?	Rendement satisfaisant avec intrants apportés	Broyage fin		Laisser un sol au maximum sans cannes pour éviter le bourrage du semoir		Profondeur de semis homogène	Vigueur et fécondité des pieds de maïs
Remarques	Objectifs : ne plus faire de reprises superficielles au printemps car les disques permettent de créer de la terre fine et d'aérer ces sols. Du glyphosate est épandu sur le couvert implanté entre le blé et le maïs. Maïs derrière chisel, le sol n'est pas assez nivelé. Les récoltes sont toujours effectuées tardivement sans problème majeur grâce au gain de portance. Les terres étant pauvres et l'agriculteur ayant expérimenté cette pratique, il sème à des densités allant de 50000 à 80000 graines / ha pour des rendements corrects par rapport aux voisins						
Le regard du conseiller	Dans des terres superficielles à faible potentiel, le non-labour peut permettre des économies substantielles avec un itinéraire relativement simple et qui ne nécessite que peu (ou pas) d'investissements. Les risques agronomiques sont la conséquence de la faible stabilité structurale qui peut engendrer lissages et prise en masse. La reprise de printemps doit se faire au plus près du semis en conditions ressuyées. Bon ITK.						

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	un peu moindres en maïs (irrégularité) et tabac ; Fioul (1/2 moins), pas d'investissement supplémentaire	Effet taille de l'exploitation pour valoriser le gain de temps
Charges		
Agronomique		
Travail		
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Destruction des cannes de maïs		Travail du sol avec outils à dents ne se fait pas le matin quand les cannes sont humides mais lorsqu'il fait chaud. Les cannes cassent facilement.
Question du comportement des sols et des cultures en NL lors d'années humides ??		
Autres modifications		
Intégration des couverts végétaux ; de la rotation et de protéagineux		

9

MONOCULTURE DE MAÏS DANS LE PIEMONT BAS-RHINOIS

Sur cette exploitation familiale avec cultures spéciales qui octroie un revenu assez confortable, les attentions se portent sur la qualité de vie et le bonheur au travail. Le NL s'inscrit dans ce schéma avec des essais qui ont duré plusieurs années sur les petites parcelles et se sont étendus à 60% de la surface en 2002. L'itinéraire de départ incluait un passage au chisel qui ne se justifie pas (plus) par rapport à un travail plus superficiel.

Rotation	Monoculture de maïs			Irrigation : non	Couvert : Non		
Type de sol	Limons sableux battants acides des collines sous-vosgiennes / Limons argileux des collines sous-vosgiennes						
Calendrier	Oct.		Nov	Mars		Avril	Mai
Opération	Récolte	broyage	déchaumage	reprise	reprise	Semis du maïs	Désherbage + Callisto + Milagro en 2 passages
Outils	MB	100 cv + Broyeur 3 m	135 cv + landroller 3m	135 cv + landroller 3m	135 cv + vibro 6 m	100 cv + semoir 6 rangs classique	
Réglages			4 ha/h – 12 km/h – 7 cm de prof	à 12 km/h et 7 cm de prof	7 - 10 km/h et 4 cm de prof	6 km/h ; 2 -5 cm de prof	Fertilisation : de fond en hiver ; urée avant et après semis
Règles de décision de l'intervention	Ne veut pas d'intervention en conditions humides où tassement	Intervenir assez près de la récolte, toujours sur résidus secs	Résidus secs mais ayant subi une pluie après broyage	Sols ressuyés	Sols ressuyés	Les conditions de sols doivent être optimum	
Objectifs	Récolter un maïs sec avant les vendanges	Avoir des brins affinés et détruire la pyrale	Travailler le sol superficiellement pour l'aérer et favoriser la dégradation des résidus	Travailler le sol superficiellement pour l'aérer et favoriser la dégradation des résidus	Niveler le sol et éviter l'assèchement en surface avant semis	semis dans une zone encore humide pour assurer les levées	
Opération réussie : Pourquoi ?	« Un bon maïs bien récolté »	Pas de bourrage lors du déchaumage suivant	Bon mélange terre - résidus	Bon mélange terre - résidus	Terre aplanie pour le semis	Levées (qui se font dans des conditions limites)	
Remarques	Le broyage est une étape très importante de l'IT, car il conditionne la facilité de passage et la qualité de travail des outils suivants. Donne aussi une forte importance pour lutte contre la pyrale. Vitesse maxi que peut donner le tracteur avec le landroller pour que celui-ci puisse travailler à profondeur suffisante et bien brasser terre et résidus. Importance des levées : dégradées avec la battance, mais qui sinon se font de manière impressionnante dans les débris.						
Le regard du conseiller	Cet itinéraire est relativement simple à mettre en œuvre avec du matériel traditionnel. Un travail profond peut être envisagé après plusieurs années de travail superficiel pour déranger toute sorte de ravageurs susceptibles de s'installer en l'absence de travail profond (mulots, taupes). Il pourrait permettre de freiner les vivaces présentes. Le passage de landroller au printemps peut occasionner des lissages et lards si les conditions sont trop humides. Le vibro est à privilégier avec un seul passage sur limons battants. Le chasse-mottes sur semoir permet un semis régulier, voire d'éviter un passage supplémentaire de vibro.						

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	équivalents	
Charges	?	
Agronomique	galeries de vers ; régularité des semis ; portance ; décomposition de la MO ;	
Travail	Temps libre ; vacances en hiver	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Grand fléau : les corbeaux (résidus en NL) et qui lors du semis prélèvent environ 10 % des semences		Aucune pour l'instant
Adventices : ronces et matricaires (dans les sablo limoneux battants), liseron		Pour le liseron, labour profond pour couper le rhizome assez profond. Désherbages chimiques sur ronces : banvel, starane
Périodes humides 2002/2003 : n'a pas passé le Landroller car pas de période propice selon lui		A des doutes sur comportement en années humides ou en sol humide, là où labour plus facilement envisageable
Autres modifications :		

27 MONOCULTURE de MAIS

Pour optimiser les résultats économiques, l'exploitation s'est de plus en plus spécialisée. L'agriculteur a cessé de labourer en 1993 à cause de l'érosion sur maïs. Comme il travaille le sol durablement, l'agriculteur a accès à davantage de parcelles à louer (est un fermier plus attractif, car il travaille le sol en le « conservant »). Le plus fort débit de chantier des machines permet de travailler le sol dans des conditions optimales, aussi parce que 2 agriculteurs peuvent se relayer.

Résumé: Les TSL ont d'abord permis de réduire l'érosion, les avantages en terme de temps de travail sont apparus par après.

Rotation	Monomais				Irrigation non	Couvert : Non
Type de sol	sL et limons lourds sur loess					
Calendrier	Oct	Dec		Avril		Juin
Opération	Déchaumage	Déchaumage	Sous-solage	Préparation du semis	Semis:	Désherbage Dernière semaine: Si beaucoup de liseron, application de Banvel 0,3 l, puis évent. plus tard 0,5 l, lorsque le maïs fait 1 m de haut
Outils		Pattes d'oies	Lemken Corunt	Lemken Conkord avec rouleau	100 CV + herse rotative + Monosem	
Réglages	10 cm	10-15 cm	70 cm; sur sols en pente, en travers de la pente sur des bandes de 6 m de large (les 20 m suivants ne sont pas travaillés et ainsi de suite)	10 cm	6 cm	fertilisation N, P, K, avant semis
Règles de décision de l'intervention	Après récolte		Que en bonnes conditions, non humides	Début avril		Insecticides Trichogrammes
Objectifs	mélanger les résidus à la terre		Tous les 2-3 ans	Mélanger et rappuyer pour préparer le lit de semences	Sol bien préparé pour favoriser les levées	
Remarques	Le déchaumage de décembre peut être remplacé par un décompactage avec mélange terre-résidus avec un chisel (jusqu'à 40 cm de profond sur sol lourd)					
Regard du conseiller	La prévention de l'érosion est le premier objectif des TSL.. Le sous-solage en travers de la pente est positif, car il permet à l'eau de s'évacuer en profondeur. Cette intervention gagnerait à être avancée car en décembre, le sous-sol est souvent déjà gorgé d'eau, tout comme elle doit être exclue en année trop humide. Pour les amendements, la valeur de pH doit être considérée, comme la teneur en calcaire de ces sols lourds. Le sol n'en sera que plus stabilisé.					

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement Charges		
Agronomique	moins de désherbants grâce au déchaumage Enracinement plus profond moins de stress hydrique; meilleure portance, accès plus simple à de nouvelles locations de terre	Les fusarioses n'ont pas empiré
Travail	Enormes avantages	
Problèmes		Solutions:-
	Limons lourds sensibles à la compaction, à ressuyage lent et difficilement praticables:	Drainage; Mulching et sous-solage à 70 cm seulement en bonnes conditions

16a

MONOCULTURE DE MAIS DANS LES SABLES DU PIEMONT

Depuis 1995, le NL est pratiqué sur colza et blé avec chisel et combiné classique semoir à socs. Cela permettait notamment d'écrêter la pointe de travail à cette période. En 2001, le maïs a été essayé avec de bons résultats suite à l'achat de matériels (semoir, décompacteur, vibroculteur) ou d'équipements spécifiques. Cela a permis par la suite d'accroître sensiblement le gain de temps. L'ITK doit permettre de sécuriser le résultat de la culture.

Rotation	Monoculture de maïs					Irrigation : partielle	Couvert : Non
Type de sol	Limono-sablo-argileux plus ou moins profond du Piémont haut-rhinois						
Calendrier	Oct		Mars	Avril		Mai	
Opération	Récolte et broyage	déchaumage	Reprise superficielle de printemps	Ameublissement	Semis du maïs	Ferti : 18-46-0 puis urée	
Outils	MB perso avec broyage sous bec	180 cv pneus larges+ covercrop 5m	180 cv pl + vibro 6m	180 cv pneus larges + décompacteur Héliisol 6 dents	120 cv + semoir classique à disques chasse-mottes à socs (6 rgs)	Désherbage : 1 à 2 callisto – milagro à 1/3 dose + banvel localement	
Réglages		à 15 km/h et 10 cm de prof	à 12 km/h et 5 cm de prof; en <u>travers</u>	20-25 cm de profondeur 8-10 km/h	6 km/h ; 4 -5 cm de prof		
Règles de décision de l'intervention	Ne veut pas d'intervention en conditions humides où tassement	Résidus secs Conditions ressuyées	Sol ressuyé	Ressuyé sur la profondeur de travail – 8 jours avant semis	Les conditions de sols doivent être optimum		
Objectifs	Récolter un maïs sec pendant les vendanges	Mélanger pour favoriser la dégradation des résidus	Rouvrir le sol sur 5 cm	Aérer le sol, <u>homogénéiser le profil car maïs fainéant</u>	Bon semis		
Opération réussie : Pourquoi ?		Mélange apparen	Terre affinée	Pas de lissage et pas de refermeture	Débris dégagés de la ligne de semis		
Remarques	Le broyage est une étape très importante de l'IT, car il conditionne la facilité de passage et la qualité de travail des outils suivants. Donne aussi une forte importance pour lutte contre la pyrale. Décompactage : en automne sur parties les plus argileuses quand ressuyé (novembre, pas septembre) ; au printemps sur limons et certains sables depuis 2 ans sinon se referme ; attend toujours 3-4 jours après beau temps – systématique sur maïs et colza Irrigation : ne pose pas de problèmes : petites buses utilisées quand la végétation ne couvre pas encore ; quantité globale moindre.						
Le regard du conseiller	Le déchaumage au covercrop permet de bien mélanger les cannes mais peut générer des bourrages en l'absence de broyage et si les disques sont trop fermés. Il risque aussi de créer de la terre trop fine sur ces types de sols, voire de lisser si les conditions sont trop humides. L'usage de l'ameublisseur après travail superficiel peut limiter l'adhérence (donc patinage) et causer des tassements par les roues du tracteur sur la profondeur du travail superficiel. La reprise doit intervenir après ou être supprimée. L'usage de l'ameublisseur à cette période favorise l'enracinement du maïs mais les risques de lissage en printemps humide ou d'assèchement du profil en année sèche sans irrigation existent. Le risque est d'autant plus accru que les parcelles présentent des hétérogénéités de type de sol. Dans des sols hydromorphes, des perspectives existent en TCSL : déchaumage d'automne suivi d'un décompactage pour évacuer l'eau ; semis direct au printemps. La possibilité de mise en place de couverts qui assèchent le profil existe si la portance du sol permet de le détruire courant mars.						

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	pas d'effet	
Charges		Augmentation des investissements avec achats récents Phoma en colza
Agronomie	« semoule de terre » ; portance ; drainage ; homogénéité du profil ; meilleure approche par l'agriculteur	
Travail	Ecrêtement des pointes de travaux	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Savoir quand intervenir		Profils de sol « personnels » et « savoir attendre »
Possibilités du NL dans les terres argileuses hydromorphes (montmorillonites)		? aucune donc pas de NL dans ces terres
Autres modifications		
Chaulage plus que fertilisation de fond est la base du système sol.		

23 MONOCULTURE de MAIS

La monoculture de maïs sur sol limono-sableux à forte pente est conduite en TSL suite à des problèmes d'érosion des sols. L'érosion a été fortement réduite, malgré le maintien de la monoculture de maïs sur ces surfaces.

Au printemps, fertilisation et travail du sol venaient en concurrence avec l'installation de phéromones dans les vignes.

Aujourd'hui à cette période, l'intervention la plus gourmande en puissance se résume à un passage d'un outil à disques 12 km/h avant le semis.

Rotation	Monomais			Irrigation non	Couvert : Non
Type de sol	Ls				
Calendrier	Oct	Mars	Avril	Mai	
Opération	déchaumage	Préparation de semis	Semis	<u>dés herbage</u> Motivell /Callisto à 0,8 l ferti 40-40-6 et Ca au semis;	
Outils	Néodéchaumeur à disques	Néodéchaumeur à disques	semoir 8 rangs		
Réglages		12 km/h - à 10 cm	5-6 cm		
Règles de décision de l'intervention	Dès la récolte	Sol ressuyé			
Objectifs	Mélanger	Dés herber et réchauffer	Placer la semence dans un lit réchauffé		
Remarques	Si besoin, décompacteur Dutzi sur 20 cm de profondeur en mars				
Regards du conseiller	Ces sols doivent être travaillés dans de bonnes conditions. Le décompactage doit intervenir en sous-sol ressuyé sinon les effets seront plus négatifs que positifs (lissage). Le sol se prête mieux à un travail d'automne qu'à un travail en mars.				

résultats :	positifs	negatifs
Rendement	stables	
Charges	réduites;	
Agronomique	meilleure portance	
Travail	gain de temps notamment en période de pointe de travaux	
Problèmes		Solutions-:
Annuellement l'érosion avant les TSL		Travail sans labour , en travers de la pente
Lemken Smaragd : bon travail superficiel mais médiocre en profondeur		Néodéchaumeur à disques et si besoin, dents de Dutzi sur 20 cm de profondeur
Autres modifications		

14 MONOCULTURE DE MAÏS DANS LE RIED

Malgré la petite taille de l'exploitation, les investissements en matériel spécifique de NL ont été réalisés rapidement voilà 7 ans (la fin justifie les moyens). Ils imposent de réaliser des travaux sur d'autres exploitations afin de mieux rentabiliser le parc matériel. « Seule l'utilisation de matériel spécifique et le savoir-faire permettent d'obtenir des résultats probants en NL ». Les couverts doivent être adaptés à chaque situation. Ils ont des rôles importants et multiples notamment sur les parties inondables : retenue de terre; maintien de la structure du sol ; accélération du ressuyage du profil. « L'ITK est préparé l'année d'avant », formule qui marque la nécessité de garder un sol nivelé et une structure non dégradée.

Rotation	Monoculture de maïs				Irrigation : Oui	Couvert : Oui
Type de sol	Argiles lourdes des Rieds bruns, noirs et gris de l'III					
Calendrier	Oct		Avril		Mai	
Opération	déchaumage	semis du couvert	reprise ou glyphosate	semis	Désherbage en post, mécanique avec 2 binages (et chimique : Callisto-Milagro, Banvel)) Fertilisation : starter et urée enfouie	
Outils	200 CV + Mulchtilleur 6 m	200 CV + SD 4000	200 CV + Mulchtilleur pattes d'oies (6 m) ou 1 à 1.5 L/ha	200 CV + semoir spécifique semis direct 6 rangs équipé		
Réglages	15-17 km/h ; 3 cm prof ;	15 km/h	15-17 km/h ; < 5 cm prof ;	6 km/h		
Règles de décision de l'intervention	Direct après récolte	Selon le couvert choisi, et l'année	Mécanique en sol ressuyé ; chimique la veille du semis	Conditions de sol Pas de dates		
Objectifs	Mélange des cannes et de la terre	Avoir une couverture du sol	Détruire le couvert et les adventices	Avoir des plantes trapues		
Opération réussie : Pourquoi ?		toujours	Efficacité de la destruction des plantes en place	Densité de semis optimale économiquement et diamètre des pieds		
	Parcelles inondables non déchaumées	Couvert différent en parcelle inondable				
Remarques	Le couvert est composé d'un mélange de plusieurs espèces qui varient selon l'année et le type de sol. Depuis 5 ans jamais de problèmes de loupé ou d'impossibilité d'intervenir à temps. Quelques décompactages sont réalisés dans les limons blancs, mais selon l'agri cela n'est pas justifié dans 95 % des cas. Le semis direct sans déchaumage d'automne est réalisé sur les parcelles inondables et battantes (5 ha environ). Le 2 ^e binage sert à désherber et à incorporer l'urée. La destruction mécanique du couvert est faite début avril quand bonnes conditions climatiques (permettant ressuyage) et la destruction chimique la veille du semis quand bonnes conditions de sol et hygrométrie favorable. Semis : plantes rustiques ; cherche à ne pas avoir de problèmes sanitaires ; densité de semis faible ; objectif plantes vigoureuses (diamètre du pied). Irrigation : 3 – 4 tours d'eau selon RFU, ETP, ... mais avec quantités fortes					
Le regard du conseiller	Cet itinéraire nécessite du matériel spécifique dans le sens où il doit associer vitesse de travail (pour assurer la qualité du mélange sur une profondeur inférieure à la profondeur de semis) et qualité du semis en l'absence éventuelle de reprise. Sa mise en place nécessite une connaissance et une expérience préalables des effets d'une conduite en non-labour. Le semis du couvert peut se faire à la volée pour des raisons économiques. Le déchaumage suit ce semis. La destruction tardive du couvert ne semble pas pénaliser le maïs dans ces sols plutôt gorgés d'eau au printemps. Au contraire, ils assèchent le profil. La destruction mécanique d'un couvert non gélif est très délicate et peut causer des échecs. L'outil utilisé dans ce cas paraît approprié lorsque les conditions de ressuyage du sol sont optimales.					

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	stables à 107 q/ha ; meilleurs en terres inondables	
Charges	Tours d'eau moindres ; azote ; travail (moins 90%) ; dose de semis moindre	investissements ; surface à exploiter ;
Agronomique	Erosion ; connaissance des sols	recherche de la technique et des couverts adaptés à la parcelle
Travail	technique ; nécessite compétences et pratique;	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Autres modifications		
Exigences techniques en terme de conditions d'intervention : hygrométrie ; comportement du sol Exigences de suivi. Quantités d'eau à chaque tour d'eau plus élevées pour favoriser les phases de dessiccation/humectation.		

15

MONOCULTURE DE MAÏS DANS LE RIED

La décomposition de la matière organique dans ces terres lourdes et froides devenait de plus en plus difficile traduisant le peu d'activité biologique. Cela a entraîné le passage au NL il y a 10 ans. Les adaptations nécessaires du matériel existant se sont faites au fur et à mesure de l'apparition de certains problèmes, l'objectif de base étant d'essayer de fonctionner avec du matériel assez conventionnel. Le tracteur est équipé de pneus larges mais pas de roues jumelées car ces parcelles sont éloignées du site d'exploitation. Les essais en semis direct ont été décevants du fait de la froideur de ces terres. L'ITK mis en place doit utiliser du matériel traditionnel qui permet de travailler sur sol labouré si des problèmes devaient intervenir et dans la mesure où le semis direct n'est pas envisagé dans ces terres.

Rotation	Monoculture de maïs			Irrigation : partielle	Couvert : Non
Type de sol	Argiles lourdes des Rieds blond et noir du Rhin - Ried Nord / Limon argileux à argilo-limoneux du Kochersberg				
Calendrier	Oct.			N	M
Opération	Récolte du maïs + broyage sous bec	Broyage à la machine	déchaumage		Reprise + semis en 1 passage
Outils		120 CV + broyeur	200 CV + smaragd 4 m		200 CV + rotoherse 6 m + semoir classique 8 rangs à disques et chasse mottes rotatifs
Réglages	Intervenir en bonnes conditions de sol si possible		8 - 12 km/h – 10-15 cm profondeur		7-8 km/h – 5-6 cm de profondeur + 4-5 cm de profondeur (4 ha/h)
Règles de décision de l'intervention	Potentiel de rendement avec variétés tardives	Dès que possible après récolte	Tout de suite après broyage		Semer assez tôt (15 – 20 avril)
Objectifs	Récolter en bonnes conditions	Affiner les résidus et limiter les risques type pyrale	Mélanger terre et résidus fins – couper les racines - niveler		Assurer le peuplement au départ
Opération réussie : Pourquoi ?		Pas de longues cannes plus longue à se décomposer	Bon mélange		Régularité de semis
					Semis repoussé pour éviter les lards ; a gagné en portance
Remarques	En conditions de récolte humides, décompactage de toute la surface à 25 cm pour « refaire ce qui est cassé » du fait des traces de roues de la moissonneuse-batteuse. Au fil du temps, broyage sous bec ajouté au broyage à la machine et déchaumage précoce d'automne privilégié car la gestion des résidus est un aspect important.				
Le regard du conseiller	Contrairement aux deux autres cet itinéraire n'intègre ni couverts ni semoir spécifique. Toutefois des adaptations de matériel sont indispensables car l'évolution de la matière organique est lente et les risques de gêne pour le maïs suivant réels. Le déchaumage peut engendrer des pertes en terre lors d'inondations. Un ameublissement, qui ne bouleverse pas les horizons de surface, pourrait alors être préférable. Cet itinéraire peut être mis en œuvre assez facilement et sans matériel spécifique moyennant des interventions en conditions optimales.				

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	meilleurs en argile et n 2003	
Charges	Usure ; Fioul, coût des pièces (10 fois moindres)	
Agronomique	Portance au printemps ; adhérence ; 5 jours de résistance à la sécheresse ; moins de « lards » ; infiltration d'eau	fenêtre d'action plus limitée
Travail	Débit de chantier ; 1 passage en moins ; 1 heure de travail gagnée /Ha	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Problème de pénétration des disques surtout dans terres lourdes		Ajout de ressorts sur les éléments semeurs
Nivelage, profondeur et régularité de travail, régularité et lenteur des levées entraînant une année des pertes de 40% du rendement		Rotoherse et chasse-mottes rotatifs sur le semoir
Davantage de panics et de liserons		Prélevée envisagée sur panics ; Banvel en plein sur liserons est plus efficace car les liserons sont plus développés.
Autres modifications		
Le travail en conditions ressuyées pour éviter tout tassement: récolte, interventions phytosanitaires, travail du sol.		

22 MONOCULTURE de MAIS

L'hydromorphie des parcelles a été la principale raison du passage au „semis direct modifié“. En labour, les sols étaient difficilement praticables. La conduite est menée avec d'autres agriculteurs aussi en TSL. Le travail du sol avec un „Mulchtiller“ est faite par un intervenant extérieur. Les compactations du sol doivent être réduites au maximum (moissonneuse équipée de chenilles ou à défaut de jumelage). Le gain de temps lors des travaux de printemps est reporté sur d'autres productions (tabac), ce qui permet de ne pas avoir recours à une main d'oeuvre extérieure. Le sol n'est pas compacté; il est fissuré par l'action des nombreux vers de terre de manière plus efficace que cela n'était fait auparavant par le travail mécanique. En résumé: réduction des charges par le recours à des entreprises, écrêtement des points de travaux, amélioration de l'état du sol.

Rotation	Mono mais		Irrigation non	Résultats :
Type de sol				
Calendrier	Mars	Avril		Mai
Opération	désherbage	désherbage	Semis	
Outils	110 CV + pulvé 2 L Round-Up	110 CV+ néodéchaumeur à plusieurs rangées d'outils à dents et à disques (Mulchtiller John Deere),	100 CV + herse rotative + Monosem	<u>désherbage</u> Mikado /Callisto à 0,9 l Banvel 0.2L ferti N, P, K, Mg Sur le rang au semis <u>insecticide au</u> semis
Réglages	-	10 cm profondeur	6 cm profondeur	
Règles de décision de l'intervention	15 jours avant semis	Début avril	Deuxième moitié de mois	
Objectifs	Destruction des adventices présents	Ouvrir superficiellement, destruction des adventices et enfouissement	Sol ressuyé et réchauffé	
Remarques	L'origine de l'hydromorphie n'est pas connue (Pseudogley de parabrun? Semelle de labour?) Est-ce bien de ne rien faire à l'automne? Mulcher? Avec quels risques de pyrales!? Positif: travail uniquement en sol ressuyé, avec mélange superficiel nur flache Einmischung -> la paille se décompose mieux et n'est pas enfouie en profondeur Un déchaumage à l'automne serait préférable vis à vis des pyrales et de la décomposition des cannes de maïs.			
Le regard du conseiller				

Résultats	positifs	négatifs
Rendement	aucun changement	
Charges	diminution (gasoil, PSM) ; gains supplémentaires par MEKA	
Agronomique	Le sol se ressuie sensiblement mieux, plus facile d'entrer dans les parcelles, sans problèmes d'excès d'eau. Le sol a une meilleure couleur et odeur.	
Travail	Moins fortes pointes de travaux, et moins d'appel à la main d'œuvre extérieure	
Problèmes	Solutions:-	

12 MONOCULTURE DE MAÏS et BETTERAVES DE MAÏS DANS LES SABLES DU RIED

Le NL a été essayé en 1992 sur des parcelles non rectangulaires où du temps était perdu lors du labour des pointes. Depuis 1996, l'exploitation entière est en NL y compris les betteraves et les cultures spéciales venues plus tard (oignons puis tabac). La stratégie de réduction des coûts doit aller de pair avec la simplification du travail sur grandes cultures au bénéfice des cultures spéciales. L'ITK doit donner satisfaction avec l'utilisation de matériel présent sur l'exploitation.

Rotation	Monoculture de maïs				Irrigation : Oui	Couvert : Non	
Type de sol	Sables du Ried superficiels et caillouteux / Sablo-limoneux du ried						
Calendrier	Mi-Oct à début Nov.		Déc		Mars	Avril	Mai
Opération	Récolte + broyage sous bec	130 cv BP + broyage	Déchaumage profond		1 ou 2 reprises de printemps	semis	Ferti : 200 kg de 18-46 au semis
Outils	MB entreprise	Broyeur 3 m	130 cv + smaragd 3m		110 cv BP+ vibro 4m+ rouleaux cages fixes (tout le poids sur rouleaux)	110 cv + semoir à disques classique 6rgs et chasse-débris rotatifs	Désherbage : Mikado-Milagro – Starane en plein à 6-8F du maïs
Réglages		8 km/h	8 – 10km/h ; 20 ha/j ; 10-15 cm de profond		Sur le « 3 points » : 1è rangée moins profonde que dernière pour aligner les résidus	8 – 8.5 km/h	
Règles de décision de l'intervention	Attend que l'entrepreneur ait fini la campagne	Tout de suite derrière la MB car résidus bien secs	De nuit qd gel à -2 ; -3 °C. Idéal : juste paille gelée		Selon dégradation des cannes sortie hiver – 15aine de jours avant semis	20 – 25 avril quand terre réchauffée	
Objectifs	Récolter tard pour gagner en humidité car les terres le permettent + broyage suivant plus facile	Favoriser dégradation des résidus	Mélanger terre et pailles		Préparer lit de semences	Semer assez tard pour levée rapide	
Opération réussie : Pourquoi ?	Grains à faible humidité pour qualité et cribs	Avoir <u>résidus très fins</u>	Terre fine et paille mélangée		Avoir lit de semences fin	Attend meilleures conditions de sol	
Remarques	Passage de smaragd à éviter quand trop gelé sinon les blocs de paille et de terre ne se mélangent plus. Si les débris végétaux sont encore trop abondants après, passage de rouleaux packer en hiver, sol gelé à -2, -3 °C pour briser les cannes et débris. Le souci d'affinement des débris est très important surtout en précédent oignons où à la récolte de ceux-ci, les racines de maïs peuvent gêner. BETTERAVES et oignons : Les trois premières années, un décompactage systématique précédait le semis de betteraves pour casser la « semelle » de labour. L'ITK est le même ITK que pour le maïs avec un passage de vibro supplémentaire+ après betteraves un décompactage des bords de champ Le semis des betteraves est réalisé dans une terre réchauffée avec un semoir à socs classique sans chasse-débris 12 rangs puis un rappui au rouleau packer pour bloquer l'humidité.						
Le regard du conseiller	Dans des terres caillouteuses, le non-labour peut permettre des économies substantielles avec un itinéraire relativement simple et qui ne nécessite que peu (ou pas) d'investissements. Les risques agronomiques sont la conséquence de la faible stabilité structurale qui peut engendrer lissages et prise en masse. Les travaux de reprise au printemps doivent se faire au plus près du semis en conditions ressuyées. Ceci est un ITK référence.						

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement Charges Agronomique Travail	équivalents à avant, baisse de moitié carburants, irrigation + 1 point de MO en 12 ans ; stabilité structurale surface portance ; moins en moins de décompactage, résistance à la sécheresse accrue, disparition de la semelle de labour et gain de temps	pertes les 2è et 3è année.
Problèmes rencontrés :	Solutions :	
Augmentation du nombre d'adventices, plutôt de levées	Pas plus de traitements, mais rigueur sur l'efficacité	
Développement du système racinaire du maïs moindre du fait d'une préparation du lit de semences jamais aussi fine qu'en L	Passage du vibro en + sur maïs	
Reprise en masse du sol un printemps où décompactage au printemps et pluie par après	Plus de décompactage au printemps ou sinon travail rapide derrière	
Autres modifications		
	En printemps sec, rappui avec un rouleau packer pour garder l'humidité ; en année humide, patience. Travail la nuit sur sol gelé	

24 MONOCULTURE de MAIS

Une unité de compostage (nouvelle activité) et les cultures spéciales de l'exploitation réclament du temps à l'agriculteur, temps qui est réduit grâce aux TSL. La situation financière de l'exploitation doit être assainie grâce aux itinéraires à intrants modérés mis en place, un ancien parc matériel permettant de conduire les cultures en TSL depuis 1993.

Rotation	Monomais		Irrigation non	Couvert : Non
Type de sol	Sables superficiels sur sol caillouteux léger			
Calendrier	Oct/Nov	D	Mars	Avril Mai
Opération	Décompactage puis apport de compost		2 déchaumages	Semis
Outils	Chisel lourd 7 dents avec rouleau		herse lourde puis cultivateur 3 jours plus tard,	Monosem désherbage Chimique + 1è quinzaine de Mai-binage avec apport localisé de fertilisants
Réglages			10 cm	
Règles de décision de l'intervention			Fin mars	
Objectifs	Léger mélange		Enfouir le compost	
	Pas de pattes d'oies. Sol se fissure, s'assèche. Les pierres ne remontent pas			
Remarques	Strict sur le désherbage en cas de forte pression adventice, avec un deuxième passage de déchaumeur si besoin. En sol bien aéré au printemps, covercrop, sinon déchaumeur muni de pattes d'oies. La herse rotative est utilisée si les résidus végétaux du précédent sont mal répartis. Le maïs est passé en TSI avec d'abord uniquement un déchaumeur à dents (covercrop moions concluant). Mais avec les apports de composts, nouvelles exigences : en 2002, outil paraplow + déchaumeur à dents, mais avec des insuffisances de rappui qui ont conduit à des problèmes de limaces.			
Regards du conseiller	Un outil avec pattes d'oies n'est pas recommandé pour les travaux de printemps lorsque les horizons inférieurs sont encore humides. Il doit être réservé aux conditions sèches (automne). Les apports de composts se font avec du matériel lourd peu après un décompactage du sol en profondeur. Etrange ? Rouler le sol est impératif pour refermer les cavités où se logent les limaces..			

résultats :	positifs	negatifs
Rendement	dans le tiers supérieur des résultats régionaux	
Charges	Gain grâce à des sources de compensation (MEKA); Charges opérationnelles inférieures de 30 %	plus de besoins en machines: + 30 % de charges de mécanisation
Agronomique	Moins de pierres; meilleure capacité de tampon vis à vis de l'eau; meilleure structure du sol	
Travail	Gain en flexibilité	
Problèmes		Solutions:-
Erosion éolienne en Mais après Mais		Meilleure stabilité grâce aux TSL et au compost
Ponctuellement, fortes pressions d'adventices, notamment lors de la phase de transition		Traitements spécifiques si besoin

26 MONOCULTURE de MAIS

Pour simplifier son système l'agriculteur est passé d'une rotation Maïs-blé à une monoculture de maïs à la fin des années 80. Le blé était alors déjà semé sans labour. En 1992, création de l'entreprise de travaux agricoles et passage aux TSL complet. L'agriculteur est bien équipé en outils et tracteurs car il fait de la prestation extérieur.

S'agrandir n'est guère possible vue la pénurie de foncier. L'agrandissement du parc matériel pour augmenter les chantiers peut être financée grâce à l'entreprise qui permet d'utiliser toute la capacité du matériel. L'agriculteur considère avoir des marges de manœuvre pour les investissements aussi longtemps que la rentabilité sera garantie.

Rotation	Monomais			Irrigation non	Couvert : oui
Type de sol	Sables, sables limoneux avec zones de limons lourds				
Calendrier	Sept	Fév	Mars	Avril	
Opération	Déchaumage/ semis de moutarde	Destruction du couvert	déchaumage	Préparation du lit de semences	Semis
Outils	Déchaumeur équipé d'un semoir pneumatique	Round Up 1L	Lemken Smaragd 5m	Cultivateur ou rotoherse (Amazone)	Machine de semis direct John Deere
Réglages	10 cm profondeur		10 cm	8-10 cm	
Règles de décision de l'intervention	Après récolte (précoce sur sables)		Seulement sur les sols les plus lourds	Cultivateur sur limons; rotoherse dans les sables	
Objectifs			Réchauffement le sol	Enfouissement de la moutarde; lit de semences régulier	Semis de qualité avec débit de chantier élevé
Remarques	Dans les limons, la récolte est plus tardive (Octobre); aucune moutarde n'est semée; un passage de cover-crop travaille les résidus. 30 m ³ de compost sont épandus en décembre sur sol gelé				
Regards du conseiller	Les vagues de levées de panics sont à détruire par application tardive des produits foliaires (Motivell). Le travail du sol avec des outils type le Terrano est aussi efficace. La dégradation de quantités importantes de matière organique est activée par l'enfouissement comme cela est réalisé dans ce cas. La réduction du rendement les premières années est sûrement due à la réorganisation de l'azote qui se fait en parallèle de la formation d'humus.				

Résultats :	positifs	negatifs
Rendement	identiques	
Charges	Charges de mécanisation, -50 % Carburants -70 %	
Agronomique	Portance et rétention eu eau améliorées	
Travail	- 70 % temps de travail	
Problèmes		Solutions-:
3.und 4. ans de rendement inférieur		Régulation automatique
Après 2 ans, compactions		Décompactage avec outil Paraplow
3 è année, panics (loupé du 2è traitement de post)		
Autres modifications		
Moutarde après récolte précoce dans les sables Pas davantage de pressions de limaces et de souris		

1 CULTURE DE MAÏS et DE BETTERAVES SUCRIERES SUR MAÏS EN HARDT ROUGE

L'agriculteur pratique le NL intégral depuis 9 années, sans soucis majeurs. L'objectif premier était de relever le taux de matière organique des sols. L'achat de matériel spécifique était prévu mais avec la volonté d'étaler les investissements. L'investissement s'est immédiatement porté sur du matériel de pseudo labour et sur des organes d'adaptation du semoir. Le matériel traditionnel de reprise devait permettre d'assurer la préparation du lit de semences dans un premier temps (logique de renouvellement constant et rotationnel du matériel). Après 5 années, un matériel de reprise et de déchaumage plus spécifique et plus polyvalent a été acheté. Il devait allier débit de chantier, qualité de travail uniforme au dessus de la zone de semis, lutte contre les adventices. L'itinéraire maïs doit conserver un travail profond et des travaux plus superficiels qui font office de désherbage. Avant betteraves, l'itinéraire comporte en plus un déchaumage à l'automne pour faire évoluer plus rapidement les résidus de maïs.

Rotation	Maïs (3 ans) – Betterave sucrière					Irrigation	Oui	Couvert	Non
Type de sol	Hardt rouge superficielle sablo-argileuse								
Calendrier	Nov.	Déc.	J.	F	Mars	Avril		Mai	
Opération	broyage des cannes	pseudo-labour			2 reprises superficielles 15 jours d'intervalle	semis		Désherbage post Fertilisation	
Outils	broyeur	190 CV jumelé + Charrue express 2.7 m			190 CV jumelé + mulctiller 5.7 m (dents ou pattes d'oies + disques + herse + rouleau)	semoir 6rangs classique à disques et chasse mottes rotatifs		Traitement antipyrale systématique	
Réglages		35 cm de prof 9 km/h – 20 ha/j			5 cm de profondeur 15 km/h – 80 ha/j	semis à 5-6 cm entre le 20 et le 25 avril			
Règles de décision de l'intervention	dès la récolte	fait avant Noël (action du gel)			attendre un bon ressuyage	placer la graine dans une zone humide			
Objectifs	favoriser la dégradation des cannes	ameublir en profondeur sans retourner			ne pas travailler sous la profondeur de semis – détruire les adventices	assurer une levée rapide			
Opération réussie : Pourquoi ?	résidus fins en surface	que les terres puissent geler - dégeler			pas de lissage lors de la reprise				
Opération impossible: règle d'action?		repoussé jusqu'à fin février			pas encore de printemps trop humide empêchant de passer dans de bonnes conditions				
Remarques	Mulctiller avec dents simples lors du premier passage et pattes d'oies de 25 cm de large pour le deuxième. Avec le mulctiller au printemps, attendre davantage qu'un vibro pour éviter un lissage par les pattes d'oie – BETTERAVES : Etape principale avant betteraves : la dégradation des cannes de maïs à l'automne avec un mulchage grâce aux disques du mulctiller.(travail à 8 cm de profondeur). Le semis se fait semoir classique à disques et talons à 3 cm de profondeur et a pour objectif majeur de déposer la semence dans une zone humide.								
Le regard du conseiller	Cet itinéraire technique fait appel à du matériel relativement spécifique : charrue Perrein, néodéchaumeur à dents de largeurs variables, semoir à maïs. Le maintien d'un travail profond sécurise le rendement et ne comporte pas de risques majeurs vue la part de cailloux et d'argiles qui peuvent se restructurer en hiver. Le travail profond systématique n'a pas d'intérêt chaque année et pourrait être remplacé par un passage de mulctiller à 10 cm. L'utilisation d'un vibro à dents droites (grand dégagement) est suffisante en reprise. Pour améliorer l'activité du sol et le taux de matière organique en surface, la charrue Perrein mélange sur une profondeur trop grande et ne laisse pas assez de résidus de surface. Un déchaumage plus superficiel à l'automne, suivi d'un décompactage répondrait mieux à ces préoccupations.								

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	Pas d'effet	
Charges	Fioul, usure des pièces, travail	
Agronomique	Portance, conductivité hydraulique, taux de MO (analyses)	Humidité au printemps
Travail	Temps de travail	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Moins d'adhérence due à l'absence de raie		Travail du sol dans de meilleures conditions de ressuyage ; jumelage
Qualité des semis		Adaptation du semoir : semoir à maïs équipé de chasse.
Développement d'adventices (mourron) marquant selon lui la bonne teneur en MO du sol.		Achat d'un outil à dents larges de 25 cm (néodéchaumeur) qui scalpe la surface du sol et détruit les adventices
Autres modifications		
Benches restent dans les chemins à la récolte		

18 MAIS DE BLE DANS LES COLLINES ERODIBLES

Cet itinéraire permet à la fois de dégager du temps et de lutter contre l'érosion. Les semoirs à céréales utilisés sont spécifiques au NL. Aucun travail profond n'a jamais été réalisé depuis le passage au NL (6 ans auparavant). La fenêtre favorable d'intervention est réduite et nécessite de travailler la nuit. L'itinéraire technique est peu modifié par rapport au labour (le déchaumage et le glyphosate remplacent le labour). Des variantes d'outils existent selon l'état de la parcelle à la récolte du précédent.

L'entrée ITK se fait selon les secteurs de pente qui marquent une plus ou moins grande sensibilité à l'érosion.

Rotation	Maïs – blé				Irrigation : Non	Couvert : Oui
Type de sol	Limons loess érodés ou profonds des versants et sommets du Bas-Sundgau					
Calendrier	Août.				Mars	Avril
Opération	Semis du couvert	déchaumage	Destruction du couvert	1 à 2 reprises superficielles + rappuyage		semis
Outils	100 CV + épandeur à engrais	120 CV + landroller 4 m	100 CV + pulvé	120 CV basses pressions + landroller 4 m		120 CV + NG+ et chasse mottes rotatifs (6 rgs)
Réglages	Avoine printemps ou seigle	5 cm ; 12-15 km/h	1L de glyphosate	10 cm maxi : dans horizon ressuyé puis 2-3 cm plus profond pour chercher humidité et avoir un minimum de mottes		Sol ressuyé
Règles de décision de l'intervention	Semer le couvert avant la fin août	Fin août – début septembre	2è quinzaine de mars – 15j avant effet	Ne pas lisser en profondeur		Désherbage : Callisto-Milagro (0.5-0.8L)
Objectifs	CIPAN et protection des sols	Désherber + niveler + recouvrir les semences	Détruire tôt pour que matière verte dégradée et pas de limaces	Affiner le futur lit de semences en cherchant à garder des mottes en surface		
Opération réussie : Pourquoi ?	Couvert de 25 cm de haut couvrant le sol à 95 % au 15 octobre	Allure propre de la parcelle après déchaumage	Couleur du couvert passe au jaune	Présence de mottes à la surface pour éviter le glaçage		
		chisel à 15 cm à 30° si structure dégradée	Seul passage supplémentaire par rapport au labour			
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Le couvert a plusieurs fonctions la 3è : fonction civique : parcelles non traversées par motos et chevaux (volontairement par agriculteurs ou par non agriculteurs) - Lorsque la parcelle est propre à la récolte, le semis du couvert a lieu en direct avec le 750A de 4.5 m. . Le développement du couvert est alors moindre (25% de volume en moins) mais la reprise au printemps meilleure. Pour le semis de l'engrais vert, pas de roulage pour ne pas lisser et favoriser la reprise de printemps grâce à meilleure structure plus aérée. - A la reprise de printemps, le 2è passage de landroller peut être remplacé par le Horsch qui affine la terre et notamment les anciennes racines grâce au tri densimétrique . être drastique sur les conditions de passage. derrière le 1er passage de landroller, c'est chaotique. Un simple ou double binage est réalisé pour rouvrir le sol et accessoirement désherber 					
Le regard du conseiller	<p>L'utilisation du Landroller pour la préparation du lit de semences crée des mottes mais n'affine pas le lit de semences en conditions non ressuyées. Un travail profond peut être envisagé après plusieurs années de travail superficiel pour déranger toute sorte de ravageurs susceptibles de s'installer en l'absence de travail profond (mulots, taupes). Cet itinéraire est relativement simple à mettre en œuvre avec du matériel traditionnel.</p>					

Résultats :	positifs	négatifs
Rendements	équivalents	
Charges	gain de temps ;	matériel plus cher
Agronomique	érosion, coulées de boues et battance; structure du sol ; drainage ; propreté des routes ;	Plus technique
Travail	moins	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Incompréhension des agriculteurs et image auprès du citoyen : parcelles chaotiques ; champs deviennent des chemins		expliquer
Lards créés par le landroller		Travail en conditions sèches
Autres modifications		
La modification de l'itinéraire technique par rapport au labour ne se traduit que par un passage de Round-Up supplémentaire. Risque financier plus grand en NL.		

29 MAÏS de BLE

L'exploitation est passée aux TSL en 1992. En plus des motivations liées au temps de travail, les conditions de milieu ont aussi été un facteur déterminant. L'engraissement de taurillons a été stoppé, la charge de travail étant trop importante pour une rentabilité pas toujours assurée. Depuis, la surface de l'exploitation est passée de 60 à 180 ha.

La réduction des rendements lors de la phase de transition était sensible mais l'investissement dans du matériel spécifique possible.

Rotation	Mais - blé		Irrigation	non	Couvert	oui
Type de sol	Gley humides et froids					
Calendrier	Juil/Août		Fév	Avril	Mai	
Opération	2 déchaumages	Décompactage avec semis du couvert	Destruction du couvert	Semis		
Outils	240 CV + Lemken Smaragd 6 m	240 CV + Dutzi 3 m + semoir pneumatique sur le déchaumeur	Chimique éventuellement mécanique			
Réglages	5-10 cm	20 à 40 cm	-			
Règles de décision de l'intervention	Dès la récolte	À 40 cm si récolte humide, 20 cm sinon,	chimique en printemps humide	3-4 j. plus tard qu'en labour		
Objectifs		Semer le couvert dans un sol aussi bien préparé que pour une culture	Réchauffement du sol	Semis en terre réchauffée		
			Eviter les compactations du sol Bonnes levées malgré les sols froids			
Regards du conseiller	Dans ce cas, il est important de ne pas travailler le sol en conditions humides donc au printemps comme c'est réalisé ici. Pour le semis du maïs, la date de semis reste moins importante que pour les betteraves par exemple					

résultats :	positifs	négatifs
Rendement	équivalents après transition	inférieurs les 5 premières années
Charges	idem	Equipement très onéreux
Agronomique	vers de terre en forte augmentation	
Travail		
Problèmes		Solutions:-
Avant TSL, sols très humides		Mieux après 5-6 années de TSL
Limaces		Ne pas créer des cavités = rouleaux de rappui
Plus de fusarioses		Peu de variétés adaptées. Rotation serait un plus maïs avec quelle rentabilité?
Autres modifications		
Semis 3-4 j plus tard		

Les TSL ont été adoptées en 2001 pour diminuer le temps de travail. Depuis, la pression des fusarioses a diminué car les résidus de maïs ne sont pas enfouies puis remontés à la surface l'année suivante mais déchaumés superficiellement et dégradés par l'activité biologique. La récolte est régulièrement contrôlée par l'institut de l'élevage, car l'exploitation auto-consomme ses céréales par son atelier porcin et que les contaminations par les mycotoxines peuvent devenir un problème. Le coût de l'alimentation des porcs d'engraissement doit être limité dans un contexte de prix du porc faible. L'agriculteur veut travailler avec un minimum de capital et la main d'œuvre disponible.

Rotation	Mais - blé				Irrigation non	Couvert : oui
Type de sol	Limons en pente					
Calendrier	Août		Fev	Avril		Mai
Opération	déchaumage	Semis de moutarde	Préparation du lit de semences	Préparation du lit de semences	Semis de maïs	Désherbage: Banvel entre autre
Outils	Covercrop ou chisel avec Soc double-cœur	Herse rotative + semoir à disques	Covercrop	Herse rotative		fertilisation tout l'azote au semis
Réglages	20 cm tief		15 cm	7 cm	6 cm	Trichogrammes
Règles de décision de l'intervention	14 jours après récolte		Fin février sur sol gelé si possible	Début avril		
Objectifs		Semer en conditions de sol favorables	Détruire la moutarde et aérer le sol pour le réchauffer		Qualité du lit de semences	

résultats :	positifs	négatifs
Charges	réduction des dépenses peu à peu, meilleure infiltration de l'eau, meilleurs ressuyage, portance, praticabilité.	
Agronomique		
Travail	Réduction du temps de travail et des pointes de travaux; débits de chantiers doublés (20 ha/j à 40 Ha/j)	
Problèmes	Solutions:-	
Semis donc levées irréguliers et baisse de rendements	Achat d'un Monosem NG+ Semoir accord irrégulier par manque de pression sur les socs	
TSL depuis 10 ans avec semis fraisé du rang	Réchauffement lent	
Beaucoup d'humus et ressuyage lent après pluies : Mildiou par zones dans les vallées sur blé après maïs		
Autres modifications		
Moins de maïs à cause de la chrysomèle		

Remarques	Round Up si après blé, trop d'adventices. Le déchaumage d'automne se fait sans rappui pour faire pénétrer le gel dans les horizons inférieurs (limaces sont alors plus présentes) En février, du fumier de porc est épandu sur sol gelé. Avant, le lisier était épandu en avril, mais le système actuel de litière a le double avantage de l'argument commercial lié au bien-être animal et du maintien de la structure du sol car les apports de déjections se font en puis en février chisel à 20-25 cm, enfin en avril un passage de covercrop.
Regards du conseiller	Un travail de février à 15 cm est trop profond. La moutarde semée trop précocement produit trop de masse végétale et doit être enfouie par un passage plus profond. Après le déchaumage profond d'automne, la profondeur de travail au printemps ne doit pas excéder la profondeur de semis. Réchauffement plus rapide et levées plus régulières du maïs.

35 MAÏS de BLE

300 ha sont gérés par l'agriculteur. Des activités annexes au développement de l'exploitation demandent de la disponibilité. C'est pourquoi les travaux des champs ne doivent pas exiger trop de temps. Des bonnes terres à blé (60-80 q/ha) procurent des marges bien supérieures au maïs grain malgré l'altitude. L'équipement matériel vise à avoir des débits de chantier élevés. A terme, 100 ha de petites terres ou petites parcelles seront abandonnées pour se concentrer sur les terres les plus productives.

Rotation	Mais - blé					Irrigation non	Couvert : oui
Type de sol	Graviers légers						
Calendrier	Août	Jan	Mars	Avil		Mai	
Opération	Semis du couvert radis oléifère	Déchaumage profond	Déchaumage superficiel	Préparation du lit de semences	Semis	désherbage Motivell (chiendent)	fertilisation ENTEC engrais N retard Traitement pyrales
Outils	120 CV John Deere 750 A, 4 m	Smaragd 5 m	Smaragd 5 m	(Jumelage) herse rotative	Monosem NG+ 8 rangs		
Réglages		15 cm	6-8 cm				
Règles de décision de l'intervention							
Objectifs		Destruction du couvert	Mélange et rupture de capillarité pour garder l'eau	désherbage			
Remarques	La rotation avec un blé est le meilleur moyen de réduire la pression des adventices comme le liseron des champs. Un radis trop développé à l'automne est mulché en décembre						
Regards du conseiller	Le choix variétal du blé est le point déterminant des fusarioses; les traitements fongicides à la floraison doivent être fait avec les triazoles.						

résultats	positifs	negatifs
Rendement	améliorés	
Charges	réduites	
Travail	réduit	
<u>Problèmes</u>		<u>Solutions:-</u>
souris		1 traitement avec poison
Fusarioses sur blé		2 traitements fongicides

2b

POIS D'HIVER de MAIS DANS LES COLLINES ERODIBLES

Les coulées de boues qu'ont subi les habitants des villages voisins ont poussé l'agriculteur à chercher des méthodes de lutte efficaces contre l'érosion. Le semis direct sous couvert est le meilleur moyen mais il nécessite du matériel spécifique. La pratique du NL a poussé l'agriculteur à rompre la monoculture de maïs et à insérer du blé puis des pois. Celui-ci dispose d'un semoir spécifique qui permet de semer le blé et le pois directement derrière maïs. La logique de maîtrise des charges va jusqu'à la limitation du nombre de traitements.

Rotation	Pois d'hiver (ou blé d'hiver) - maïs		Irrigation : non	
Type de sol	Limons battants du Nord de l'Alsace / argilo-limoneux calcaires - Collines sous-vosgiennes			
Calendrier	A	S	Oct/Nov	Printemps
Opération			Semis du pois d'hiver	<u>Désherbage :</u> 2 dés herbages en 03 aucun en 2004 sur pois, 1 sur blé avec 0,15 L Basagran ; 0.15L Challenge
Outils			140 CV + semoir SD 4 m	
Réglages			3 – 4 cm de prof 10km/h	Aucune fertilisation N, P, K ; aucun fongicide encore réalisé
Règles de décision de l'intervention			Dates de semis optimales (25 oct – 5 nov, soit dès que les blés ne peuvent plus être semés)	
Objectifs			Semer dans de bonnes conditions de sol et de climat pour la variété	
Opération réussie : Pourquoi ?			Structure du sol avant semis est bonne. Ce n'est pas l'état de la culture qui est le plus important	
Remarques	Objectifs du travail du sol : ne pas bouleverser les horizons, même pas par un déchaumage car le mélange de terres n'est pas recherché et tout passage a un coût (3 q par passage pour un déchaumage). Tout passage précédant le semis ne ferait que dégrader la structure car le sol n'est jamais sec (interculture courte), la Moissonneuse-Batteuse ne tassant pas Les résidus de maïs ne sont pas broyés ; cela confère une meilleure qualité de semis.			
Le regard du conseiller	Le semis direct de pois d'hiver est envisageable dans plusieurs circonstances et dans la mesure où les risques de fusariose sont écartés sur cette culture, où le sol est nivelé et la structure homogène et sans zone compactée. Le semis peut se faire sans broyer les cannes de maïs qui pourraient engendrer des gênes au semis et des manques à la levée. Un blé ne devrait pas suivre un maïs grain à cause du développement de fusariose, surtout un blé semé en direct. A défaut de cette consigne, les résidus de maïs doivent être idéalement broyés voire incorporés superficiellement, la variété de blé tolérante à la fusariose des épis et un traitement chimique déclenché en cas de climat favorable aux fusarioses.			

Résultats :	<u>positifs</u>	<u>négatifs</u>
Rendement	Equivalents en blé	Amortissements liés aux investissements
Charges	Fioul, entretien, heures de travail ; engrais de fond et azotés	
Agronomique	Exploration racinaire ; sol friable, se laisse plus facilement travailler	
Travail	Temps de travail, nombre et vitesse de passages	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Psychologique la 1 ^{ère} année : état chaotique des parcelles, mauvais démarrage du maïs, problèmes de réglages du semoir		Soutien de conseillers, travail sur soi.
Autres modifications		
Approche agronomique ; profils ; baisse des apports azotés et de la fertilisation de fond, couverts et rotations		

20 BLE de MAIS DANS LE PIEMONT

Le NL a été adopté en 1998 pour étaler le travail sur l'exploitation, sachant que l'objectif de l'agriculteur est de se libérer les week-ends toute l'année et un maximum de temps au cours de l'hiver et au début du printemps. L'outil principal est un chisel modifié (passé de 4 à 6 m et traîné), avec trémie Accord pour semer couverts, céréales et colza, avec pattes d'oies ou socs en cœur pour travailler à différentes profondeurs. Il correspond au besoin de matériel adapté aux exigences de l'agriculteur et peu cher.

L'itinéraire technique après maïs inclut un travail au covercrop qui permet de bien mélanger les résidus ce que ne fait pas le chisel.

Rotation	Maïs - blé (pailles enlevées) - colza						
Type de sol	Limono-sableux et limono-sablo-argileux du Piémont Haut-rhinois						
Calendrier	A	S	Oct/Nov			Printemps	
Opération			Récolte du maïs + broyeur sous bec	broyage	Déchaumage profond	Semis combiné	Dés herbage : Hormones en rattrapage de l'isoproturon (automne) contre matricaires et véroniques. Fongicide : Optimo F 500 puis Horizon contre fusariose car le meunier essaie d'encourager les 2 traitements
Outils			MB entrepreneur + transbordeur	Broyeur entrepreneur	145cv + Covercrop de 5.5 m	135cv + herse rotative + semoir à socs 3m	
Réglages					Le plus profond possible – 15 cm	6-8 km/h	
Règles de décision de l'intervention			1 jour avant le semis de blé	Dans la foulée	Dans la foulée	Dans la foulée	
Objectifs			Récolter le plus tard possible		Mélanger terre et résidus	Réussir le semis	
Opération réussie : Pourquoi ?			Permet de semer le blé dans de bonnes conditions	Résidus fins			
						Si trop de résidus, attend jusqu'en décembre	
Remarques	<p>La profondeur de déchaumage se fait selon le volume de résidus. Comme il y en a beaucoup en maïs, descend au maximum. Derrière maïs uniquement travail au covercrop car c'est le seul outil qui permet de bien mélanger terre et résidus au vu de la quantité de biomasse présente après maïs. La qualité du broyage est très importante : sous bec puis reprise avec matériel spécifique</p> <p>Blé de colza : 1 déchaumage au chisel (équipe de pattes d'oies)+ rouleau le plus tôt possible après récolte pour faire lever les adventices et déranger les limaces si besoin ; 1 glypho si besoin peu avant le semis qui se fait au chisel</p> <p>Co de blé : pailles enlevées car marché ; chisel pattes d'oies dès récolte à 5 cm ; décompactage assez près de la récolte car encore humide pour fissurer (hantise : terre fine qui rebouche et colmate) ; chisel à 10 cm pour lit de semences+ rouleau pour nivelage + rappui ; R-Up si reverdi (1 an sur 3)</p>						
Le regard du conseiller	<p>Cette succession serait à éviter en NL dans la mesure où elle entraîne des risques très importants de non-collecte liés aux fusarioses.</p> <p>Dans les sols légers, les travaux de préparation du semis doivent suivre au plus près le semis pour éviter qu'une pluie intermédiaire n'occasionne de reprise en masse du sol.</p> <p>Un semoir à socs est utilisable si un bon travail préalable des résidus permet de limiter les bourrages. Les précautions prises à la récolte (maintien d'une surface nivelée) et la finesse de broyage devraient permettre de limiter la profondeur de travail (quitte à augmenter légèrement la dose de semis si nécessaire).</p>						

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	équivalents	
Charges Agronomique	stabilité structurale ; portance permettant des apports azotés plus précoces ; moins de limaces	
Travail	Débit de chantier	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Trop de terre fine créée par les passages d'outils de décompactage qui colmate		Passages en conditions assez humides : près de la récolte en été
Deux passages de chisel pour travailler les résidus de maïs mal broyés → Décomposition trop lente		Covercrop
Autres modifications		
Transbordeur + arrêt d'antilimaces		

8

BLE de MAIS DANS LES COLLINES ERODIBLES

Pour cet agriculteur en NL depuis 1992, l'exploitation n'est pas une fin mais avant tout un moyen. Elle doit lui permettre de dégager un maximum de temps libre sans que la rentabilité économique ne soit pénalisée. L'utilisation de matériel spécifique lui est permise par la CUMA car avec 85 ha il estime qu'il ne lui aurait pas été possible de disposer seul d'un tel parc matériel. Le blé suit deux à quatre années de maïs selon le type de sols. Le point le plus délicat concerne la gestion des cannes qui ne doivent pas entraver la levée du blé.

Rotation	Maïs (4 ou 2 ans) - blé (pailles laissées) - colza				
Type de sol	Limens loess du Bas Sundgau / Argilo-calcaires du Jura				
Calendrier	A	S	Oct		Printemps
Opération			Récolte du maïs	déchaumage	Semis du blé
Outils			MB avec pneus larges +broyage sous bec	170 cv + rotor Dutzi 3 m	120 cv + combiné herse rotative - semoir Amazone à disques
Réglages				8 cm de prof – 1 ha/h mini	4 cm de prof ; 5-9 km/h
Règles de décision de l'intervention			Bonnes conditions	Travailler le sol le plus tôt possible en période sèche	Date du 15 octobre visée
Objectifs			Rendement sans dégrader la structure	Mélanger terres et cannes	Semer dans les meilleures conditions possibles (= sans forcer)
Opération réussie : Pourquoi ?			Pas d'ornières créées	Mélange avec sol nivelé et assez fin	Semé en bonnes conditions à la bonne date
Remarques	Aucun travail du sol n'est réalisé en profondeur (dents du Dutzy enlevées). Un broyage supplémentaire est quelquefois réalisé afin de ne pas entraver la levée du blé Pour un blé de colza, un déchaumage type smaragd est réalisé après moisson pour décomposer les racines et mélanger. Celui-ci bourre en maïs donc non utilisé. Le semis est fait au 30 septembre Plus les terres sont argileuses, moins il se permet de forcer pour passer un outil. Ce n'est pas le cas dans les bonnes terres (plus limoneuses) Ne travaille plus avec un déchaumeur à disques car le sol n'est pas nivelé après le passage, bourrage en argilo-calcaires et lissage en sols lourds (pas de problèmes en limons). La régularité de levée du blé de maïs est problématique: blé en vague car concentration des cannes de maïs sur les lignes.				
Le regard du conseiller	Cette succession serait à éviter en NL dans la mesure où elle entraîne des risques très importants de non-collecte liés aux fusarioses. Le travail superficiel peut être maintenu que si la surface du sol n'a pas été dégradée par des passages d'engins. Un broyage suivi d'un déchaumage superficiel qui permet d'enfouir les résidus est à privilégier au détriment d'un déchaumage au Dutzi. plus lent, plus cher et moins efficace. Une majoration du premier apport d'azote peut se faire dans la mesure où la minéralisation est moindre au début du printemps en NL.				

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement	Equivalents	baisse de la 3è à la 5è année, (avec système Horsch S-E).
Charges	Maîtrise meilleure des charges de structure avec la CUMA ; gain de temps ; CTE	
Agronomique	Erosion (ravines) et battance; tassements ; vitesse de décomposition des matières organiques	Pas encore d'homogénéisation du profil
Travail	Temps de travail avec un site éloigné	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Estime qu'en 2003 le blé de maïs avait une faim d'azote (pas le cas pour le blé de colza) due à la consommation d'azote pour la décomposition des cannes de maïs		→ envisage de passer à 80N au premier passage sur blé de maïs
Autres modifications		

11 BLE de MAIS DANS LES COLLINES SOUS-VOSGIENNES

Le NL doit permettre de gagner du temps et de lutter contre l'érosion sans engager de frais trop importants (La CUMA serait à privilégier). L'investissement le plus important s'est porté sur le matériel de déchaumage équipé d'un semoir à petites graines. Le passage au NL total a été lent (7 ans) avec un premier essai en blé derrière maïs ensilage sur terres argilo-limoneuses qui s'y prêtent le mieux. Le frein principal était la gestion du précédent maïs grain. L'itinéraire technique est peu modifié par rapport au labour (le déchaumage profond remplace le labour).

Rotation	Blé - Maïs ensilage ou grains								Résultats :	positifs Equivalents Pas d'investissements ; Erosion (ravines) et battance; vie du sol ; facilité de travail	négatifs Pertes si pluies entre travail profond et semis
Type de sol	Limono-argileux à argilo-limoneux dans les lœss et lehm lourds des collines sous-vosgiennes										
Calendrier	A	S	Oct				Printemps				
Opération			Récolte du maïs (broyeur sous-bec)	travail profond	Affinement et mélange	Semis du blé	Désherbage : Rattrapage du désherbage d'automne (Quartz ou isoproturon) avec hormones + tâches de liserons				Temps d'observation et de réflexion
Outils			MB	110 cv + chisel 3m	110 cv + rotoherse 3m	110 cv + combiné semoir à disques Amazonne 3m	Fongicide Septo: OGAM				
Réglages			Résidus fins	7 - 8 km/h (10 km/h serait mieux pour + fissurer) 20 cm de prof	5-6 cm de profondeur 5 -6 km/h	4 - 5 cm de prof	Raccourcisseur C5		Problèmes rencontrés :	Solutions :	
Règles de décision de l'intervention			maturité	Si bonnes conditions météos, laisser une journée après récolte pour que le sol sèche	Au plus près de l'intervention précédente	Au plus près de l'intervention précédente - bonne pression sur les disques			Craintes quant à la gestion des résidus du précédent maïs grain → labour maintenu après maïs grain	Essais semis simplifié puis semis direct après quelques années.	
Objectifs				Fissurer en profondeur sans lisser	Fabrication du lit de semences	non lissage par les disques			Impossibilité de faire des bons semis quand pluies après passage de chisel : mélange terre fine + cannes de maïs créent un buvard	- perte de 10 q de rendement - semis directement derrière chisel ; vaut mieux que blé soit déjà semé avant pluie. Il lèvera toujours	
Opération réussie : Pourquoi ?			Pas de tas de résidus amassés quand passage de chisel			Levée du blé dans ces terres (semé et levé avant croûtes)			Autres modifications		
					Labour						
Remarques	Le travail du sol est plus précoce avec le chisel qu'il ne l'était avant en labour. Pas d'antilmaces 10 ha ont été semés en direct en 2003 avec le matériel du Conseil Général → bons résultats (pas le cas pour 1.5 ha semés en SD en 2002 et 2004)										
Le regard du conseiller	Cette succession serait à éviter en NL dans la mesure où elle entraîne des risques très importants de non-collecte liés aux fusarioses. Sur ces terres sensibles à la battance, les travaux de préparation doivent suivre le semis au plus près pour éviter une prise en masse entre les deux interventions. Des résidus laissés en surface doivent limiter la battance. Cette implantation est coûteuse. Un broyage doit remplacer le passage de rotoherse qui n'assure pas un bon mélange. Le passage de chisel n'a pas besoin d'être aussi profond pour une culture de blé lorsque le sol n'est pas défoncé. Le maintien de résidus en surface n'est pas gênant avec un semoir à disques dans la mesure où le blé compense d'éventuels manques à la levée et dans le cadre d'une diminution du ruissellement hivernal (susceptible de transférer des molécules de désherbant).										

16b

BLE de BLE DANS LE PIEMONT- LIMITE HARDT

Depuis 1995, le NL est pratiqué sur colza et blé avec chisel et combiné classique semoir à socs. Cela permettait notamment d'écrêter la pointe de travail à cette période. En 2001, le maïs a été essayé avec de bons résultats. L'achat de matériels spécifiques (semoir à dents, covercrop) a permis par la suite d'accroître sensiblement le débit de chantier, élément important lors des chantiers de semis du blé. L'objectif sur blé est de semer dans une parcelle très propre au semis. Le désherbage est le point le plus délicat à maîtriser et sur lequel l'agriculteur est le plus vigilant.

Rotation	Blé de blé – colza en intermittence				
Type de sol	Limono-sablo-argileux moyennement profond du Piémont Haut-rhinois				
Calendrier	Août	Sept.		Oct.	Printemps
Opération	Faux semis 1 à 2 passages	désherbage	déchaumage	Semis du blé	Désherbage : Rattrapage du désherbage d'automne (isoproturon) avec Archipel + Atlantis + Allié à doses variables
Outils	180 cv + covercrop 5m	120 cv + pulvé	180 + mulchtiller pattes d'oies de 6 m	180 cv + Horsch CO 4, 4m à dents ailées	Fongicide Septo Raccourcisseur
Réglages	Disques presque droits, 2à 3 cm ; 10 km/h	1.5 à 2 L/ha	7à8 cm ; 12 km/h	17 km/h – 3-4 cm de profondeur – 40 ha/j	
Règles de décision de l'intervention	Le plus tôt pour profiter de l'humidité	Parcelle verte ; 2è levées	Action du glyphosate	quand temps disponible	
Objectifs	Faire lever les petites graines	Parcelle propre au semis	Aplanir et mélanger	Semer le plus vite possible à la bonne époque	
Opération réussie : Pourquoi ?	Levées conséquentes	Destruction des adventices	Parcelle nivelée	Semis possible dans de bonnes conditions	
				Repousser le semis si problèmes	

Résultats :	positifs	négatifs
Rendement Charges Agronomique	pas d'effet	Augmentation des investissements avec achats récents Phoma en colza
Travail	« semoule de terre » ; portance ; drainage ; homogénéité du profil ; meilleure approche par l'agriculteur Ecrêtement des pointes de travaux	
Problèmes rencontrés :		Solutions :
Savoir quand intervenir		Profils de sol « personnels » et « savoir attendre »
Autres modifications		

Remarques	La moissonneuse est équipée d'un broyeur et d'un répartiteur de menues pailles. Depuis 5 ans pas d'engrais de fond sur blé (ni de K sur maïs). Un fongicide en général sauf pour le blé de semences pour lequel un second est appliqué.
Le regard du conseiller	La succession d'une même espèce engendre des problèmes de gestion des adventices qui se traduisent par des programmes de désherbage coûteux. A plusieurs passages de déchaumeur s'ajoute un programme intensif de désherbage chimique. Le passage du mulchtiller après le glyphosate remue encore de la terre et peut causer de nouvelles levées. Un passage de glyphosate plus tardif permettrait d'éliminer cet inconvénient.

37 ORGE d'HIVER après MAÏS GRAIN

L'exploitation est passée aux TSL sur les parcelles de céréales pour casser les pointes de travaux. La monoculture de maïs est toujours labourée du fait de la quantité de résidus laissées derrière maïs grain. Un atelier porcin naisseur-engraisseur consomme les céréales de l'exploitation qui sont régulièrement contrôlées du point de vue des mycotoxines, les porcs y étant très sensibles. L'exploitation ne peut contractualiser au programme MEKA qui interdit 2 traitements fongicides alors que la plupart des années (humides à la floraison), ce traitement s'impose.

Rotation	maïs – orge d'hiver - blé					Irrigation non	Couvert : non
Type de sol	Sables limoneux						
Calendrier	Sept	Oct	Fév	Fév	Avril		
Opération	déchaumage	Semis	Fertilisation N	Herbicide	ferti N et fongicide		
Outils	150 CV + Lemken Smaragd						
Réglages	10 cm		70-75 kg N	2L IPU ; 3L Stomp	JUWEL		
Règles de décision de l'intervention	Fin Septembre, après récolte du maïs (3è décade)	1.Décade			CYCOCEL sur blé JUWEL sur orge Avant épiaison		
Objectifs	Détruire les champignons		Premier apport très précoce et à plus forte dose qu'en labour				
Le regard du conseiller	Mulcher les résidus de récolte, éventuellement apporter de l'azote sous forme d'ammoniac ou d'urée pour accélérer la dégradation des champignons. Sur blé, le point principal est la résistance aux fusarioses, et un traitement à base de triazoles .						

Ergebnisse :	positiv	negativ
Rendement	idem	
Charges	idem	
Agronomique	Portance, stabilité, prévention de l'érosion	fusariose sur blé
Problèmes		Solutions-:
Mauvais réchauffement du sol		Modification de stratégie de fertilisation sur céréales à paille: avancée du premier apport à la mi-février

33 POIS de BLE

L'intérêt de l'agriculteur réside dans la production de matières premières bonnes pour la santé. L'érosion et l'hétérogénéité des parcelles (décalages de maturité) ont conduit au passage aux TSL en 1977.

La culture du maïs grain a été supprimée car elle engendre trop de compactations à la récolte. L'érosion a été supprimée et les terres sont plus homogènes. La production extensive est peu gourmande en main d'œuvre : 110 ha sont gérés par 0,2 – 0,3 UTH.

Rotation	Colza -blé – pois de printemps – avoine de printemps		Irrigation non	Couvert : oui
Type de sol	Limon argileux lourd			
Calendrier	Sept	Février/Mars		Avril
Opération	Semis à la volée du couvert	Semis du pois	Fertilisation de départ localisée	désherbage
Outils	Déchaumeur avec rouleaux			
Réglages	10 cm	5 cm	40 kg N/ha	
Règles de décision de l'intervention	Phacélie et radis pour structurer le sol	Aussi tôt que possible		
Objectifs		Lit affiné		
		Bonnes levées		
Remarques	<p>Le semis du pois après phacélie avec un rappui par le rouleau favorise la création d'un lit de semences affiné et garantit les levées. Le point crucial est le roulage après semis.</p> <p>Le décompactage est exclu (lissages) et désormais réalisé par un couvert de radis qui vient préférentiellement sur les sols lourds, hydromorphes ou tassés où il favorise l'enracinement des cultures suivante. Le semis es rangs est évité ; il se fait en bandes pour favoriser le ressuyage des sols.</p>			
Le regard du conseiller	<p>Le système semble bien fonctionner. L'azote fixé par le pois n'est pas bien utilisé (juste par la culture intermédiaire). Une modification de la rotation où le colza suit le pois optimiserait la fertilisation azotée.</p>			

Résultats :	<u>positifs</u>	<u>negatifs</u>
Rendement	équivalents avec meilleure qualité	
Charges	carburant: 20 000 l → 5 000 l	
Agronomique	activité biologique; prévention de l'érosion	
<u>Problèmes</u>		<u>Solutions-:</u>
Problèmes de graminées au début (folle avoine surtout) Avec effets dépressifs sur le rendement		Plus de désherbants et de travail superficiel au début
Limaces		Eviter les cavités; rouler systématiquement après semis
Autres modifications		
Pas de maïs à cause du tassement ; radis pour restructurer le sol		

31 SOJA de FEVEROLE en Bio

La stratégie en Bio consiste à réduire les intrants, pour des raisons économiques et environnementales. Les cycles naturels ne doivent pas être détruits dans la mesure du possible. En plus, le chef d'exploitation souhaite dégager du temps pour d'autres activités. Les coûts de production doivent être réduits aussi du fait de pertes de production. Il s'agit donc d'extensifier la production, en maintenant si possible les rendements.

Rotation	Soja-seigle-féverole				Irrigation non	Couvert : non
Type de sol	Limon sableux ou sable limoneux					
Calendrier	Sept	Mars	Avril	Mai		
Opération	déchaumage		Semis			
Outils	Déchaumeur à rabots	Dynadrive	Semoir combiné Accord		Herse étrille	
Réglages	5-7 cm	5-10 cm			1-2 cm	
Règles de décision de l'intervention	Fissurer la surface du sol	Mélanger la masse végétative au sol	Fin avril	Stimuler les levées du soja et des adventices, déraciner les jeunes adventices		
Objectifs	Rupture de capillarité, assèchement du sol en surface et des adventices, maintien de l'humidité dans les horizons inférieurs				Fragilisation des adventices et levées du soja	
remarques						
Le regard du conseiller	L'azote des féveroles n'est pas utilisé par une CIPAN ou une culture d'automne Un blé ou une avoine d'hiver serait préférable après la culture de féverole.					

<u>Ergebnisse :</u>	<u>positiv</u>	<u>negatif</u>
Rendement	constant	
Charges	meilleur faisabilité du travail Moins de travail	pas encore réduites
Agronomique	Pas de baisse de rendement pendant la phase de conversion	
Travail	Potential d'économie	
<u>Problèmes</u>	<u>Solutions-:</u>	
Adventices	Déchaumeur à rabots: Travail rapide des résidus en été, lit de semences favorables aux levées et destructions des adventices et repousses	

28 COLZA après ORGE d'HIVER

L'exploitation, située au-dessus de la limite de production du maïs, est composée de cultures fourragères et de productions de qualité (orge de brasserie). Les TSL correspondent à une volonté d'extensifier la production, avec si possible une augmentation des surfaces à exploiter. Grâce à la nouvelle loi sur les énergies renouvelables, l'agriculteur assure son avenir sur la production de biogaz. Cela explique aussi le passage aux TSL et l'arrêt de la production bovine sur l'exploitation.

Rotation	Orge hiver-colza hiver – Blé hiver - (Moutarde) – Orge printemps ou maïs ensilage) - Orge hiver							Irrigation non	Couvert : non	Résultats :	positifs	négatifs
Type de sol	sL ou Ls								Rendement	constant		
Calendrier	Juil	Août	Sept.	Oct.	Mars	Avril	Mai	Agronomique		pas le moyen de travailler le fumier		
Opération	Déchaumage superficiel / désherbage	décompactage / semis	10. Sept. désherbage	Régulateur	Fertilisation + insecticide	fertilisation	insecticide	Travail	Cassure des pointes de travaux à l'automne			
Outils	Outil à dents, (evtl. si besoin, covercrop) + herse rotative / Round-Up	décompacteur / combiné	BUTISAN TOP+AGIL	FOLIKUR, 0,5 l	100 N	100 N + soufre		Problèmes	Solutions-:			
Réglages		Roulage pour refermer le sol après décompactage						Mauvaise répartition des pailles de colza (menues-paille dans l'andain)	Répartiteur de paille			
Règles de décision de l'intervention		Fissurer en profondeur – 15 jours entre décompactage et semis			Fin mars - systématique		Selon pression	Amarantes amenées par la moissonneuse (prestataire extérieur) Bromes en TSL	Rotation et désherbage à l'automne			
Objectifs	Travail des résidus , désherbage des repousses et maintien de l'humidité dans le sol		Graminées dont les repousses d'orge		Charançons de la tige		Méligèthes	Sols séchant	TSL avec chisel favorisent la rétention d'eau			
Remarques	Décompactage systématique avant colza: 12 ha/j. C'est bon! Août : Fertilisation de fond – Anti-limaces Mesuroil + Métarex 50-50 pour une action rapide et dans la durée											
Regards du conseiller	Après récolte de l'orge, un déchaumage superficiel en travers à 1-2 cm de profondeur devrait être réalisé (1-2 cm) pour reprendre les passages de roues de la moissonneuse-batteuse, désherber (notamment le brome), réguler les champignons, et maintenir l'eau dans le sol. Seulement après la levée des repousses, un travail profond au chisel pour enfouir les repousses et les adventices.											

4. EVALUATION AGRO-ENVIRONNEMENTALE D'EXPLOITATIONS EN TECHNIQUES SANS LABOUR PAR LA METHODE INDIGO

Le projet de référentiel sur les Techniques Sans Labour (TSL) prévoit une évaluation objective des pratiques sur les plans agronomiques et environnementaux. La méthode INDIGO® permet de réaliser cette approche.

Ces résultats ont été présentés lors de la réunion de restitution aux agriculteurs organisée le 16 mars 2005 à Ste Croix en Plaine (68) et lors du forum ITADA à Zollikofen, Canton de Berne en Suisse, le 09 juin 2005

4.1. La méthode INDIGO®

Indigo est une méthode scientifique d'évaluation agro-environnementale de l'impact environnemental et agronomique des pratiques agricoles au niveau d'une parcelle. Ce logiciel a été mis au point par l'équipe agriculture durable de l'UMR INPL-ENSAIA-INRA Nancy-Colmar, en collaboration avec l'ARAA. Créé en réponse à une attente sociale croissante quant au respect de l'environnement et à des impératifs agronomiques, Indigo est un outil de diagnostic et d'aide à la décision. Il est destiné aux agronomes, conseillers et agriculteurs qui souhaitent faire évoluer leurs pratiques agricoles pour les rendre plus durables.

L'évaluation des pratiques agricoles avec Indigo permet de faire un diagnostic à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation. Ce diagnostic découle du relevé des points forts et faibles des pratiques. Indigo offre la possibilité de connaître le détail des calculs intermédiaires et donc d'identifier les pratiques à risque ou au contraire les pratiques favorables au sol et à l'environnement.

Dans un premier temps, le logiciel INDIGO® impose d'entrer des données sur le lieu et des paramètres indépendants de la conduite culturale. Il est possible d'utiliser des paramètres disponibles dans le logiciel. On y retrouve :

- Taille et propriétés des parcelles (par exemple la pente ou le caractère inondable)
- Description des sols : types de sols avec leur note de fertilité côté allemand. Il est possible d'insérer des données issues d'analyses de terre qui se réfèrent à une parcelle (ou un îlot) défini ...
- Dans la page prévue pour la saisie des paramètres („Paramétrage parcellaire“) sont entrés les fertilisants utilisés et leur forme. Des informations sur la date d'apport et la quantité de fertilisants épandus sont exigées par ailleurs.
- Le type de paramétrage est le même pour les produits phytosanitaires que pour les fertilisants. Dans les deux cas, un grand nombre de produits sont déjà disponibles dans la base de données initiale avec des renseignements sur leur qualité : concentration, toxicité, coefficient d'émission.... Si besoin, la base peut être enrichie par de nouveaux enregistrements.

A ce jour, 8 indicateurs ont été élaborés pour les grandes cultures. Chaque indicateur évalue une pratique agricole précise :

- | | | |
|----|-----------------------|----------------------------------|
| 1) | (I _{AS}) | Indicateur Assolement |
| 2) | (I _{sc}) | Indicateur Succession Culturelle |
| 3) | (I _{MO}) | Indicateur Matière Organique |
| 4) | (I _p) | Indicateur Phosphore |
| 5) | (I _N) | Indicateur Azote |
| 6) | (I _{Phy}) | Indicateur Produits Phytos |
| 7) | (I _{IRRIG}) | Indicateur Irrigation |
| 8) | (I _{EN}) | Indicateur Energie |

Les données provenant des agriculteurs correspondent à l'année 2004. Pour les indicateurs Succession culturale et Matière organique, les années 2001 à 2004 sont prises en compte pour évaluer les pratiques sur la succession de cultures.

4.2. Méthode de calcul de chaque indicateur d'INDIGO

Tous les indicateurs sont calculés au niveau de la parcelle et de l'exploitation sauf l'indicateur Assolement qui n'est calculé qu'à l'échelle de l'exploitation.

(I_{sc}) Indicateur Succession Culturale

I_{sc} est calculé à partir des données annuelles de 4 années d'observation. Cet indicateur n'évalue pas directement un impact environnemental comme les autres indicateurs mais porte sur les effets de la succession sur la culture dont il faut mesurer les risques potentiels pour l'environnement (pression phytosanitaire, besoins élevés en nutrition azotée). Il se base sur trois effets ou catégories d'effets. D'abord la valeur de la culture pour la rotation puis le temps de retour de la culture enfin la diversité des cultures sur la succession de 4 ans.

(I_{AS}) Indicateur Assolement

Cet indicateur est un indicateur agro-écologique d'impact calculé sur l'exploitation. Il est évalué par le facteur diversité des cultures et par la taille des parcelles. sachant qu'une diversité des cultures et une taille de parcelle raisonnable est favorable au maintien de la diversité biologique et à la préservation d'un paysage de qualité.

(I_{MO}) Indicateur Matière Organique

IMO évalue sur 4 ans la gestion de la matière organique en prenant en compte la succession des cultures, le travail du sol (en lien avec taux de minéralisation), la gestion des résidus, les amendements organiques en relation avec les rendements. Le cumul de l'impact de chaque pratique aboutit à un indicateur unique. Autrement dit, les effets individuels sont déjà rassemblés dans le processus de calcul des effets cumulés et exprimés dans un indicateur unique.

(I_p) Indicateur Phosphore

I_p compare les apports de phosphore à une dose recommandée calculée selon la méthode REGIFERT à partir d'une analyse de terre et des besoins de la culture en place. Si aucune donnée issue d'analyse de terre n'est disponible, les teneurs en phosphore de la parcelle doivent être extrapolées de références bibliographiques.

Des pertes éventuelles peuvent rejoindre d'autres compartiments du sol (ex. atteinte des eaux de surface), les surplus sont pénalisés (réduction de la note 10). Ils sont considérés comme une surconsommation de ressources non-renouvelables .

(I_N) Indicateur Azote

L'indicateur est construit à partir de trois modules qui reposent respectivement sur le calcul des pertes par lessivage NO₃, des pertes par émissions de N₂O et des pertes par volatilisation de NH₃.

I_N évalue l'utilisation d'azote en s'appuyant sur le bilan du lessivage des nitrates de la reprise de végétation à la récolte et des risques de lessivage d'azote en hiver dans un premier module adéquat.

I_N intègre aussi deux modules qui évaluent les pertes d'azote sous forme d'ammoniac (NH₃) et de gaz à effet de serre (protoxyde d'azote N₂O) à partir des doses apportées, de la date d'apport, du type d'engrais et des modalités d'apport (fractionnement, incorporation). INDIGO® intègre aussi le semis de cultures intermédiaires et sous couvert et leur contribution à la réduction du lessivage hivernal. Pour ce faire la pluviométrie réelle et la durée d'activité d'un couvert sont prises en compte si bien que l'appréciation d'un système évalué à partir d'une seule année ne peut être fiable.

(I_{Phy}) Indicateur Produits Phytos

I_{Phy} tient compte de l'utilisation de produits phytosanitaires (quantité de matières actives appliquées) et du danger potentiel des produits utilisés pour les nappes souterraines, les eaux de surface.

(I_{IRRIG}) Indicateur Irrigation

I_{IRRIG} évalue l'impact des pratiques d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines et sur la quantité de la ressource en eau disponible. Selon la zone d'irrigation, l'une ou l'autre problématique sera prévalant. Dans tous les cas l'indicateur est basé sur le principe que les apports doivent correspondre aux besoins pour éviter les gaspillages et éviter les risques de lessivage de nitrates.

(I_{EN}) Indicateur Energie

I_{EN} évalue l'impact de la consommation d'énergie sur l'environnement due aux pratiques agricoles (consommation de ressources non renouvelables). L'indicateur fournit des résultats d'utilisation de l'énergie sur les postes liés au machinisme, à l'irrigation, à la fertilisation et à la protection phytosanitaire.

Une note entre 0 et 10 est calculée par le logiciel, pour chaque indicateur, à partir de données techniques issues de l'exploitation. Une note égale à 1 signifie que le risque pour l'environnement est très fort, une note égale à 7 est la valeur recommandée, une note égale à 10 correspond à des pratiques durables.

4.3. Objectifs du travail réalisé avec INDIGO®

L'objectif de l'utilisation d'INDIGO dans le cadre de notre travail est triple :

- Evaluer dans leur globalité les pratiques sur des exploitations en TSL enquêtées courant de l'été 2004. En identifier les pratiques et conditions à risque (évaluation à l'échelle de l'exploitation)
- Comparer les effets du type de travail du sol en TSL (évaluation de l'itinéraire technique cultural donc à l'échelle de la parcelle)
- Comparer ces résultats à ceux obtenus sur des exploitations en labour.

4.4. Résultats du travail réalisé avec INDIGO®

4.4.1. Evaluation des exploitations en TSL

Quatre exploitations ont été choisies pour l'évaluation par INDIGO®. Elles sont représentatives de systèmes de production caractéristiques de la région (assolement**type de sol).

Leurs pratiques en TSL sont elles aussi différentes l'une de l'autre :

- deux d'entre elles réalisent quasiment du semis direct de maïs sur deux types de sol différents et travaillent avec du matériel spécifique
- une troisième réalise davantage de travail superficiels et utilise des semoirs spécifiques
- le dernière travaille avec du matériel traditionnel

Les exploitations sont identifiées par des numéros : 2 ; 12 ; 14 ; 18..

Dans un premier temps, nous présenterons l'analyse par exploitation, puis une analyse plus globale.

Présentation des comparaisons effectuées avec INDIGO®

Les résultats sont généralement présentés à l'échelle de l'exploitation (forme radar). Dans les cas suivants, l'entrée par exploitation se fait par type de sol et/ou par rotation. Ainsi la présentation des résultats de tous les indicateurs correspond à l'évaluation des itinéraires techniques de l'agriculteur.

Les radars montrent clairement les points forts et les faiblesses des différents systèmes de production comparés. Les résultats de l'évaluation des exploitations enquêtées pour l'ensemble des indicateurs sont présentés dans les figures suivantes.

EXPLOITATION n°2

Description succincte de l'exploitation :

4 systèmes de culture:

- Maïs-blé sur limons battants, plus ou moins profonds : 24 ha (noté « LimBatBH.MG »)▪ Maïs-pois hiver-blé sur limons battants, plus ou moins profonds : 21 ha (notée « LimBatPH.BH.MG »)▪ Monoculture de maïs sur limons battants, plus ou moins profonds : 20 ha (noté « LimBatMonoMG »)▪ Monoculture de maïs Ried blond, profond, nappe d'eau proche : 30 ha (noté « ArgRiedBldMonoMG »)
- Couverture du sol systématique après maïs et blé

Description succincte des ITK

- Pois : semis direct sans broyage, sans fertilisation de fond, sans intervention phytosanitaire
- Blé: semis direct sans broyage, sans fertilisation de fond, 30 u d'N en moins après pois, sans désherbage après maïs, avec 1 désherbage après pois
- Maïs: semis direct après décompactage éventuel, résidus broyés, fertilisation potassique une année sur trois en monoculture, absente en rotation; doses de Mikado et Milagro (0.5 L de chaque) diminuées de 40 et 20% en rotation

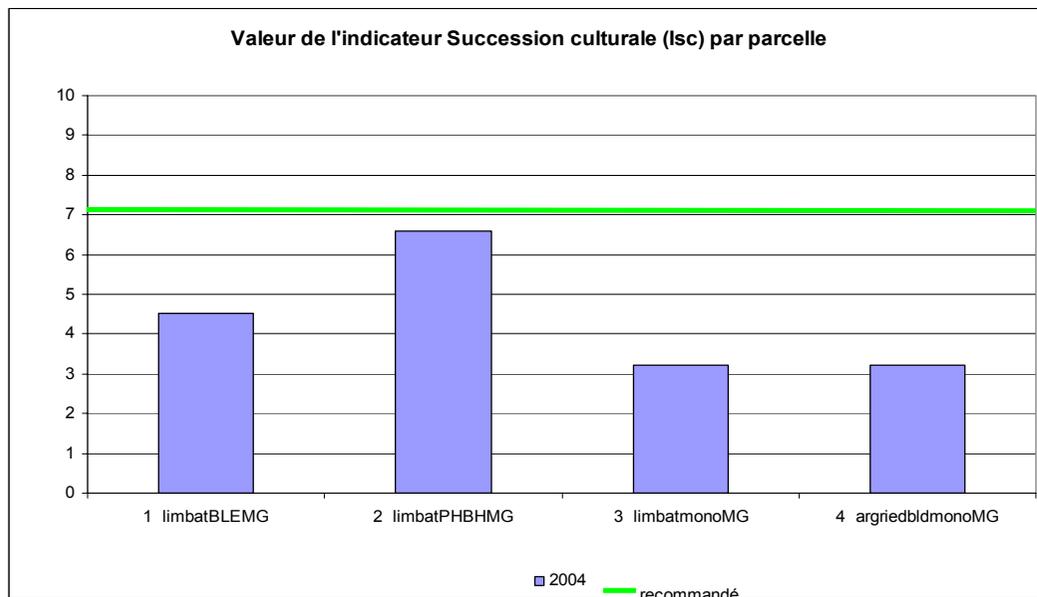


Figure 17.a : analyse INDIGO exploitation 2

Indicateur Succession Culturelle

La succession maïs-pois-blé est bien notée (6.7) car elle a de nombreux aspects favorables: maladies, gestion cohérente de l'azote. Au final, le blé est la culture la mieux notée (5.1) grâce au précédent pois sur une des rotations.

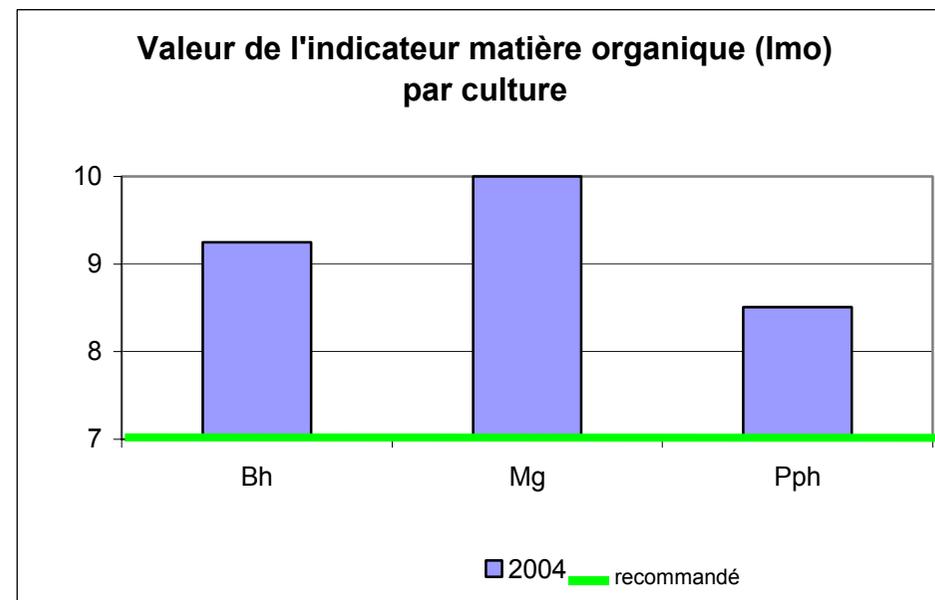


Figure 17 b : analyse INDIGO exploitation 2

Indicateur Matière Organique

Le maïs grain (Mg) laisse une quantité importante de résidus au sol. Les TSL contribuent à protéger cette matière organique de la minéralisation en la laissant en surface

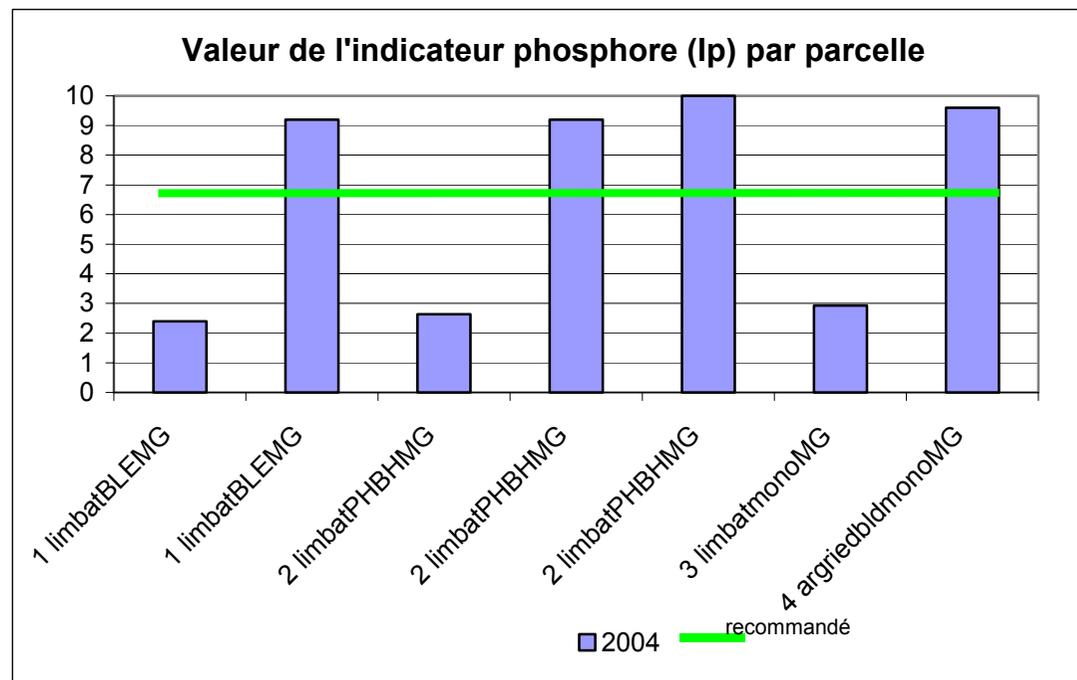
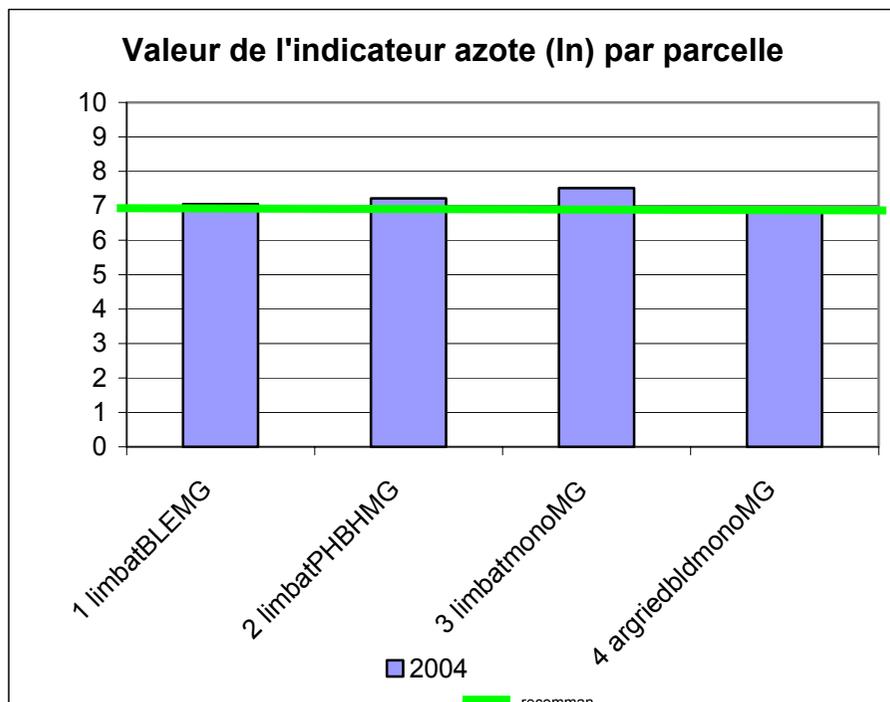


Figure 17.c : analyse INDIGO expl. 2 : Indicateur azote

La note est quasiment identique quelle que soit la succession de culture.

Points forts:

- Pois protéagineux, couverts et cultures d'automne
- Risques faibles de lessivage grâce à des doses ajustées et aux couverts

Points faibles: émissions de N₂O

- 3 kg de N₂O/ha en Semis direct (SD) du blé en lien avec une dose de 180 u d'N
 - 3 kg de N₂O/ha en sols de Ried, hydromorphes en hiver
- 15kg d'azote ammoniacal sont volatilisés en maïs contre 0 en pois.

Figure 17.d : analyse INDIGO expl. 2 : Indicateur Phosphore

La fertilisation est ajustée sur maïs (90 kg de P₂O₅/ha).

Les impasses sur blé sont pénalisées à cause du pouvoir fixateur élevé

du sol. Le module « sol » s'appauvrit de 100 kg de P₂O₅/ha/an.

Une impasse 1 an sur 2 est envisageable en monoculture de maïs sur limons où les apports de 90 kg de P₂O₅/ha sont annuels.

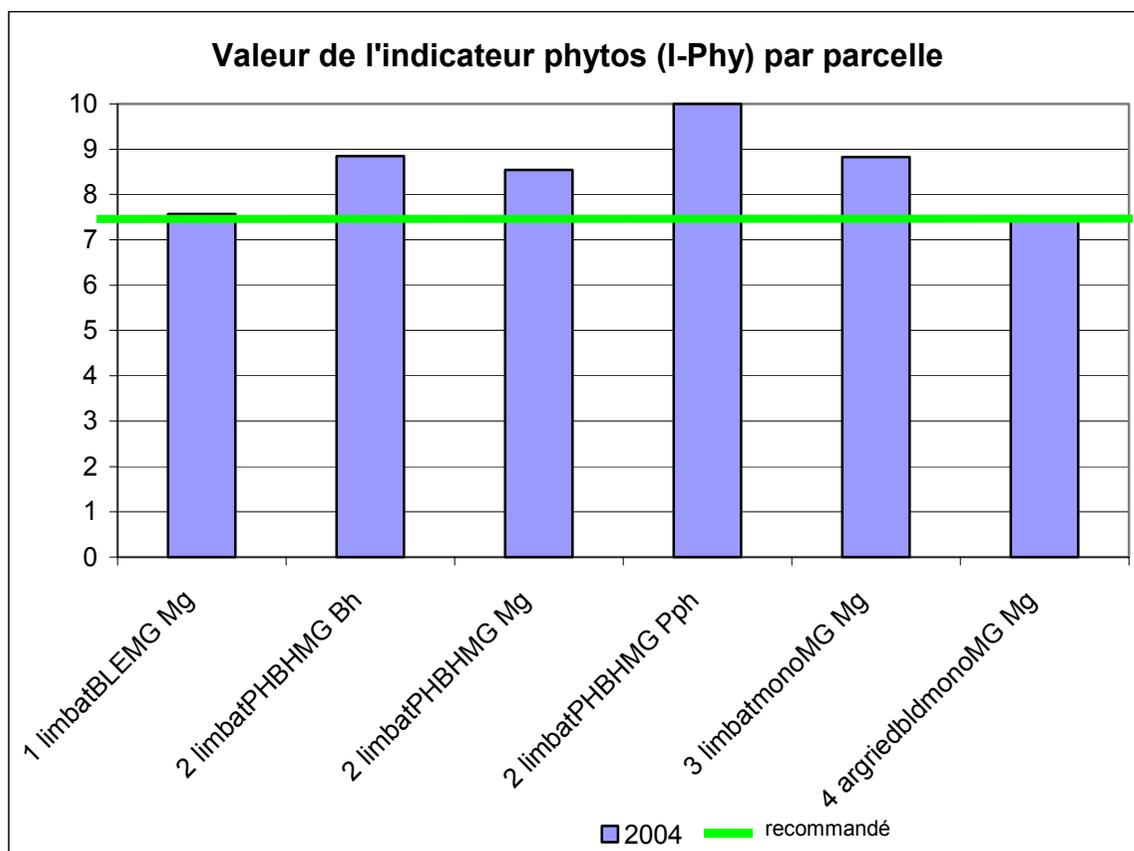


Figure 17.e : analyse INDIGO exploitation 2

Indicateur Phytosanitaires

Peu de risques liées aux pratiques, avec une valeur de 10 pour le pois d'hiver qui ne nécessite aucun traitement phytosanitaire.

Sur maïs, les traitements réalisés ne présentent aucun risque évalué : mikado-milagro en végétation ; glyphosate en avril sur couvert développé
 Sur blé, 1 seul désherbage

Consommations énergétiques

Rotation	Machinisme	Engrais	Pesticide	Consommation totale	indicateur énergie (I _{en})
MJ/ha					
MG-Pois-BH	415	9534	19	9968	6,5
MG-BH	395	5872	13	6280	7,9
MonoMGlimon	1056	11266	47	12369	5,4
MonoMGRied	557	11266	47	11871	5,6

Indicateur Energie

Les engrais représentent environ 95 % des intrants énergétiques. La succession maïs-pois-blé est donc bien notée (I_{En}=7.9), le pois ne nécessitant pas d'apport azoté. Niveau machinisme, un décompactage fait doubler la consommation énergétique à ce poste. La différence est quantifiable sur les deux monocultures; seule le maïs cultivé en limons est décompacté.

Figure 18 : POINTS FORTS et FAIBLES de L'EXPLOITATION 2

Points forts

Matière Organique:

I-MO= 9,7

Maïs grain et TSL

Phytos: I-Phy=8,1

Aucune pratique à risque

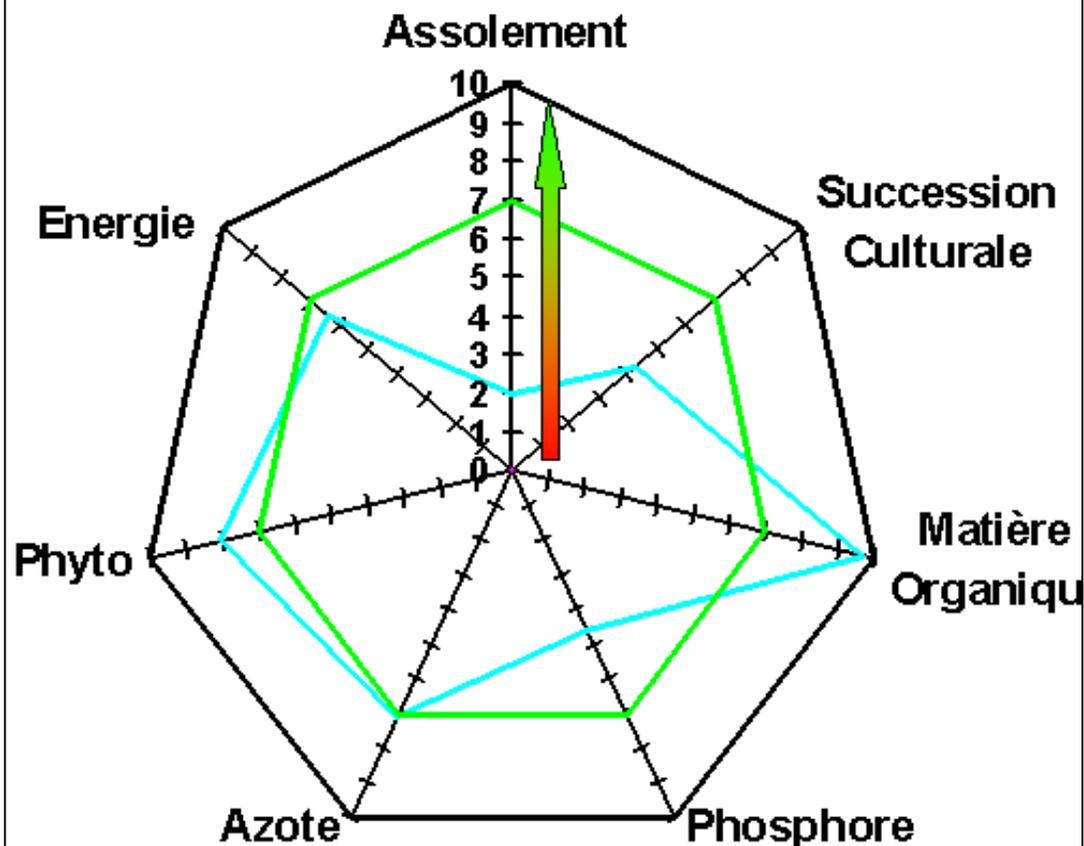
Azote: I-N=7,1

Effet positif des couverts derrière blé et de la culture de pois.

Peu de risques de lessivage malgré les sols superficiels.

Pertes en N₂O sur blé semé en direct.

Volatilisation d'azote apporté sur maïs



Points faibles

Succession culturale:

I-Sc= 4,3

70 % de maïs grain dans l'assolement

Phosphore:

I-p=4,6

Impasses sur blé et excès monoculture de maïs en limons battants pénalisants

Énergie:

I-en= 6,4

La monoculture nécessite le double d'intrants par rapport aux deux rotations

— 2004 — recommandé — max

EXPLOITATION n°14

Description succincte de l'exploitation :

3 systèmes:

- Monoculture de maïs sur Ried brun, moyen, caillouteux, irrigué : 24 ha Monoculture de maïs sur Ried noir, profond, nappe d'eau proche, irrigué : 10 ha Monoculture de maïs sur Ried gris, très profond, stagnation d'eau en hiver: 3 ha

Couverture du sol systématique entre deux maïs

Description succincte des ITK

Selon le type de sol : semis sur travail superficiel ou semis direct, engrais starter + urée (145 à 185 u), Callisto et Milagro (0.5 L de chaque) + Banvel par tâches (0.4L) + binage. Destruction mécanique ou chimique du couvert.

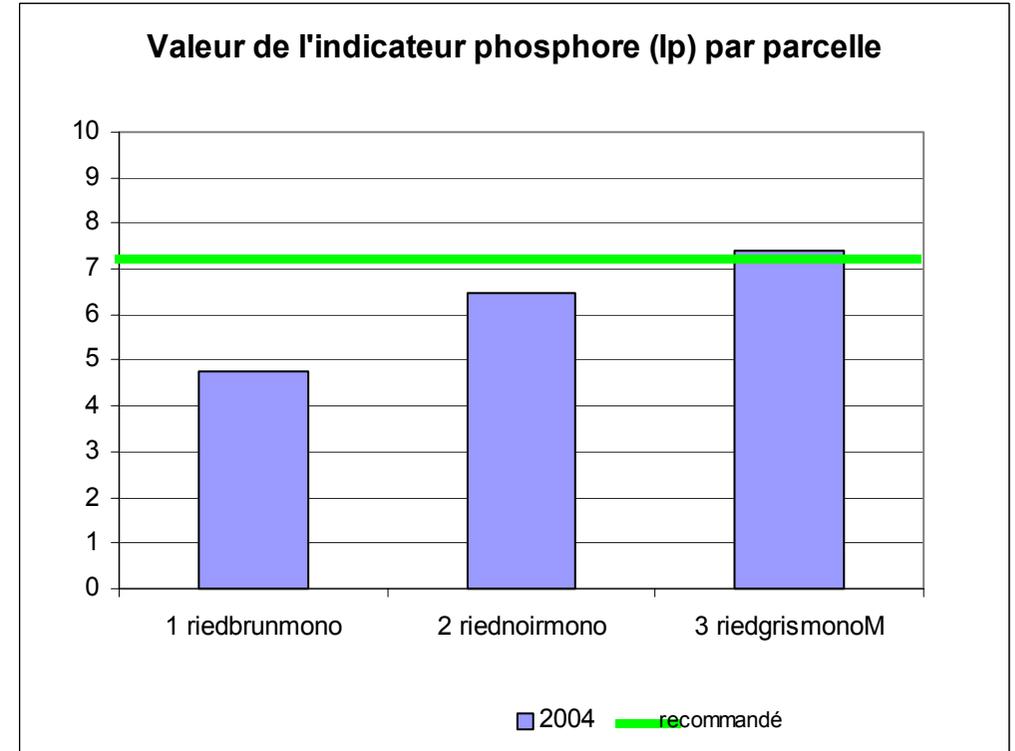
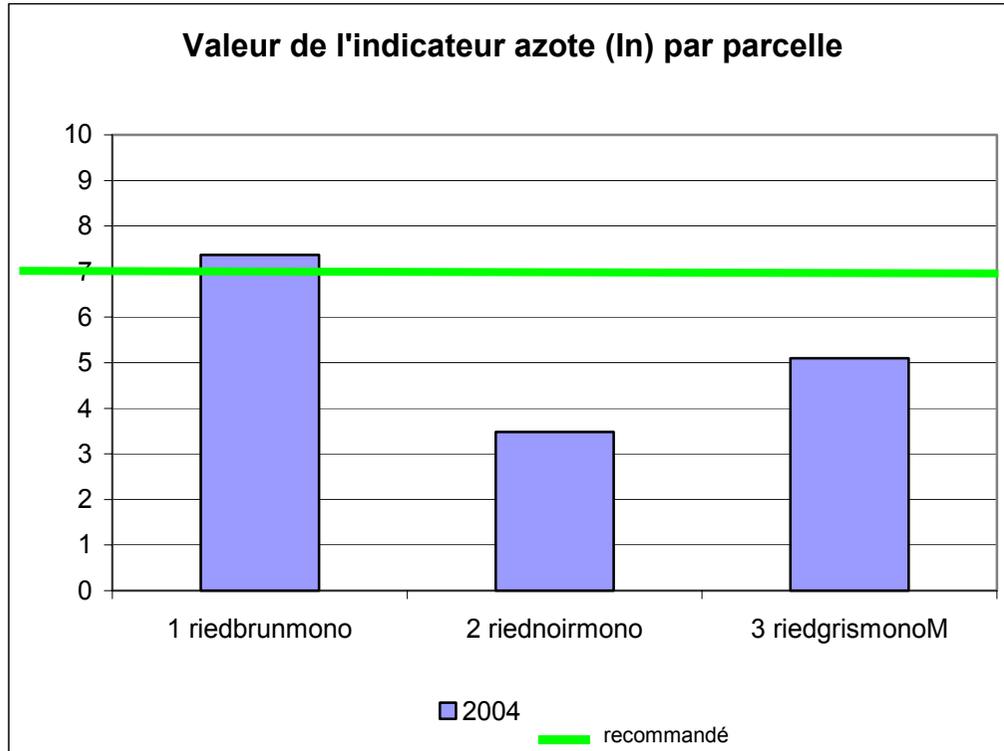


Figure 19.a : analyse INDIGO expl. 14 : Indicateur Azote

Bien des pratiques positives: implantation de couverts, incorporation de l'urée, fractionnement, doses ajustées mais les terres argileuses inondables (Rieds noir et gris) sont sensibles au dégagement de N_2O (5 kg N_2O /ha), avec le semis direct qui amplifie le phénomène.

La minéralisation annuelle forte (100 u) et la minéralisation post-récolte (30 u) dans les Rieds noirs augmentent les risques de lessivage (19 kg de NO_3^- perdus) malgré l'implantation des couverts et une dose d'azote ajustée. L'indicateur nitrates fixe alors une note de 3.5 dans cette situation.

Figure 19.b : analyse INDIGO expl. 14 : Indicateur Phosphore

La stratégie des agriculteurs est d'apporter le phosphore chaque année. Malgré cela, les doses d'apport sont inférieures à la dose recommandée sur les deux premiers types de sol (- 25 à - 50 u). Le module « sol » s'appauvrit respectivement de 35 à 53 kg de P_2O_5 au final.

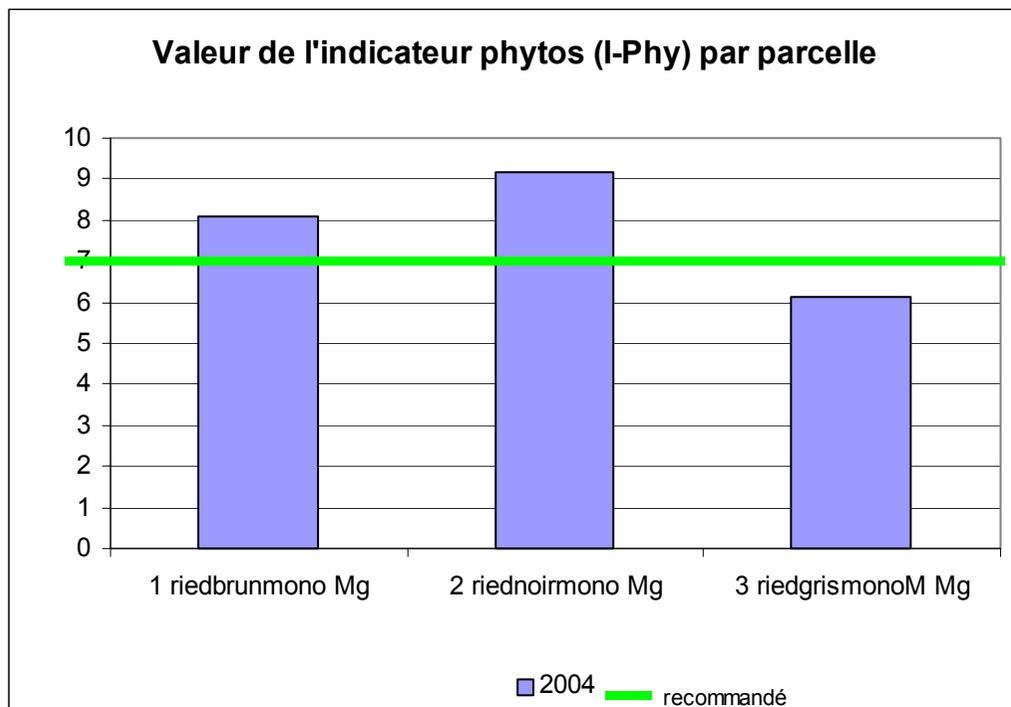


Figure 19.c : analyse INDIGO expl. 14 Indicateur Phytosanitaires

La note de 8.2 sur I-Phy est bonne et marque des pratiques raisonnées.

Sur Ried gris, Indigo met l'accent sur les risques de dérive de matières actives (dicamba notamment) vers le Rhin et sur l'utilisation de certaines molécules : glyphosate pour l'effet dose (image du glyphosate) et dicamba (Banvel) qui est une molécule à risque élevé de lessivage vers les nappes en sols superficiels.

Consommations énergétiques

arcelle	Machinisme	Irrigation	Engrais	Pesticide	Consommation totale	indicateur énergie (len)
	MJ/ha					
Ried brun	951	3147	10687	70	14855	4,4
Ried noir	639	1744	8908	73	11364	5,9
Ried gris	803	0	8269	73	9145	6,9

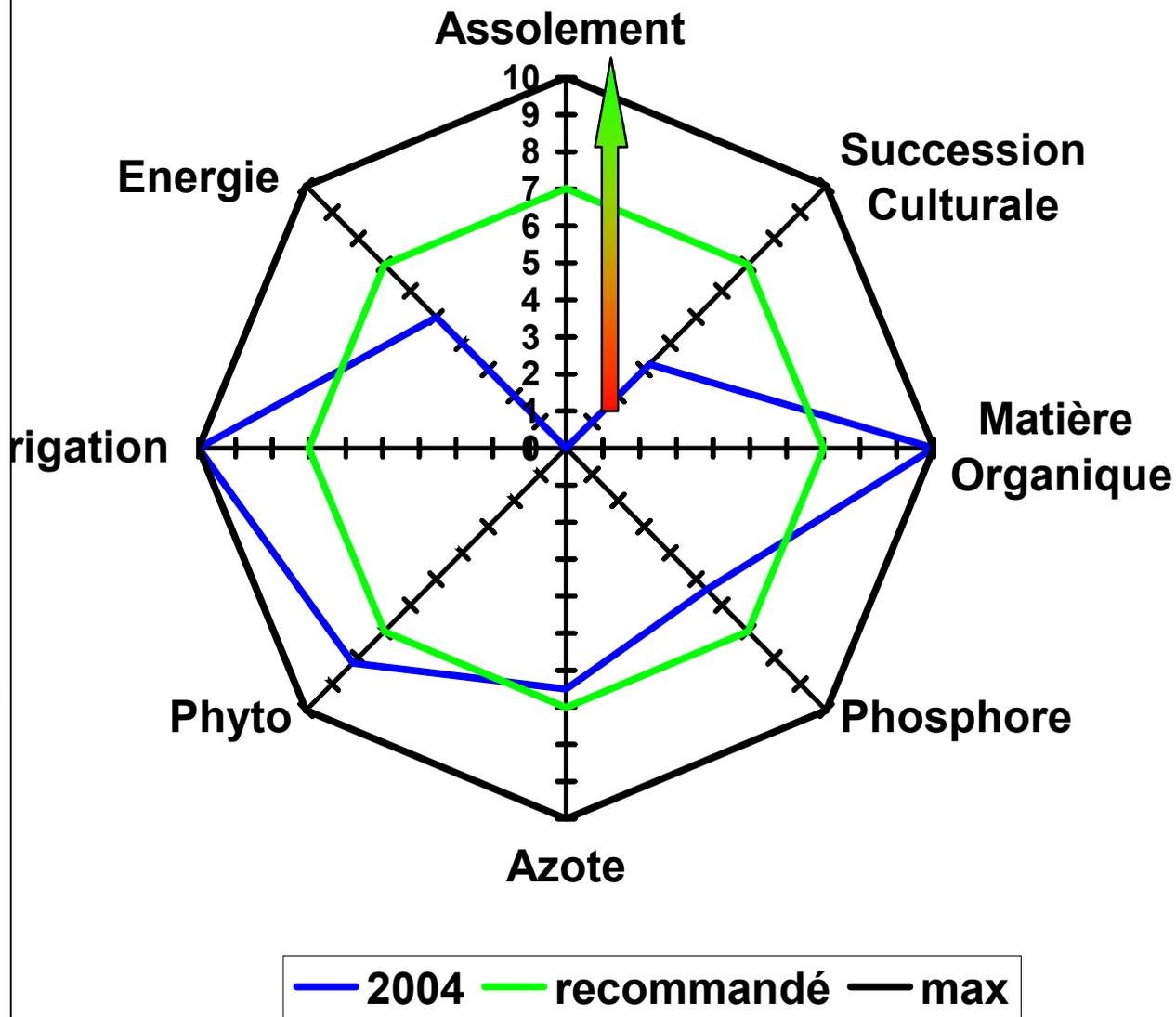
Indicateur Energie

Les engrais constituent nettement la part la plus élevée des intrants énergétiques des exploitations. Le second poste concerne l'irrigation, qui même lorsqu'elle n'est réalisée qu'en un (Ried brun) ou deux tours d'eau (Ried noir), est fortement consommatrice de gasoil.

Côté machinisme, la consommation maximum calculée sur l'exploitation qui pratique un semis sur travail léger en surface est de 9 L/ha. Elle descend à 4 L/ha pour les semis des céréales avec un semoir spécifique.

Points forts
Matière Organique:
I-MO= 10
 Monoculture de maïs en TSL
Irrigation: lirr=10
 Pas d'excès d'eau apportée
Phytos: I-Phy=8,2
 - 6,1 sur Ried gris: risque de dérive; dose glyphosate élevée, effet de la Molécule Banvel.
 - Lessivage de Milagro sur Ried brun
Azote: I-N=6,5
 Effet sols lourds + SD sur N₂O .
 Lessivage NO₃- en Ried Noir malgré les couverts et dose ajustée; forte minéralisation.

Figure 20 : Points forts et faibles de l'exploitation 14



Points faibles
Succession culturelle:
I-Sc= 3,2
 Monoculture de maïs grain
Phosphore:
I-p=5,4
 Doses d'apport inférieures aux recommandations
Energie: I-e= 5
 90 mm d'eau d'irrigation représentent un tiers d'une consommation d'engrais ajustée (I=4,4).
 Consommations machines faibles: 58L

EXPLOITATION n°18

Description succincte de l'exploitation :

3 systèmes:

- Maïs-blé sur limons plus ou moins battants en pente :30 ha (noté « plaineCoBléOh »)
- 3*Maïs-blé sur limons plus ou moins battants sur plateaux : 40 ha (noté « plat3maïsblé »)
- Colza-blé-orge hiver sur sables superficiels de l'III : 30 ha (noté « pentemaïsblé »)

Couverture du sol systématique entre un blé et un maïs

Description succincte des ITK

- Colza: covercrop – semoir Semis Direct combiné, 200 u d'azote, fertilisation de fond, produits racinaires en présemis
- Blé: covercrop – semoir Semis Direct à disques, fertilisation de fond systématique, 150-170 u d'azote
- Maïs: résidus broyés, bêches roulantes (2-3 passages), fertilisation de fond systématique, 150-170 u d'azote en fractionné, Callisto et Milagro (0.85 L de chaque) en une fois, Banvel par tâche et binage

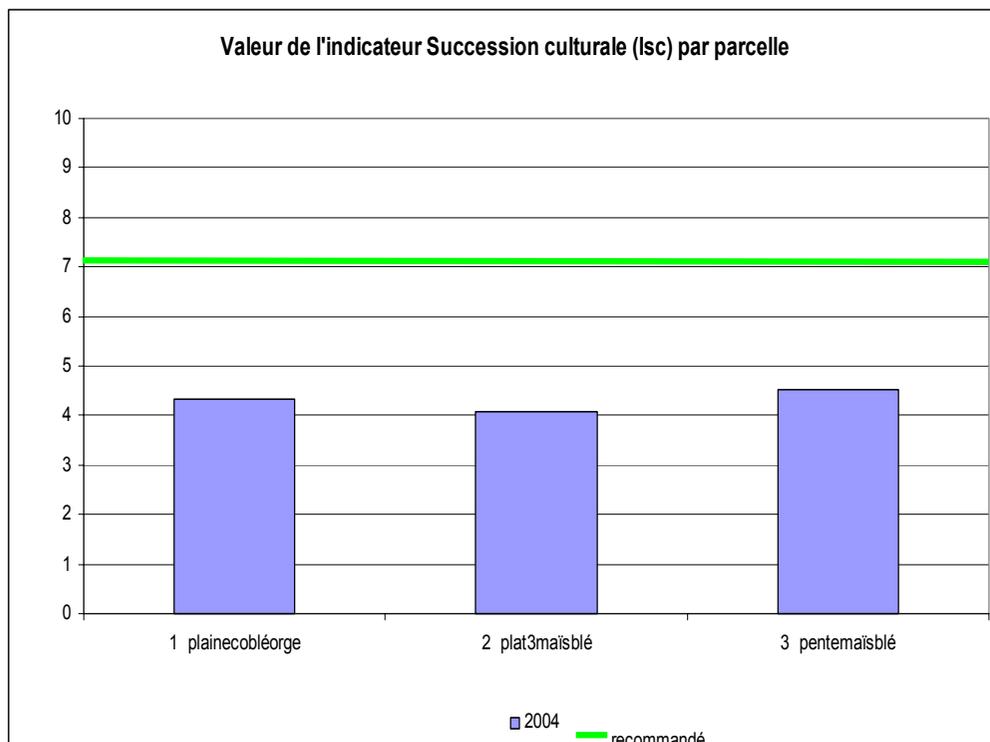


Figure 21 a : analyse INDIGO expl. 18 : Indicateur Succession Culturelle

La rotation « plaine » colza-blé-orge est aussi mal notée que la rotation MG-blé avec couvert. La première reste une succession de cultures d'automne avec deux céréales à paille, ce qui maintient une certaine sensibilité du système aux maladies et adventices. La seconde a des aspects favorables quant à la gestion des adventices et de l'azote par rapport à la monoculture de maïs.

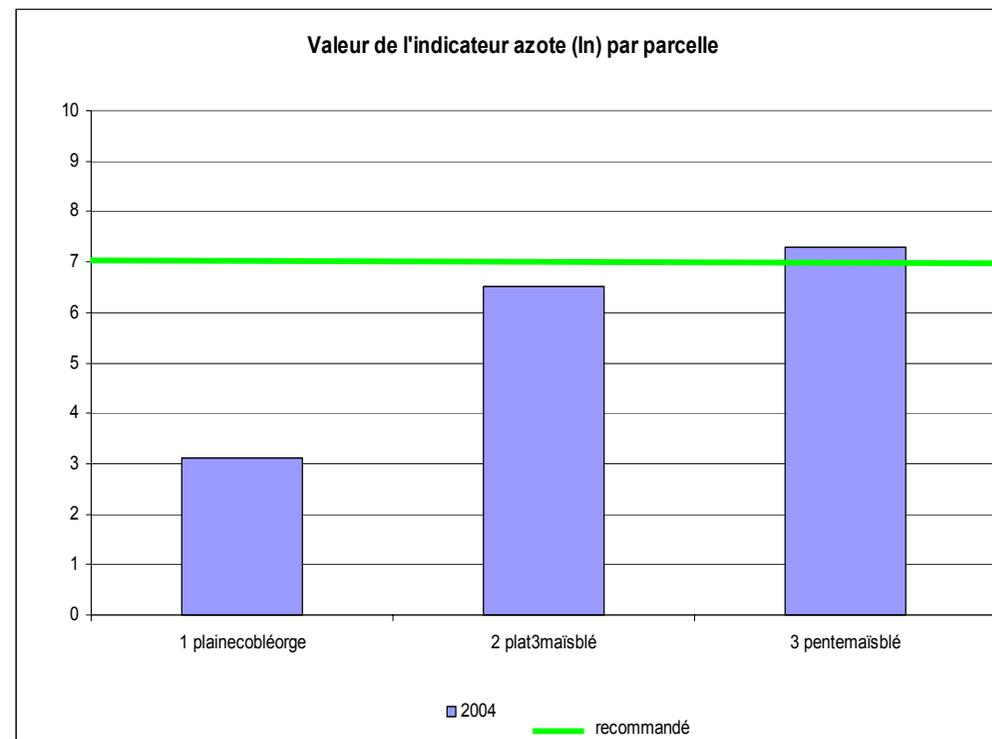


Figure 21.b : analyse INDIGO expl. 18 : Indicateur Azote

Indigo relève un certain déséquilibre des apports azotés en plaine par rapport aux rendements réalisés: 50 u de trop sur blé et 30 u de trop sur colza qui peuvent être lessivés à 60% sur ces sols très superficiels malgré le semis d'une culture d'automne. Les bilans azotés post-récolte sont donc tous assez largement positifs (+ 20 à + 45 u). Les risques de pertes par volatilisation et par émission de N₂O sont faibles. Les constats sur un excès d'apports d'engrais sont les mêmes pour le phosphore sur blé et maïs où des impasses restent possibles (notes systématiquement inférieures à 3).

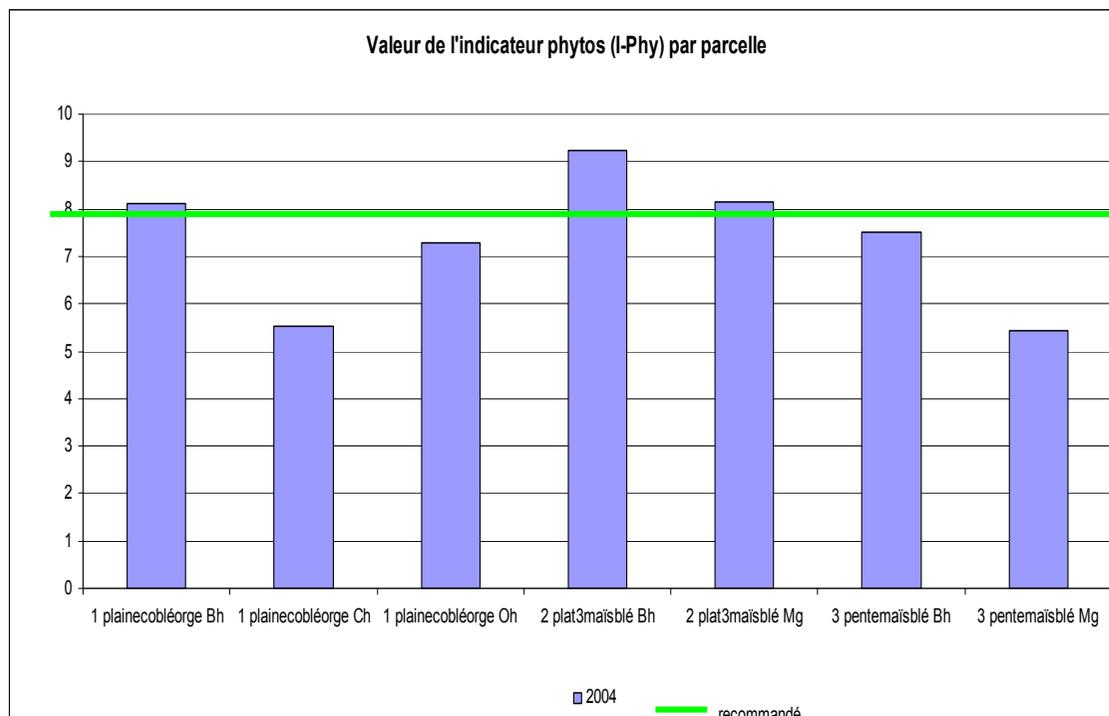


Figure 21c : analyse INDIGO expl. 18 : Indicateur Phytosanitaires

La note sur I-phy est bonne : I-Phy =7.2.

Elle traduit des pratiques raisonnées sur maïs et céréales à paille. Toutefois, sur maïs, l'utilisation de dicamba (banvel) en sols superficiels est la plus pénalisante avec une note d'indicateur de 5.8.

Sur colza en sols caillouteux superficiels, les matières actives du produit « Colzor trio » (notamment le diméthachlore) présentent un risque pour l'environnement.

Consommations énergétiques

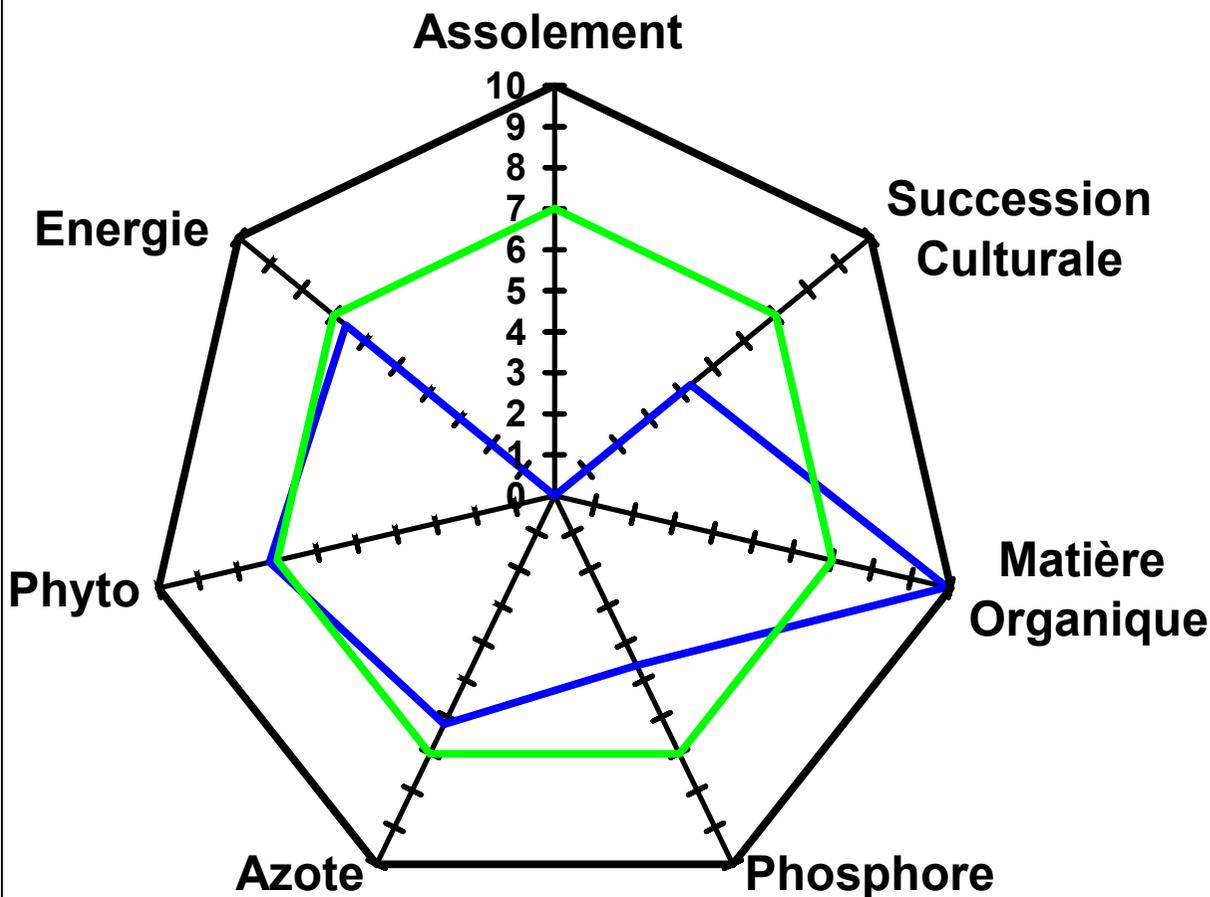
Parcelle	Machinisme	Engrais	Pesticide	Consommation totale	indicateur énergie (Ien)
MJ/ha					
Co-blé-orge	683	4852	411	5946	8,2
3*MG-blé	1104	10384	135	11623	5,8
MG-blé	910	10660	264	11834	5,7

Indicateur Energie

Le maïs réclame davantage de passages d'outils de travail du sol que les autres cultures de l'exploitation. Le colza se situe au niveau du maïs au niveau des consommations énergétiques (1100 MJ/ha) car le semis de colza est réalisé avec un outil animé par la prise de force contrairement aux céréales à paille. La rotation MG-blé nécessite deux fois plus d'engrais que la rotation colza – blé – orge (mise en place sur des sols à moindre potentiel toutefois) mais moins de pesticides. Au final, la valeur de l'indicateur énergétique est la plus faible pour les rotations maïs-blé (note de 5.7).

Figure 22 : Points forts et faibles de l'exploitation 18

Points forts
Matière Organique:
I-MO= 9,9
 TSL ; 50% de maïs grain dans l'assolement;
 100% de restitution des pailles
Phytos: I-Phy=7,2
 Risques: Molécule de Banvel (Dicamba) sur limons blancs superficiels en pente; doses de glyphosate; Matières actives sur colza (colzor trio, régulateur, isoproturon)
Azote: I-N=6,2
 Risques de lessivage en plaine même en interculture courte, apports trop élevés en blé



— 2004 — recommandé — max

Points faibles
Succession culturale:
I-Sc= 4,3
 50% de maïs grain dans l'assolement; rotation plaine notée moyennement
Phosphore:
I-p=4,6
 Impasses à réaliser sur les rotations blé-MG 1 an sur 2
Energie: I-e= 6,6
 Rotation MG-blé consomment deux fois plus d'engrais et au moins 1,5 fois plus d'intrants machines: 3 passages de landroller contre 1 de covercrop en plaine.

Les apports trop élevés en engrais pénalisent In, Ip, Ien.

EXPLOITATION n°12

Description succincte de l'exploitation :

3 systèmes:

- 3*Maïs-Betteraves sucrières sur sols sablo-limoneux superficiels et calcaires du Ried : 52 ha
- Monoculture de maïs sur limons plus ou moins battants sur plateaux : 20 ha
- Monoculture de maïs sur sols caillouteux superficiels et calcaires du Ried : 20 ha

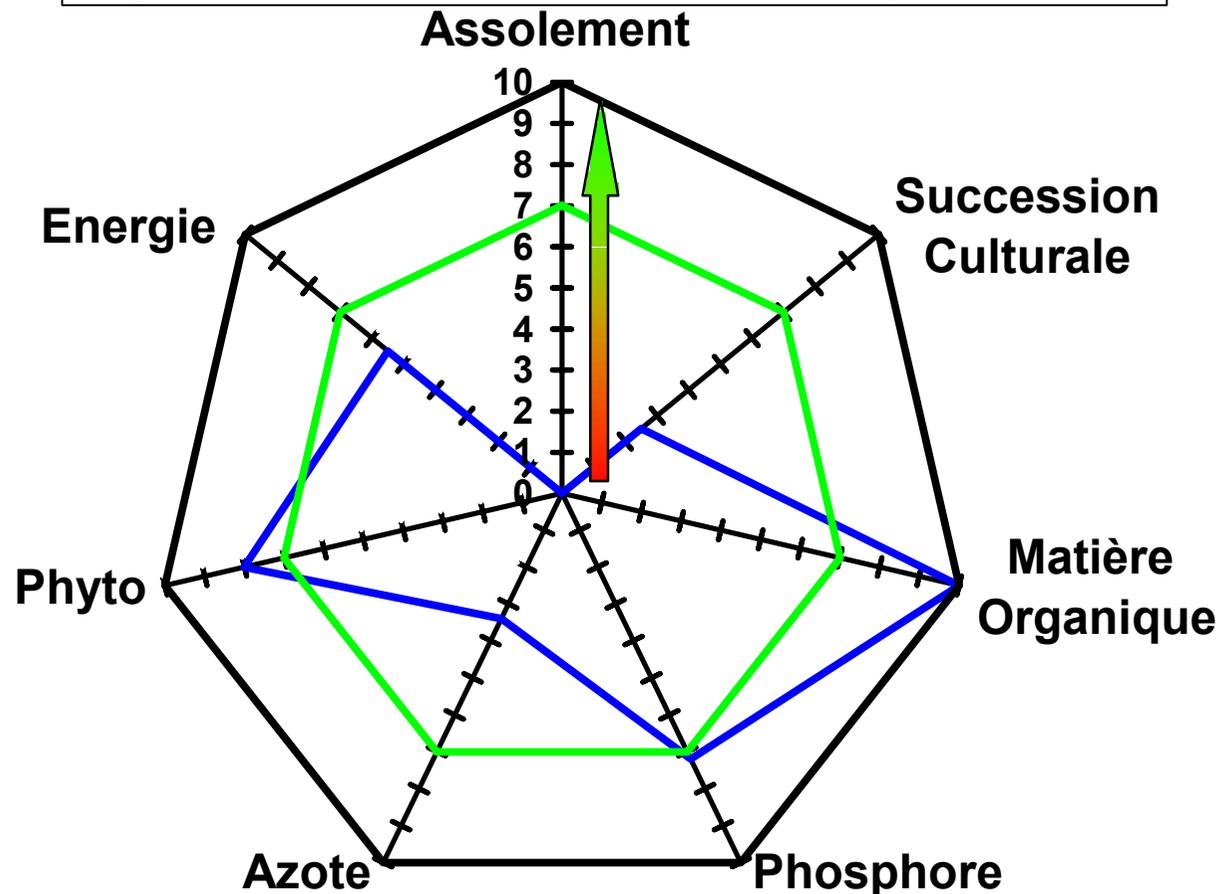
Aucune couverture du sol en hiver.

Description succincte des ITK

- Betteraves: smaragd – vibroculteur 2 passages, N-P-K, 4 traitements avec association de produits
- Maïs: broyage - smaragd– vibroculteur 2 passages , avec décompactage après betteraves, engrais starter + fertilisation azotée avec de l'ammonitrate en une fois, fertilisation potassique et phosphatée chaque année (20u N et K de moins sur cailloux), désherbage tardif avec Mikado (0.4 L) - Milagro (0.7 L) –Starane (0.2L) en un passage

Points forts
Matière Organique:
I-MO= 10
 Maïs grain et TSL
Phytos: I-Phy=8,0
 8,7 sur maïs et 3,8 sur Betteraves. Les molécules en cause avec une utilisation de produits à risque, à trop haute dose, sur culture peu développée
Phosphore:
I-p=7,2
 Doses ajustées; impasse à réaliser en sablo-limoneux

Figure 23 : Points forts et faibles de l'exploitation 12



Points faibles
Succession culturelle:
I-Sc= 2,5
 Succession MG-BS très mal notée
Azote: I-N=3,4
 Lessivages importants (50u); doses d'azote trop élevées et absence de couverts
Energie: I-e= 5,5
 Engrais et pesticides sur Betteraves

— 2004 — recommandé — max

En rouge apparaissent les notes d'indicateur mauvaises (notes inférieures à 5), en orange les notes moyennes (entre 5 et 7), en vert les notes satisfaisantes (supérieures à 7).

Exploitation	Localisation	Indicateur succession culturale (ISC)	Indicateur matière organique (IMO)	Indicateur phosphore (IP)	Indicateur azote (IN)	Indicateur phytos (I-Phy)	Indicateur énergie (IEn)
TSL - 2	Limons pente	4,3	9,7	6,7	7,1	8,2	6,3
TSL - 18	Limons pente	4,3	9,8	4,6	6,2	7,2	6,6
TSL - 12	Sables Rhin	2,5	10,0	7,2	3,4	8,0	5,5
TSL - 14	Argiles Rhin	3,2	10,0	5,4	6,5	8,2	5,0

Tab. 18 : enseignements généraux à tirer de l'analyse sur les exploitations en TSL

Isc: Le maïs occupe de 50 à 100% de la SCOP; l'introduction de nouvelles cultures (blé, pois) et de couverts (2; 14; 18) augmente un peu la note globale qui reste toutefois faible.

Imo: Les TSL maintiennent la matière organique en surface; les résidus sont importants après maïs grain; le sol s'enrichit en matière organique. Les valeurs de l'indicateur sont proches de l'idéal.

In: Les risques de lessivage existent toujours sur sols superficiels ou sols riches en matière organique malgré l'introduction de couverts ou de culture d'automne après maïs. La note la plus basse (exploitation 12) résulte de l'absence de fractionnement des apports. Les pertes en N₂O sont aussi plus importantes en TSL, surtout en SD, sur sols lourds à caractère hydromorphe et si elles s'associent à des apports azotés sur la culture (maïs, blé). Selon le type de sol et malgré une fertilisation adaptée, les risques de lessivage sont élevés. Au final, les valeurs de l'indicateur Azote sont davantage liées aux pratiques de l'agriculteur et à l'interaction type de sol*culture. La monoculture de maïs montre alors ses limites sur les sols superficiels proches des fleuves (Rhin, III).

Ip: Les valeurs de l'indicateur dépendent de la justesse des apports avec les besoins, donc du choix de l'agriculteur qui intègre aussi des paramètres économiques. Tout excès (exploitation 18) ou déficit (exploitations 2 et 14) de plus de 30 unités de phosphore par rapport aux recommandations est pénalisé.

Iphy: Toutes les exploitations se caractérisent par une bonne gestion des phytosanitaires: les cultures de betteraves et de colza sont gérées avec des produits qui posent davantage de risques pour les eaux en profondeur. Les cultures de maïs et blé sont mieux gérées sauf avec utilisation de Banvel facilement lessivable. L'utilisation du glyphosate telle qu'elle est faite (destruction de couverts développés) ne dégrade pas la note globale.

Iirrig: L'exemple est un peu caricatural mais une gestion de l'eau au plus proche des besoins limite les excès d'utilisation d'eau.

Ien: Sont payantes les cultures sans intrants azotés (protéagineux, orge hiver) et une bonne gestion de l'eau qui permet de diminuer le recours à l'irrigation (irrigation améliorée en TSL). Les intrants pour le machinisme sont réduits en TSL.

4.4.2. Comparaison avec des exploitations en labour

Dans un second temps, 7 exemples d'itinéraires issus d'agriculteurs du Rhin Supérieur sont évalués.

Au moment de la réalisation de ce travail, seules quelques exploitations alsaciennes ont été évaluées par la méthode INDIGO. Trois de ces exploitations (numérotées 10, 16 et 17), en labour, ont été choisies comme base de comparaison avec les exploitations en TSL présentées ci-dessus. En effet, elles sont représentatives de conditions pédoclimatiques et de systèmes de culture alsaciens : monoculture de maïs irriguée en sols sablo-argileux de la Hardt ; betteraves-maïs-blé en sols sableux du Ried et maïs-blé-colza en sols limoneux du Sundgau. De ce fait, les caractéristiques de chacune de ces exploitations s'apparentent à celles d'une des quatre exploitations en TSL étudiées.

Remarques : Les valeurs de l'indicateur I_{phy} obtenus pour les exploitations en labour correspondent aux années 2002 et 2003, années pour lesquelles la base du désherbage du maïs était l'atrazine.

Par ailleurs, aucun commentaire spécifique ne sera réalisé dans cette partie sur les exploitations en labour.

Tab. 19 : comparaison d'exploitations en labour et en TSL avec INDIGO

Exploitation	Localisation	Indicateur succession culturale (ISC)	Indicateur matière organique (IMO)	Indicateur phosphore (IP)	Indicateur azote (IN)	Indicateur phytos (I-Phy)	Indicateur énergie (IEn)
TSL - 2	Limons pente	4,3	9,7	6,7	7,1	8,2	6,3
TSL - 18	Limons pente	4,3	9,8	4,6	6,2	7,2	6,6
TSL - 12	Sables Rhin	2,5	10,0	7,2	3,4	8,0	5,5
TSL - 14	Argiles Rhin	3,2	10,0	5,4	6,5	8,2	5,0
Lab - 17	Limons pente	4,2	6,8	2,3	7,2	2,7	4,3
Lab - 10	Sables Rhin	4,1	8,6	3,1	7,5	6,6	5,9
Lab - 16	Hardt	2,8	9,8	7,3	6,2	4,1	4,0

Des différences remarquables entre les exploitations en TSL et les exploitations en labour sont à relever sur les indicateurs matière organique, phytos et énergie.

Pour I_{MO} , les valeurs de l'indicateur sont bonnes quel que soit le type de système du fait de la prépondérance du maïs grain dans les assolements. Toutefois, les valeurs pour les exploitations en TSL sont supérieures à celles en labour. L'effet du travail du sol reste important. Le maintien des résidus en surface en TSL permet d'enrichir le sol en matière organique et donc d'en améliorer les composantes agronomiques, biologiques et chimiques.

Pour I_{PHY} , malgré la retenue émise dans un des paragraphes précédents, la différence est nette entre types de travail du sol. Cela est dû à l'utilisation de post-levées systématiques par les agriculteurs en TSL, alors que les agriculteurs en labour utilisent davantage de prélevées qui ont un profil environnemental plus défavorable (métolachlore). L'utilisation plus systématique de glyphosate par les agriculteurs en TSL n'est pas considérée comme une pratique à risque environnemental.

Pour I_{EN} , les différences entre techniques existent aussi. Elles sont liées en premier lieu au machinisme (moins consommation de carburant en l'absence de travail profond) et aussi aux intrants qui sont moins élevés pour les exploitations en TSL, notamment du fait des impasses en fertilisation de fond qui entrent dans un raisonnement global de réduction des charges d'exploitation en TSL.

5. ESSAIS REGIONAUX SUR LES TSL DANS LE RHIN SUPERIEUR

De nombreux essais sont conduits sur les TSL dans le Rhin Supérieur : au total, 19 ont été comptabilisés. Les premiers ont été mis en place dès 1989 dans le Pays de Bade alors que côté alsacien, il a fallu attendre 1997.

Ils sont généralement conduits sur des sols à dominante limoneuse caractéristiques de la région d'étude. La culture en place est le plus souvent un maïs conduit en monoculture.

Tab. 20 : inventaire des essais régionaux sur les TSL

Pays de Bade		Alsace	
Lieu	Organisme	Lieu	Organisme
Viehwegacker	Anna	Spechbach-le-haut	ARVALIS-ARAA
SteinStadt		Geispitzen	
Dreisamtal	IfuL puis Anna	Niederentzen	INRA-ARAA
Biengen	IfuL	Rouffach	
Hausen		Hochfelden	CA 67
Wintersweiler		Neewiller	
Dossenheim	ALLB	Sélestat	
Effringen-Kirchen		Engwiller	
		Kappelen	CA 68
		Landser	
		Obernai	CA 67- Lycée Obernai-ARAA

5.1 Méthodes

Dans le travail ci-dessous, les conditions de l'essai (notamment la date de mise en place, le type de sol, les techniques de travail du sol employées), les objectifs, les paramètres observés et les principaux résultats sont détaillés pour chacun de ces essais.

Comme le montre le tableau 21, plusieurs objectifs sont couverts pour l'évaluation des potentialités des TSL dans le Région.

Tab. 21 : aperçu des objectifs des essais régionaux

Objectifs communs aux essais	Lieux de l'essai
Comparaison de techniques de travail du sol uniquement (matériel) avec pour mesure principale le rendement	Hochfelden, Neewiller, Sélestat, Engwiller, Kappelen, Landser, Wintersweiler, Dossenheim, Effringen-Kirchen
Comparaisons de systèmes de culture parmi lesquels des systèmes en TSL (adaptation de la fertilisation, des variétés, de la succession culturale...)	Rouffach, Niederentzen, Biengen, Hausen, Viehwegacker, SteinStadt,
Incidences des techniques sur la dynamique de l'azote (reliquats à l'ouverture du bilan et reliquats post-récolte, minéralisation, lessivage)	Viehwegacker, SteinStadt, Effringen-Kirchen, Rouffach, Niederentzen
Incidences des techniques sur les transferts de produits phytosanitaires	Spechbach-le-haut, Geispitzen
Aspects économiques des TSL	Dreisamtal, Rouffach, Niederentzen, Viehwegacker, SteinStadt, Kappelen

La majorité des essais mis en place dans le Rhin Supérieur sont mono-factoriels, avec des modalités dont les variantes concernent le plus souvent des types de travail du sol différents donc des outils différents. Les essais concernent quasiment toujours le maïs.

L'analyse conjointe des essais proposée ci-dessous a été établie à partir des résultats observés jusqu'en 2004, parfois 2005.

5.2 Résultats

Les fiches détaillées par essais sont rassemblées et présentées en Annexe 2.

Les conclusions et principaux constats réalisés à partir de l'analyse des essais sont les suivants :

◇ La maîtrise technique des TSL demande du temps

A Hochfelden, Sélestat, Neewiller, Niederentzen, Wintersweiler et Efringen-Kirchen des difficultés de mise en place des TSL sont apparues les premières années avec pertes à la levée substantielles. Elles ont résulté du **matériel de semis inadapté, notamment en semis direct**. Les autres TSL ont eu des rendements équivalents au labour. Cette phase correspond à l'apprentissage de la technique.

Les années suivantes peuvent se poser des problèmes de maîtrise des adventices (**maîtrise technique** du désherbage). Par exemple à Neewiller, la renouée des oiseaux a fait varier les rendements de 35 à 85 q/ha sur les modalités TSL. On arrive à des résultats d'essais non valides. Or la difficulté de maîtrise des adventices est une réalité des TSL.

◇ Les bienfaits d'une culture intermédiaire peuvent accentuer les risques pour la culture

La gestion d'une **culture intermédiaire non gélive** (type ray-grass, blé) contribue au maintien de la stabilité structurale mais peut poser des problèmes de concurrence vis à vis du maïs en **conditions sèches** particulièrement (sols superficiels de la Hardt), ou si la destruction est tardive ou mal maîtrisée (Kappelen, Niederentzen).

◇ Le travail du sol : l'ameublissement régulier en profondeur reste souvent inévitable

Le travail profond présente un **intérêt certain** dans plusieurs cas: sols peu structurés (limons blancs), sols plus **argileux irrigués**, et dans tous les cas de récolte du précédent en mauvaises conditions de sol (c'était le cas pour la récolte 2001, pas pour la récolte 2003). Il sécurise le rendement s'il est bien réalisé (sol ressuyé sur la profondeur de profil travaillé), limite le développement des vivaces, favorise l'enracinement du maïs. Ces effets sont visibles sur les sites de Neewiller et Hochfelden, sur la modalité « semis direct ».

Les **résultats en travail plus superficiel ou intermédiaire** (chisel, covercrop, néodéchaumeurs à dents et à disques) **sont équivalents** au labour dans les sols où la structure n'est pas dégradée et surtout pour les sols à tendance limoneuse. Sur les sites irrigués sur sols plus lourds (Rouffach, Sélestat), la structure plus dégradée par les anciens labours notamment nécessiterait probablement des décompactages.

En limons argileux ou argile limoneuse non irrigués et à restructuration naturelle par définition, le travail profond ne doit pas être systématique.

◇ Le semoir doit être impérativement adapté

Dans tous ces essais en TSL, un matériel particulier semble indispensable : un **semoir adapté**. Pour le maïs, il doit être équipé

- au minimum de chasse-mottes, d'un disque semeur et de roues de recouvrement et de rappui,

- de disques ouvreurs ou chasse-mottes rotatifs et ressorts en semis direct. Avec la pression habituellement appliquée à ce type de semoir, une préparation préalable du sol avec un déchaumeur peut conduire à une mauvaise qualité d'implantation (Wintersweiler)

- de roulettes de rappui en terres argileuses et en semis direct

L'utilisation de semoirs non adaptés à une préparation de sol réduite pour lesquels les résidus en surface occasionnent une gêne importante (les deux premières années d'essais 2000 et 2001 sur les sites du Bas-Rhin) ou l'utilisation de semoirs non spécialisés en semis direct (Efringen-Kirchen) pénalisent les résultats des systèmes étudiés et peuvent conduire à l'échec de l'essai.

✧ La maîtrise du peuplement est indispensable en maïs

Les **manques à la levée** se traduisent quasi-systématiquement par un **moindre rendement** sur des parcelles à potentiel élevé (120-130 q/ha) (Sélestat, Rouffach) alors que pour des potentiels inférieurs (90-100 q/ha), la compensation reste possible par le PMG (Kappelen, Landser, Hochfelden).

✧ Des adventices à contrôler

Sur pratiquement tous les sites, le développement d'adventices est plus fort dans les parcelles en TSL et surtout en semis direct. Le complexe Panic-Digitaire-Sétaire et surtout les vivaces (liseron, prêle, renouée des oiseaux) sont à contrôler. Sur les essais mono-factoriels, ils **pénalisent sans doute le rendement**. Sur les autres essais (Niederentzen, Rouffach, Müllheim, Steinestad) ils peuvent entraîner davantage de traitements en TSL mais pas systématiquement. L'effet année reste plus fort.

✧ Des rendements variables selon les sites

Les TSL (hors SD) obtiennent des **rendements identiques** ou meilleurs sur les sites de Rouffach, Kappelen, Hochfelden, Neewiller, Steinestad, Viehwegacker. Deux points sont à relever :

- en règle générale, les rendements en TSL hors SD sont inférieurs au labour de quelques quintaux par hectare, mais pas toujours de manière significative. Ce n'est pas le cas à Kappelen, où les parcelles sont en TSL depuis 1998 et sont moins pénalisées par les dégradations de structure (ruissellement et érosion). Sur ce site, les maïs conduits en TSL (hors SD) ont compensé leur moins bonne levée en 2002 par un meilleur Poids de Mille Grains

- l'année 2003 a été favorable aux parcelles en TSL sur ces 4 sites ; les rendements obtenus sont supérieurs et améliorent la moyenne pluriannuelle de rendement des modalités en TSL.

A noter les rendements supérieurs de 8 à 20% en TSL sur les sites allemands de Steinestad et Viehwegacker en 2003 et 2004. Les cultures y sont conduites en adaptant les règles de décision au système concernant la fertilisation, la succession des cultures et la densité de semis.

Les TSL (hors SD) obtiennent de **moins bons rendements** sur les sites de **Niederentzen, Engwiller** (blé), **Sélestat**. Sur chacun de ces sites, une explication est avancée : le choix variétal d'une variété de maïs à port dressé et la moindre exploration racinaire qui pénalisent le potentiel de rendement à Niederentzen, les mycotoxines sur blé à Engwiller, l'absence de restructuration en profondeur des sols irrigués lourds à Sélestat.

✧ Le semis direct de maïs en monoculture est risqué

Sur tous les essais, le **semis direct de maïs** en monoculture est **systématiquement pénalisé** par des adventices notamment dans l'interrang, par l'irrégularité de semis récurrente, la réduction du peuplement et l'échelonnement des levées qui pénalisent les rendements de 10% ou plus. Cela n'a pas été le cas en année sèche comme

2003 sur des parcelles non irriguées, ce qui reste exceptionnel (Neewiller, Wintersweiler et Hausen). Toutefois, un ameublissement régulier améliore le rendement. Sur les sites du Bas-Rhin et du sud du Pays de Bade, le recul de quelques années à peine ne permet pas de tirer de conclusions trop hâtives sur cette pratique.

✧ Les TSL sont favorables en été sec

En 2003, les TSL et plus particulièrement le **semis direct avec ameublissement** (semis direct modifié) ont présenté des rendements meilleurs en sols non irrigués du fait d'une **meilleure rétention en eau** (Neewiller, Hochfelden, Landser, Biengen, Hausen, Müllheim, Steinensadt).

Mais en printemps sec, surtout sur un sol superficiel (sols de Hardt), la présence de couverts type ray-grass peut assécher assez fortement le profil et pénaliser les levées.

✧ Le danger des mycotoxines

Les TSL laissent davantage de résidus du précédent en surface qu'un labour. Ces résidus sont la principale source de contamination par les Fusarium.

Le blé est la culture la plus sensible aux fusarioses qui peut donc présenter de fortes teneurs en mycotoxines, notamment si le précédent est un maïs (plante hôte). La rotation **maïs-blé** est la plus à risque et serait, à priori et à ce jour, **à éviter en TSL** et en particulier en SD.

Les analyses réalisées dans l'essai d'Engwiller ne montrent pas de lien forcément total entre le pourcentage d'épis fusariés relevés au champ et les mycotoxines. Le facteur expression de la contamination est important (variété Apache moins sensible que Soissons qui exprime davantage l'infection). En tous cas le choix d'une variété tolérante constitue une priorité en blé (Engwiller).

Opus et Ogam (fongicide à base d'Epoxiconazole) sont à privilégier dans la lutte contre la septoriose ; les strobilurines sont à éviter.

Sur maïs, les résultats d'analyse des mycotoxines sur les diverses modalités de travail du sol sont très variables d'un site à l'autre car les conditions locales influencent la vitesse de dégradation des résidus de culture du précédent. Les résultats ne sont pas exploitables à l'heure actuelle.

✧ Des effets environnementaux généralement positifs

Ruissellement et érosion sont considérablement **réduits en TSL** (facteur 10 à 15) quelle que soit la technique (Mesures sur les sites de Geispitzen, Neewiller, Landser). La diminution des volumes ruisselés s'accompagne généralement d'une **diminution des flux de produits phytosanitaires en année à pluviométrie « normale »**. En printemps à pluviométrie intense et abondante, les transferts par ruissellement peuvent être plus importants en TSL du fait d'une saturation plus rapide du profil.

5.3 Perspectives

✧ Il faut rechercher des **variétés** plus vigoureuses au départ, avec un bon enracinement et la possibilité de compensation des manques éventuels à la levée → réaliser des essais variétaux spécifiques aux situations de TSL. Dans des essais de comparaison, une augmentation de la dose de semis en TSL doit être adaptée au système.

✧ Questionnement sur la nécessité d'un **premier apport azoté majoré** sur blé et maïs ; cela peut se justifier surtout les premières années mais ce ne doit pas être systématique → réaliser des essais sur les doses d'azote et leurs fractionnements spécifiques aux situations de TSL

✧ Questionnement sur la gestion de l'interculture en TSL : → essais de mise en place de couverts (choix d'espèces, modes de destruction) ; alternatives au **glyphosate**

✧ **Mycotoxines** : le facteur principal de contamination par les fusarioses n'est pas le type de travail du sol, mais le précédent cultural. Cet élément a été constaté dans de nombreux essais et ne peut plus être réfuté. Pour des raisons économiques, la culture d'un blé derrière un maïs restera une pratique dominante dans le Rhin Supérieur. La gestion du risque et sa maîtrise sont indispensables pour l'avenir des TSL dans la région.

il faut comparer des systèmes de culture en blé précédent maïs avec

- un système labour, avec et sans traitement, variété productive **et**
- deux ou trois systèmes en TSL avec enfouissement à profondeur variable et variétés tolérantes + traitement (systématique ou dépendant des conditions pluviométriques de l'année?)

ou des essais avec répétitions blé précédent maïs avec

- une variable travail du sol (en relation avec enfouissement des résidus) SD-travail superficiel-mélange intermédiaire Perrein ou chisel-labour.
- une variable variété de blé : au minimum 3 types différents selon le classement CTPS
- une (co)-variable traitement : témoin et triazole

Des notes de fusariose sur épis et de pyrales seraient alors à réaliser.

✧ **Le blé précédent maïs est à éviter en TSL.** Il est urgent de trouver des rotations adéquates avec des cultures qui offrent des débouchés durables.

✧ **Des questions restent en suspens sur la qualité du maïs en monoculture.** Les coopératives et négoce semblent optimistes quant aux perspectives de recherche de variétés tolérantes (aux mycotoxines, aux pyrales). Des mesures et constatations sur différents sites d'expérimentations suisses et allemands suscitent davantage d'interrogations et de réserves.

6. L' ABC DU SEMIS DIRECT – CONSEILS SUR LE SEMIS DIRECT DE PRATICIENS SUISSES EXPERIMENTES

6.1 Introduction⁶

Les effets négatifs de l'agriculture moderne sont aujourd'hui de plus en plus visibles. La qualité du sol est en particulier se dégrade suite à l'utilisation de charges sur les essieux toujours plus lourdes et un travail du sol trop intensif avec des outils animés, qui ont pour conséquence la baisse de la stabilité structurale, des volumes de pores grossiers ainsi que de l'activité biologique. Grâce aux progrès techniques du machinisme en agriculture, le sol peut aujourd'hui pratiquement être travaillé indépendamment de son état. Les outils peuvent être utilisés de manière plus souple et plus rationnelle si bien que la qualité du travail même sous des conditions défavorables – la plus part du temps un excès d'humidité- peut être appréciée visuellement comme satisfaisante. Les outils agricoles sont aussi devenus plus lourds ces dernières années suite à la rationalisation du travail en agriculture et aussi au progrès technique. Selon des données du service des statistiques de la Confédération, la part d'engins agricoles de poids total de plus de 5 tonnes progresse constamment en Suisse (95 461 en 2003) et est, depuis 2002, plus importante que la part des engins de moins de 5 tonnes (84 834 en 2003).

Les répercussions se traduisent par une diminution des capacités naturelles du sol à absorber et à filtrer. Les précipitations ne s'infiltrent que plus difficilement dans la matrice du sol, et la force du choc des gouttes de pluie individuelles sur les surfaces des sols nus est moins freinée. C'est pourquoi, en particulier lors d'épisodes pluvieux très violents, le ruissellement de surface et l'érosion du sol peuvent apparaître. Ces phénomènes multiplient alors le lessivage des éléments fertilisants et des pesticides vers les eaux de surface.

Une réduction significative de l'intensité de travail du sol est un des moyens reconnus dans le monde entier pour combattre ces phénomènes concomitants indésirables. Ainsi, le travail du sol avec retournement par labour est remplacé par des alternatives appropriées. En conséquence, les caractéristiques naturelles des sols sont moins atteintes. Les moindres profondeurs de travail du sol des outils et le respect de l'ordre naturel des horizons du sol sont les points principaux. Ils contribuent à une protection physique lors des pluies et de ruissellement de surface mais aussi à la protection du sol en tant qu'habitat et nourriture des organismes vivants du sol. La formation d'une vie du sol riche est ainsi favorisée. De même, un système de macroporosités fort développé à partir des galeries de vers de terre et des passages de racines aide à aérer et à drainer le sol. La portance et l'activité biologique du sol s'en trouvent augmentées.

La pression toujours plus forte sur les coûts de production en agriculture amène de plus en plus de mise en oeuvre de système d'agriculture de conservation, c'est à dire sans labour, pour des considérations économiques. Sans même prendre en compte des économies possibles rien qu'avec l'abandon d'outils et de machines, la réduction du travail du sol conduit aussi une réduction de la charge de travail et des coûts en carburants.

⁶ Saxer M. und Steinhöfel H., 2004. Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. CH-2010 Neuchâtel, Bundesamt für Statistik, 198 S.

D'un autre côté, la plus ou moins forte couverture du sol en résidus végétaux favorise le développement d'organismes nuisibles indésirables tels que les fusarioses et plus occasionnellement les limaces. De même, la lutte contre les mauvaises herbes est plus délicate en comparaison des systèmes de culture avec labour, car les populations d'adventices évoluent dans la plupart des cas pour partie vers des monocotylédones et des espèces difficiles à contrôler ou encore des repousses de céréales. Grâce à l'alternance entre céréales et dicotylédones et la mise en oeuvre de pratiques adaptées en protection des cultures, ces inconvénients peuvent être réduits. Justement, en lien avec les attaques de fusarioses renforcées pour les blé d'hiver cultivés en non labour, il est constaté que les recommandations issues des travaux d'expérimentations, à savoir éviter les blés après précédent maïs grain et cultiver des variétés peu sensibles, ne sont pas encore souvent mises en application dans la pratique. Une raison à cela pourrait résider dans le fait que par exemple les conseils pour les rotations bien que techniquement corrects, sont difficilement réalisables pour les agriculteurs et n'ont fait l'objet que de peu de communications pratiques. La succession maïs-blé est fortement ancrée en particulier chez les exploitations traditionnellement chargées en cultures fourragères, et ne sera pas abandonnée aussi facilement. Une adaptation de la communication aux besoins de ces groupes cibles, par exemple en combinaison avec des propositions concrètes pour des successions culturales alternatives, serait une contribution précieuse au développement de systèmes de culture respectueux de l'environnement et favorable à la réduction des erreurs culturales.

De tous les systèmes de culture à l'intensité de travail du sol réduite, rassemblés sous les dénominations telles que « systèmes de culture sans labour », « systèmes de culture de conservation » ou « semis sous mulch », le semis direct est celui qui a le plus d'effets sur la protection du sol mais il est aussi le plus exigeant. Par ces méthodes de travail du sol, plus de 50 % de la surface du sol reste non travaillée. Par là même, le sol reste couvert par des débris de plantes en permanence et la vie du sol se développe de manière optimale. D'un autre côté, le semis direct est aussi le système de culture doté de la prise de risque la plus forte, car il existe moins de possibilités de rattrapages mécaniques des erreurs avant, pendant ou après le semis. De plus, en comparaison des systèmes traditionnels avec labour, il n'existe encore que peu d'expériences. Il a cependant été démontré jusqu'à maintenant que la combinaison optimale des facteurs homme, sol, plantes, environnement et technique est décisive pour la réussite du semis direct. En ce sens, le chef d'exploitation et – quelque peu en retrait- le conseiller occupent une place décisive.⁷

Selon l'enquête annuelle des surfaces de semis direct, réalisée chaque année par l'Association suisse pour une agriculture respectueuse du sol (SWISS NO-TILL), environ plus de 12 000 ha ont été semés en 2005 selon cette méthode de culture respectueuse du sol et des ressources. Ceci correspond à environ 3 % des terres labourables. Depuis la fondation de cette association d'intéressés voici dix ans, les agriculteurs, entrepreneurs et conseillers ont accumulé de nombreuses expériences, qui sont des sources précieuses de savoir pour ce système de culture.

⁷ - Krebs H. et al., 2000. Fusarien- und Toxinbelastung des Weizens bei Direktsaat. Agrarforschung 7, 264-268.

- Streit B. et al., 2003. Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. Weed Research 43, 20-32.

- Sturny W., Hofer P., Chervet A. und Providoli I., 2001. Direktsaat im Praxisversuch – Erfahrungen und Beobachtungen. Agrarforschung 8 (1), I-VI.

Entre temps, il est apparu quantité de documents de conseils sur le semis direct, issus par exemple de Suisse⁸, de France, d'Angleterre et d'Amérique du Nord. Cependant, ces documents semblent être fondés principalement sur des connaissances scientifiques et être moins orientés vers les besoins des praticiens. De plus, quelques recommandations faites à l'étranger ne sont pas transposables aux conditions froides et humides de la Suisse en raison des différences au niveau du climat et des sols. Dans le cadre d'un projet, un instrument pour la communication des informations sur le semis direct doit maintenant être réalisé sans y aborder chaque type de travail du sol et qui, en premier lieu, rassemble les expériences des hommes de terrain et les rende accessible. Ainsi, l'argumentation et les points de vue de ce groupe doivent être présentés.

6.2 Objectif

L'objectif du projet est de réaliser une base d'informations spécialisée du praticien pour le praticien du semis direct. Des agriculteurs sélectionnés, des entrepreneurs et des prescripteurs ont été questionnés sur leurs expériences et leurs observations. Une synthèse de ces entretiens a été restituée sous la forme d'une série de mots clés pour le public d'intéressés.

Le savoir sur le semis direct ainsi rassemblé est mis à disposition par Internet. Les systèmes de culture avec un travail du sol simplifié et en particulier les systèmes de semis direct sont constamment adaptés et améliorés. C'est pourquoi cette base de données doit être ainsi organisée pour qu'elle puisse être complétée plus tard de manière assez facile.

6.3 Démarche

6.2.1. Définition des mots clés

Des mots clés ont été définis et hiérarchisés en ordre de priorité comme base pour les enquêtes (annexe 1). Le choix des mots clés a été élaboré avec les collaborateurs du groupe de projet et s'est orienté largement sur les thèmes actuels en lien avec le semis direct ainsi que les points qui semblaient dignes d'intérêt. La hiérarchisation a servi en premier lieu comme aide pendant les entretiens durant lesquels les mots clés de première priorité devaient être traités par tous les partenaires enquêtés, alors que ceux-ci pouvaient ne répondre qu'à un choix parmi les mots clés de moindre importance. Pour chaque mot clé de priorité 1 et 2, un catalogue de questions ciblées a été établi, qui constituait la base des questionnaires. Les partenaires enquêtés pouvaient ne pas traiter les mots clés de priorité 3.

<http://www.no-till.ch/Diverses/Flaechenaktuell.html>

⁸ - Anonym, 1998. Direktsaat: Erfolgreich umsetzen. Agrarforschung 5 (5), Beilage

- Anonym. Sept points fondamentaux pour réussir la simplification du travail du sol. Publication APAD, Paris. <http://www.apad.asso.fr/images/pdf/ficheapadagro.pdf>

- Anonym, 2002. A Guide to Managing Crop Establishment. Publikation SMI, England. <http://www.smi.org.uk/docs/news/1037639465SMIguide2001.pdf>

- Coutts G.R. and Smith R.K., 1991. Zero Tillage Production Manual. The Manitoba-North Dakota Zero Tillage Farmers Association, <http://www.mandakzerotill.org/ztindex.html>.

Tableau 22 : liste des mots clés et de leur priorité

. Priorité 1	Priorité 2	Priorité 3
A	Agriculture biologique Avoine	Alimentation en éléments nutritifs
B	Blé Betterave à sucre	
C Cultures intermédiaires	Colza Charges	Cultures alternative Compaction des sols Cultures fourragère Cultures-méthode fertilisation azotée Charges des roues
D	Date de semis Dose de semis	Déclarations et savoir
E	Erosion Expériences clés	Effet à longue durée Expérience
F Fusarioses des épis	Fertilisation Fertilisation starter Féverole Fertilisation dans la ligne du semis	Formation professionnelle
G glyphosate		
H		Herbicide Humus (teneur)
I		
K		
L Limaces	Légumineuses	
M Mycotoxine Mauvaises herbes problématiques	Maïs Maladies des plantes Mauvaises herbes	Mulch Machines de récolte
N		
O	Orge	
P	Pois protéagineux Pomme de terre Pyrale du maïs Produits phytosanitaires Portance (du sol) Prairies artificielles	PH Pression des pneus Production de semences Prairies naturelles
Q		
R	Ravageurs	Rongeurs
S Sols Succession culturale		Sécheresse Semoirs Souhaits
T		Teneur en calcaire Teneur en eau
U		
V	Vers de terre	Variétés
W		
X		
Y		
Z		

6.3.2 Choix des partenaires enquêtés

Il a été retenu un total de 20 partenaires. Il a été fait attention à ce qu'ils appartiennent à des secteurs géographiques répartis sur toute la Suisse (figure 1, tableau 1). Ceci avait pour but de couvrir les différentes conditions pédo-climatiques de la Suisse. Malheureusement, les contacts pris en Suisse du sud et dans les régions alpines n'ont pas été exploitables car le semis direct n'a pratiquement pas de signification là-bas.

Il a été également prêté attention pour le choix des enquêtés à ce que différentes catégories professionnelles et différentes régions d'application du semis direct soient prises en compte. Toutefois, tous les participants avaient un lien fort avec la pratique. De plus, il a été renoncé volontairement à la catégorie des scientifiques car dans le cadre de ce projet, les expériences des praticiens étaient celles visées.

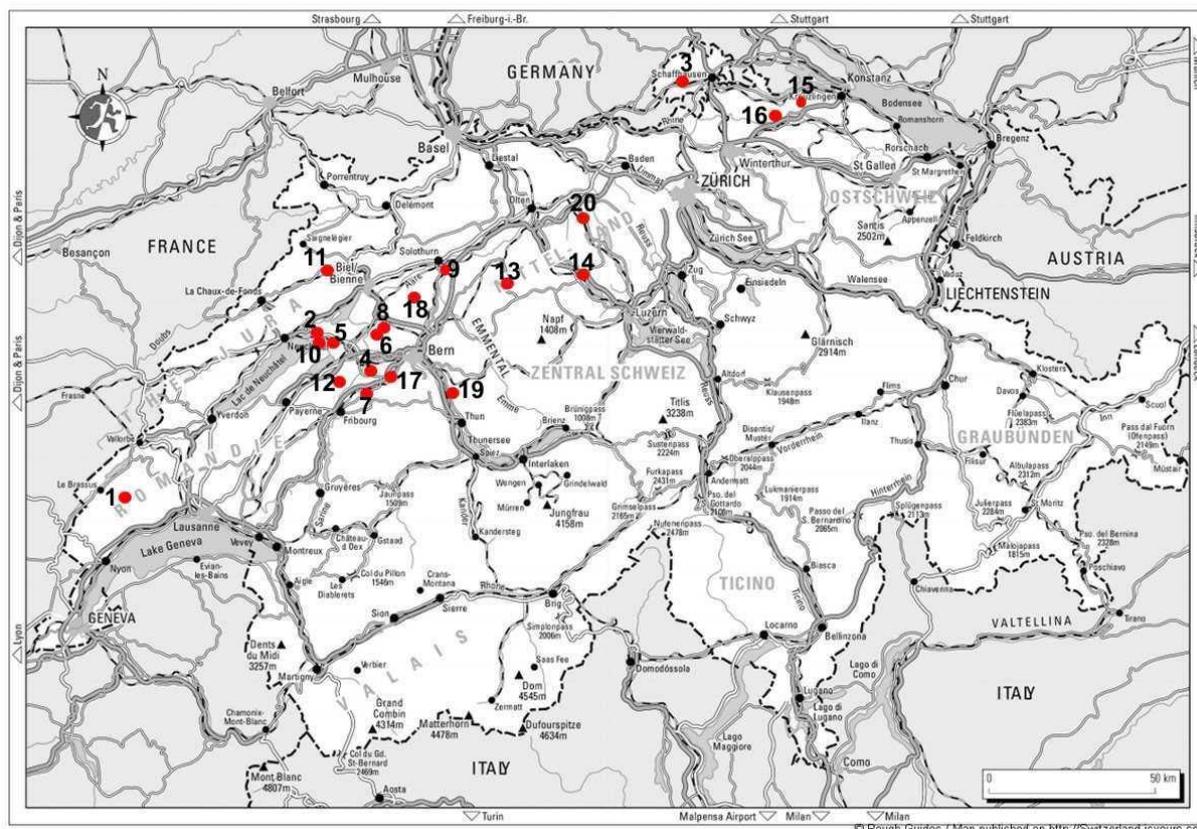


Figure 23 : localisation géographique des partenaires interrogés (rouge). Les numéros des sites correspondent à la description du tableau 14. (source: <http://switzerland.isyours.com>)

6.3.3 Réalisation des enquêtes

Les entretiens ont été tous réalisés par la même personne – Martin Häberli – (annexe 2 : CD avec interviews). La continuité a donc ainsi été assurée pour tous les entretiens. Les enregistrements et les premiers relevés écrits ont servis de support pour les comptes rendus détaillés des enquêtes, qui ont été par la suite réalisés par Regula Schwartz et Martin Häberli .

Dans une phase de test avec seulement 4 partenaires questionnés (Jakob Gyger, Paul Junker, Franz Rösli et Andreas Wyssbrod), la démarche établie au début du projet a été

testée et finalement adaptée. L'enquête des 16 autres personnes est alors intervenue suivant un schéma légèrement corrigé.

Les interviews ont été conduits avec des appareils enregistreurs. Une restitution a été faite selon une structuration reprenant les mots clés du tableau 22.

A l'achèvement des interviews, les déclarations de chaque enquêté ont été séparées et rassemblées selon les mots clés et retravaillées pour la publication.

Tableau 23 : liste des partenaires qui ont accepté d'être enquêtés

Nr.	Nom	Commune	Profession	Activité
1	Bussy Jacky	Pampigny VD	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
2	Gyger Jakob	Gampelen BE	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
3	Gysel Peter	Wilchingen SH	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
4	Häberli Martin	Rosshäusern BE	Dipl. Ing.-Agr. FH	agriculteur
5	Hertach Martin	Sugiez FR	Dipl. Ing.-Agr. FH	chef d'exploitation
6	Hofer Peter	Seedorf BE	Dipl. Ing.-Agr. FH	agriculteur/conseiller
7	Junker Paul	Wünnewil FR	agriculteur	entrepreneur
8	Lauper Hanspeter	Wiler b. Seedorf BE	Chef mécanicien en machines agricoles	entrepreneur
9	Lohm Theo	Biberist SO	agriculteur	agriculteur
10	Märki Bernhard	Witzwil BE	agriculteur	agriculteur
11	Merz Roland	Cortébert BE	agriculteur	agriculteur
12	Minder Reto	Jeuss FR	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
13	Minder Stefan	Rohrbach BE	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
14	Rösli Franz	Sempach LU	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
15	Schneider Max	Hörhausen TG	agriculteur	agriculteur
16	Steinmann Adolf	Ellikon ZH	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
17	Tröhler Max	Oberwangen BE	agriculteur	agriculteur
18	Wyss Beat	Oberramsern SO	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
19	Wysbrod Andreas	Rubigen BE	agriculteur	agriculteur/entrepreneur
20	Ziltener Christoph	Gränichen AG	Dipl. Ing.-Agr. ETH	conseiller

6.3.4. Publication des résultats

Les nouveaux systèmes de culture et en particulier le semis direct se développent très vite et la valeur des expériences acquises évolue aussi rapidement. Conformément aux objectifs de ce projet, le moyen de communication pour la diffusion de l'ABC du semis direct doit être choisi de façon à ce que les informations sur les systèmes de culture puissent être adaptées rapidement et facilement aux nouvelles connaissances, même après l'achèvement du projet. Internet répond à ces exigences de manière idéale dès lors que l'accès facile aux données d'une « homepage » est possible.

Une alternative possible serait une diffusion sous la forme imprimée, mais elle a été de nouveau écartée au cours de l'avancement du travail pour cause de charges financières et de besoins de personnel trop lourds. De plus, les reprises ultérieures n'auraient été possible qu'avec des dépenses considérables en comparaison d'Internet.

La réalisation des pages sur Internet devra être la plus simple possible. Le groupe de travail s'est décidé pour la structuration suivante :

- Entrée en matière : description des mots clés, aide à la navigation

- Sous partie 1 : détails des mots clés
- Sous partie 2 : informations de base
- Sous partie 3 : indications aux utilisateurs

Grâce à la programmation d'une aide à la navigation adéquate, le passage entre les sous-parties et l'entrée en matière sera rendue possible.

SWISS-NO-TILL soutient ce projet et collabore à sa réalisation considérablement. C'est pourquoi, l'accès illimité au serveur Internet de SWISS-NO-TILL a été assuré gratuitement au groupe de travail. La version prototype de l'ABC du semis direct est accessible sur <http://www/no-till.ch> dans sa forme allemande sous la rubrique « ABC du semis direct » (cf. Annexe 3).

Il est prévu, d'informer de l'existence de l'ABC du semis direct par des articles dans la presse spécialisée agricole. Une publication des mots clés individuels serait aussi pensable. Enfin, lors des prochaines manifestations organisées par SWISS-NO-TILL (colloque annuel, journées de terrain), il sera fait mention de l'existence de ce nouveau support d'information. Ultérieurement, il faudra arriver dans le cadre d'autres travaux à ce qu'une traduction en français des mots clés soit réalisée.

Le matériel d'information rassemblé est très important et a été, pour des raisons d'encombrement, joint au rapport dans un répertoire spécifique présenté uniquement dans la version du rapport sur support cd-rom.

Les fichiers individuels par mot clé figurent sous documents MS-Word disponibles uniquement dans la version cd-rom du rapport.

Pour l'immédiat, seule une version en langue allemande est disponible.

6.4 Synthèse et perspectives

Les atouts du semis direct sont incontestés, même si des risques sont liés à ce type de système de culture. Par exemple, pour ce qui concerne le danger de contamination de la récolte par les mycotoxines, des situations à risques qui peuvent être suscitées par le semis direct pourraient, selon l'état actuel des connaissances, être évitées par une information ciblée. Afin d'assurer cette information et de l'améliorer, il a été réalisé dans le cadre de ce projet une collection de mots-clés sur les thématiques en lien avec le semis direct et une diffusion sur internet. On peut espérer ainsi, apporter une contribution à la poursuite du développement de ce système de culture –pas seulement en Suisse - avantageux économiquement et favorable à l'environnement.

Il reste à espérer que cette initiative sera poursuivie et que le savoir qui concerne le système de culture « semis direct » continuera d'être collecté et mis à disposition. De même, il serait appréciable que les attentes des praticiens exprimés sous le mot clé «souhais », notamment à l'attention de la recherche agronomique, puissent être prises en compte par les services concernés et suivies d'éléments concrets.

E. SYNTHÈSE : QUESTIONS/REPOUSES SUR LES TSL DANS LE RHIN SUPERIEUR -

Méthode : Synthèse aux décideurs / Synthèse aux conseillers et agriculteurs

Les partenaires du projet ont décidé de réaliser deux synthèses.

La première est destinée aux décideurs politiques, la seconde aux praticiens (conseillers techniques, expérimentateurs et agriculteurs).

Il s'agit, dans chacune d'elles, d'apporter des réponses précises aux questions que se posent ces deux publics.

La liste des questions a été établie par les maîtres d'œuvre du projet sur la base de leurs connaissances des principaux enjeux des TSL dans la région. Les avis donnés par les chargés de projet s'appuient sur les résultats issus de l'ensemble des travaux présentés auparavant. Ils s'appliquent spécifiquement à la pratique des TSL dans le Rhin Supérieur.

1 Synthèse pour les décideurs politiques

Les TSL et l'érosion

Les phénomènes d'érosion apparaissent dans la région en fin de printemps, lors d'orages violents, sur les coteaux limoneux. Une deuxième forme, moins souvent citée, concerne les parcelles en bord de rivières ou de fleuves lors des crues automnales et hivernales voire printanières.

➤ Les TSL ont elles en général un effet favorable sur la diminution du risque d'érosion des sols ?

Les TSL ont un effet systématiquement positif sur la prévention de l'érosion. Tous les résultats issus des essais régionaux, de la recherche bibliographique et de l'expérience des agriculteurs du Rhin Supérieur vont dans ce sens. Le maintien en surface des résidus végétaux de la culture précédente et la plus grande densité du sol plus en profondeur ainsi que les plus fortes capacités d'infiltration et de rétention d'eau expliquent ce résultat⁹.

➤ Quelles sont les conditions techniques pour qu'une TSL soit favorable à la diminution du risque d'érosion des sols ?

Les TSL ont un point commun qui contribue à limiter l'érosion: le non-retournement du sol qui maintient les résidus végétaux en surface et modifie la porosité du sol.

D'une part les résidus végétaux en surface améliorent la stabilité des agrégats sur l'horizon 0-2 cm après 2 à 10 années de TSL. Les agrégats du sol sont plus résistants au détachement physique occasionné par des pluies intenses. L'eau détenue à la surface du sol s'infiltré et ne ruisselle pas. D'autre part, la densité du sol augmente en profondeur. Le sol

⁹ En plaine alluviale soumise à des inondations, les cannes de maïs non broyées ou non enfouies peuvent obturer les buses d'évacuation d'eau installées dans les fossés.

est alors moins sensible à l'arrachement. La porosité est moindre mais généralement suffisante pour évacuer l'eau en profondeur.

Des différences d'efficacité entre TSL sont relevées. La hauteur de terre susceptible d'être érodée correspond à la hauteur de terre travaillée par un outil et d'autant plus que le volume de terre est fragmenté de manière intense. Les techniques de semis direct avec couvert, qui maintiennent tous les résidus de culture en surface et se caractérisent par une densité de sol élevée sous la couche travaillée, sont les plus efficaces. Les résidus limitent le ruissellement de l'eau qui s'infiltré plus rapidement dans le sol.

Les TSL avec un mélange de terre et de résidus (mulch) sur une profondeur variable sont moins efficaces. Elles fragmentent davantage le sol ce qui limite sa résistance à l'incision. Elles laissent moins de résidus en surface ce qui réduit la stabilité structurale par rapport au semis direct mais elles créent une rugosité de surface qui limite le ruissellement donc l'érosion. Les techniques de travail profond sans mélange semblent intermédiaires.

Plus généralement, l'effet préventif des TSL vis à vis de l'érosion s'améliore d'autant plus que l'intensité de travail du sol diminue.

Il convient enfin d'ajouter qu'un labour occasionnel annule les effets bénéfiques cumulés par plusieurs d'années de TSL.

➤ **Quel est le délai de réponse des TSL pour avoir des effets positifs sur le risque d'érosion ?**

Les effets des TSL sur l'érosion sont visibles dès la première année de mise en place des techniques et s'améliorent au fil des années avec l'augmentation de porosité du sol sous l'effet de l'activité des vers de terre et des racines des cultures principales et intermédiaires. Spécialement en TSL, les cultures intermédiaires avec un enracinement puissant (radis oléifère par exemple) créent rapidement un état de sol qui renforce l'efficacité de la lutte contre l'érosion et accélère la phase de transition.

Les TSL et la qualité des eaux : nitrates, phosphore, produits phytosanitaires

➤ **Quel est l'impact des TSL sur le risque de fuites de nitrates ?**

L'effet favorable des TSL sur la réduction des fuites de nitrates est souvent évoqué. Ces résultats sont généralement vérifiés mais pas systématiques. La variabilité inter annuelle reste forte et dépendante notamment de la pluviométrie. Les risques sont liés aux pratiques de l'agriculteur dans un contexte de type de sol et de culture qui jouent un rôle majeur.

En TSL, le travail du sol superficiel en automne-hiver qui limite la minéralisation par rapport à un labour et l'implantation plus systématique de couverts et de cultures d'automne sont favorables à la réduction du lessivage hivernal d'azote, période où les pertes d'azote sont classiquement les plus élevées. Diverses sources bibliographiques montrent que les risques de transferts de nitrates vers les nappes, lorsque les sols sont nus, sont réduits en semis simplifié et surtout en semis direct en comparaison au labour. Cet effet est renforcé par la continuité des macropores qui s'installe après quelques années de non-labour. Dans le sol et selon ses propriétés, l'eau s'évacue préférentiellement par ces pores vers les horizons profonds, sans emporter d'importantes quantités d'azote.

De nombreux essais ont montré qu'à l'automne les reliquats azotés sont plus élevés dans les sols labourés. Ils diminuent au cours de l'hiver, signe de lessivage. Ainsi, dans les essais badois de comparaison de systèmes qui intègrent le type de travail du sol, la quantité d'azote potentiellement lessivable en hiver est plus forte sous les parcelles labourées que sous le semis sous mulch ou le semis direct. Au début du printemps, davantage d'azote est disponible sous parcelles labourées. Cela tient à la minéralisation plus rapide engendrée par

le labour mesurée dans les essais et constatée par les agriculteurs. Pour cela, la phase de transition en TSL nécessite une adaptation de la stratégie de fertilisation.

En conclusion, les stratégies de fertilisation doivent être adaptées aux TSL, techniques pour lesquelles la dynamique de l'azote est différente. Bien que les TSL créent des conditions qui peuvent diminuer le risque de fuites de nitrates, elles ne remplacent pas le bon ajustement des doses et dates d'apport de fertilisants azotés.

➤ **Quel est l'impact des TSL sur le risque de transfert de phosphore vers les eaux de surface ?**

Des transferts de phosphore par ruissellement plus importants en TSL ont été mesurés sous la surface du sol. Les pertes de phosphore par érosion sont elles réduites. On sait que les phosphates et le phosphore organique sont principalement fixés sur des particules de sol et qu'ils aboutissent dans les eaux de surface suite à l'érosion des particules de terre. 85 % de la charge en phosphore provenant des émissions diffuses agricoles sont attribués à l'érosion. La réduction du ruissellement a pour effet de réduire la charge des eaux de surface en phosphore.

➤ **Le développement des TSL risque-t-il de conduire à une augmentation de l'utilisation de produits phytosanitaires ?**

Des enquêtes nationales menées auprès d'agriculteurs français ont montré que la qualité du désherbage et la quantité de matières actives appliquée sont avant tout dépendantes de la technicité et du choix de l'agriculteur mais pas du travail en labour ou en non-labour. Les enquêtes menées auprès des agriculteurs du Rhin Supérieur ne permettent pas de tirer de conclusions globales à ce sujet. L'usage de désherbants totaux comme le glyphosate concerne moins de la moitié des agriculteurs en TSL du Rhin Supérieur. Par ailleurs, les risques liés à cette pratique semblent généralement limités par plusieurs facteurs: utilisation pour la destruction de couverts développés, faibles impacts environnementaux de la molécule, faibles doses de produits. Une combinaison judicieuse de cultures principales et intermédiaires permet de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires. En particulier l'alternance de familles de culture type céréales et de crucifères facilite la lutte contre les adventices di- et mono-cotylédones dans les cultures. Parfois, les quantités d'herbicides ou d'antilimaces utilisées sont supérieures en TSL ce qui diminue les performances environnementales de ces techniques. Les enquêtes auprès des praticiens du Rhin Supérieur montrent que les limaces ne constituent pas un réel problème dans la région.

Le recours à davantage de produits chimiques est par contre courant dans les essais de comparaison entre TSL et labour. Il est très généralisé en semis direct, pratique peu développée dans Le Rhin Supérieur.

➤ **Quel est l'impact des TSL sur le risque de pollution des eaux par les phytosanitaires (eaux de surface et nappes) ?**

Par la réduction des volumes d'eau ruisselée au printemps, les TSL diminuent les transferts de produits phytosanitaires vers les eaux de surface.

Les effets sur les pertes par lessivage sont plus variables. Elles sont potentiellement accrues pour des molécules à faible coefficient d'adsorption et en semis direct notamment du fait de la présence de galeries de vers de terre qui créent une porosité continue dans le profil et favorisent ainsi les transferts vers les nappes. Toutefois la plus grande capacité d'adsorption par augmentation du taux d'humus et l'activité biologique plus forte en TSL peuvent compenser ce phénomène en dégradant les molécules. A Hessen, le lessivage de produits phytosanitaires sur la parcelle en semis direct de l'essai est inférieur au lessivage sous labour malgré l'utilisation de quantités de produits plus importantes. On peut avancer

l'hypothèse qu'en TSL, l'eau emprunte la voie de larges pores à drainage rapide et peu la voie de la matrice du sol.

Par ailleurs, les agriculteurs en TSL du Rhin Supérieur ont modifié leurs stratégies de désherbage chimique du maïs. Les produits de post-levée, à meilleur profil environnemental que les produits de prélevée, sont systématiquement utilisés. L'action racinaire des produits de prélevée est réduite en TSL du fait de la présence de résidus végétaux en surface qui font écran. Le produit qui n'atteint alors pas le sol est inefficace.

Les TSL et l'effet de serre

➤ Quel est le bilan « carbone » des techniques sans labour : piégeage de carbone et intrants énergétiques?

La séquestration de carbone représente un des enjeux majeurs du processus de Kyoto qui fixe des objectifs précis aux pays signataires pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Or, les TSL ont un bilan carbone positif. Le maintien des résidus de culture en surface par les TSL permettent un stockage de carbone supplémentaire par l'agriculture qui est de l'ordre de 0,4 à 1,4 tonnes de Carbone/ha/an selon les techniques de travail du sol et selon les conditions pédo-climatiques. Or, chaque tonne de carbone fixé par le sol correspond à 3,7 tonnes de dioxyde de carbone. En TSL cet effet est renforcé par le recours plus fréquent aux cultures intermédiaires qui transforment le dioxyde de carbone fixé en matière organique. Par ailleurs, les TSL nécessitent moins d'intrants énergétiques donc de carbone fossile que le labour. Les itinéraires techniques avec les TSL sont moins gourmands en carburant (hormis le travail profond qui se situe à des niveaux de consommation proches d'un labour). Des études ont montré que le semis direct permet de réduire la consommation de gasoil de 44 litres/ha, ce qui correspond à 134 kg CO₂/ha.

Les agriculteurs en TSL sont pour la plupart dans une logique de réduction des charges d'exploitation qui se traduit par diverses stratégies : réduction des passages d'outils avec davantage de puissance mais moins de carburant consommé, réduction des intrants phosphorés et potassiques, introduction de cultures captant l'azote atmosphérique dans les rotations. Ainsi, la consommation énergétique des exploitations en TSL est réduite, notamment grâce à la diminution des fertilisants minéraux, dont la fabrication est fortement consommatrice d'énergie.

➤ Les TSL sont elles plus favorables à l'émission d'autres gaz à effet de serre type N₂O ?

Les effets positifs du stockage de carbone pour l'effet de serre peuvent être annulés par l'émission de N₂O, gaz à effet de serre qui a un effet 296 fois plus fort que le dioxyde de carbone. Ces émissions de protoxyde d'azote par le sol sont favorisées lorsque plusieurs conditions sont réunies, par exemple un semis direct de blé ou de maïs en sols argileux lourds à caractère hydromorphe, c'est-à-dire saturés en eau. Le semis direct réduit la porosité du sol les premières années donc favorise l'apparition de conditions anaérobies. Ces situations sont peu fréquentes dans le Rhin Supérieur.

Les TSL et l'économie agricole régionale

➤ Les TSL vont-elles affecter les rendements et les coûts de production des cultures principales ?

Dans la phase de transition de 3 à 7 ans après l'arrêt du labour se crée un nouvel équilibre du sol. Les rendements en TSL sont alors légèrement réduits. Ils le sont d'autant plus que la simplification est forte et rapide : le passage du labour au semis direct engendre les pertes les plus élevées de l'ordre de 10 à 20% dans les essais. Par après, les rendements retrouvent un niveau équivalent au labour. Dans les situations à problème spécifique de battance, d'érosion, de stagnation d'eau, de blocage de l'évolution de la matière organique, les rendements en TSL peuvent devenir meilleurs qu'en labour. Par contre, les rendements peuvent être lourdement pénalisés si une transition entre labour et semis en itinéraire très simplifié type semis direct n'est pas respectée ou lorsque les passages d'engins et d'outils s'effectuent sur un sol mal ressuyé.

L'effet du passage aux TSL sur les charges opérationnelles est très variable. Selon diverses évaluations et d'après les agriculteurs, les charges sont réduites en semis sous mulch et semis direct. Ce constat fait l'unanimité pour les charges de carburant et de main-d'œuvre. Par contre, l'agriculteur peut être amené à utiliser davantage de produits phytosanitaires (glyphosate, anti-vivaces) et à implanter des couverts hivernaux. Par ailleurs, l'achat onéreux de semoirs et déchaumeurs spécifiques aux TSL impose d'utiliser ces matériels sur une grande superficie. Les TSL étant trop peu développées dans la région pour permettre une utilisation chez d'autres agriculteurs, les charges liées aux investissements restent élevées. Les stratégies d'adaptation du matériel existant sur les exploitations modèrent les niveaux d'investissement mais limitent les possibilités de simplification.

Au final, la performance économique des itinéraires de travail du sol est certaine mais reste liée aux rendements réalisés d'une part et d'autre part aux différentiels de coût. Alors que le labour peut procurer des rendements légèrement supérieurs, divers chiffrages économiques et les références des agriculteurs du Rhin Supérieur affichent des coûts inférieurs en TSL. Enfin, les TSL présentent des avantages environnementaux non comptabilisés : prévention de l'érosion des sols, réduction du lessivage de nitrates.

➤ Les TSL risquent elles d'affecter la qualité marchande de certaines productions ?

L'effet des pratiques de non-labour sur la contamination des céréales par les mycotoxines, issues du champignon fusarium, est souvent discuté. Le principal facteur de risque reconnu est une rotation inadaptée. Cumulée aux TSL, l'augmentation des quantités de grains de céréales fusariés est souvent observée.

Les résidus en surface sont la principale source de contamination des plantes par les champignons Fusarium qui sécrètent les mycotoxines. Les exploitations en TSL du Rhin Supérieur qu'elles soient en rotation maïs-blé ou en monoculture de maïs semblent donc être particulièrement sensibles. Les agriculteurs en TSL sont donc confrontés aux risques de non-commercialisation de leurs céréales à partir de 2006 (nouvelle réglementation européenne qui fixe des teneurs à ne pas dépasser) bien que le risque soit plus fortement corrélé à l'effet précédent de culture. Il paraît urgent d'approfondir le diagnostic régional des risques et de mettre en place des essais locaux. Les pistes de recherche peuvent d'ores et déjà s'orienter vers trois voies: la recherche et l'adoption de variétés adaptées au risque (différences de sensibilité entre variétés de blé et choix de variétés de maïs plus précoces); des rotations intégrant de nouvelles cultures mais elles peuvent générer, selon le contexte de la politique agricole commune appliqué, des pertes de revenus non négligeables pour les agriculteurs. En effet, dans la gamme des TSL, des techniques qui favorisent la dégradation des résidus pourraient être introduites si bien que le champignon ne pourrait pas survivre sur ce support : broyage et enfouissement superficiel des résidus de culture, apport d'azote

organique pour favoriser le travail de dégradation des résidus par les microorganismes du sol.

La teneur en protéines est un autre aspect de la qualité des céréales. Dans les essais du Pays de Bade, le semis direct présente des taux de protéines plus élevés pour les orges de brasserie en comparaison du labour et du semis sous mulch et augmente donc le risque de déclassement en orge fourragère. Le semis direct présente des taux de protéines plus faibles pour les blés d'hiver en comparaison du semis sous mulch. Les teneurs en huile du colza sont inchangées mais la faiblesse des rendements en semis direct pénalise le rendement en huile.

➤ **Les TSL conduisent-elles à une évolution des assolements ?**

Pour des raisons économiques, peu d'agriculteurs en TSL modifient leur assolement alors que conceptuellement les systèmes durables en TSL supposent une rotation des cultures. Le maïs conserve une part largement majoritaire dans l'assolement malgré les difficultés de maîtrise des adventices et de maintien d'une bonne structure du sol et son potentiel amplificateur de fusarioses.

La rotation est pourtant un des leviers efficaces même quand le choix d'une rotation repose sur des considérations économiques et que l'utilisation intensive de phytosanitaires et de fertilisants peut limiter les effets d'une rotation inadaptée. L'alternance de céréales et de dicotylédones empêche la sélection d'adventices spécifiques. L'utilisation d'antigraminées dans les cultures de dicotylédones et d'antidicotylédones peuvent significativement améliorer la lutte contre les adventices. La succession maïs-blé est aujourd'hui à éviter car le blé suivant un maïs est fortement sensible aux mycotoxines. Une succession de cultures qui intègre des crucifères comme le colza et des légumineuses est recommandée.

Les TSL et les exploitations agricoles du fossé rhénan

➤ **Tous les agriculteurs peuvent-ils adopter des TSL ?**

Cette question sera abordée sous l'angle de la compatibilité avec des systèmes d'élevage ou en agriculture biologique, à travers les compétences requises pour l'agriculteur et la dimension de l'exploitation.

Les TSL peuvent être adoptées sur des exploitations de petite comme de grande taille. Pour les petites exploitations, fréquentes dans le Rhin Supérieur, plusieurs alternatives existent :

- le recours à une entreprise pour les préparations de sol et semis ;
- l'utilisation du matériel traditionnel ;
- l'investissement personnel dans les matériels adéquats qui devront être utilisés en prestation sur d'autres exploitations ;
- l'acquisition de matériel en commun.

Les TSL sont des techniques exigeantes pour l'agriculteur. Elles nécessitent une compréhension réelle du fonctionnement des sols. Elles nécessitent aussi des temps d'observation plus importants, notamment lors de la phase de transition après le labour.

Bien que TSL et agriculture biologique soient convergents sur bien des aspects (maintien de la fertilité des sols ; réduction des coûts de production), l'agriculteur en conduite biologique n'a pas l'appui des produits phytosanitaires pour gérer le développement des adventices ce qui peut rapidement devenir un problème insurmontable en TSL et obliger à labourer certaines années.

A contrario, l'intérêt majeur des TSL pour les exploitations avec de l'élevage réside dans la possibilité d'implanter à l'automne en un seul passage des couverts végétaux récoltables comme fourrages au printemps. La meilleure portance des sols en TSL limite les tassements qui interviennent au printemps pour les chantiers d'ensilage ou d'épandage des déjections animales.

➤ **Quels préparations et encadrement technique seraient souhaitables pour la conversion d'une exploitation agricole ?**

Au vu des exigences liées à la pratique des TSL, qui restent en lien étroit avec le choix d'itinéraires techniques adaptés aux conditions locales l'accompagnement technique des agriculteurs semble impératif pour assurer leur réussite et ne pas provoquer et véhiculer d'expériences négatives. Il se concrétiserait, au début de la phase de transition, par des formations sur le fonctionnement des sols de la région et par un diagnostic individuel des potentialités des TSL sur l'exploitation :

- profils culturaux ;
- discussion d'itinéraires techniques appropriés d'après l'état de la structure du sol au départ ;
- possibilités d'utilisation du matériel existant et investissements nécessaires.

Par après, l'agriculteur doit bénéficier si besoin d'un suivi personnel à chaque étape de la conduite du système et d'échanges d'expériences avec d'autres agriculteurs en TSL par l'intermédiaire de réseaux.

➤ **Quel accompagnement financier est-il souhaitable ?**

Les agriculteurs mettent en place les TSL sur l'exploitation pour diverses raisons notamment d'ordre environnemental et agronomique. En effet l'impact global des TSL sur la qualité des sols (prévention de l'érosion ; amélioration de la fertilité des sols) et des eaux (réduction des transferts de nitrates et de phytosanitaires vers les eaux) est positif. Mais les premières années, un système en TSL peut nécessiter des investissements en matériel et engendre des pertes de rendement. Il constitue une prise de risque importante liée au changement de technique. Cela fragilise la situation financière des exploitations.

La compensation des pertes de rendement et une aide à la mise en place de nouvelles cultures (sous la forme d'une aide rotationnelle) doivent être envisagées lors de la transition pour inciter des agriculteurs à se lancer dans ces techniques en limitant les risques financiers. De plus, des aides à l'achat de matériel spécifique aux TSL devraient s'envisager par le biais du soutien à l'investissement consenti par les collectivités. Elles doivent s'accompagner d'un appui technique pour juger du bon investissement.

Des références économiques issues d'exploitations agricoles montrent qu'à long terme la mise en place des TSL en conditions appropriées peut être une stratégie importante de réduction des coûts de production grâce à la baisse des charges (temps de travail, consommation de carburants).

➤ **Quelles sont les actions complémentaires à mener pour sécuriser la mise en œuvre des TSL dans le fossé rhénan ?**

Un accompagnement plus intense et une évaluation plus précise des conséquences économiques des TSL pour les exploitations paraissent indispensables pour développer les TSL. Elles pourraient s'appuyer sur un réseau d'exploitations qui valorise l'expérience des agriculteurs pionniers dans les TSL.

Par ailleurs peu de références existent encore sur certains aspects et nécessitent la mise en place d'évaluations et d'essais locaux sur les sujets suivants :

- sensibilité des systèmes en TSL aux mycotoxines
- potentialités des TSL en terres argileuses lourdes qui semblent les moins adaptées à ces techniques
- rentabilité économique des exploitations en TSL
- potentialités du semis direct sous couvert végétal
- adaptation de rotations en remplacement de la monoculture de maïs.

2 Synthèse pour les praticiens

Les caractéristiques du sol en TSL

- **Quel diagnostic de mes sols et de mes parcelles dois je faire avant de me décider ? Et par après ?**

1- Un diagnostic initial : l'identification des types de sol complétée par la réalisation de profils culturaux sur quelques parcelles clés sont impératifs pour juger du type d'interventions à effectuer. Ce diagnostic de la structure du sol et notamment de sa porosité, réalisable par l'agriculteur lui-même lorsqu'il est expérimenté, permet de juger de la nécessité ou non d'un ameublissement sur une profondeur déterminée par l'état de compacité du sol sur le profil : y a t'il une semelle de labour à fissurer, d'autres problèmes de structure qui incitent à choisir un travail profond ?

2- Des diagnostics en cours de campagne : il faut observer l'état de ressuyage du sol des sols avec d'autres repères plus sévères que pour le labour, avant de décider d'une intervention.

La diminution de la profondeur de travail et l'utilisation d'outils qui ne retournent pas le sol amènent fréquemment à une modification de la distribution des éléments nutritifs avec une faible mobilité dans le profil de sol (par exemple pour le phosphore, le potassium, le calcium et l'humus). Le pH de la couche superficielle de sols non travaillés diminue plus rapidement que pour des sols labourés ce qui est dû à l'enrichissement et à la décomposition de la matière organique. L'acidification de la couche superficielle du sol, qui intervient surtout lorsque le sol n'est travaillé qu'en surface, peut conduire à des pertes de rendement et devrait être régulièrement mesurée par des analyses de terre et corrigée par un chaulage si nécessaire.

- **A quelle vitesse mon sol va - t'il évoluer ? Dans quel délai est ce qu'on perçoit des effets bénéfiques ?**

L'évolution d'un sol passant d'un état labouré à un état non labouré dure plusieurs années. Une amélioration sensible de la structure du sol au niveau de l'ancien fond de labour n'est perceptible qu'après deux à quatre années de TSL. Les effets positifs sur l'érosion et la portance des sols sont les plus rapides. Après six à dix années d'essais en TSL ont pu être mis en évidence une concentration significative de la matière organique en surface, une meilleure restitution d'eau aux cultures, une augmentation de la stabilité des agrégats puis une meilleure aération du sol sur l'horizon 5-30 cm permise par l'accroissement de la porosité. Les rendements des cultures aussi peuvent être pénalisés les premières années. Ces effets sont d'autant plus marqués et rapides que la simplification est forte. Mais la prise de risque est alors plus grande.

- **Les TSL marchent elles en sol lourd ? en sol humide ?**

Les principales difficultés de mise en place des TSL concernent les sols à dominante argileuse avec stagnation d'eau une partie de l'année : les fenêtres d'intervention sont réduites, la structure du sol plus facilement compactée et les rendements généralement inférieurs au labour. Ces terres restent intégralement labourées par certains agriculteurs en TSL. Le faible ressuyage de ces sols, surtout en TSL, ne permet pas d'intervenir dans des conditions toujours optimales. Quelques rares expériences d'agriculteurs locaux prouvent toutefois que de bons résultats peuvent être atteints moyennant un certain savoir-faire lorsque les passages d'engins sur la parcelle se font sur sol suffisamment ressuyé. Les compactages dus aux passages en conditions humides doivent absolument être évités. Ces sols peuvent être améliorés par les TSL : meilleure infiltration d'eau, meilleure décomposition de la matière organique. A long

terme, le ressuyage des sols s'améliore au printemps ce qui facilite le travail à période optimale et élargit la fenêtre d'intervention.

➤ **Y'a-t-il des compétences ou une technicité particulière à faire valoir ?**

Les TSL sont des techniques exigeantes pour l'agriculteur. Elles nécessitent une compréhension réelle du fonctionnement des sols pour optimiser les périodes d'intervention. Une surveillance stricte de la présence et du développement d'adventices qui évoluent en TSL dans leur composition et leur dynamique, est importante en particulier pendant la phase de transition d'après labour.

Le passage aux TSL suppose aussi une certaine adaptation « psychologique » de l'agriculteur à l'aspect visuel de ses parcelles. Pour beaucoup d'agriculteurs le maintien des résidus végétaux en surface, caractéristique des TSL, procure une impression de parcelles « sales ». Partout, l'image d'un « bon » agriculteur reste celle de celui qui pratique un bon labour ne laissant aucun végétal visible en surface. La modification visuelle qui accompagne le passage aux TSL peut conduire à des tensions avec les voisins et les collègues agriculteurs, d'autant plus que ces derniers considèrent souvent que les parcelles voisines non labourées peuvent infecter les leurs avec des maladies et des semences d'adventices. Un autre aspect visuel concerne la destruction chimique des cultures intermédiaires au printemps. Le dessèchement des couverts hivernaux consécutif à ce traitement dure une à plusieurs semaines et reste visible de tous. Cela peut donner une image négative de l'agriculture particulièrement dans les régions touristiques – sans considération de leur effet modéré sur l'environnement.

➤ **Avez vous des exemples qui « marchent » dans une situation proche de la mienne ?**

Des enquêtes réalisées auprès d'agriculteurs du Rhin Supérieur ont permis de relever des itinéraires techniques complets qui fonctionnent (voir annexes 2b). Chaque itinéraire cultural est replacé dans son contexte de système de culture (culture et son précédent) et de type de sol. Il décrit l'ensemble des interventions réalisées et les outils utilisés avec leurs conditions d'emploi. Une grande majorité de situations pédoclimatiques du Rhin Supérieur est ainsi couverte.

Le matériel et le travail du sol en TSL

➤ **Dois je disposer d'un matériel spécial en TSL (outils essentiels, notamment de travail du sol ; outils supplémentaires pour maintenir une bonne structure du sol) ?**

Globalement, plus la simplification du travail du sol est forte, plus le recours à des matériels spécifiques est indispensable : semoirs pour semis direct, néodéchaumeurs semi-portés ou trainés, herses peignes. Le matériel traditionnel, notamment de préparation de sol, qui équipe les exploitations peut rester opérationnel moyennant parfois quelques adaptations.

Les systèmes sans labour exigent des déchaumages et des semis soignés. Les semoirs à disques conventionnels sont adaptés aux terres déchaumées . Ils sont inadaptés au semis direct par manque de pression sur chaque élément semeur. Les semis de maïs doivent se faire avec des semoirs équipés de chasse-mottes préférentiellement étoilés pour dégager les résidus de la ligne de semis. En effet, les résidus du précédent augmentent le risque de bourrage d'éléments à dents fixes.

Les équipements de moissonneuses-batteuses, tels les broyeurs de résidus et répartiteurs de menues pailles sont donc incontournables.

Toute intervention doit éviter de dégrader la structure du sol et contribuer à maintenir un sol nivelé. Les pneus larges, basse-pression ou les jumelages ainsi que les rouleaux d'appui sont à privilégier. Ces derniers appuient, nivellent et contrôlent la profondeur.

Les outils à dents traditionnels restent adaptés pour le décompactage, le déchaumage et la préparation du lit de semences. Ils doivent présenter un dégagement plus important pour limiter

les bourrages. Utilisables en conditions sèches, les disques peuvent assurer un meilleur mélange terre-résidus.

Un déchaumage à l'automne ou en hiver, en plus d'assurer le mélange paille-terre, favorise l'éclatement du sol par le gel et l'amélioration de la structure du sol. Pour améliorer le mélange paille-terre les chisels à dégagement classique restent les mieux adaptés. Les néodéchaumeurs combinant plusieurs rangées d'outils sont présents sur plusieurs exploitations du Rhin Supérieur et conviennent également. Des outils associant travail profond et superficiel (type charrue express de Perrein) peuvent dans certains cas ameublir le sol en profondeur. La porosité ainsi créée n'est maintenue durablement que par les racines des plantes .

Au final, plus que l'outil, c'est l'état de ressuyage du sol qui est un facteur clé de réussite des TSL.

➤ **Comment se décider entre les différentes formules de TSL ?**

Chaque agriculteur enquêté a mis au point des itinéraires techniques personnalisés et adaptés à son contexte, ce qui prouve que les possibilités d'application sont nombreuses et que le conseil doit être personnalisé. Avant passage de la totalité de la surface de l'exploitation aux TSL, il paraît important d'essayer des petites variantes du travail du sol afin d'acquérir une expérience spécifique aux conditions pédo-climatiques propres et sécuriser les choix futurs. Le matériel traditionnellement présent sur l'exploitation ou le recours à un matériel plus spécifique disponible auprès d'un agriculteur voisin sont à privilégier pendant cette première phase d'apprentissage

Le choix du type de TSL doit être un compromis entre des objectifs multiples : motivation personnelle et prise de risque acceptable, possibilité et volonté d'adaptation du matériel existant ou d'investissement dans du matériel spécifique, contraintes de sol, de culture et de système de culture. Les nombreuses propriétés allouées au labour doivent être remplacées :

- l'enfouissement des débris végétaux et des résidus superficiels,
- l'ameublissement de la couche arable,
- l'accélération du réchauffement du sol,
- la formation du lit de semences,
- la répartition de la terre fine et des mottes,
- le nivellement du sol,
- la maîtrise de la propagation des mauvaises herbes, des parasites et des maladies,
- l'incorporation des amendements et fertilisants.

Certaines de ces fonctions peuvent être partiellement remplacées par l'amélioration de la qualité des sols (par exemple, le travail profond par l'activité biologique). Le changement de système doit maintenir la viabilité économique de l'exploitation et répondre aux attentes actuelles de réduction des temps de travaux. Les bénéfices obtenus sur certains de ces aspects se feront au détriment d'autres. Le type de TSL découle des priorités fixées.

Plus la simplification du travail est forte et donc le travail réduit, plus le matériel doit être spécialisé et la diversité des cultures importante. La monoculture de maïs doit être conduite avec une technique de semis adaptée, une couverture du sol en interculture, une maîtrise des adventices et une bonne gestion des résidus. Progressivement la profondeur et l'intensité du travail du sol peuvent être réduits.

➤ **Le décompactage est-il nécessaire au départ ?**

Le remplacement du labour par des TSL entraîne généralement une augmentation de la densité de sol sur l'horizon 5-25 cm. Sous cet horizon la densité est souvent plus forte avec la charrue, ce qui peut constituer un handicap à la bonne évolution de la porosité en TSL. La nécessité

d'un décompactage se vérifie par un profil cultural qui détermine l'état de porosité initial du sol, notamment au niveau de l'ancienne profondeur de labour.

Les cultures sarclées de printemps type maïs restent sensibles à un excès de compacité en comparaison des céréales à paille. Dans une démarche sécuritaire, un décompactage avant maïs reste le plus souvent à réaliser les premières années en attente d'une amélioration naturelle de la porosité sous l'effet des vers de terre et des racines des cultures et des couverts. Par après, le recours au travail profond peut être moins régulier voire nul. Le travail en profondeur peut éventuellement se limiter aux zones naturellement plus compactes ou aux passages de traitement.

La substitution d'un travail mécanique par une culture à enracinement puissant comme le radis oléifère est d'autant plus séduisante qu'elle préserve la structure du sol et ouvre le sol. Des mesures de traficabilité ont montré que le passage de roues de tracteur après un semis direct préserve 50 % de macropores en plus qu'après un labour. Cela tient à une amélioration de la portance qui est aussi énoncée par de nombreux praticiens. En outre selon les itinéraires mis en place, l'intensité du travail du sol est trois fois moins importante en système simplifié qu'en labour, avec des bénéfices directs sur la consommation de carburant.

La conduite technique des cultures en TSL

➤ Quelle gestion des résidus?

Pour éviter les pertes de rendement et les problèmes d'adventices qui sont dus fréquemment aux levées plus nombreuses et à des stocks de semences élevés, une attention particulière doit être portée à la gestion des résidus. Le broyage fin, la répartition des résidus par la moissonneuse-batteuse et leur léger enfouissement sont des étapes importantes qui doivent intervenir dans les meilleures conditions. Le sol doit être ressuyé mais encore humide. Ces interventions se font avec des débits de chantier élevés pour un coût acceptable. Elles permettent de faire lever les adventices et les repousses, dégrader les résidus et les champignons qu'ils portent, de faciliter les passages d'outils ultérieurs. Lorsque les levées atteignent 3 à 4 feuilles, un désherbant total peut être utilisé. Le passage d'outils en diagonale, souvent recommandé dans la littérature, est à peine applicable sur les parcelles du Rhin supérieur au vu de la taille de celles-ci.

Certaines cultures intermédiaires qui ne sont pas complètement détruites par le gel ne doivent pas être impérativement traitées avec des herbicides, mais peuvent aussi être détruites avec un outil à disques ou une herse rotative. Un colza d'hiver fauché peut être totalement détruit par les rouleaux.

➤ Est-il nécessaire de modifier les successions de culture ?

Pour des raisons économiques, peu d'agriculteurs en TSL modifient leur assolement alors que conceptuellement les systèmes durables en TSL exigent une rotation des cultures. Dans le Rhin Supérieur, le maïs conserve une part largement majoritaire dans l'assolement malgré les difficultés de maîtrise des adventices et de maintien d'une bonne structure du sol et son potentiel amplificateur de fusarioses.

La rotation est pourtant un des leviers efficaces même quand le choix des cultures repose sur des considérations économiques et que l'utilisation intensive de phytosanitaires et de fertilisants peut limiter les effets d'une rotation inadaptée. L'alternance de céréales et de dicotylédones empêche la sélection d'adventices et élargit les possibilités de lutte contre celles-ci. L'utilisation d'antigraminées (contre pâturin annuel, chiendent, vulpin, brome) dans les cultures de dicotylédones et d'antidicotylédones (contre chardon et laitron) dans les rotations céréalières améliorent le contrôle des adventices. La succession maïs-blé est aujourd'hui à éviter car le blé

suivant un maïs est fortement sensible aux mycotoxines. L'introduction de nouvelles familles de cultures, protéagineux et crucifères, est à envisager.

➤ **Est ce compatible avec l'irrigation ?**

Les références locales acquises par les agriculteurs montrent que les systèmes en monoculture de maïs irriguée sont maintenus suite au passage aux TSL car ils restent les plus rentables en particulier côté alsacien. Les effets des TSL restent fluctuants : l'irrigation déstructure et compacte les sols d'où la nécessité de décompactages réguliers et des pressions de vivaces plus fortes. Par contre, l'infiltration d'eau est améliorée et les départs de terre fortement réduits en bord des fleuves. Le nombre de tours d'eau d'irrigation peut aussi être diminué grâce à une meilleure restitution de l'eau.

➤ **Ne vais je pas avoir des problèmes de mycotoxines sur mes récoltes ?**

Selon plusieurs études, les TSL ne conduisent pas à une augmentation des maladies pour les céréales, le colza et les betteraves sucrières lorsqu'elles sont alternées dans un assolement adapté. Une infestation plus forte par les fusarioses tient d'abord à une rotation courte et inadaptée.

Dans ce contexte les successions maïs-maïs et maïs-blé en TSL, fréquentes dans la région, sont particulièrement à risque surtout en semis direct. Cependant, il faut noter que les années à climat favorable, les teneurs en mycotoxines sont élevées quel que soit le type de travail du sol y compris avec labour.

La présence de fusarioses sur blé et aussi sur maïs résulte de quatre facteurs :

- un climat favorable à la maladie (humide et doux à la floraison),
- le potentiel infectieux du précédent (élevé pour le maïs),
- un traitement des résidus non approprié (broyage et enfouissement dès la récolte à privilégier pour faciliter leur décomposition)
- la sensibilité des plantes (sensibilité variétale du blé et du maïs).

Avant le travail du sol, le précédent cultural est le facteur majeur responsable du développement des mycotoxines, et avant tout le maïs. Les successions de blé sur blé présentent aussi un risque mycotoxines mais bien moindre que lorsque le maïs précède un blé. Un maïs permettant une récolte avant le 1er novembre (donc à précocité adaptée à la région de production) est aussi à conseiller. Dans les situations dans lesquelles une infestation de fusariose est à craindre (humidité élevée à la floraison de céréales), l'application d'un fongicide à la floraison reste possible. L'usage de strobilurines seules sur blé favorise les fusarium toxigènes et les mélanges avec des triazoles sont alors à privilégier. La combinaison de ces facteurs testée par des agriculteurs donne des résultats satisfaisants pour des blés de maïs en TSL.

Un broyage fin associé à une incorporation superficielle (par exemple à l'aide d'outils à disques) accélère la dégradation des résidus et diminue le risque de contamination de la culture suivante par les fusarioses. La combinaison de ces différentes mesures amène des résultats satisfaisants à l'agriculteur, notamment pour les blés semés derrière maïs en TSL. Même sur sols lourds et hydromorphes ou sur sols profonds, un apport d'azote minéral supplémentaire à l'automne pour favoriser la dégradation des résidus est à proscrire, cette pratique étant incohérente avec l'objectif de qualité des eaux.

Des facteurs secondaires sont avancés. Les galeries de pyrales peuvent favoriser le développement des fusarium sur maïs. La mise en place d'un engrais vert, l'épandage de fumiers et un enfouissement superficiel favorisent la dégradation des résidus de maïs par l'activité biologique qu'ils induisent. Les fertilisations généreuses et l'usage de raccourcisseurs

auraient aussi un impact négatif. Au final, seules quelques rares situations justifient de renoncer aux TSL à cause des mycotoxines.

➤ **Comment va évoluer la pression des adventices ? Comment puis je m'en prémunir ? Quelles stratégies de désherbage adopter ?**

Les TSL induisent un changement de flore rapide lié au non-enfouissement profond des semences, qui crée par ailleurs des conditions plus favorables à la germination et à la levée. Cela induit une diminution à long terme du stock semencier qui est accélérée en semis direct par l'effet du mulch. Vivaces et graminées annuelles sont favorisées alors que les dicotylédones sont défavorisées. Les statistiques régionales montrent toutefois que le problème des vivaces est davantage lié à la monoculture de maïs qu'aux techniques de travail du sol et peut se contrôler en partie par des passages d'outils en profondeur.

Malgré des observations de pression plus forte d'adventices dans certains cas, leur maîtrise reste largement possible, notamment avec les désherbants actuels. Une modification de l'usage d'herbicides est nécessaire, mais elle ne se traduit pas systématiquement par une augmentation de leur utilisation.

- Les herbicides totaux jouent un rôle important en TSL. Les repousses et les adventices telles que les vivaces peuvent être éliminées par l'utilisation de glyphosate avant ou après le semis de la culture, en tous cas avant sa levée. L'application de ces herbicides, utilisé toutefois par moins de la moitié des agriculteurs en TSL, comme complément des mesures habituelles de protection des plantes, ne doit pas engendrer un surcoût de dépenses, puisque des traitements en végétation peuvent être évités.

- Les interventions mécaniques en interculture, de type faux-semis, réduisent considérablement les levées dans la culture dès lors que le temps disponible pour réaliser ces déchaumages est suffisant, ce qui est rarement le cas entre deux maïs. Un déchaumage superficiel avant un semis direct (dit semis direct modifié) peut par exemple faire lever les adventices avant la mise en place de la culture et détruire les limaces. Au final, une évaluation environnementale juge « bonnes » les pratiques de désherbage de quelques exploitations en TSL notamment pour leur culture de maïs.

Les produits racinaires sont à éviter ; leur efficacité est fortement réduite en présence d'un mulch de surface.

Par ailleurs, l'effet de la qualité du désherbage et des systèmes de culture reste prédominant pour la gestion des adventices. La rotation maïs-blé est bien plus simple à gérer que la monoculture de maïs au niveau du désherbage. Dans un essai conduit sur dix ans avec une rotation entre céréales et crucifères, la levée d'adventices dicotylédones et d'Agrostis jouet du vent a été réduite de 50% grâce à une diminution du stock de semences dans la couche superficielle du sol. En plus des interventions chimiques et mécaniques, une culture intermédiaire prive les adventices d'éléments nutritifs, de lumière et d'eau.

Les rotations chargées en céréales présentent des infestations fortes par les agrostis jouet du vent. Ce problème des graminées adventices peut être résolu par des traitements en plein à base d'antigraminées dans le colza.

➤ **Vais-je avoir plus de ravageurs ?**

La pression des ravageurs peut augmenter, comme celle de leurs auxiliaires qui trouvent aussi refuge dans les résidus de récolte et ne sont pas perturbés par un retournement de sol. Les problèmes de limaces restent liés, mais de façon variable, aux crucifères ou à certaines cultures intermédiaires. Mis à part l'utilisation d'anti-limaces, qui ont un impact écologique

négatif et réduisent les avantages économiques des TSL en augmentant le coût des intrants, diverses interventions permettent une lutte efficace

- Rouler les parcelles après déchaumage, préparation de sol et semis pour diminuer les cavités et infractuosités de sol
- Semer tôt et profond
- Vérifier la sensibilité des variétés
- Eviter les „ponts verts“ (réduction de la matière verte support d'alimentation par l'alternance de cultures d'automne et de printemps laquelle permet la destruction des repousses et les adventices à l'automne
- Chauler (avant les cultures d'hiver)
- Broyer finement et bien répartir les résidus

Par contre les dégâts de mulots peuvent engendrer des pertes plus importantes toujours lorsque la surface du sol n'est pas perturbée par un travail d'outils.

➤ **Dois je modifier la fertilisation azotée des mes cultures ?**

La modification de la dynamique de l'azote doit être prise en considération lors de l'ajustement de la fertilisation azotée dans un système de culture sans labour, surtout en semis direct. La minéralisation de la matière organique est plus lente car le sol se réchauffe plus lentement au printemps.

Par conséquent, la teneur en nitrates est généralement plus faible en début de printemps que sur des surfaces labourées. L'utilisation d'engrais rapidement assimilable est alors préférable, d'autant plus que l'urée est susceptible d'augmenter les pertes d'ammoniac du fait d'une activité enzymatique du sol plus élevée en TSL. Un renforcement de la dose azotée lors du premier apport se justifie par un enracinement moindre en semis direct au printemps et un décalage de la courbe de minéralisation. Il favorise le développement du maïs dans les premiers stades. Dans la phase de plus forte minéralisation en TSL (à partir de mai), les doses d'apport peuvent être diminuées pour arriver à un apport global identique à celui pratiqué en labour. Dans la pratique, peu d'agriculteurs disent avoir modifié leurs pratiques de fertilisation suite au passage aux TSL bien que certaines années cela aurait pu se justifier à posteriori : faim d'azote d'un blé après maïs, démarrage difficile de la culture en printemps frais.

Dans la phase de transition, des exploitations du Rhin Supérieur, avant tout sur les terres lourdes avec une activité de dégradation des résidus lente et ne bénéficiant pas d'apports de déjections animales, doivent compter sur de forts besoins en azote car la matière organique se dégrade d'abord en humus stable. Quand le précédent laisse beaucoup de résidus en surface, certains conseillers ou chercheurs du bade Wurtemberg proposent un apport d'azote à l'automne sur colza et orge d'hiver pour lever certains problèmes (faim d'azote, mycotoxines). Or, d'une part, ces apports conduisent à aggraver le risque de fuites de nitrates vers les eaux souterraines, ce qui n'est absolument pas souhaitable dans le contexte de la Vallée du Rhin supérieur. D'autre part, aucun agriculteur enquêté ne met en œuvre une telle technique, car les situations qu'ils rencontrent ne le justifient pas à priori.

➤ **Comment peut-on continuer à épandre des matières organiques (lisier, fumier, composts, boues, ...) ?**

Les déjections animales peuvent être épandues sur des parcelles non labourées sans problèmes majeurs. Les fumiers et composts doivent être affinés et bien étalés. L'apport de fumiers frais peu avant le semis et en quantités trop importantes est à proscrire. L'abandon du labour améliore la portance des sols. Les épandages de fumiers sont facilités au printemps

lorsque les conditions hivernales n'ont pas été satisfaisantes. Le lisier peut soit être incorporé superficiellement, soit être épandu sur une culture intermédiaire encore active au printemps.

➤ **Est-ce que je peux attendre les mêmes bénéfices des TSL si je ne les pratique que sur certaines cultures de la rotation ?**

Un labour annule tous les bénéfices accumulés des TSL. Une amélioration de l'état de sol s'acquiert seulement à long terme suite à l'activité biologique du sol. La stabilité des agrégats dans les centimètres supérieurs du sol favorise une bonne germination et un développement régulier des plantes, et augmente la perméabilité de la surface de sol pour l'eau et l'air tandis qu'elle réduit le ruissellement et l'érosion. La part d'agrégats stables dans l'horizon 0-2 cm s'améliore rapidement. L'enfouissement de cet horizon de surface et la destruction par un labour des pores stables créés par les racines et les vers de terre n'est pas envisageable et annule l'ensemble des bénéfices accumulés par les TSL.

Les résultats techniques et économiques des TSL

➤ **Les rendements des cultures sont ils affectés ?**

Les rendements en TSL sont généralement réduits de 5 à 15 % sur les quelques années de transition, durée de création d'un nouvel équilibre du sol qui est d'autant plus longue que la simplification est forte et rapide (cas du semis direct sans transition). Par après, les témoignages concordent pour dire qu'ils retrouvent un niveau équivalent au labour.

Les baisses de rendement en TSL restent faibles quel que soit le type de sol. Par contre, ils peuvent être pénalisés sur les limons battants, les sols limono-argileux ou argilo-limoneux à caractère hydromorphe ou irrigués et certains sols argileux se restructurant peu naturellement. Des décompactages réguliers de ces sols se justifient avant mais lorsque la structure est dégradée. Ils se traduisent souvent par une hausse nette des rendements. Ici aussi, un calcul des besoins azotés doit être effectué notamment dans la phase de transition. En plus le choix de cultures adaptées au milieu doit être bien raisonné en TSL. Les pertes de rendement dans les conditions de non-labour sont dues fréquemment à des problèmes aux semis. L'irrégularité et l'échelonnement des levées sont souvent observés. En maïs, les manques se répercutent souvent sur le rendement comme le démontrent plusieurs essais locaux. En outre, les précédents qui laissent beaucoup de paille conduisent fréquemment à des problèmes d'affinement du lit de semences trop chargé en résidus.

Dans l'ensemble des essais allemands du Rhin Supérieur, les rendements toutes cultures comprises par rapport au labour sont réduits de 6% par le semis sous mulch et 14% par le semis direct. Le maïs a montré dans les essais longue durée une réduction du rendement de 3% par le semis sous mulch et 14% par le semis direct, avec une forte hétérogénéité selon le type d'implantation. L'orge d'hiver et le colza d'hiver ont vu leurs rendements sensiblement diminuer. Pour la compréhension de ces résultats, il convient de tenir compte dans ces essais de la non-adaptation des stratégies de fertilisation et de protection phytosanitaire au type de travail du sol. Dans ces essais le recours aux techniques et outils adaptés (par exemple un semis direct avec des semoirs spécialisés) n'était pas non plus assuré d'où des résultats attendus qui ne pouvaient être optimisés. Dans d'autres essais sur maïs dans le Bade-Wurtemberg, en Suisse et en Alsace où les systèmes ont été adaptés en fonction de la technique utilisée, les diminutions de rendements ne sont pas significatives.

Les enquêtes sur les exploitations ont ainsi montré que les agriculteurs obtiennent de meilleurs résultats que ceux obtenus dans les essais. Ils mettent en place le système leur paraissant le meilleur sans se soucier de la comparabilité de leur résultats avec d'autres, qui ne permet souvent pas de mettre en place le système de conduite optimal pour les TSL. Des observations intensives et la possibilité de réagir rapidement face à un problème ne sont pas toujours

possibles dans les essais. Ainsi par exemple, le semis direct 'pur' plusieurs années consécutives n'est jamais réalisé. Seuls certains le pratiquent ponctuellement surtout pour les céréales d'automne.

➤ **Est ce que mes charges vont baisser ou risquent - elle d'augmenter ?**

Hormis le témoignage d'agriculteurs actuellement en TSL, les références basées sur des enregistrements précis sont peu nombreuses dans le Rhin Supérieur. L'effet du passage aux TSL sur les charges totales est très variable et, selon les calculs et les quelques références locales disponibles, plutôt positifs pour l'agriculteur. L'agriculteur peut être amené à utiliser davantage de produits phytosanitaires (glyphosate, anti-vivaces) et à implanter des couverts hivernaux mais cela n'est pas systématique. Par ailleurs, l'achat onéreux de semoirs et déchaumeurs spécifiques aux TSL impose d'utiliser ces matériels sur un grand nombre d'hectares. Les TSL étant trop peu développées dans la région pour permettre une utilisation chez d'autres agriculteurs, les charges liées aux investissements restent élevées. Les adaptations du matériel existant sur les exploitations modèrent les niveaux d'investissement mais limitent les possibilités de simplification. Un levier fort de réduction des charges de mécanisation concerne la mise en commun du matériel qui paraît d'autant plus pertinent en TSL. Les charges de carburant et de main-d'œuvre peuvent par contre être réduites jusqu'à 50 % pour le semis direct.

Au final, la performance économique des itinéraires de travail du sol reste liée au niveau des rendements réalisés et aux différents postes de charges de production qui sont propres à chaque exploitation. Enfin, les TSL présentent des avantages environnementaux non comptabilisés mais reconnus par les contrats MEKA ou CTE/CAD ciblés sur la prévention de l'érosion des sols, réduction du lessivage de nitrates.

➤ **C'est plus ou moins de travail ?**

Les TSL permettent de réduire le temps de travail des agriculteurs quelle que soit la taille d'exploitation. En Bade-Wurtemberg, le passage aux TSL permet de réduire le travail de 2,2 h/ha en semis simplifié et 3,3 h/ha en semis direct. A court terme, c'est-à dire sans tenir compte de l'amortissement du matériel, les charges de mécanisation sont réduites de 61,- €/ha en semis simplifié et 81,- €/ha en semis direct. Les économies doivent toutefois être mises en parallèle de la baisse du produit/ha, en considérant que la conversion aux TSL occasionne des pertes de rendement.

D'autres études montrent que le passage aux TSL peut constituer une véritable stratégie de réduction des charges de main d'œuvre et du temps de travail. Les exploitations de petite taille, comme il en existe beaucoup dans la région du Rhin Supérieur, font souvent appel à une entreprise de travaux agricoles. Cela augmente les charges à ce poste en comparaison au labour que l'agriculteur réalise souvent avec son propre matériel, mais réduit encore les temps de travaux.

F . Perspectives : pour faire vivre les TSL demain

L'ensemble des informations et témoignages recueillis dans le cadre de ce projet nous conduisent à affirmer l'intérêt et la faisabilité des techniques sans labour dans la vallée du Rhin supérieur, en réponse à des préoccupations à la fois d'agriculteurs et de décideurs.

Mais un autre élément du constat est que ces techniques ne se résument pas à l'abandon du labour, et que cette décision fondatrice doit s'accompagner d'une réflexion approfondie sur le travail du sol qui s'y substitue (quels outils pour quel état final du sol et du profil cultural ?). Une révision complète des autres techniques de production est également nécessaire, mettant en œuvre des règles de décision réactives par rapport aux nouvelles conditions d'implantation et de croissance des cultures ainsi créées.

De ce fait, sous l'appellation commune de techniques sans labour, la variété des itinéraires techniques mis en œuvre avec succès par les agriculteurs est vaste. Et l'appellation courante de techniques culturales simplifiées mérite d'être abandonnée, tant elle induit une image faussée du non labour : avec l'abandon du labour, l'agriculteur entre au contraire dans une période d'incertitude forte et de mobilisation intense de connaissances agronomiques pour se forger de nouveaux repères et maîtriser cette nouvelle conduite.

Ainsi, compte tenu de certains bénéfices avérés de ces techniques, efficacité dans la prévention du ruissellement et de l'érosion, gain de temps, moindre consommation d'énergie, la question d'une diffusion élargie se pose. Sur la base du constat actuel, le choix d'une telle diffusion suppose de répondre simultanément à diverses questions.

- Pour les agriculteurs déjà praticiens, comment assurer l'efficacité des TSL dans certaines situations comme les sols lourds, et comment affiner certaines techniques comme la fertilisation azotée ou l'implantation de couverts végétaux ?
- Pour les filières de commercialisation des produits végétaux, quelles règles de conduite peut on proposer pour concilier bénéfices des TSL et garantie de maîtrise de la qualité mycotoxines ?
- Pour les décideurs publics, peut on clarifier le bilan environnemental au delà de l'aspect bénéfique vis-à-vis de l'érosion ? Et comment préciser les conditions techniques de mise en œuvre des TSL pour garantir leur efficacité dans la prévention de l'érosion ?
- Pour des agriculteurs en système labour, comment les accompagner dans la conversion de leur système pour une prise de risque minimale ?

En résumé, il s'agit ainsi de perfectionner certains aspects techniques, de poursuivre l'évaluation environnementale et d'accompagner des agriculteurs novices ou expérimentés.

Perfectionner certains aspects techniques ...

... en s'appuyant sur la capacité d'expérience des agriculteurs actuellement en TSL,

Les enquêtes réalisées ont montré la grande capacité d'observation et d'innovation des agriculteurs actuellement en TSL, ainsi que la grande variété de situations que représentent leurs exploitations. Ils sont par ailleurs fortement demandeurs d'appui technique. Il est imaginable de mobiliser ce réseau informel pour aborder en groupe avec eux les questions non résolues, puis tester avec leur concours des solutions à l'élaboration desquelles ils auront largement contribué. Il peut s'agir de questions relatives au choix ou à l'adaptation des outils de travail du sol, à la maîtrise des ravageurs et des maladies, au désherbage, aux essais de semis direct, à la mise en place de couverts végétaux, à la mise en œuvre des

TSL en situation difficile (sols lourds, terres humides, ...). L'agronome expérimentateur participe à la réflexion du groupe en apportant ses connaissances sur le fonctionnement des sols et de l'écosystème champ cultivé et en mettant en oeuvre les observations à conduire pour juger de la réussite des solutions imaginées et les valider. Le référentiel régional s'enrichit ainsi progressivement de solutions localement éprouvées.

...et par des « essais systèmes » pour les questions majeures

Certaines questions ne peuvent cependant trouver de réponse sans dispositifs expérimentaux pluriannuels, permettant d'observer les résultats de choix techniques en les rapportant à des climats annuels divers et aux évolutions de moyen terme de l'état du sol et de la parcelle. Cependant, la simple comparaison labour / non labour / semis direct toutes choses égales par ailleurs n'a pas de sens, compte tenu de la modification de tout l'environnement de la plante cultivée. Il faut donc conduire des essais dans lesquels sont comparées des règles de décision concernant la conduite des cultures successives sur la parcelle : semis, désherbage, fertilisation, protection phytosanitaire, gestion des résidus et de l'interculture. Ces essais pluriannuels doivent permettre de vérifier la validité de ces règles en visant des objectifs précis : maîtrise des coûts, absence de salissement, ... C'est la base d'apprentissage des prescripteurs !

Parmi les objectifs à atteindre, l'un des plus délicat à ce jour est la maîtrise de la qualité en mycotoxines pour la production de grain. Les essais pluriannuels en cours dans la région (Obernai, Geispitzen en Alsace et Effringen-Kirchen en pays de Bade) devraient être en partie orientés vers la mise au point d'itinéraires techniques pour le blé et le maïs garantissant cette qualité sans labour, pour dépasser les réticences fortes qui apparaissent autour de cette question.

On peut par ailleurs s'interroger sur la représentativité des situations explorées par les essais systèmes actuels, qui n'explorent peut être pas les situations les plus délicates en terme de type de sol.

Poursuivre l'évaluation environnementale

Le maintien de dispositifs locaux existants équipés de moyens de mesure permanents ou temporaires concernant les flux d'eau et les transferts (Geispitzen, Obernai, Landser) constitue une base sérieuse. Ces sites présentent également l'avantage de pouvoir être utilisés comme plate-forme de démonstration pour tester et mesurer l'efficacité de solutions dans le contexte régional. Ils sont constitués par une partie des essais systèmes évoqués au paragraphe précédent.

Mais pour apporter une expertise complète aux décideurs, une veille active sur les autres travaux scientifiques menés hors du cadre régional est également nécessaire, tant le domaine est vaste et complexe.

Enfin, on peut envisager d'intégrer les résultats de ces travaux dans l'évolution ou le perfectionnement des indicateurs comme INDIGO® ou dans des outils de diagnostic/simulation à l'échelle territoriale, pour permettre d'évaluer des itinéraires techniques complets, sur de multiples paramètres.

Accompagner les candidats aux TSL dans leur apprentissage

Les expériences positives actuelles des agriculteurs semblent suffisamment nombreuses pour constituer une base d'exemples pratiques à présenter et à discuter pour des candidats aux TSL. Favoriser la circulation de l'expérience pratique peut ainsi constituer le point de départ d'une diffusion plus large des techniques. Par contre, il faut insister sur l'utilité d'une véritable formation à la compréhension et à l'observation du fonctionnement du sol et aux évolutions prévisibles des parcelles. Car les TSL ne se limitent pas au choix d'un outil différent pour le travail du sol et demandent une bonne réactivité face à des situations

nouvelles. Il est sans doute concevable de réunir des candidats aux TSL en groupe pour les préparer en les formant, leur faire rencontrer des exploitants aguerris, les aider à préparer leur tentative et les accompagner dans leurs premiers pas par le système de conseil (voir par un agriculteur expérimenté et tuteur désigné ?)

Le diagnostic individuel approfondi peut renforcer cet accompagnement, reposant sur une identification des sols, des systèmes de culture et du matériel existant sur l'exploitation pour sélectionner des solutions.

L'accompagnement financier peut venir compenser la prise de risque liée à la phase d'apprentissage, mais ses modalités doivent être pensées pour ne pas soutenir trop rapidement des investissements lourds en matériel insuffisamment réfléchis. Par contre, la disponibilité locale de divers matériels spécifiques de ces techniques, en entraide, en entreprise ou en location, est à même de faciliter la phase d'apprentissage et le choix du matériel adéquat.

ANNEXE 1 : Synthèse bibliographique : les TSL dans nos pays et dans le monde en 27 thèmes

Annexe 1.1 Présentation des résultats bibliographiques

Rappel :

Les résultats des TSL sont comparés de façon implicite au labour. Chaque thème est présenté en trois points : en premier lieu la conclusion générale, puis les résultats détaillés, enfin une rubrique qui récapitule les sources bibliographiques utilisées dans le document.

La conclusion générale de chacun des thèmes est présentée en début de document car elle permet au lecteur disposant de peu de temps de cerner rapidement quelques enjeux et conclusions majeures pour ce thème.

Par la suite, et pour chaque thème, les résultats détaillés de la bibliographie sont abordés d'après différents paramètres pertinents, avec mention des auteurs. La pertinence de chacun des paramètres est liée :

- à son importance pour expliquer un phénomène (facteur explicatif d'un processus),
- à la nécessité d'aborder le thème sous divers points de vue (exemple : dans les conséquences économiques des TSL sont abordées les charges de mécanisation, les charges d'approvisionnement, la marge directe),
- à la disponibilité de ces informations dans les différentes sources exploitées.

L'effet des TSL sur chacun de ces paramètres est noté suivant la grille ci-dessous. Elle vise à mesurer si l'effet des TSL est favorable ou défavorable, variable ou incertain; autrement dit à savoir si les conclusions des auteurs convergent, auquel cas l'effet des TSL constaté est certain, ou si elles divergent, auquel cas des variabilités dans les résultats ou des incertitudes persistent.

	...en comparaison au labour
(+)	Résultats favorables aux TSL
(-)	Résultats défavorables aux TSL
(=)	Résultats équivalents en TSL
(~)	Résultats variables en TSL
(?)	Résultats incertains en TSL

Enfin, pour chaque thème, le listing des auteurs cités dans la partie précédente est repris avec mention des conditions d'expérimentation pour lesquelles sont avancés leurs résultats (dans la mesure du possible région, type de sol, techniques de travail du sol et systèmes de culture comparés, nombre d'années en TSL...). Il est ajouté un sigle à chacune des références ; il classe les résultats selon leur type et leur origine.

Sigle	Type d'information fournie...	
M	Mécanisme	Information sur le mécanisme mis en jeu
RG	Résultats généraux	Résultat d'une synthèse réalisée par l'expert
RE	Résultats d'expérimentations	Données et conditions de l'essai disponible
RL	Résultats en laboratoire	Tests et essais en conditions de laboratoire
RS	Résultats de simulation	Simulation réalisée hors conditions réelles

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES

cm	Centimètre	mm	Millimètre
CO2	Dioxyde de carbone	MO	Matière organique
DON	Déoxynivalénol	MS	MulchSaat
€	Euros	N	Azote
EU	Etats-Unis	N2O	Protoxyde d'azote
FAT	Forschung Anstalt Tänikon	NRW	NordRhein Westphalen
H	Heure	P	Phosphore
ha	Hectare	q	Quintal
INRA	Institut National de Recherche Agronomique	RAC	Recherche Agronomique de Changins
ITCF	Institut Technique des Céréales et des Fourrages	RU	Royaume Uni
l	Litre	SD	Semis direct
K	Potassium	TSL	Techniques Sans Labour
La	Limon argileux	UE	Union Européenne
MEKA	Programme de Compensations agro-Environnementales et d'Accessions aux Marchés en BW		

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SITES D'ESSAIS LES PLUS CITES (tous se poursuivent actuellement)					
Site	Type de sol	Début	Modalités de travail du sol	Succession culturale	Auteur responsable
Boigneville	Limon-argileux	1971	charrue-travail superficiel-SD	Monoculture Blé/Monoculture de Maïs Grain/Maïs-blé/Betteraves S-Blé-Pois printemps-Orge Printemps	Labreuche
Changins	LSA* (27 %L-44%S)	1969	charrue-chisel profond-cultivateur-fraise	Colza-Blé-Maïs-Blé	Maillard et Vez
Zollkofen	sol brun profond drainant-(60%S-25%L)	1994	charrue-fraise-SD	Maïs Ensilage-Orge Hiver-Betteraves Sucrières-Blé-Pommes de Terre	Chervet, Reinhard
Baziège	boulbènes* *	1982	charrue-travail superficiel-SD avec ou sans décompacteur	Monoculture de Maïs Grain / Maïs-blé	Delaunois
Mons	Limon profond (70%)	1998			Foy
Kerguéhen nec	LSA - brun prof moy	2001	charrue-travail superficiel-SD	Maïs-blé-colza-blé	Heddadj

*limon sablo-argileux ** argilo-calcaires

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour

Aspects agricoles du non-labour

ECONOMIE ET GAIN DE TEMPS

CONCLUSION

En règle générale, la diminution des temps de chantier et des charges de mécanisation liée aux TSL permet d'améliorer la marge directe. Les TSL peuvent donc être synonyme de gain de temps et d'argent pour l'agriculteur. Les résultats économiques spécifiques au **semis direct** sont plus variables et plutôt **défavorables dans les essais locaux** (Pays de Bade).

RESULTATS DETAILLES

(+) Temps de chantier

Les **heures de traction** (charges de main-d'oeuvre) sont **réduites** (Besnard, 1994). De 7 H de temps de traction en labour, réduction à 6,5 H en simplification partielle (50%), 6 H en TSL avec travail profond et 4 H en SD strict (Rieu, 2001). Le gain de temps est de 30 à 50% (Salitot, 2001). La réduction des temps de chantier va de 50 à 100 minutes/ha. Ils sont systématiquement plus faibles en TSL, liés au nombre de passages et aux types d'outils utilisés (Revel, 2004).

Après la phase d'amortissement des machines, le passage à un système sans labour permet une économie au niveau du poste charges de travail d'environ 61 €/ha et pour une conversion au semis direct une économie de 81 €/ha. A court terme, des économies d'environ 26 €/ha sont envisageables pour le semis sous mulch (Schulze et Grimm, 2001). Klotz & Haag (2001) opposent à la baisse des charges liées au temps de travail un recul des produits/ha pour les pratiques sans labour d'environ 45 €/ha pour le semis sous mulch et de 66 €/ha pour le semis direct.

(+) Charges de mécanisation

Les charges de mécanisation (fioul mais surtout matériel) sont **réduites** (Besnard, 1994; Schulze et al., 2000; Kerkhoff, 2001) à moyen et long terme: **fuel, entretien-réparation, ralentissement du rythme de renouvellement** (Rieu, 2001). Les charges de mécanisation diminuent de 0 à 75 €/ha. Il y a une relation linéaire entre la puissance de traction et le niveau de charges de mécanisation. L'organisation des moyens de production est le facteur le plus important : les charges de mécanisation les plus faibles concernent les exploitations qui **partagent leur matériel**. Il n'y a pas d'effet du type de simplification (totale ou partielle) (Salitot, 2001). La réduction des charges de mécanisation oscille entre 0,5 €/q et 1,5 €/q de céréales à paille (Revel, 2004).

(~) Charges d'approvisionnement

Les charges phytosanitaires et herbicides ne sont **pas toujours plus élevées** en non-labour : de -14 €/ha à +15 €/ha (Revel, 2004). De nombreux auteurs notent toutefois une **augmentation des intrants** (Rieu, 2001; Besnard, 1994). Un surcoût de désherbage de l'ordre de 40% (23€/ha) peut intervenir pour des rotations à base de céréales à paille (Jouy et Munier-Jolain, 2001). Dans des essais de longue durée il a été calculé en **moyenne sur 20 ans** une augmentation du coût en produits de phytoprotection en **semis direct** par rapport au labour de **20-31 €/ha** (Tebrügge, 2001). Les charges d'antillimaces sont aussi susceptibles d'augmenter (Klotz et Haag, 2001).

(~)	Marge directe
-----	----------------------

Le non-labour permet une augmentation des marges directes (Besnard, 1994) d'autant plus s'il s'accompagne d'une diminution des facteurs de production: main-d'œuvre et matériel à surface constante (Rieu, 2001). La marge directe est **maintenue voire améliorée** (rotations blé-maïs) jusqu'à + 150 €/ha (Revel, 2004). Quelle que soit la surface mais d'autant plus qu'elle est faible (10, 20, 30 ha), le semis direct permet **dans tous les cas** un gain économique (Steingruber et Hofer, 2001), notamment dans le cas du recours à l'entrepreneur agricole (Schulze et Grimm, 2000).

A court terme et sans soutien du programme agro-environnemental MEKA, le semis mulché présente des gains économiques pour le triticale et le blé d'hiver mais des désavantages **pour le maïs grain et le colza d'hiver. Le maïs grain devient compétitif les années suivantes**, dès lors qu'il est **soutenu par MEKA**. Malgré le soutien de 60 €/ha dans le cadre de MEKA et une économie de charges fixes sur le long terme au poste amortissement du matériel, on constate en moyenne de tous les essais une diminution du revenu de l'exploitant de près de 25 €/ha (Klotz et Haag, 2001), et même 161 €/ha pour le semis direct parce que le labour permet d'atteindre un plus fort produit /ha et génère de plus faibles charges de protection de la culture et de semences (Kansy). En moyenne de plusieurs cultures et sur une longue durée, des **avantages économiques** ont été mis en évidence **en faveur du semis direct** dans une proportion de 7-23 % par rapport aux pratiques avec labour suite à l'amélioration de la structure du sol (Tebrügge, 2001). Un effet économique positif a été trouvé en semis direct uniquement pour le blé d'hiver et le triticale, et pour le semis mulché. Aucune différence n'a été relevée entre un maïs grain en rotation ou un maïs grain en monoculture (Klotz et Haag, 2001).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RS	(Besnard, 1994)	labour
RG	(Jouy et Munier-Jolain, 2001)	France
RE	(Kansy et Vetter, 1999)	Oberrhein - Maïs
RG	(Klik et al., 2002)	Mulch- und Direktsaat in Österreich
RS	(Klotz et Haag, 2001)	
RE	(Le Garrec, 2003)	Indre et Loire, Côtes d'Armor - A partir d'enquêtes réalisées sur des exploitations - Deltameq et Indigo
M/RE	(Mamarot, 2004)	tournesol
RE	(Mayor et Maillard, 1995)	Changins - Blé/colza/blé/maïs
RE	(Revel, 2004)	L/NL
RG	(Rieu, 2001)	France
RE	(Salitot, 2001)	Oise - comptabilité de 10 exploitations
RE	(Schulze et Grimm, 2001)	Bade-Württemberg (LAP) - 11 sites d'essais monofactoriels - 5 ans
RE	(Steingruber et Hofer, 2001)	Comptabilité ferme de Zöllkofen
RG,RE	(Tebrügge (2001)	Direktsaat - 1976 à 86

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour

Aspects agricoles du non-labour

RENDEMENT

CONCLUSION

Les résultats de nombreux travaux effectués en Europe et en Amérique du Nord montrent que, dans différentes conditions pédoclimatiques, la simplification du travail du sol est possible **sans incidence négative sur le rendement** des cultures. Des facteurs entrent en interaction avec le type de travail du sol et augmentent les pertes de rendement dans la majeure partie des cas: sols hydromorphes, sols à faible activité structurale ou tassés où un travail profond est indispensable. Ainsi, la réussite des TSL est conditionnée par l'**état de la structure du sol au départ** et sa bonne **perméabilité**. La **qualité du lit de semences** semble primordiale en maïs. Le **problème des monocultures** est soulevé: tassement des sol en maïs, gestion des pailles en céréales à paille, et à moindre mesure concurrence des adventices. En Europe, 5 % des parcelles en TSL ont des pertes de rendement supérieures à 10% (Holland, 2004)

RESULTATS DETAILLES

(~)	Maïs
	L'échec du semis du maïs a l'impact le plus fort sur le rendement: temps moyen de levée élevé, échelonnement, faible pourcentage et faible vigueur au départ (Caneill et Bodet; 1994). Le semis direct enregistre une diminution de rendement de 10%, le semis fraisé de 5% (Kansy et Vetter, 1999). La culture sans labour réussit facilement dans un sol léger grâce à une meilleure rétention en eau (Sturny et Anken, 1992; Richter et al., 1989; Kané, 2000) mais pose plus de difficultés dans un sol lourd (Sturny et Anken, 1992). La présence de résidus de végétaux est propice à la culture sans labour dans le sol léger et néfaste dans le sol lourd. Une fois levée cette difficulté, les résultats sont meilleurs en TSL (Vez, 1977; Maillard et Vez, 1988; Maillard et Vez, 1993; Waldorf et Grimm, 2003) en augmentant la dose du premier apport les premières années ou en apportant du phosphate d'ammonium au semis (Reinhard et al., 2001) ou en apportant de l'azote par un couvert (Maillard et Vez, 1988) sinon ils peuvent rester inférieurs en sol lourd (Zumbach et Sturny, 1985).
(~)	Toutes cultures
	Le semis direct de blé n'est que très rarement touché (Frankinet et al., 1979; Trochard et Lajoux, 1994; Vez, 1977; Massé et al, 2004; Maillard et Vez, 1988; Zumbach et Sturny, 1985; Reinhard et al., 2001; Waldorf et Grimm, 2003), sauf en monoculture de blé avec pailles non brûlées (Massé et al, 2004; Christian et Bacon; 1990; Ball et al., 1994). Le travail superficiel du sol n'a pas pénalisé le rendement sauf pour l'orge (orge de printemps pour Schulze et al. , 2000), le pois de printemps, le soja et le blé de colza (Frankinet et al., 1979), le colza et le soja aussi en sol lourd (Zumbach et Sturny, 1985) avec des rendements pénalisés de 3 à 6% (Trochard et Lajoux, 1994) comme les betteraves en semis direct (Massé et al, 2004; Frankinet et al., 1979) et le pois (Massé et al, 2004). Le rendement des cultures de colza, de maïs grain, de betterave et de soja a été inférieur, dans les deux procédés de non-labour en sol lourd (Zumbach et Sturny, 1985). En revanche pour le maïs ensilage, l'orge de printemps et le colza d'hiver, des gains de rendement ont été observés par Waldorf et Grimm (2003).

	Interaction de l'état de la structure du sol avec le rendement
	Dans l'ensemble, les rendements ne sont pas affectés par la simplification du travail du sol, pour autant qu'il n'y ait pas d'excès d'eau , que la culture laisse le terrain en bon état et que les outils utilisés soient capables de créer un lit de semences suffisant notamment pour le maïs (décompactage nécessaire en sol non drainé) (Caneill et Bodet, 1994; Massé et al, 2004). Les rendements en matière sèche totale dans les parcelles présentant un état initial non compacté sont peu affectés par les deux itinéraires de travail du sol. En revanche, les rendements en semis direct sont systématiquement inférieurs (-15 à -55%). Cet exemple caricatural montre bien la nécessité de prendre en compte l'état de la parcelle pour raisonner les techniques simplifiées (Caneill et Bodet; 1994). En sols de boulbènes , l'absence de travail profond est pénalisante. Un décompactage du sol (35 cm) au printemps peut annuler l'effet négatif d'une structure prise en masse. Dans ce cas les rendements sont alors légèrement supérieurs à ceux obtenus en labour. En situations très fortement tassées, les pertes de rendement de 20 à 40 % ne sont pas rares (Porte-Laborde et al., 2002).
(~)	Interaction de la caractéristique hydrique de la parcelle avec le rendement
	Dans les sols drainant normalement, le semis direct a eu un effet légèrement positif sur le rendement des cultures alors que dans ceux à faible infiltration, le labour a été le meilleur procédé de travail du sol (Dick et Van Doren, 1985). A contrario, le rendement des cultures a été le plus faible après le semis direct, à cause d'un tassement du lit de semences (Ball et al., 1994), et le plus élevé après le labour dans d'autres essais mis en place sur des sols drainant mal, le procédé avec chisel occupant une position intermédiaire (Griffith et al., 1988). D'autres autres ne remarquent aucune différence entre procédés quel que soit le pouvoir drainant du sol (bon, moyen et faible) (Coote et Malcolm-McGovern, 1989).
(+)	Interaction de la rotation avec le rendement
	La monoculture de maïs pénalise le rendement de seulement 4 q/ha en semis direct et 1 q/ha en travail superficiel pour Frankinet et al. (1979). Massé et al (2004) arrivent à des rendements identiques en maïs-blé mais pénalisés en monoculture de maïs (irriguée ou non) en cas de forts tassements . Des résultats similaires sont relevés en monoculture de blé avec pailles non brûlées (Massé et al, 2004; Christian et Bacon; 1990; Ball et al., 1994).
(~)	Interaction avec l'utilisation d'outils animés
	Le travail du sol à la fraise n'a pas entraîné de baisse du rendement en grains des cultures de maïs et de blé de printemps (Diez et al., 1988) et a même un effet positif sur le colza, la betterave et le blé d'automne. Le rendement du blé de printemps a été inférieur à celui du labour (Zumbach, 1980). Des résultats contraires ont été obtenus avec le même outil (Maidl et al., 1988).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Ball et al., 1994)	Ecosse - Période d'essai : 1968-1991 - labour 20 cm/semis direct - monocultures d'orges
RE	(Caneill et Bodet, 1994)	La Jaillière -Période d'essai : 1984-1990 - labour/semis direct dans un sol compacté et non compacté - monoculture maïs ensilage
RE	(Christian et Bacon, 1990)	Angleterre - période d'essai : 1973-1983 - labour 20 cm/cultivateur 7 cm/semis direct - céréales
RE	(Coote et Malcolm-McGovern, 1989)	Ontario - Période d'essai : 1983-1985 - labour 20 cm/semis direct - maïs-maïs-avoine-avoine-luzerne-luzerne.
RE	(Dick et Van Doren, 1985)	Etats-Unis - Période d'essai : 1962-1983 - labour 25 cm/semis direct - monoculture de maïs/maïs-soja/maïs-avoine-prairie
RE	(Diez et al., 1988)	La Jaillière -Période d'essai : 1984-1990 - labour/semis direct dans un sol compacté et non compacté - monoculture maïs ensilage
RE	(Frankinet et al., 1979)	Belgique - Période d'essai : 1967-1977 - labour 30 cm/labour 15 cm/semis direct - blé d'automne-betterave sucrière-céréale de printemps-féverole ou maïs
RE	(Griffith et al., 1988)	Indiana - Période d'essai : 1975-1986 - labour 20 cm/chisel 20 cm/semis direct - monoculture de maïs/maïs-soja
RS	(Kané, 2000)	Modellierung des Erosionsverhaltens - Pflug/Mulchsaat - Bayern
RE	(Kansy et Vetter, 1999)	Semis direct/semis fraisé sur le rang/labour - Maïs - Oberrhein
RE	(Maidl et al., 1988)	cm/pulvériseur à disques 12 cm/fraise 8 cm. - céréales et une fois colza
RE	(Maillard et Vez, 1988)	Période d'essai : 1972-1986 - labour 25 cm/fraise 10 cm - blé d'automne (paille récoltée)-maïs grain (paille hachée).
RE	(Maillard et Vez, 1993)	cm/cultivateur 10-15 cm/herse rotative 7-10 cm ou semis direct - colza d'automne(paille hachée)-blé d'automne(paille récoltée)-Maïs grain(paille hachée)-blé d'automne
RE	(Massé et al, 2004)	15 cm/semis direct - blé d'automne-maïs, pailles de blé et de maïs hachées
RE	(Massé et al, 2004)	Essais longue durée Boigneville - labour /travail superficiel, semis direct - maïs, blé, pois, betteraves, colza, tournesol sur LA
RE	(Massé et al, 2004)	Essais longue durée Boigneville - labour /travail superficiel, semis direct - monocultures de maïs et de blé LA
RE	(Massé et al, 2004)	décompactage - monoculture de maïs - brouillards: limons battants irrigués
RE	(Nuttall et al., 1986)	Canada - Période d'essai : 1959-1983 - labour/cultivateur lourd/pulvériseur à disques - monoculture de blé
RE	(Porte-Laborde et al., 2002)	Baziège - labour/travail superficiel/semis direct et/ou décompactage - monoculture de maïs irriguée en brouillards
RE	(Reinhard et al., 2001)	Zollkofen - Période d'essai : 1994-1999 - semis direct /labour - blé / pomme de terre / blé / maïs ensilage/ orge H / betteraves
RE	(Richter et al., 1989)	
RE	(Schulze et al., 2000)	Ökologische Auswirkungen -Baden-Württemberg
RE	(Sturny et Anken, 1992)	Période d'essai : 1988-1992 - labour/paraplow/décompacteur/fraise/semis direct. - blé-maïs-blé-
RE	(Trochard et Lajoux, 1994)	France (compilation essais ITCF)
RE	(Vez, 1977)	direct ou fraise 10 cm - monoculture de blé d'automne ; paille récoltée.
RE	(Waldorf et Grimm, 2003)	verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren
RE	(Zumbach, 1980)	FAT-Iñikon - Période d'essai : 1975-1980 - labour/chisel/bêcheuse/fraise - blé d'automne-colza-blé d'automne-betterave-blé d'automne-blé de printemps - limon lourd.
RE	(Zumbach et Sturny, 1985)	Période d'essai : 1980-1985 -labour/chisel/bêcheuse - blé d'automne-colza-blé d'automne-maïs-betterave-soja.

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour

Aspects agricoles du non-labour

ADVENTICES

CONCLUSION

Les TSL induisent un changement de flore lié au **non-enfouissement** profond des semences, qui crée par ailleurs des conditions favorables à la germination et à la levée. **Vivaces et graminées annuelles** sont favorisées alors que les dicotylédones sont défavorisées. Une modification de l'usage d'herbicides (mode de fonctionnement, efficacité) ne se traduit pas systématiquement par une augmentation de leur utilisation. L'**effet** de la **qualité du désherbage** et des **systèmes de culture** reste prédominant pour la gestion des adventices.

RESULTATS DETAILLES

(~) Utilisation de phytos

Les techniques de travail du sol influencent l'**efficacité** et la **persistance** des herbicides (pas de dilution dans le profil) (Debaeke et Orlando, 1994). La perte de **sélectivité** des produits en TSL est due à une irrégularité du semis (en semis direct surtout): choix du matériel de semis, réglage, déchaumage avant semis à privilégier (Bordes et al., 2001).

Le recours aux **désherbants chimiques "totaux"** est à privilégier (Debaeke et Orlando, 1994; Mayor et Maillard, 1995). Dans la pratique, l'usage de désherbants totaux n'est pas systématique en TSL: 14% des surfaces en maïs grain sont concernées (Trocherie et Rabaud, 2004). Des infestations spécifiques ne sont pas liées uniquement à des techniques de travail du sol: 20% des surfaces en maïs du Haut-Rhin, en majorité labourées, ont été traitées avec des **anti-vivaces spécifiques** en 2001 (Agreste Haut-Rhin, 2004).

Processus en jeu

L'évolution de la flore est rapide après le passage aux TSL (Stemann, 2001). Le travail du sol a une influence sur la **répartition verticale des semences** dans le sol (après 2 passages d'outils à dents quelle que soit la profondeur de travail, 90% des semences restent sur les 10 premiers centimètres), sur l'**état de surface** (rhizomes plus proches de la surface: levée plus précoce et plus vigoureuse) (Debaeke et Orlando, 1994). En semis direct, l'**absence de lumière** et le **mauvais contact des semences avec le sol** (mulch) devraient diminuer les levées d'adventices sur l'interrang. Et la localisation en surface de ces semences augmenter le **taux annuel de décroissance** et diminuer la longévité (Mamarot, 2004). Ainsi il est rapporté des plus faibles levées en situation de semis mulché et des levées plus tardives (Stemann, 2001; Garbe, 2001; Pallut, 2003; Emmerling et Hampl, 2003; Buchner et Köller, 1990; Lindemann, 1998; Tebrügge, 2001). La levée en mauvaises herbes (dicotylédones et agrostide) est diminuée de 50%, ce qui peut être attribué à la plus faible quantité de semences dans l'horizon superficiel du sol (Pallut, 2003).

(~)	Effets selon le type d'adventices
-----	--

Pour les **semences fragiles** (vulpin, brome, gaillet, ..) le séjour en profondeur induit des pertes de viabilité importantes. Le labour systématique, qui remonte des semences enfouies l'année précédente, n'est pas toujours la solution la plus efficace pour détruire ces semences. Pour les **semences plus persistantes** (coquelicots, matricaires, dicot printanières), les effets des techniques de travail du sol sur la viabilité sont beaucoup moins nets (Jouy et Munier-Jolain, 2001). Les **adventices de petite taille** sont favorisées en non-labour (Debaeke et Orlando, 1994) ainsi que les espèces pérennes et vivaces (Soltner, 2000) qui se sont développées uniquement en travail sur le rang avec la fraise et pas en semis direct (Mayor et Maillard, 1995). Le développement de **graminées annuelles** (dans les cultures de céréales à paille) comme le vulpin et le brome est accru par le semis direct (Debaeke et Orlando, 1994).

Les infestations de **vivaces** les plus fortes sont héritées de rotations à base de cultures de printemps en TSL qui ne perturbent pas leur système de reproduction végétative. Les applications de produits systémiques sur vivaces ayant bien repoussé après la récolte semble opportune. Le travail du sol pourra avoir lieu 10 jours après (Labreuche, 2001).

(+)	Effet du non-retournement
-----	----------------------------------

Des outils comme le **chisel** ou le **cultivateur** travaillant même à une profondeur supérieure à 10 cm conservent les semences d'adventices dans les couches superficielles permettant ainsi leurs germination et levée. Les traitements herbicides les détruisent alors (Debaeke et Orlando, 1994; Mayor et Maillard, 1995). Mayor et Maillard (1995) notent que ces outils sont plus efficaces que la charrue pour diminuer le stock semencier.

(+)	Effet de la qualité du désherbage
-----	--

Les **salissements** sont plus le **reflet de la qualité du désherbage** que des techniques culturales employées (Le Garrec, 2003 ; Mamarot, 2004; Mayor et Maillard, 1995). La flore s'appauvrit (baisse du stock semencier) et se spécialise mais les effets ne sont pas systématiques. L'effet du désherbage par rapport au travail du sol est dominant sur vulpin, nul sur folle avoine; l'effet du travail du sol est dominant sur le développement de la stellaire (Rameau et Viron, 1992; Verdier, 1990). L'utilisation de 3-5 l/ha de glyphosate représente un complément précieux aux autres interventions phytosanitaires, ce qui ne doit toutefois pas signifier une augmentation automatique des charges en herbicides, car des interventions ultérieures peuvent être évitées (Streit, 2000).

(+)	Effet du système de culture
-----	------------------------------------

Certaines rotations posent peu de problèmes en TSL, par exemple **maïs-blé** (contrairement à maïs sur maïs). La conduite de l'**interculture** est facilitée avec peu d'effet sur le coût du désherbage (Labreuche, 2001; Mayor et Maillard, 1995). Les salissements observés sont plus le reflet de la qualité du désherbage dans la culture et dans l'interculture, que des techniques culturales employées. En **monoculture**, les salissements sont plus monospécifiques et plus délicats à gérer (Mamarot, 2004). Le développement de graminées annuelles comme le vulpin et le brome dans les successions de céréales à paille est accru par le semis direct (Debaeke et Orlando, 1994).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION		
--	--	--

RG	(Agreste Haut-Rhin, 2004)	Enquêtes recensement agricole
RG	(Bordes et al., 2001)	France
RG	(Buchner et Köller, 1990)	
M	(Debaeke et Orlando, 1994)	France - labour/travail superficiel/semis direct - ITCF - Longue durée
RE	(Emmerling et Hampl, 2003)	Agriculture biologique - Pfalz (Allemagne)
RE	(Garbe, 2001)	Allemagne - NRW
M/RE	(Jouy et Munier-Jolain, 2001)	France
RE	(Labreuche, 2001)	Boigneville essai longue durée - Limon-argileux sain
RE	(Le Garrec, 2003)	Indre et Loire, Côtes d'Armor - A partir d'enquêtes réalisées sur des exploitations - Deltameq et Indigo
RE, RG	(Lindemann, 1998)	Semis sous mulch - tournesol
M/RE	(Mamarot, 2004)	tournesol
RE	(Mayor et Maillard, 1995)	Changins - Blé/colza/blé/maïs
RG	(Pallut, 2003)	Semis sous mulch
RE	(Porte-Laborde et al., 2002)	Boigneville (LA) Essai longue durée / Midi-Pyrénées (boulbènes)
RE	(Rameau et Viron, 1992)	Coings (ITCF) - 1985 à 1990 - Rotation colza, blé, orge
RG	(Soltner, 2000)	Monde
RG	(Stemann, 2001)	
RE, RG	(Streit, 2000)	Semis direct en Suisse
RG, RE	(Tebrügge, 2001)	Semis direct
RG	(Trocherie, Rabaud, 2004)	France - Enquêtes SCEES
RE	(Verdier, 1990)	Baziège - Rotation Sorgho, tournesol, blé

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour

Aspects agricoles du non-labour

MALADIES

CONCLUSION

La conservation et la transmission de certains **champignons** semblent être **favorisées par les TSL**. Les facteurs favorables aux **fusarioses** sont bien connus: principalement le climat, le **précédent** et la gestion de ses **résidus**, la **sensibilité variétale**, la gestion de la **pyrale** en maïs. Les risques encourus diffèrent selon les techniques de non-labour. Le broyage et l'enfouissement des résidus réduisent les risques.

RESULTATS DETAILLES

(-) Toutes maladies

En maïs, le non-labour a favorisé la **kabatiellose** en Bretagne en 1998, l'**helminthosporiose en Alsace** en 2000, le charbon des inflorescences, la rouille, l'antracnose, **les fusarioses**. Le choix d'hybrides résistants aux maladies du feuillage est payant dans le Sud-Ouest (Porte-Laborde et al., 2002; Labreuche et al., 2004). La conservation de champignons est accrue en TSL: recrudescence de la fusariose mais diminution du piétin verse (2 antagonistes). Les pratiques culturales sans labour ne conduisent pas à une apparition renforcée des maladies chez les céréales à paille, le colza et la betterave à sucre (Garbe, 2001). Broyage et enfouissement des résidus et choix de variétés résistantes sont indispensables (Gatel et al, 2004).

(-) Mycotoxines

Facteurs de risque

Trois familles de mycotoxines sont concernées par la nouvelle réglementation: le désoxynivalénol (**DON**) issu de *Fusarium Graminearum* (ou *Roseum*), la **zéaralénone** sur maïs principalement et issue de *Fusarium Roseum* (favorisé par un temps humide à la floraison et une température inférieure à 20°C) et les fumonisines sous climat méditerranéen (Gatel et al., 2004). La présence de fusarioses résulte de trois facteurs : un **climat** favorable à la maladie (humide et doux à la floraison), un **traitement des résidus** non approprié (broyage et enfouissement dès la récolte à privilégier pour faciliter leur décomposition) et la **sensibilité des plantes** (Gatel et al, 2004; Labreuche et al., 2004).

Le traitement des résidus de culture

Les **résidus de culture** sont la principale source de contamination. En blé après maïs, les teneurs en mycotoxines sont systématiquement plus importantes en semis direct qu'en labour, situation intermédiaire avec travail superficiel (Gatel et al, 2004; Labreuche et al., 2004) alors que les situations avec **déchaumage** sont les moins favorables au développement des fusarioses pour Alves (2002), ce qui ne traduit pas une présence systématique de DON. Un **broyage** des cannes permet une diminution des DON par un facteur de 2,5 (Gatel et al, 2004; Labreuche et al., 2004).

Les conditions de sol anaérobies

Il existe de même la théorie que *Fusarium* spp. en **conditions de sols aérobies** attaque moins les racines des plantes (Bieri et Cuendet, 1989). Le travail réduit du sol peut aussi diminuer durablement la pression des fusarioses, car les résidus de culture de maïs restent dans une couche superficielle du sol où la décomposition est plus active, au lieu d'être enfouis profondément par un labour. Associé à un hachage soigné des résidus de récolte (par ex. avec un déchaumeur ou mieux un broyeur), la dégradation rapide des résidus est favorisée (Schmidt, 2003). Swiss-no-till (2003a) reprenant les travaux de Nitzsche (2001) souligne aussi, que les espèces de Fusarioses **peuvent survivre plusisuers années** si bien qu'il peut se développer une forte pression d'infection dans l'horizon arable du sol particulièrement en rotation chargée en maïs. Ceci explique probablement les **niveaux élevés d'attaque de fusarioses dans les surfaces labourées durablement**.

MALADIES

La rotation

Le modèle agro-climatique de prévision du DON met en avant les risques liés à des systèmes en **monoculture de maïs ou maïs-blé en TSL** pour les années à risque climatique. Lorsque le climat est favorable, le facteur le plus important est le **précédent** (Gatel et al, 2004). Le blé de maïs est plus touché par la fusariose en TSL (cultisoc et chisel) avec des pertes conséquentes (Labreuche et al., 2003). Cette succession devrait être évitée en TSL (Swiss no-till, 2003a). Il faut développer une **succession culturale appropriée** (céréale de printemps ou espèce dicotylédone après maïs) et réduire la part du maïs dans l'assolement (Garbe, 2001). La variante où un blé suit un maïs grain labouré est toujours plus infestée par les fusarioses que les variantes où le colza précède le blé, même pour les techniques de travail du sol les plus défavorables (Krebs et al., 2000). Maïs grain et blé ne devraient pas représenter plus de 50 % de la sole annuelle en TSL (Swiss no-till, 2003b).

Le choix variétal

Les **variétés de blé classées sensibles ou très sensibles** sont déconseillées (Huss, 2002). Sokrates et Bussard sont à privilégier (Garbe, 2001; Rodemann, 2003). Le choix de variétés de maïs permettant une récolte avant le 1er novembre (donc à précocité adaptée à la région de production) est à conseiller en Alsace.

Autres facteurs

L'**usage de strobilurines** seules sur blé favorise les fusarium toxigènes (triazoles à privilégier) (Gatel et al, 2004). La **récolte à maturité** du maïs (1er novembre en Alsace) dans de bonnes conditions (pas de grains humides) est à favoriser. Les **galeries de pyrales** peuvent favoriser le développement des fusarium sur maïs (Gatel et al, 2004; Labreuche et al., 2004). Il faut préférer les variétés de blés moins sensibles avec un grand écart entre la dernière feuille et l'épis. Des fertilisations azotées élevées et l'usage intensif de régulateur de croissance renforcent le risque d'attaques de fusarioses (Garbe, 2001; Rodemann, 2003) car ils sont favorables à la verse et raccourcissent les tiges (Swiss-no-till, 2003b). La mise en place d'un **engrais vert**, l'épandage de **fumiers** et un **enfouissement superficiel** (inférieur à 15 cm) favorisent la dégradation des résidus de maïs par l'activité biologique qu'ils induisent (Swiss-no-till, 2003b).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Alves, 2002)	Haut-Rhin - site de Kappelen - Limons blancs - monoculture de
RG	(Bieri et Cuendet, 1989)	Suisse
RE	(Garbe, 2001)	Westphalie (Allemagne)
RG/RE	(Gatel et al, 2004)	France (Boigneville)
RE	(Huss, 2002)	Bas-Rhin - Limons blancs - monoculture de maïs
RE	(Krebs et al., 2000)	Fusarioses et mycotoxines en semis direct en Suisse
RE	(Labreuche et al., 2003)	France (Boigneville) - Essais longue durée
RG/RE	(Labreuche et al., 2004)	France
RG	(Porte-Laborde et al., 2002)	Alsace, Sud-Ouest
RG	(Rodemann, 2003)	Sensibilité de variétés de blé à la fusariose
RG	(Schmidt, 2003)	
RE	(Swiss no-till, 2003a)	Communiqué de presse
RE	(Swiss no-till, 2003b)	Communiqué de presse

RAVAGEURS

CONCLUSION

De nombreux **ravageurs** mais aussi des **auxiliaires** semblent être favorisés par la réduction du travail du sol.

(~) RESULTATS DETAILLES

La prolifération de ravageurs en TSL résulte du maintien de la matière organique en surface et d'un moindre bouleversement des habitats: **limaces, taupins, acariens, pucerons, noctuelles, petits mammifères** (Porte-Laborde et al., 2002; Bordes, 1997; Gers, 1982; Lindemann, 1998; Stemann, 2001; Fricke, 2003; Holland, 2004) mais aussi d'**auxiliaires**: sur 47 espèces recensées dans le sol, 20 sont favorisées par le labour, 6 indifférents et 21 (carabidés) par les TSL (Kromp, 1999; Holland et Luff, 2000; Hance, 2002). En conditions humides, la prolifération de ravageurs tels que limaces peut augmenter considérablement en semis direct ou mulché. Ils sont aussi favorisés par une **réduction du travail du sol superficiel** (Phillips, 1984; Ackermann, 2002; Blevins et al., 1984 ; Garbe, 2001).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RG	(Ackermann, 2002)	Allemagne - "Beratungspraxis"
RE	(Blevins et al., 1984)	USA - semis direct
RG	(Bordes, 1997)	France - Baziège
RE	(Garbe, 2001)	NRW
RE	(Gers, 1982)	France
RE	(Hance, 2002)	Europe
RG	(Holland, 2004)	Europe
RG	(Holland et Luff, 2000)	Europe
RE	(Kromp, 1999)	Europe
RG	(Phillips, 1984)	
RG	(Porte-Laborde et al., 2002)	France - Boigneville

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour
Aspects agricoles du non-labour

MATERIEL

CONCLUSION

La présence de résidus nombreux en surface impliquent deux choses: l'utilisation de **semoirs à disques** qui sont les plus adaptés au non-labour par leur capacité à éviter les bourrages; une **difficulté accrue d'implantation**. Dans ces conditions, le **déchaumage** peut s'avérer utile pour bien des aspects.

RESULTATS DETAILLES

Semis

En succession de maïs, les **semoirs à disque** sont les plus adaptés au non-labour. Des semoirs conventionnels à socs peuvent être transformés pour le semis mulché en adaptant des disques spéciaux. Beaucoup de fabricants de semoirs ont introduit dans leur gamme des semoirs à disques qui ne conviennent cependant pas le plus souvent au semis direct par manque de pression sur les éléments semeurs. Les résidus grossiers de paille et de végétaux présents en surface peuvent s'accrocher aux dents et créer des bourrages (Volk, 2001; Köller et Linke, 2001; Hultgreen et al., 2000; Voßhenrich, 2001). La **qualité d'implantation** dépend du contrôle du placement des semences et du contact sol-graine, eux-mêmes liés à la granulométrie et à la présence de résidus. Le défaut de création de terre fine et de profondeur de placement des semences adéquat posent problème en semis direct, même avec le matériel spécifique actuel (Labreuche et al., 2001). Les TSL nécessitent un **ressuyage** parfait pour réaliser des implantations dans de bonnes conditions (Viaux, 2001).

Gestion des résidus du précédent

L'affinement des résidus et leur dégradation sont une étape importante. De fortes quantités de paille peuvent si celle-ci n'est pas broyée de manière optimale ni bien répartie de manière homogène, occasionner des difficultés pour le semis direct et mulché (Stemann, 2001). Le premier passage d'outils de travail du sol peut être réalisé avec une herse peigne après une bonne répartition et un broyage de qualité des pailles. Cette intervention peu coûteuse et à grand débit de chantier permet la levée des repousses de céréales grâce au recouvrement des graines par le déchaumage superficiel du sol et à l'aération de la paille et facilite également le passage suivant (Voßhenrich, 2001). Une autre solution est la fauche haute qui laisse de longs chaumes ou cannes debout. Le passage d'outils à disques est alors plus facile que dans de grosses quantités de paille broyée (Stemann, 2001).

Afin de réaliser un mélange optimal, il est conseillé d'utiliser un cultivateur avec un faible écartement. Les cultivateurs avec un écartement des dents de 45 cm sont d'ailleurs moins bien adaptés que les cultivateurs qui travaillent superficiellement avec des écartements de 20 à 30 cm. Par contre, l'emploi de chisels avec des dents sur deux rangées peut dans certains cas permettre de réduire les compactations dans la zone racinaire. Les déchaumeurs lourds composés de quatre trains d'outils conviennent également à un travail en profondeur (Buchner et Köller, 1990).

Autres avantages du déchaumage

Un travail superficiel du sol avant le semis direct (semis direct modifié) peut stimuler la levée des **mauvaises herbes** et lutter contre les **limaces** (Emmerling et Hampl, 2003). Sur les sols lourds, après le travail des chaumes, la préparation du sol et le semis, il est nécessaire de rouler afin de réduire les cavités et irrégularités du sol. Eviter les mottes pour réduire le risque ravageurs, choisir un moment favorable au travail du sol, semer tôt et profond, hacher court les pailles et les répartir régulièrement (Fricke, 2003; Voß et al., 1997; Bäumlér, 2000; Streit, 2003).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION		
--	--	--

RE	(Bäumler, 2000)	
RG	(Buchner et Köller, 1990)	
RG	(Hultgreen et al., 2000)	Semis direct
RG	(Köller et Linke, 2001)	semis mulché de maïs
RG	(Labreuche et al., 2001)	France
RE,RG	(Lütke-Entrup, 2000)	protection du sol et de l'eau en production de maïs
RG	(Stemann, 2001)	
RE,RG	(Streit, 2000)	Semis direct en Suisse
RG	(Viaux, 2001)	France
RG,M	(Volk, 2001)	
RE	(Voßhenrich, 2001)	Management de la paille

IMPLANTATION ET LEVEES

CONCLUSION

Outre l'implantation (et le comportement thermique des sols, différent en non-labour - chapitre sur la composante "sol"), d'autres facteurs jouent sur la qualité de levée des cultures: le **ressuyage** lié à l'altitude et à l'état hydrique du sol, le **précédent** (quantités de paille, allélopathie), le potentiel de la parcelle.

RESULTATS DETAILLES

Facteurs géographiques

Schulze et Grimm (2001) ont trouvé une faible diminution de la levée au champ en dessous de 500 m d'altitude pour le semis direct et pas d'effet pour le semis mulché, tandis qu'au dessus de 500 m **d'altitude** une levée au champ réduite est retrouvée pour les deux pratiques (réchauffement plus lent).

Facteurs agronomiques

Quatre auteurs conseillent le semis direct avant tout en sols qui montrent une **tendance au dessèchement** (Phillips, 1984; Ackermann, 2002; Blevins et al., 1984; Garbe, 2001). Schulze et Grimm (2001) ont constaté que pour des valeurs agronomiques des sols supérieures à 60 (échelle allemande de caractérisation de la fertilité des sols qui va de 0 à 100) la levée des plantes était presque toujours comparable, tandis que pour les sols dotés d'une moindre valeur agronomique, la levée est réduite pour le semis sous mulch et plus encore pour le semis direct. Le non labour augmente le risque cultural, car des conditions locales défavorables ou bien des erreurs de conduite culturale ne peuvent plus être corrigées à l'aide du labour (Streit, 2000) .

Facteurs culturaux

Schulze et Grimm (2001) ont observé une moindre levée en semis mulché et semis direct pour les cultures suivantes : pois, triticale, colza et blé d'hiver. Maïs, seigle d'hiver, orge et betterave à sucre ont montré dans ces essais une bonne levée notamment en semis mulché. Ils indiquent aussi une faible influence des **précédents** avoine, maïs et jachère tandis que des précédents comme l'épeautre, l'orge de printemps, le triticale, le blé d'hiver et le pois engendrent une plus mauvaise levée de la culture suivante.

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RG	Ackermann (2002)	Allemagne - "Beratungspraxis"
RE	Blevins et al. (1984)	USA - semis direct
RE	Garbe (2001)	Allemagne - NRW
RE	Schulze et Grimm (2001)	Baden-Württemberg
RE, RG	Streit (2000)	Semis direct en Suisse

ROTATION ET COUVERTS

CONCLUSION

Le non-labour requiert et offre aussi des possibilités d'**allonger les rotations**, d'implanter des couverts en interculture, voire dans certaines conditions de laisser un couvert permanent. Les bénéfices mais aussi les contraintes de gestion sont à prendre en compte.

RESULTATS DETAILLES

Rotation longue

Une rotation longue est indispensable en techniques sans labour pour éviter les **repousses de céréales** et l'augmentation des **mauvaises herbes** (vulpin, chiendent, brôme, panics, amarante), la sélection d'adventices (pâturin annuel, vulpin). Elle facilite l'emploi optimal d'herbicides totaux, la mise en place de cultures intermédiaires, la lutte contre les adventices dicotylédones dans les cultures de graminées et des graminées adventices dans les cultures dicotylédones, l'interruption des **cycles d'infection** (Stemann, 2001; Voßhenrich, 2001; Volk, 2001; Köller et Buchner, 1990; Weyer et Buchner, 2001).

Culture intermédiaire

Une culture intermédiaire régulière qui recouvre toute la surface du sol limite le salissement en repousses de céréales et en mauvaises herbes, protège le sol de la battance et du ruissellement et peut même fixer jusqu'à 150 kg N/ha par l'intermédiaire des microorganismes (Pallut, 2003). Une combinaison habile de cultures intermédiaires et de cultures principales peut contribuer à diminuer l'utilisation d'herbicides dans les systèmes de semis direct comme l'ont montré des essais de culture de maïs sans herbicides en Suisse. L'alternance de céréales et d'autres cultures dicotylédones s'est montrée particulièrement intéressante car les repousses de céréales se laissent facilement détruire dans les cultures suivantes (Derpsch, 1999; Hiltbrunner et al., 2002).

Des essais avec retournement du couvert en novembre ont occasionné en hiver des valeurs de nitrates plus fortes que les semis direct et mulché. Il existe donc un risque de lessivage de nitrates plus élevé pour des labours précoces en comparaison d'interventions plus tardives et en particulier s'il s'agit de techniques sans labour (Schulze et al., 2000). Une culture intermédiaire qui n'a pas été totalement détruite par un gel (par ex. Phacelia) ne doit pas être obligatoirement traitée avec un désherbant mais peut être également travaillée avec une herse rotative ou par un cover-crop. (Lindemann, 1998).

Culture sous couvert vivant

Des travaux sur le système maïs-prairie où le couvert est permanent (**Maiswiese** ou **Lebendmulch**) ont montré que dans les conditions sèches du Rhin supérieur, la concurrence en eau du couvert prairial pose un problème fondamental et conduit à des pertes de rendement pour la culture. C'est pourquoi un contrôle efficace du couvert, par "freinage" de la végétation à l'aide d'un herbicide total (Roundup) avant le semis est nécessaire (Bockstaller et Hanson, 1999; Köller, 2003). Des essais en Suisse avec des couverts vivants (trèfle jaune et blanc en blé d'hiver) ont abouti à de bons résultats, spécialement lorsque le couvert est régulièrement fauché (Streit, 2000).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RG	(Bockstaller et Hanson, 1999)	Etudes sur la production intégrée dans le Rhin Supérieur
	(Derpsch, 1999)	Semis direct en Amérique du Sud
RE	(Hiltbrunner et al., 2002)	Dynamique des adventices en semis direct de blé - Suisse
RG, RE	(Köller, 2003)	Mais-Semis sous mulch
RE, RG	(Lindemann, 1998)	Semis sous mulch - tournesol
RG	(Pallut, 2003)	Semis sous mulch
RE	(Schulze et al., 2000)	Effets biologiques - Bade-Wurtemberg
RE, RG	(Streit, 2000)	Semis direct en Suisse
RE	(Voßhenrich, 2001)	

RUISSELLEMENT

CONCLUSION

L'effet des TSL sur le ruissellement dépend de la **rugosité de surface** et de la **quantité de résidus en surface**. Les résultats sont variables selon l'**année** et l'**époque de l'année**, la **culture** et le **type de TSL**. Ce dernier facteur joue un rôle majeur.

(~) RESULTATS DETAILLES

Le ruissellement est fonction du **taux de recouvrement de la surface du sol** par les débris végétaux (sur ce point, le contraste est plus marqué entre semis direct et autres TSL qu'entre labour et TSL), de la **rugosité de surface** (se traduit par la détention superficielle et le coefficient de friction de la surface) (Heddadj et al., 2004; Boiffin et Monnier, 1994), de la **persistance dans le profil de zones continues** (résistance à l'incision mais baisse possible de l'infiltration) (Boiffin et Monnier, 1994) et de la **porosité** (Heddadj et al., 2004).

La **diminution de la rugosité de surface** (résidus de culture, qui varient aussi selon le type de culture) peut entraîner un ruissellement accru, tout comme des **tassements** à la récolte ou au semis qui limitent l'infiltration (Richard et al., 2001). D'ailleurs, la surface d'**empreintes de roues** est compacte et peu perméable et constitue une voie potentielle de ruissellement (communication personnelle, 2003; Boiffin et Monnier, 1994).

En semis direct, le taux de ruissellement est modérément diminué par rapport au labour. Il y a **diminution du nombre d'épisodes, du volume total ruisselé, de la vitesse d'écoulement et augmentation du temps de concentration** (Boiffin et Monnier, 1994). Il s'agit néanmoins de repérer les périodes à risque de ruissellement. Le ruissellement est plus fort en TSL en **hiver** (moindre infiltration) mais moins fort au **printemps**. Le rôle majeur d'une **culture intermédiaire** par rapport au travail du sol est avancé (Richard et al., 2004).

En Alsace en culture de printemps, le non-labour a réduit le **ruissellement au printemps de 55%** en 2002 à Geispitzen (communication personnelle; 2004) et d'un facteur 10 à 15 en 2004 à Neewiller sur deux épisodes orageux que ce soit en travail superficiel ou en semis direct (Armand, 2004). Les valeurs allemandes sont plus proches de 70% (Nitzsche et al., 2000; Grube, 2003; Tebrügge, 2000). Une réduction très nette du volume érodé par rigoles ou ravines dans les parcelles en TSL s'explique par 25 fois moins de **croûtes de battance** (Delaunois, 2004). Avec les TSL, le **ruissellement de surface** commence à entraîner de l'érosion qu'après **25 min de pluies**, tandis qu'avec un travail du sol conventionnel ce phénomène d'érosion débute après seulement 10 minutes (Kainz, 1989; Krück et al., 2001).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Armand, 2004)	Alsace (Geispitzen et Neewiller)
M	(Boiffin et Monnier, 1994)	France
RE	(communication perso;	Alsace (Geispitzen)
RE	(Delaunois et al., 2004)	France (Midi-Pyrénées)
RE	(Grube, 2003)	Essais longue durée - Hesse (Allemagne)
RE	(Heddadj et al., 2004)	Kerguéhennec
RS	(Kainz, 1989)	Modélisation de l'érosion - labour/semis sous mulch - Bavière
RG	(Krück et al., 2001)	
RE	(Nitzsche et al., 2000)	
RG	(Richard et al., 2001)	France
RE	(Tebrügge, 2000)	

EROSION

CONCLUSION

Dès la première année de mise en place, les TSL ont un **effet systématiquement positif** dans la prévention de l'érosion. L'absence de retournement laisse un **mulch** en surface. Celui-ci accroît la rugosité, la stabilité structurale et la porosité biologique par les vers de terre, prévenant ainsi le ruissellement donc l'érosion.

(+) RESULTATS DETAILLES

L'érosion hydrique résulte du **transport de matière solide assuré par le ruissellement**. Le détachement préalable de particules solides se fait par impact des gouttes de pluies ou par la force tractrice des écoulements. En semis direct, les pertes en terre sont fortement réduites (résistance à l'incision prépondérante) grâce à la présence des résidus en surface (Boiffin, Monnier, 1994).

Ces résultats sont relevés par de **nombreux auteurs** (Boiffin, Monnier, 1994; Maillard, Neyroud et Vez, 1995; Revel et Guiresse, 1995; Balabane, 2004) avec des facteurs différents: réduction de l'érosion **par 3 à 6** (Tebrügge et Düring ; 1999; Rasmussen, 1999, Kwaad; 1994), **par 15 à 20** (Armand, 2004; Delaunois et al., 2004). Même lorsque peu de résidus subsistent en surface, l'**amélioration de la structure** en TSL prévient de l'érosion: meilleure stabilité des agrégats sur la couche 0-3 cm de sol (Maillard, Neyroud et Vez, 1995), amélioration de l'activité biologique et maintien d'une porosité qui diminue le ruissellement en favorisant l'infiltration (Richard et al., 2004).

Dans des essais allemands, la variante semis direct s'est dans tous les cas montrée plus stable que la variante avec labour. Pour des **teneurs en argile** comprises entre 20 et 30 %, la variante travail du sol réduit (un semis fraisé) s'est positionnée entre les deux autres extrêmes (semis direct et labour), tandis qu'elle se révélait encore plus stable pour des teneurs en argile de 33% et 16% que le semis direct. Au total, les différences constatés entre modalités se sont avérées d'autant plus faibles que la **teneur en argile était élevée** (Groß, 1996).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Armand, 2004)	Alsace - semis direct, travail superficiel et labour sur limons
RE	(Balabane, 2004)	France (Bassin parisien)
M/RS	(Boiffin, Monnier, 1994)	pluies artificielles
RE	(Delaunois et al., 2004)	Baziège - chisel et labour en argilo-calcaires
RE	(Govers et al., 1999)	
RE	(Groß, 1996)	Hesse
RE	(Kwaad, 1994)	Pays-Bas - limons
RE	(Maillard et al., 1995)	Suisse (Changins)
RE	(Rasmussen, 1999)	Scandinavie - limons
RE	(Revel et Guiresse, 1995)	Nord-Ouest de la France
RG	(Richard et al., 2004)	France
RE	(Tebrügge et Düring, 1999)	Allemagne - limons

TRANSFERTS DE FERTILISANTS

CONCLUSION

Divers mécanismes inhérents aux TSL interviennent dans le transfert de fertilisants mais ils ont des effets contraires. Les essais montrent des résultats variables selon la **période de l'année** et selon les **années**. En **hiver**, le lessivage d'azote est plus important en labour, mais les **volumes d'eau ruissellée** plus importants en TSL. Au **printemps**, les volumes de ruissellement sont réduits en TSL, mais le **lessivage** de l'azote en solution par les **chemins préférentiels** (période des apports azotés pendant laquelle l'azote reste concentré à moyen terme dans les horizons de surface) et le **ruissellement subsurface du phosphore** en solution pourraient engendrer des transferts plus importants en TSL.

RESULTATS DETAILLES

(?) Transferts d'azote

La diffusion de l'azote est plus forte en labour car le **flux d'eau** est moindre (Goss, 1990). La **plus grande richesse en hiver** dans le profil suite à l'opération de labour (Dowdell et Cannell, 1975; Goss, 1990; Viaux, 2001) entraîne le **lessivage** d'une quantité d'azote durant l'hiver supérieure en labour mais le lessivage de **printemps** est supérieur en non-labour (mais en quantités moindres qu'en hiver) et variable selon les précipitations (Goss, 1990). Ainsi, un semis direct de céréales d'automne a permis sur 3 saisons de diminuer les pertes par lessivage par rapport à un labour à l'exception d'une année (faibles levées) où il a été plus fort (15% de l'azote présent à l'automne lessivé et 50% de l'azote présent au printemps) (Dowdell et al., 1987). L'**érosion** peut entraîner la perte de 0,7 kg d'N/ha (Viaux, 2001).

Le **ralentissement** de la **nitrification** et de la **minéralisation** en TSL par manque d'aération du sol, par température plus froide, par acidification de l'horizon de surface (voire par dénitrification) (Germon et al., 1994; Jordan et al., 2000) diminue la quantité d'azote lessivable. Par ailleurs, Angle et al. (1984) ont mesuré six à huit fois moins de pertes d'azote en solution par le ruissellement du fait d'une diminution des volumes d'eau ruisselés mais d'autres auteurs trouvent des résultats plus variables (Baker, 1985; Goss, 1990). Frede und Dabbert (1998) les attribuent à l'existence de macropores qui permettent d'évacuer rapidement l'eau sans que celle-ci n'entraîne l'azote.

Par contre, l'existence de "**chemins préférentiels**" augmente la perte de nitrates par infiltration, qui se fait aussi plus en profondeur et plutôt au printemps (transferts en quantités néanmoins plus faibles). La **continuité des macropores** engendre un lessivage en conditions drainantes, qui est dépendant des précipitations (Dowdel et al., 1987; Eck et Jones, 1992; Kandeler et Bohm, 1996; Kanwar, 1997; Fawcett, 1995; Goss, 1990) et se fait aux dépens de fertilisants appliqués en surface (Germon et al., 1994).

(-)	Transferts de phosphore
-----	--------------------------------

L'**érosion** peut entraîner la perte de 3 kg P/ha (Viaux, 2001). Des **pertes** de phosphores de 1,7 à 2,7 fois plus importantes en TSL aboutissent à des préconisations de réduction des applications de phosphore (Ball et al., 1997; Rasmussen, 1999; Baker et Lafflen, 1983; Gilley, 1995; Soileau et al., 1994). En maïs sur argilo-limoneux pauvre drainé, 2,2 fois plus de phosphore a **ruisselé** en TSL qu'en labour (essentiellement du phosphore en solution, le plus à risque pour l'eutrophisation) avec des pics de concentrations au printemps. Le ruissellement subsurfacique compte pour deux tiers des pertes en phosphore. Ces pertes sont diminuées si le phosphore apporté est incorporé. Par contre, les TSL réduisent de 20% le drainage du phosphore. Les plus mauvais résultats concernent toujours le semis direct (Gaynor, 1995) .

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Angle et al., 1984)	USA - Maïs - 6% de pente sur le bassin-versant
RG	(Baker, 1985)	USA - synthèse de 8 essais
RE	(Baker et Lafflen, 1983)	USA
RE	(Ball et al., 1997)	Ecosse - labour 20 cm/semis direct - monocultures d'orges
RE	(Dowdell et Cannell, 1975)	R-U
RE	(Dowdell et al., 1987)	R-U - semis direct/labour - cultures d'automne - 4 ans - limon
M	(Eck et Jones, 1992)	USA
M	(Fawcett, 1995)	USA
RG	(Frede et Dabbert, 1998)	Allemagne
RE	(Gaynor, 1995)	Canada - maïs - labour/travail superficiel/semis direct - argilo-limoneux - 3 ans
M/RG	(Germon et al., 1994)	France
RE	(Gilley, 1995)	Europe
M/RE	(Goss, 1990)	R-U - céréales d'hiver - labour, travail superficiel, semis direct - argileux drainé - 8 ans
M	(Jordan et al., 2000)	USA
M	(Kanwar, 1997)	USA
M	(Kandeler et Bohm, 1996)	USA
RE	(Rasmussen, 1999)	Scandinavie
RE	(Soileau et al., 1994)	Europe
RG	(Viaux, 2001)	France

TRANSFERT DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES

CONCLUSION

Selon les différentes expérimentations, les TSL semblent avoir un effet **variable sur les transferts par lixiviation** (favorable pour les applications de printemps-été mais défavorable pour les applications d'automne-hiver) et plutôt **positif** sur le transfert de produits phytosanitaires par **ruissellement** grâce à la baisse des volumes ruisselés.

RESULTATS DETAILLES

Pour les produits avec **coefficients d'adsorption** Koc importants, les pertes en solution représentent une part minime des pertes en ruissellement. Inversement si les coefficients d'adsorption sont faibles (Wauchope, 1978; Jury et al., 1987).

(~) Par lixiviation

L'augmentation de l'**adsorption** et des **processus de dégradation** atténuent les transferts par lixiviation (Dao, 1995; Weed et al., 1995; Fermanich et al., 1996) processus dans lequel le **pH** d'un sol est un facteur essentiel pour l'adsorption et la désorption des herbicides car il modifie l'ionisation des herbicides et des adsorbants eux-mêmes (Bordes et al., 2001). Les macropores favorisés par les TSL sont tapissés de **matière organique** qui adsorbe les molécules actives et de **microorganismes** qui les retiennent et les transforment (Edwards et al., 1993; Sadeghi et Isensee, 1997; Stehouwer et al., 1994). Ces processus aboutissent à la **minéralisation** complète du 2,4-D et de l'alachlore qui est améliorée en travail du sol simplifié et à une diminution en TSL de la lixiviation de l'Isoproturon de 100% aux USA et de la trifluraline de 75% en Allemagne (Jordan et al., 2000; Berger et al., 1999). D'autres résultats ne font pas apparaître de différences entre techniques (Dao, 1995; Weed et al., 1995; Fermanich et al., 1996).

Lorsqu'il y a des **circuits préférentiels** (semis direct), une petite proportion de pesticides est lessivée car il y a moins d'eau qui lessive la portion de sol qui elle renferme le plus de pesticides. Ces pesticides sont plus susceptibles d'être dégradés par les microorganismes (Flury, 1996).

Dans un limon, les pertes par drainage représentent 0,1 à 2 % du volume appliqué (Flury, 1996). Des travaux démontrent que les **volumes percolés** et les **concentrations** mesurées sont supérieurs en TSL. Cela s'explique par la présence de **circuits préférentiels continus en semis direct** (Hall et al., 1991; Isensee et al., 1990; Gaston et Locke, 1996) qui semblent être davantage empruntés lorsque le sol est sec (donc au printemps) (Flury, 1996). L'augmentation des pertes due à une augmentation de l'**utilisation d'herbicides** est aussi avancée (Holland et al., 1994). Sur limon, les TSL ont un effet positif ou nul sur le drainage de pesticides. Les galeries de vers constituent un chemin préférentiel (Flury, 1996).

Le **facteur précipitations** est prépondérant pour comprendre la concentration supérieure en TSL (pics de facteur 20 à 50) de deux molécules dans les nappes profondes en été (Barriuso et al., 1994). Les **dates d'application** sont donc aussi importantes: les transferts d'atrazine sont plus faibles en hiver en semis direct (dégradation accrue en été en TSL du fait d'une meilleure activité biologique) mais les flux de diflufenican (herbicide d'automne) plus forts en hiver (du fait des circuits préférentiels) (Réal et Dutertre, 2004).

TRANSFERT DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES

(+)	Par ruissellement
	<p>Les pesticides potentiellement capables de migrer par ruissellement se situent dans le premier centimètre du sol (Baker et Laflen, 1979; Leonard et al, 1979; Mills et Leonard, 1984). 20% des pertes d'atrazine sont dans les premiers 5% du volume d'eau ruisselée (Wauchope, 1987).</p> <p>Plusieurs auteurs notent une baisse des flux de résidus de l'ordre de 29% à 100% selon le pesticide et le nombre d'années en TSL. Les concentrations sont plus fortes mais les volumes ruisselés moins élevés (Hall, 1991; Glenn et Angle, 1997; Fawcett et al., 1995). Des travaux réalisés dans le contexte français confirment ces résultats: réduction du ruissellement et des transferts d'herbicides par ruissellement mais augmentation des concentrations (Leullier, 1999). Les TSL réduisent de 80 % les transferts d'herbicides dans une expérimentation alsacienne (contre 50 % pour les bandes enherbées) (Koller communication personnelle, 2004), de 98% pour Heddadj et Cottais (2001). Le semis direct ne réduit que peu les concentrations en atrazine de l'eau ruisselée (15 et 60 % d'efficacité) contrairement à une bande enherbée en bas de pente (Leullier, 1999).</p> <p>Lafrance et al. (1997) ajoutent que les proportions d'herbicides exportées diminuent avec la diminution du travail du sol (chisel et semis direct) et sont à relier à la réduction des volumes ruisselés. La réduction d'apports par application localisée lors d'un désherbage mixte du maïs (création de rugosité et d'infiltrabilité) permet de diminuer le flux d'atrazine de 60% (Heddadj et Cottais, 2001).</p>

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Baker et Laflen, 1979)	alachlore, atrazine, propachlore
RG	(Barriuso et al., 1994)	atrazine et cyanazine - France
RE	(Berger et al., 1999)	trifluraline, isoproturon
M/ RE	(Bordes et al., 2001)	2,4-D, alachlore, clomazone
RE	(Koller, communication)	Alsace (résultats 2002 - site de Geispitzen)
M/RE	(Dao, 1995)	atrazine, carbofuran, métolachlore
M	(Edwards et al., 1993)	
RE	(Fawcett et al., 1995)	
M/RE	(Fermanich et al., 1996)	atrazine, carbofuran, métolachlore
RE	(Flury, 1996)	synthèse de plusieurs essais - SD/labour
M/RE	(Gaston et Locke, 1996).	triazines, métolachlore
RE	(Glenn et Angle, 1997)	
M/RE	(Hall et al., 1991)	triazines, métolachlore
RE	(Heddadj et Cottais, 2001)	atrazine, sulfotriane, nicolsulfuron - Bretagne Kerguéhenec - limons sableux (6% pente)
RG	(Holland et al., 1994)	Europe
M/RE	(Isensee et al., 1990)	triazines, métolachlore
RE	(Jordan et al., 2000)	trifluraline, isoproturon
M/RE	(Jury et al., 1987)	plusieurs substances actives
RE	(Lafrance et al., 1997)	atrazine, métolachlore
RE	(Leonard et al, 1979)	alachlore, atrazine, propachlore
RE	(Leullier, 1999)	atrazine - Bignan, La Jaillière, Spechbach
RE	(Mills et Leonard, 1984)	alachlore, atrazine, propachlore
RE	(Réal et Duterte, 2004)	atrazine, DFF; La jaillière - Maïs/blé
M	(Sadeghi et Isensee, 1997)	
M	(Stehouwer et al., 1994)	
M/RE	(Wauchope, 1978)	Plusieurs substances actives
RE	(Wauchope, 1987)	atrazine
M/RE	(Weed et al., 1995)	atrazine, carbofuran, métolachlore

EMISSION DE GAZ A EFFET DE SERRE

CONCLUSION

Les bénéfices des TSL sur le **stockage de carbone** peuvent être annulés par l'augmentation de la **dénitrification** (émission de N₂O) qui intervient en cas de forte baisse de la porosité (anaérobiose). Le **bilan** vis à vis des gaz à effet de serre est donc **incertain**.

(?) RESULTATS DETAILLES

Les coefficients d'**humification** et de **minéralisation** diminuent donc et le carbone s'accumule dans le sol avec un impact positif sur les émissions de **CO₂** qui peut être annulé par l'émission plus importante de **N₂O** (Richard et al., 2004; Holland, 2004). Après 28 ans, le stock de carbone a augmenté de 5 t/ha soit 1 tonne de CO₂/ha/an (Thevenet, 2001). La **dénitrification** dans des sols en anaérobiose peut affecter davantage les sols en TSL (moindre porosité). Des relevés contraires ont été réalisés (Arah et al., 1991) et aucun effet n'a été observé en laboratoire (Groffman et al.; 1984). Six et al. (2002) ont calculé une moyenne de tous les essais connus qui donne un bilan global négatif des TSL de 214 kg CO₂/ha/an. Il se décompose en une augmentation de la séquestration de dioxyde de carbone et de méthane mais aussi de dégagement de N₂O qui vient compenser l'effet positif de la séquestration du carbone.

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Arah et al., 1991)	Ecosse
RS	(Groffman et al.; 1984)	laboratoire
RG	(Holland, 2004)	Europe - compil d'essais
RG	(Richard et al., 2004)	France
RG	(Six et al., 2002)	Climats tempérés - compil d'essais - Semis direct/conventionnel
RE	(Thevenet, 2001)	Boigneville - essai longue durée

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour

Aspects agronomiques du non-labour

Modifications des propriétés physiques inhérentes au non-labour

POROSITE TOTALE

CONCLUSION

La **porosité totale diminue** en TSL. Une **régénération "naturelle"** faisant suite à des compactages éventuels est plus lente mais possible dans des sols ayant une activité structurale "naturelle" et par le travail des **racines** et des **vers de terre**. La macroporosité évolue différemment selon les essais avec des effets de la profondeur de travail et de mesure, de l'époque du relevé après labour, des conditions climatiques...

RESULTATS DETAILLES

De la porosité en TSL...

La porosité structurale (avec l'analyse du profil cultural) est l'**indicateur des effets des pratiques sur la structure des sols** (Foy, 2003). Un **nouvel état de pseudo-équilibre** s'installe en passant aux TSL (durée de **3 ans**). La porosité auparavant créée par le labour est remplacée progressivement et partiellement par une **porosité d'origines fissurale** (sols à plus de 25% d'argile, sous l'effet de l'eau) **et biologique** (systèmes racinaires, faune) (Guérif, 1994; Labreuche et Bodet, 2001).

(~) Fissuration et tassement des sols

La capacité de fissuration d'un sol (liée au taux d'argile) fait dire que les **sols à faible stabilité structurale et faible résistance au compactage sont moins favorables au semis direct**. L'**indice des vides structuraux** lié au travail du sol et à l'année culturale reste **stable** avec un système de culture à **faible risque de compactage** mais diminue fortement (et durablement) lors d'une forte compaction en SD (proportion forte de zones tassées). Le calibre des zones tassées augmente en TSL (zones divisées par le labour) avec des effets travail du sol*année culturale mais pas du compactage. Le nombre de zones tassées est sous l'effet du travail du sol, de l'année culturale, du niveau de compactage, et de l'interaction travail du sol*année culturale, avec en TSL des **zones tassées peu nombreuses mais étendues** (quel que soit compactage) sous la zone de travail. Il y a baisse des zones tassées (delta et phi) entre 2 implantations sur 0-20 cm, de 40 % sur 0-10 cm grâce à la fissuration (racines, gel, retrait/gonflement sur cultures de printemps aussi) (Foy, 2003).

(~) Porosité totale

Seule la porosité structurale évolue; la porosité texturale restant stable (Guérif, 1994). La **porosité totale** est légèrement plus grande dans le sol des parcelles labourées que dans le sol travaillé de façon minimale (Maillard, Neyroud et Vez; 1995) notamment au printemps (Tebrügge et Düring; 1999) mais pas sous l'ancienne couche de labour où il n'y a pas de différences (Stengel; 1986). La comparaison entre un semis direct de 30 ans et de 15 ans sur la même parcelle montre qu'**à long terme, le semis direct retrouve de la porosité** (Foy, 2003). Pour des sols non travaillés sur une longue durée, une plus grande homogénéité des pores dans l'évolution du profil a été constatée (Baeumer et Bakermans, 1973; Kainz, 1989; Edwards et al., 1989; Kohl, 1989). Les **fluctuations** de la porosité existent. **Certaines années**, la diminution de porosité est plus forte que son augmentation : compactages, faible fissuration. **Intra-annuellement**, la porosité évolue aussi : récoltes. La vitesse d'évolution de la porosité est différente : rapide lors de compactages, plus lente lors des processus de régénération (Richard et al., 2001).

POROSITE TOTALE

(-)	Macroporosité
-----	----------------------

Pour Tebrügge et Düring (1999), le volume de pores supérieur à 10 µm ne varie pas en TSL. La **macroporosité** varie de façon plus importante. La proportion de macroporosité diminue (pores > 150 µm), la mésoporosité augmente (pores de 0,1 à 50 µm) et la microporosité ne varie pas (Heddadj et Blondel, 2004). D'autres auteurs notent que la macroporosité est **plus faible** dans la couche superficielle (**0-10 cm**) des parcelles travaillées de manière minimale que dans les parcelles labourées. Dans la couche plus profonde (**10-20 cm**), les **différences sont négligeables** (Maillard, Neyroud et Vez; 1995). Au contraire, Nitzsche et al. (2000) décrivent un volume de macropores légèrement augmenté en surface, tandis qu'au niveau de la couche arable, les TSL montrent un volume de macropores nettement plus important.

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION
--

	(Baeumer et Bakermans, 1973)	
	(Edwards et al., 1989)	
M/RE	(Foy, 2003)	Mons - limon profond
M/RG	(Guérif, 1994)	
RG	(Heddadj et Blondel, 2004)	France (Morbihan)
RS	(Kainz, 1989)	Modélisation de l'érosion - Labour/semis sous mulch - Bavière
RE	(Kohl, 1989)	Essais travail du sol de longue durée
RG/RE	(Labreuche et Bodet, 2001)	France (Boigneville)
RE	(Maillard, Neyroud et Vez,	Suisse (Changins)
RE	(Nitzsche et al., 2000)	Essais travail du sol de longue durée - Bade Wurtemberg - travail profond
RG	(Richard et al., 2001)	France
RG/RE	(Stengel, 1986)	France - 10 ans d'essai ITCF - Itcf.Inra
RE	(Tebrügge et Düring, 1999)	Allemagne

STABILITE STRUCTURALE

CONCLUSION

La stabilité structurale est **améliorée** en TSL par le **mulch** et par l'**activité des microorganismes et de la mésofaune du sol**. Un seul labour réduit ces bénéfices à néant.

(+) RESULTATS DETAILLES

La **couche supérieure du sol** est plus stable (Chervet et al., 2001; Nitzsche et al., 2000; Grube, 2003; Tebrügge, 2000). Plusieurs expériences montrent que la proportion d'agrégats stables dans les 0-2 cm est meilleure en non labour qu'en travail du sol conventionnel dès 2 à 10 ans, même pour des sols à mauvaise structure, mais moins bonne que pour une prairie (Boone et al., 1976 ; Carter, 1992 ; Tomlinson, 1974; Douglas et Goss, 1982 ; Horne et al., 1992). Le développement d'une **mésofaune** qui crée des microagrégats (Holland, 2004) et la **croissance microbienne** et sa décroissance au cours de la décomposition des résidus affectent aussi les propriétés physiques du sol en particulier l'**agrégation** (Thevenet, 2001; Labreuche et Bodet, 2001). Cela se traduit par une meilleure **résistance à la battance** et aussi à l'érosion du fait de la protection du sol par le mulch, c'est-à-dire les résidus du précédent broyés et/ou déchaumés (Delaunois et al., 2004).

Les effets positifs de TSL sur plusieurs années au niveau de l'augmentation de la stabilité des agrégats dans la couche supérieure du sol sont **réversibles** et peuvent rapidement disparaître par un retour au labour conventionnel (Mannering et al., 1975).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

	(Boone et al., 1976)	
RE	(Carter, 1992)	Direktsaat - Australien
RE	(Chervet et al., 2001)	Suisse - 5 ans d'essai en semis direct - limons sableux
M/RE	(Delaunois et al., 2004)	Baziège (Midi-Pyrénées)
RE	(Douglas et Goss, 1982)	
RE	(Grube, 2003)	Hesse
RG	(Holland, 2004)	Europe
RE	(Horne et al., 1992)	Mais at avoiner - "Neuseland"
RG/RE	(Labreuche et Bodet, 2001)	France - ITCF
RE	(Mannering et al., 1975)	
RE	(Nitzsche et al., 2000)	Fusariose et eau
RE	(Schjonning et Rasmussen, 1989)	Limon fin - Danemark - 13 à 18 ans
RG, RE	(Tebrügge, 2001)	Direktsaat.
M	(Thevenet, 2001)	France
RE	(Tomlinson, 1974)	

DENSITE APPARENTE

CONCLUSION

La densité apparente des sols est en relation directe avec leur teneur en matière organique. En TSL, la densité du sol **diminue dans la zone travaillée supérieure** (l'horizon de surface qui concentre résidus, matière organique et activité biologique) et **augmente sous la zone travaillée**. Mais une augmentation de densité n'a pas obligatoirement de répercussion négative sur le développement de la culture dans une certaine limite.

RESULTATS DETAILLES

Le non-labour entraîne une **diminution** de la densité dans les **couches supérieures (0-5 cm)** due à la présence du **mulch** (Carter et Steed, 1992; Crovetto Lamarca, 1999; Richter 1995; Beisecker, 1994). Certains auteurs américains ne notent pas de différence de densité dans la couche **0-10 cm** (Blevins, et al., 1983, Chang et Lindwall, 1989; Campbell et al., 1989; Braim et al., 1992), d'autres une **augmentation** de la densité dans cette même couche du fait d'un horizon 5-10 cm **moins poreux** en TSL même avec un travail sur cet horizon (Tebrügge et Düring, 1999; Cannell et Hawes, 1994; Maillard et al., 1995; Ehlers et al., 1983; Chang et Lindwall, 1992; Pierce et al., 1992; Mahoubi et al., 1993 ; Labreuche et Bodet, 2001).

Dans les couches **inférieures** (10-20 cm), une **augmentation** de la densité (plutôt faible) dans les références européennes survient dès la **première année** et avec un **effet du type de travail du sol** (Maillard, Neyroud et Vez, 1995; Heddadj et Blondel, 2004; Tebrügge et Düring, 1999; Labreuche et Bodet, 2001) mais cette densité peut diminuer à long terme en semis direct (Labreuche et Bodet, 2001). Sur l'ancien fond de labour, diminution de la densité (Tebrügge et Düring, 1999; Stengel, 1986). Toutefois, cette augmentation de densité n'est pas toujours synonyme de diminution d'aptitude à l'enracinement d'une culture comme le montrent Braim et al. (1992).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	Blevins et al., (1983)	Etats-Unis - limon sableux - 10 ans
RE	Braim et al., (1992)	Etats-Unis
RE	Campbell et al., (1989)	Etats-Unis
RG	Cannell et Hawes (1994)	Etats-Unis
RE	Carter et Steed (1992)	Australie
RE	Chang et Lindwall (1989)	Canada (Alberta) Sol limoneux - 8 ans d'essai
RE	Chang et Lindwall (1992)	Canada (Alberta) Sol limoneux - 20 ans d'essai
RE	Crovetto Lamarca (1999)	Chili
RE	Ehlers et al., (1983)	Etats-Unis
RE	Heddadj et Blondel (2004)	France - 1 an d'essai - Kerquéhennec
RE	Labreuche et Bodet (2001)	Boigneville - essai longue durée
RE	Mahoubi et al. (1993)	Etats-Unis (Ohio) - chisel/labour
RE	Maillard et al., (1995)	Changins - essai longue durée
RE	Pierce et al., (1992)	Etats-Unis
RE	(Richter, 1995)	
RE	Stengel (1986)	France - 10 ans d'essai ITCF - Inra
RE	Tebrügge et Düring (1999)	Allemagne - essai longue durée

CAPACITE DE RETENTION EN EAU

CONCLUSION

Les TSL ont un **effet nul à positif sur la rétention en eau du sol**. Elles marquent leurs avantages lors des saisons ou en climats secs. Mais les risques d'assèchement local existent sous les zones tassées.

RESULTATS DETAILLES

Effet de l'état hydrique de la parcelle

En régime d'infiltration (au voisinage de la saturation), la **capacité de rétention** du sol à un potentiel donné est **réduite** du fait de la diminution de la porosité. **En régime d'évaporation**, la capacité de rétention en eau est **améliorée** sur les tous premiers centimètres du fait d'une plus forte teneur en matière organique en surface (d'où un moindre ressuyage au printemps). La différence en terme de réserve utile est donc peu sensible (Germon, 1994; Richard et al., 2004).

(+) Rétention en eau

Dans la **couche supérieure** du sol (0-10 cm), la capacité de réserve en eau est légèrement **plus élevée** dans les parcelles travaillées de manières minimales que dans les sols labourés (Maillard, Neyroud et Vez, 1995; Rasmussen, 1999; Nitzsche et al., 2000; Grube, 2003; Tebrügge, 2000) ou dans les sols travaillés au chisel, excepté sous les passages de la moissonneuse (Mahboubi et al., 1998). La rétention d'eau est supérieure de 6% sur 0-12cm par rapport au travail conventionnel (Lafond et al., 1992) et même de 9% (jusqu'à 3 m de prof.) sur la partie non travaillée par rapport au travail sur le rang pour le semis direct (Smika, 1990). L'augmentation est de plus de 50 % par rapport à l'eau disponible sous conduite conventionnelle, et de 35 % par rapport à une prairie après 7 ans (Crovetto Lamarca, 1996). Le **déchaumage** a un effet : la réserve utile augmente de 19 mm par an en TSL avec déchaumage mais de 3 mm sans déchaumage (Oleary, 1996).

En année sèche, sur les 3 sites d'essai en non-labour dans le Bas-Rhin, les rendements du maïs sont significativement supérieurs au labour surtout en semis direct (décompacté) et dans une moindre mesure avec un outil à dents (résultats contraires les années précédentes) (Huss, 2003).

Les vers de terre augmentent la capacité de stockage de l'eau du sol dans les sols limoneux (Potthoff et Beese, 1999). D'autres auteurs ne notent pas de différence globale de capacité de rétention entre le non-labour et le travail conventionnel (Chang et Lindwall, 1989; Chang et Lindwall, 1992; Lal et al., 1989), ou uniquement dans la couche inférieure (10-20 cm) (Maillard, Neyroud et Vez, 1995). Sous semis direct, par rapport au labour conventionnel, une plus faible diminution du volume de macropores qui va jusqu'à 50 % suite au **tassement** (Tebrügge et Düring, 1999) bien qu'après plusieurs années une amélioration mesurable de la structure dégradée par le labour est à attendre dans une profondeur de 20 cm (Pronin, 2003).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION		
--	--	--

RE	(Chang et Lindwall, 1989)	Canada (Alberta) Sol limoneux - 8 ans d'essai
RE	(Chang et Lindwall, 1992)	Canada (Alberta) Sol limoneux - 20 ans d'essai
RG	(Crovetto Lamarca, 1996)	Chili - non-labour/conventionnel/prairie
M	(Germon, 1994)	France
RE	(Grube, 2003)	hessischen Landzeitvergleichsstandorten
RE	(Huss, 2003)	Bas-Rhin - 3 sites d'essai - monoculture de maïs
RS	(Kainz, 1989)	Modélisation de l'érosion - Labour/semis sous mulch - Bavière
RG	(Krück et al., 2001)	
RE	(Lafond et al., 1992)	Saskatchewan - Canada
RE	(Lal et al., 1989a)	Etats-Unis sol argileux drainé - 12 ans d'essai
RE	(Mahboubi et al., 1998)	Etats-Unis (Ohio) - chisel/labour
RE	(Maillard et al., 1995)	Suisse (Changins) - labour et semis direct sur rotation type
RE	(Nitzsche et al., 2000)	Allemagne
RE	(Oleary, 1996)	Australie
RG	(Potthoff et Beese, 1999)	Allemagne
RE	(Pronin, 2003)	Sablo-limoneux et humifères - Brandenburg et Novosibirsk
RE	(Rasmussen, 1999)	Scandinavie
M	(Richard et al., 2004)	France
RE	(Smika, 1990)	Etats-Unis - 12 ans d'essai
RE	(Tebrügge, 2000)	
RE, RG	(Tebrügge et Düring, 1999)	Essais longue durée - semis direct/semis sous mulch - Hessen

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE

CONCLUSION

En TSL, la **conductivité hydraulique** est **améliorée** durablement et à moyen terme par la **continuité des pores d'origine climatique et biologique** (influence forte des galeries de vers de terre et des racines en présence d'un couvert permanent) si ceux-ci ne sont pas détruits par des opérations culturales.

RESULTATS DETAILLES

(+)	Effet de la porosité
<p>Lorsque le sol est saturé ou quasiment saturé, les transferts liquides les plus importants et les plus rapides ont lieu en drainage dans les pores les plus grossiers et s'effectuent donc principalement dans l'espace poral structural (Ney, 1987). La conductivité hydraulique est améliorée si les pores ne sont pas détruits par les passages d'engins. L'efficacité de l'espace poral fissural dépend de l'état de gonflement du matériau et de ses conséquences vis à vis de la fermeture des fissures. Par contre la porosité tubulaire d'origine biologique semble une composante relativement stable de la conductivité hydraulique (Fiès, 1982) voire un des facteurs majeurs (Ehlers, 1975). En régime non saturé, les transferts d'eau sont favorisés par la continuité de la phase liquide et donc par une faible porosité structurale (Guérif, 1994).</p> <p>En culture d'automne, Heddadj et Blondel (2004) ainsi que Holland (2004) remarquent une absorption des pluies par création de porosité qui favorise le labour mais en culture de maïs les TSL sont favorisées car le mulch préserve de la battance. La vitesse d'infiltration est ainsi 10 à 25 fois plus grande en semis direct qu'en labour les 5 années consécutives, surtout sans cultures sarclées dans la rotation (Chervet et al., 2001; Cluzeau et al., 2001).</p>	

(+)	Continuité de la porosité
<p>Les cavités et les pores biologiques grossiers constituent des "chemins préférentiels" qui permettent les transports dans la phase liquide en mouvement, d'ions cependant réputés peu mobiles du fait de leur faculté d'absorption. La porosité créée par l'activité biologique et la présence du mulch de surface est interconnectée ce qui favorise l'infiltration de l'eau (Arshad et al., 1999; Elliott et al., 1999). Ehlers (1975) confirme l'influence positive des galeries de vers de terre pour obtenir une bonne conductivité hydraulique, notamment en milieu saturé entre l'horizon de surface et l'horizon sous labour (Douglas et al.; 1980). Dans un loess, les vers de terre atteignent la surface du sol et sont à l'origine d'un écoulement de l'eau jusqu'à 1,8 m. Alors que les turricules présents dans l'horizon labouré ou non labouré peuvent gêner l'écoulement de l'eau (Guérif, 1994). Plusieurs auteurs avertissent d'une possible entrave de la circulation de l'air du semis direct en sols lourds et humides (Baeumer et Bakermans, 1973; Kainz, 1989; Edwards et al., 1989; Kohl, 1989).</p>	

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE

RE	Blevins et al.(1983)	pas de différence observée Etats-Unis silt - loess - 10 ans
RE	Chang et Lindwall (1989)	Canada - Lehm argileux et lehm - 10 ans
RE	Heard et al. (1988)	Etats-Unis - Limon loessique argileux- 10 ans
RE	Horne et al. (1992)	Nouvelle-Zélande - limon- 10 ans
RE	Lal et al. (1986)	Etats-Unis - argileux- 12 ans
RE	Lal et Van Doren (1990)	Etats-Unis - silt loess- 25 ans
RE	Mielke et al. (1986)	Etats-Unis - 6 et 11 ans - silt loess
RE	Pikul et al. (1993)	Etats-Unis - limon loessique- 27 ans
RE	Sauer et al. (1990)	Etats-Unis - sable- 5 ans
		différence observée en faveur du labour
RE	Heard et al. (1988)	Etats-Unis - silt loess- 5 ans
RE	Heddadj et Blondel (2004)	France - 1 an - culture d'automne
RE	Lindstrom et al. (1984)	Etats-Unis - Lehm argileux- 10 ans
RE	Mielke et al. (1986)	Etats-Unis - silt loess- 6 ans
		différence observée en faveur du non-labour
RE	Chervet et al. (2001)	Suisse (Zollikofen) - 5 ans
RE	Cluzeau et al. (2001)	Suisse - semis direct - 5 ans
RE	Culley et al. (1987)	Etats-Unis - silt loess- 4 ans
RE	Heddadj et Blondel (2004)	France - 1 an - maïs
RG	Holland (2004)	Europe
RE	Mahboubi et al. (1993)	Etats-Unis - silt loess- 28 ans

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION
--

M/RG	(Arshad et al., 1999)	
RE	(Chervet et al., 2001)	Suisse (Zollikofen) - 5 ans
M/RG	(Douglas et al.; 1980)	
M/RG	(Ehlers, 1975)	
M/RG	(Elliott et al., 1999)	
M/RG	(Fiès, 1982)	
M/RG	(Guérif, 1994)	France - ITCF
RE	(Heddadj et Blondel, 2004)	Kerguéhennec - 1 an - blé et maïs
RG	(Holland, 2004)	Scandinavie
M/RG	(Ney,1987)	France
M/RG	(Richard et al., 2004)	France

COMPORTEMENT THERMIQUE

CONCLUSION

Le **sol** en TSL est **plus froid** à cause du mulch et de la baisse de porosité.

(-) RESULTATS DETAILLES

En TSL, le **démarrage des cultures de printemps est plus lent** dans les sols lourds et humides ou les sols clairs (+3,5% de sommes de température finale sur l'année) et l' **inertie thermique** plus grande (mulch et porosité moindre) (Labreuche et al., 2003; Labreuche et Bodet, 2001). L'**humidité du sol** sur les cinq premiers centimètres est le facteur explicatif de cette évolution plus lente de la température du sol. La vitesse de levée est corrélée à la température du sol à 3 cm de profondeur. L'impact du travail du sol s'atténue au stade 6 feuilles du maïs (Labreuche et al., 2003). Les transferts thermiques sont favorisés pour une **porosité structurale** supérieure à 10 %. Les pores sont plus facilement obstrués par des **ménisques d'eau** en TSL et par des **tassements localisés** (Guérif, 1994).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Labreuche et al., 2003)	Boigneville et Midi-Pyrénées
RE	(Labreuche et Bodet, 2001)	Boigneville
M	(Guérif, 1994)	Europe

PORTANCE

CONCLUSION

La **portance** des sols est **améliorée** en TSL

(+) RESULTATS DETAILLES

La **réduction de la macroporosité** du premier horizon entraîne une amélioration de la portance qui permet d'intervenir dans de bonnes conditions lors des applications précoces d'engrais et de phytos (Viaux, 2001). La macroporosité est réduite du fait de l'**absence de fragmentation** et de l'augmentation de compacité qui en découlent. Le nombre de jours disponible augmente. Les déformations liées aux passages de roues ne se font que sur quelques centimètres (Guérif, 1994).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RG	(Viaux, 2001)	ITCF - France
RG	(Guérif, 1994)	InRA - France

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour

Aspects agronomiques du non-labour

Modifications des propriétés chimiques inhérentes au non-labour

EVOLUTION DES PARAMETRES pH, MO, P, K DANS LES DIFFERENTES COUCHES DU SOL

CONCLUSION

Le travail superficiel et le semis direct entraînent une **accumulation des résidus en surface donc des éléments P, K et de la MO** par effet mécanique de non-retournement. Les processus de transformation de cette matière organique engendrent une **acidification** du milieu où se situent les résidus (donc **en surface**). Ces effets seront moins marqués pour un travail profond avec mélange (type chisel). Les modifications de ces propriétés chimiques du sol sont cependant d'une amplitude relativement modeste. Elles n'ont en tout cas pas eu de répercussions négatives sur le rendement des cultures.

L'alternance des techniques et de la profondeur du travail du sol devrait garantir une distribution plus homogène des éléments nutritifs dans la couche arable mais va entraîner une atténuation des propriétés favorables dues à la concentration en surface des éléments notamment de la matière

RESULTATS DETAILLES

Le non-labour entraîne une **accumulation** de matière organique et d'éléments P-K **dans les couches superficielles** travaillées (Kupers et Ellen, 1970; Dick, 1993; Drew et Shaker, 1978; Ellis et Howse, 1980; Ball et O'Sullivan, 1985; Coote et Ramsey, 1989; Rhoton et al., 1993; Smetten et al., 1992; Ketcheson, 1980; Borresen et Njos, 1993; Germon et al., 1994; Tebrügge et Düring, 1999; Labreuche, 2004; Guérif, 1994; Delaunois, 2004; Maillard et Vez, 1988) de 7% en TSL et de 14% en semis direct et travail superficiel après 15 années (Labreuche, 2004). Cela s'accompagne le plus souvent d'une **diminution** des teneurs en ces éléments **sous ces couches superficielles** (mêmes auteurs) mais pas systématiquement (Blevins et al., 1983; Kupers et Ellen, 1970; Maillard et Vez, 1988; Francis et Knight, 1993). Le maintien d'un travail de mélange en profondeur (chisel) dilue la matière organique plus durablement (Maillard et Vez, 1988).

De cette accumulation de la matière organique en surface résulte une **baisse du pH** dans les couches superficielles (Dick, 1993; Blevins et al., 1983; Follett et Peterson, 1988; Rhoton et al., 1993; Diez et al., 1988; Borresen et Njos, 1993; Maillard et Vez, 1988). Presque autant ne notent **pas de différence** de pH (Kupers et Ellen, 1970; Ellis et Howse, 1980; Coote et Ramsey, 1983; Smetten et al., 1992). La baisse est rapidement remarquable en semis direct et travail superficiel, mais pas lors d'un mélange plus en profondeur. Il faut attendre 20 années lors du maintien d'un travail du sol profond avec un chisel (Maillard et Vez, 1988 - 1994).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION		
--	--	--

RE	Ball et O'Sullivan (1985)	Ecosse
RE	Blevins et al. (1983)	maïs après 50 ans de prairie - semis direct/labour - SL drainant
RE	Borresen et Njos (1993)	Norvège
RE	Coote et Ramsey (1989)	Canada
RE	Crovetto Lamarca (1999)	Chili
RE	Delaunois (2004)	Midi-Pyrénées
RE	Dick (1993)	Etats-Unis
RE	Diez et al. (1988)	Allemagne
RE	Drew et Shaker (1978)	Angleterre
RE	Ellis et Howse (1980)	Angleterre
RE	Follett et Peterson (1988)	Etats-Unis
RE	Francis et Knight (1993)	Nouvelle-Zélande
M/RE	Germon et al., (1994)	Grignon
RE	Guérif (1994)	France
RE	Haynes et Knight (1989)	Nouvelle-Zélande
RE	Horne et al. (1992)	Nouvelle-Zélande - limon- 10 ans
RE	Ketcheson (1980)	Canada
RE	Kupers et Ellen (1970)	Pays-Bas
RE	Labreuche (2004)	Boigneville - Essais longue durée
RE	Maillard et Vez (1988)	Suisse
RE	Maillard et al., (1994)	Changins
RE	Nutall et al. (1986)	Canada
RE	Rhoton et al. (1993)	Etats-Unis
RE	Smetten et al. (1992)	Australie
RE	Tebrügge, Düring (1999)	Allemagne

MINERALISATION (NITRIFICATION)

CONCLUSION

La **modification physique et thermique du profil** engendre une **cinétique de minéralisation différente à court et moyen terme**, voire une **diminution de la minéralisation sensible au départ de végétation en sortie hiver**.

RESULTATS DETAILLES

Effets de la porosité et de la matière organique

Le travail du sol bouleverse la structure du sol et ainsi expose les matières organiques à la minéralisation (vitesse de décomposition deux fois moins rapide en TSL à Boigneville). La décomposition des matières organiques dépend du **contact entre les résidus végétaux et le sol** et de la **disponibilité de l'azote des micro-organismes** (du fait d'une localisation en surface des résidus) (Thevenet, 2001). Il y a diminution des **coefficients de minéralisation et d'humification** en TSL (Labreuche et Bodet, 2001; Germon et al., 1994; Dowdell et Cannell, 1975). La baisse de la minéralisation s'explique par **l'augmentation de densité apparente**, d'une **acidification** plus élevée, **de l'humidité du sol** notamment au printemps, d'une **température plus basse** et d'une **capacité de réchauffement plus lente** (Germon et al., 1994).

(+) Nitrification

Des mesures ont montré une **activité nitrifiante meilleure** sur l'horizon 0-5 cm de mars à octobre grâce à une meilleure disponibilité en **ions ammonium**, une meilleure **humidité** et un meilleur pH, mais sans différences en profondeur (Angle et al., 1993; Groffman, 1984). La nitrification est aussi améliorée lors des **périodes sèches** en TSL (plus d'humidité) (Rice et Smith, 1983). Dans un limon sableux sur maïs, la nitrification est plus forte de 50 % **sous le rang** qu'entre les rangs lors de l'opération de semis direct. Il n'y a pas d'effet au semis sur travail superficiel. Lors de la période de croissance, la nitrification est plus forte en semis direct qu'en travail superficiel (Staley et al., 1988).

(=) Quantité d'azote total

La **cinétique de minéralisation** différente en TSL (pics de minéralisation au printemps en labour; retardement et moindres amplitudes en TSL) engendre **une variation interannuelle de l'azote en solution** entre le labour et les TSL mais les quantités minéralisées sont équivalentes au final (Doran, 1980; Germon et al, 1994; Reinhard et al., 2001; Baker, 1985). L'**inertie** des systèmes de travail simplifié est donc plus grande (Follett et Schimel, 1989). Pour Maillard (1992), les quantités d'azote minéral présentes sont **indépendantes du type de travail du sol**. Par ailleurs, il y a une meilleure disponibilité en phosphore grâce à l'activité biologique des microorganismes.

Schulze et Grimm (2000) ont mis en évidence environ 10kg N/ha de moins de disponible en cas de semis mulché et de semis direct. Les essais ont montré en hiver de plus fortes teneurs d'azote minéral en système labour par rapport aux semis mulché et direct. La variante semis mulché avait la plus faible valeur de nitrates en automne et durant l'hiver. Pronin (2003) constate de plus fortes teneurs de nitrates à l'automne en semis direct qu'en labour. Ceci est expliqué par les **plus faibles rendements obtenus, qui** montre bien le risque de lessivage de nitrates si les rendements prévus ne sont pas atteints. Il est conseillé de s'attacher au suivi et contrôle des valeurs en azote du sol durant la phase de conversion.

MINERALISATION (NITRIFICATION)

(+)	Stock potentiellement minéralisable
-----	--

Il y a augmentation du **stock potentiellement minéralisable**, en contrepartie d'une baisse de la minéralisation (Dowdell et Cannell, 1975). La minéralisation et la croissance des plantes devraient à **terme** réduire la différence de distribution dans le sol et d'utilisation de l'azote entre un semis direct et un travail superficiel (Carter et Rennie, 1987).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Angle et al., 1993)	USA- limons sablo-argileux; céréales hiver et printemps
RG	(Baker, 1985)	synthèse de 8 essais USA, R-U
RE	(Blevins et al., 1983)	maïs après 50 ans de prairie - semis direct/labour - SL drainant
RG	(Carter et Rennie, 1987)	Canada - 3 ans - semis direct/travail superficiel - sol brun
RE	(Doran, 1980)	USA
RG	(Dowdell et Cannell, 1975)	USA
RE	(Follett et Schimel, 1989)	USA
M	(Germon et al., 1994)	France (essais ITCF)
RL	(Groffman, 1984)	
RE	(Kockmann et al., 1991)	
RE	(Labreuche et Bodet, 2001)	28 ans - essai longue durée Boigneville
RE	(Langlet et Rémy, 1976)	Boigneville
RE	(Maillard, 1992)	Boigneville
RE	(Pronin, 2003)	Sablo-limoneux et humifères - Brandenburg et Novosibirsk
RE	(Reinhard et al., 2001)	Zollikofen (Suisse)- Période d'essai : 1994-1999
RE	(Rice et Smith, 1983)	USA
RE	(Schulze et Grimm, 2000)	Bade-Wurtemberg - 13 sites d'essai
RE	(Staley et al., 1988)	USA - maïs sur limons sableux - semis direct/labour - 3 ans
M	(Thevenet, 2001)	France (essais ITCF)

DENITRIFICATION

CONCLUSION

La **dénitrification** est **plus forte** en TSL.

(-) RESULTATS DETAILLES

La **dénitrification** est **plus forte en TSL qu'en labour** (Rice et Smith, 1983; Aulakh et al., 1984; Germon et al., 1994) et **plus forte en semis direct qu'en travail superficiel**, notamment **au moment de la récolte** (Staley et al., 1990). Elle est particulièrement active en période humide (Dowdell et Cannell, 1975) mais aussi bien en TSL qu'en labour (Gillian et Hoyt, 1987). Le semis direct pourrait engendrer une perte équivalente à 2 à 8 kg/ha/an par ce processus (Gillian et Hoyt, 1987).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	(Aulakh et al., 1984)	USA
RE	(Dowdell et Cannell, 1975)	R-U
RG	(Gillian et Hoyt, 1987)	Europe, EU
RE	(Rice et Smith, 1983)	USA
RE	(Staley et al., 1990)	USA - maïs sur limons sableux

REORGANISATION

CONCLUSION

La **réorganisation** des éléments minéraux est **plus forte** en TSL. La dynamique des éléments organiques et minéraux évolue avec les techniques de travail sans labour. Les **éléments minéraux** sont généralement **moins disponibles** pour les cultures : **dénitrification**, **réorganisation** et **moindre minéralisation**. Des exceptions : saisons ou climats secs, structure du sol poreuse et non dégradée.

(+) RESULTATS DETAILLES

Une incorporation plus rapide de l'azote à la matière organique en TSL a lieu du fait d'une plus forte population microbienne (Doran, 1980; Fox et Bandel, 1986). Elle correspond à 50 kg N/ha/an réorganisés en limons (Gilliam et Hoyt, 1987; Fleige et Baeumer, 1974). Reinhard et al. (2001) relèvent une augmentation de la quantité d'**humus de 10% sur 0-10 cm en 5 ans de SD** et une immobilisation parallèle d'azote ; Langlet et Rémy (1976) constatent des augmentations d'humus de 14% et 10% après 4 années de TSL et de travail superficiel à Boigneville et de 27% et 14% après 15 ans à Grignon sur l'horizon de surface. Cela devrait être rapporté à une plus grande population de microorganismes anaérobies notamment en semis direct (Groffman et al., 1985).

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RG	(Doran, 1980)	USA
RG	(Fox et Bandel, 1986)	
RG	(Gilliam et Hoyt, 1987)	Europe, EU
RG	(Fleige et Baeumer, 1974)	Allemagne
RE	(Groffman et al., 1985)	Bié, USA
RE	(Langlet et Rémy, 1976)	Boigneville et Grignon
RE	(Reinhard et al., 2001)	Suisse

CONSEQUENCES PRATIQUES POUR LA GESTION DE L'AZOTE

CONCLUSION

Les retards de développement de la végétation et de la minéralisation observés surtout en semis direct peuvent être réduits par un **renforcement de la dose du premier apport d'azote** et une **diminution en conséquence des apports suivants** lors des premières années de non-labour, ou d'un passage à un type d'**engrais à action plus rapide**. Mais des mesures de reliquats montrent que cet apport n'est **pas toujours justifié ou bénéfique** pour la qualité des récoltes **d'une année à l'autre**.

RESULTATS DETAILLES

(-)	Absorption d'azote
Il peut exister une diminution d'absorption d'azote qui résulte d'une moindre minéralisation et aussi d'un enracinement réduit lié à la structure du sol (Germon et al., 1994; Kockmann et al., 1991) ou d'une différence d'absorption liée au type de culture (Maillard, 1992).	
(~)	Apport d'azote supplémentaire
Une carence en azote dans les premiers stades de végétation peut être néfaste à la mise en place des composantes précoces du rendement. Mais si la fertilisation initiale est plus élevée, il n'y a plus de différences de rendement. Un renforcement de la dose azotée lors du premier apport sur maïs (Germon et al., 1994; Blevins et al., 1983; Langlet et Rémy, 1976; Reinhard et al., 2001) se justifie par un enracinement moindre en semis direct au printemps et un décalage de la courbe de minéralisation (Fox et Bandel, 1986).	
En semis direct, la première dose d'azote a été majorée de 10 unités sur cultures d'automne pour une dose totale équivalente (rendements + 5 à 6 %). Sur maïs, betteraves et pommes de terre la fumure totale a été majorée les deux premières années de 20-25 unités car les années suivantes, du phosphate d'ammonium a été apporté au semis (le retard ne s'est alors plus manifesté). Les rendements ont ainsi été améliorés à partir de la 3 ^e année: + 8,2% pour le maïs et +7% pour les betteraves (Maillard et Vez, 1988). C'est surtout dans les argiles lourdes où la fourniture d'azote par le sol est faible du fait d'une activité biologique moindre, et d'autant plus si de l'azote est nécessaire pour dégrader les pailles (cannes de maïs), que les doses doivent être renforcées. Cela ne doit toutefois pas être systématique, le facteur année étant à prendre en compte (Stemann, 2001; Schulze et al., 2000; Schulze et Grimm, 2000). Sur blé, Langlet et Rémy (1976) remarquent que les retards de minéralisation ne se traduisent pas par une diminution des exportations azotées par le blé à la récolte.	
A contrario des mesures montrent que les quantités d'azote minéral présentes dans le sol au printemps sont équivalentes en labour et TSL (Reinhard; 2001). Les apports doivent être raisonnés de la même manière (maïs et blé) (Maillard, 1992; Maillard et Vez; 1988). Une fumure supplémentaire de 20 unités d'azote en semis direct a été apportée en juin sur betteraves sucrières du fait d'un retard de croissance (20 N en plus au total). Elle a plutôt provoqué un excès d'azote confirmé par un moindre rendement en sucre. Des mesures réalisées au printemps sur céréales d'automne n'ont pas montré de différences d'Nmin dans le sol. Après couvert, le maïs n'a pas montré de différences entre labour et semis direct tout au long de la période de culture. Il n'y a donc pas lieu d'augmenter la fumure azotée en semis direct (Zihlmann et al, 2001). D'autre part, les effets bénéfiques d'une moutarde sur le rendement d'un maïs posent la question d'une fertilisation du couvert en cas de faibles reliquats (Maillard et Vez; 1988). La fertilisation peut être réduite en période de forte minéralisation (à partir de mai), si bien que l'apport total d'azote reste équivalent. Des formes d'engrais plus rapidement assimilable (AHL, ammonitrate) restent préférables (Stemann, 2001; Schulze et al. , 2000; Schulze et Grimm, 2000).	

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION		
---	--	--

RE	(Blevins et al., 1983)	maïs après 50 ans de prairie - semis direct/labour - SL drainant
RG	(Fox et Bandel, 1986)	
M	(Germon et al., 1994)	France (essais ITCF)
RE	(Kockmann et al., 1991)	
RE	(Langlet et Rémy, 1976)	Boigneville et Grignon
RE	(Maillard, 1992)	Changins
RE	(Maillard et Vez, 1988)	Changins
RE	(Maillard et Vez, 1995)	Changins
RE	(Pronin, 2003)	Sablo-limoneux et humifères - Brandenburg et Novosibirsk
RE	(Reinhard et al., 2001)	Zollikofen (Suisse)- Période d'essai : 1994-1999
RE	(Schulze et Grimm, 2000)	Bade-Wurtemberg
RE	(Schulze et al., 2000)	Bade-Wurtemberg
RG	(Stemann, 2001)	
RE	(Zihlmann et al, 2001)	Zollikofen (Suisse)- Période d'essai : 1994-1999

Constat dans les parcelles cultivées sans labour par rapport au labour
Aspects agronomiques du non-labour
Modifications des propriétés biologiques inhérentes au non-labour

VERS DE TERRE

CONCLUSION

Les **TSL favorisent** généralement les **espèces épigées et anéciques** de vers de terre avec des variabilités selon la **technique de travail du sol**, la **présence de mulch** ou de **couverts permanents** et le type de sol.

RESULTATS DETAILLES

Facteurs favorables au développement des vers de terre

Une réduction de la **profondeur et de l'intensité du travail du sol**, telle qu'elle peut être réalisée avec la culture sans labour, le semis direct en particulier, a une action **favorable sur le nombre et la biomasse de vers de terre** (Ehlers et al., 1983; Bieri et Cuendet, 1989). L'augmentation de la population de vers de terre **dépend** aussi du type de sol (limons plus favorables) et du **couvert utilisé** (permanent favorisé). Une augmentation forte n'est tout de même pas systématique (**l'enfouissement des résidus aurait un impact fort**). La biomasse totale est plus forte pour une **succession de plantes non sarclées** (Chervet et al., 2001). Il est possible de favoriser les vers de terre et en particulier ceux qui forment des galeries verticales à l'aide d'une couverture végétale conséquente. Les amendements organiques et en particulier le fumier et les composts agissent positivement sur les populations de vers de terre (Ehrmann, 2000; Ehlers, 1975; Tebrügge, 1987; Edwards, 1983).

(+) Observations du développement des vers de terre

Tous les auteurs s'accordent sur l'**augmentation des vers de terre** dans les parcelles cultivées sans labour, notamment des espèces épigées et anéciques. L'augmentation progressive concerne le **nombre de galeries** de vers de terre dans les **zones tassées "stables"** (supérieures à 250 cm²) les zones inférieures n'étant plus tassées (Foy, 2003). Après 22 ans, Delaunois et al. (2004) relèvent 6 fois plus de biomasse lombricienne, 2 fois plus de galeries à 25-40 cm et 30 fois plus à 5 cm. **Le volume de galeries de vers** a augmenté de 2,5 en travail superficiel et de 11 en semis direct et la **masse des rejets** des vers de terre a augmenté de 2,5 et 8 (Cluzeau et al., 2001). Après 20 ans de semis direct, la population de vers de terre augmente de 20-35 à 200 Individus par m² (Tebrügge et Abelsonova, 1998).

(+) Impact des vers de terre sur le profil

Aucun impact sur la porosité n'est relevé les **trois premières années**. Il faut **5 à 10 ans de TSL** pour observer des grosses galeries de vers de terre (Delaunois, 2004). Les structures mises en place par les vers de terre qui ont souvent une durée de conservation d'une à des dizaines d'années ne se construisent qu'au fil du temps après accroissement de la population, car en l'espace d'une année seule une petite partie du sol est transformée (Ahrberg, 2003; Bieri et Cuendet, 1989; Ehrmann, 2000).

VERS DE TERRE

Les **caractéristiques** biologiques, chimiques et physiques des déjections lombriciennes dépendent des conditions environnementales : **texture du sol, disponibilité et qualité de la matière organique** (Cluzeau et al., 2001). Les vers de terre mettent en place un système de conduits profonds et continus (bioturbation) qui permet l'**aération du sol** ainsi que l'ouverture d'un **réseau de voies de pénétration pour les racines des plantes** (Tebrügge et Abellova, 1998) et par là un accès aux réserves en eau. Des racines de plantes à enracinement profond (par ex. betterave à sucre et colza) sont souvent retrouvées dans les anciennes galeries de vers de terre (Graff, 1983). Les vers de terre entraînent presque totalement tous les résidus de récolte et les feuilles des arbres qui tombent chaque année et améliorent ainsi considérablement le **recyclage des éléments nutritifs** (Bieri et Cuendet, 1989; Ehrmann, 2000; Tebrügge, 1987; Joschko et al., 2001; Ahrberg, 2003). Les vers de terre augmentent la stabilité des agrégats et la capacité de stockage en eau des sols limoneux (Kretschmar, 1982; Potthoff et Beese, 1999). Ceci est la conséquence du dépôt de leurs déjections à la surface du sol.

En semis direct, le nombre de vers de terre par hectare atteint jusqu'à 1.000.000 d'individus. Ils produisent jusqu'à **20 tonnes du complexe argilo-humique fertile**, dans lequel se trouvent les éléments nutritifs pour les racines des plantes (Volk, 2001). Les vers de terre sont capables de **passer à travers des horizons de sols compactés**. Les pores grossiers, qui traversent la zone compactée sont des points de passage importants pour les racines et facilitent l'accès aux couches profondes du sol (Ehlers et al., 1983; Bieri et Cuendet, 1989).

VERS DE TERRE

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	Ahrberg (2003)	blé d'hiver en agriculture biologique
RE	Anken et al. (1997)	Suisse
RE	Berry et Karlen et al. (1993)	Etats-Unis
RG	Bieri et Cuendet (1989)	Schweiz
RE	Chabert (1996)	France
RE	Chan, 2001	Etats-Unis
RE	Chaussod (2001)	Caen - limons - travail superficiel
RE	Chervet et al. (2001)	Suisse - limons sableux
RE	Cluzeau et al. (2001)	France - limons profond - travail superficiel/SD/L - rotation type- uni
RE	Cure et al. (1991)	France
RE	Deibert et al (1991)	Etats-Unis
RE	Delaunois et al., (2004)	France (Midi-Pyrénées)
RE	De St Remy et Daynard (1988)	Canada
RE	Diez et al. (1988)	Allemagne
RE	Doube et al. (1994)	Australie
RG	Edwards (1983)	
RE	Edwards et Lofty (1982)	Angleterre
RE	Ehlers (1975)	Allemagne - limons
RE	Ehlers et al. (1983)	Löss
RE	Ehrmann (2000)	Bade-Wurtemberg
RE	Ellis et al. (1977)	Angleterre
RE	Foy (2003)	Mons - limons profonds
RE	Francis et Knight (1993)	Nouvelle-Zélande
RE	Gerard et Hay (1979)	Angleterre
	Graff (1983)	
RE	Hanes et Uren (1990)	Australie
RE	Haukka (1988)	Finlande
RE	Heddadj et Blondel, 2004)	France - Bretagne Kerguéhennec
RE	Hennuy et al. (1983)	Belgique
RE	Joschko et al. (2001)	Saxe (Allemagne)
RE	Karlen et al. (1994)	Etats-Unis
RE	Kladivko et al. (1986)	Etats-Unis
	Kretschmar (1982)	
RE	Labreuche et Bodet (2001)	France
RE	Maillard et Cuendet (1997)	Suisse
RE	Mallett et al. (1987)	Afrique du Sud
RE	Nuutinen (1992)	Finlande
RE	Parmelée et al. (1990)	Etats-Unis
RE	Sturny (1988)	Suisse
RE	Tebrügge, Düring (1999)	Allemagne
RE	Wyss et Glasstetter (1992)	Suisse
RE, RG	Tebrügge & Abelsova	labour-travail du sol - semis direct
	Tebrügge (1987)	
RG, M	Volk (2001)	

ACTIVITE BIOLOGIQUE

CONCLUSION

L'**activité microbienne** globale semble peu bouleversée par les TSL mis à part le fait qu'elle **se concentre sur les couches superficielles du sol**.

(=) RESULTATS DETAILLES

La culture sans labour (le semis direct en particulier) n'a pas toujours un effet positif sur les propriétés biologiques du sol (biomasse microbienne, activités respiratoires et enzymatiques). Il n'y a souvent qu'un **effet concentration en surface** des microorganismes par simple effet mécanique. Dans les parcelles labourées, l'activité biologique du sol est uniforme sur l'ensemble de la couche arable (0 à 20 cm).

En semis direct, le niveau azoté de la biomasse microbienne est 48% plus élevé qu'en travail superficiel, alors que l'azote minéral diminue de 62% sur l'horizon 2-5 cm. Le poids de la biomasse microbienne est supérieur de 7%. Mais en profondeur, il y a diminution de l'activité biologique s'il n'y a pas de travail du sol (Chaussod, 2001).

Dans les parcelles cultivées sans labour, l'activité biologique est **plus intense dans les couches supérieures du sol** que dans celles inférieures. Au final, **pas de différence significative de biomasse microbienne**. L'évolution des propriétés biologiques du sol est liée avant tout à la gestion de la matière organique et des résidus phytosanitaires.

AUTEURS PRECEDEMMENT CITES ET CONDITIONS DE LEUR EXPERIMENTATION

RE	Angers et al. (1993)	Argentine
RE	Beck et Beck (1994)	Allemagne
	Böhm et Ahrens (1990)	Allemagne
RE	Carter et Rennie (1987)	Canada
RE	Cartier (1986)	Canada
RG	Chaussod et al., (2001)	France
RE	Dick et Daniel (1987)	Etats-Unis
RE	Franzluebbers (1995)	Canada
RE	Grocholl et Ahrens (1990)	Allemagne
RE	Haynes et Knight (1989)	Nouvelle-Zélande
RE	Hendrix et al. (1988)	Etats-Unis
RE	Jäggi et al. (1985)	Suisse
RE	Karlen et al. (1994)	Etats-Unis
RE	Maillard et Cuendet (1997)	Suisse
RE	Reicosky et al. (1995)	Etats-Unis
RE	Tamm et Krzysch (1964)	Allemagne
RE	Stanley et al. (1988)	Semis direct
RG, RE	Tebrügge (2001)	Semis direct
RE	Unger (1991)	Semis direct

Annexe 1.2 : Liste des références bibliographiques utilisées

- Ackermann, R. (2002): Maismulchsaat rechnet sich. Landwirtschaft ohne Pflug 5/2002, S. 25-29.
- AG Alpen-Adria (2000): Bodenbiologische Untersuchungsmethoden auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Empfehlungen einer abgestimmten Vorgehensweise der Unterarbeitsgruppe „Bodenbiologie auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ der Arbeitsgruppe „Bodenschutz“ der AG Alpen-Adria des Institute of Earth Sciences (IST) der University of Applied Sciences of Southern
- Agreste-Haut-Rhin (2004): Agreste Haut -Rhin 7, 1-6.
- Ahl, C., Joergensen, R.G., Kandeler, E., Meyer, B. & Wöhler, V. (1998): Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. Soil & Tillage Research 49 (1998), S. 93-104.
- Ahrberg, S. (2003): Einfluss differenzierter Bodenbearbeitung und unterschiedlicher Vorfrüchte auf die Stickstoffdynamik des Bodens sowie auf die Stickstoffaufnahme und Ertragsbildung von Winterweizen im Ökologischen Landbau. Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Organischen Landbau, Justus-Liebig-Universität Giessen.
- ALLB FREIBURG (o.J.): Natürliche Gegebenheiten im Dienstbezirk des Amtes. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/allb/Freiburg/start.htm>.
- Alvès, F. (2002): Le travail du sol simplifié: site de Kappelen, rapport, 7 pages.
- Ammon, H. U., Bohren, C., Scherrer, C., Wadlbürger, M. (1995): Erträge mit mechanisch oder chemisch regulierter Begrünung. Agrarforschung, 2: 389-392.
- Amt für Landwirtschaft Emmendingen-Hochburg (2004): Maistagung, Besprechung der Versuchsergebnisse 2003 auf der Hochburg. unveröffentlichte Tagungsunterlagen; Hrsg. Regierungspräsidium Freiburg, Referat 33, 135 S.
- Angers, D. A., N'Dayegamiye, A., Cote, D. (1993): Tillage-induced differences in organic matter of particle size fractions and microbial biomass. Soil Science Society of America Journal 57, 512-516.
- Angle, J. S., Gross, C. M., Hill, R. L., McIntosh, M. S. (1993): Soil nitrate concentrations under corn as affected by tillage, manure, and fertilizer applications. Journal of Environmental Quality 22, 141-147.
- Angle, J. S., McClung, G., McIntosh, M. S., Thomas, P. M., Wolf, D. C. (1984): Nutrient losses in runoff from conventional and no-till corn watersheds. Journal of Environmental Quality 13.
- Anken, T. & Berweger, H. (1998): Den Kinderschuhen entwachsen, die Streifenfrässaat. UFA-Revue, Vol3/98:18-20.
- Anken, T., Heusser, J., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H. R., Hogger, C., Scherrer, C., Mozafar, A., Stürny, W. G. (1997): Soil cultivation systems. Direct sowing sets highest standards, In, FAT-Berichte, Switzerland, vol. 501, pp. 14.
- Anken, T., Stürny, W. G. (1992): A new implement combination. Technique Agricole 53, 15-17.
- Anonymus (2005): Ährenfusarium: Gefahr nicht nur während der Blüte. Top-agrar 6/2005: 42-45.
- Arah, J. R. M., Smith, K. A., Crichton, I. J., Li, H. S. (1991): Nitrous oxide production and denitrification in Scottish arable soils. Journal of Soil Science 42, 351-367.

- Armand, R. (2004): Observation, appréciation et quantification du ruissellement appliquées aux parcelles cultivées en techniques culturales sans labour (TCSL): Mémoire de DESS, université de Strasbourg, 83.
- Arshad, M. A., Franzluebbers, A. J., Azooz, R. H. (1999): Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil & Tillage Research* 53, 41-47.
- Auerswald, K. (2002): Schätzung des C-Faktors aus Fruchtartenstatistiken für Ackerflächen in Gebieten mit subkontinentalem bis subatlantischem Klima nördlich der Alpen. *Landnutzung und Landentwicklung* 43:1-5.
- Aulakh, M. S., Rennie, D. A., Paul, E. A. (1984): Gaseous nitrogen losses from soils under zero-till as compared with conventional-till management systems. *Journal of Environmental Quality* 13, 130-136.
- Baeumer, K. & Bakermans, W. A. P. (1973): Zero - tillage. *Adv. Agron.* 25: 77-123. In: KANÉ (2000).
- Baker, D. B. (1985a): Regional water quality impacts of intensive row-crop agriculture: a Lake Erie Basin case study. *Journal of Soil and Water Conservation* 40, 125-132.
- Baker, J. L., Laflen, J. M. (1981): Runoff losses of nutrients and soil from ground fall-fertilized after soybean harvest, In, ASAE Paper, vol. 81.
- Baker, J. L., Laflen, J. M. (1983): Water quality consequences of conservation tillage. *Journal of Soil and Water Conservation* 38, 186-193.
- Baker, J.-L. (1985b): Conservation tillage: water quality implications. A system approach of conservation tillage, F.M. D'Itri Edition.
- Balabane (2004): Rapport d'avancement du projet Dmostra (Gessol). Non publié.
- Ball, B. C., Campbell, D. J., Douglas, J. T., Henshall, J. K., O'Sullivan, M. F. (1997). Soil structural quality, compaction and land management. *European Journal of Soil Science* 48, 593-601.
- Ball, B. C., Lang, R. W., Robertson, E. A. G., Franklin, M. F. (1994): Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20-25 years of conventional tillage or direct drilling. *Soil & Tillage Research* 31, 97-118.
- Ball, B. C., O'Sullivan, M. F., Lang, R. W. (1985): Cultivation and nitrogen requirement for winter barley as assessed from a reduced-tillage experiment on a brown forest soil. *Soil & Tillage Research* 6, 95-109.
- Barriuso, E., Calvet, R., Cure, B. (1994): Incidence de la simplification du travail du sol sur le comportement des produits phytosanitaires: conséquences sur les risques de pollution. *INRA Editions* 65, 105-124.
- Bartels, G. (2001): Pflanzenschutzmanagement bei pflugloser und reduzierter Bodenbearbeitung. *Mitteilungen der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. Parey Buchverlag; 1999.
- Bassemir, U.K. (2002): Collembolen und Bodenbearbeitung: Qualitative Aspekte, Bodenbearbeitung und Bodengesundheit, Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz.
- Bauchhenß, J., Juritsch, G., Labes, G., Öhlinger, R., Scherer, J., Schubert, A., Suttner, T. & Tscherko, D. (1998): Bodenbiologische Untersuchungsmethoden auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Empfehlungen einer abgestimmten Vorgehensweise der Unterarbeitsgruppe „Bodenbiologie auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ der Arbeitsgruppe „Bodenschutz“ der Arge Alpen-Adria.

- Bäumler, W. (2000): Beutegreifer dezimieren Feldmäuse. *Landwirtschaft ohne Pflug*, 5/2000, S. 5-8.
- Beck, T., Beck, R. (1994): The microbial biomass in agricultural soils. 1st communication: the spatial distribution of the biomass in soils. *Agribiological Research* 47, 284-294.
- Beisecker, R. (1994): Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge, die Wasserinfiltration und die Stoffverlagerung eines Löß- und eines Sandbodens. In: H.R. Bork, H.-G. Frede, M. Renger; F. Alaily, C. Roth & G. Wessolek (Hrsg.): *Bodenökologie und Bodengenese*, Heft 12, Technische Universität Berlin, Selbstverlag.
- Benger, M. (2001): Von der Durststrecke Auf die Erfolgslinie. *DLZ-Agrarmagazin* 07/2002.
- Berger, B. M., Duhlmeier, D., Siebert, C. F. (1999): Tillage effects on persistence and distribution of trifluralin in soil. *Journal of Environmental Quality* 28, 1162-1167.
- Bergevoet, R. H. M., Ondersteijn, C. J. M., Saatkamp, H. W., van Woerkum, C. M. J. & Huirne, R. B. M. (2004): Entrepreneurial behaviour of dutch dairy farmers under a milk quota system: goals, objectives and attitudes *Agricultural Systems* Vol. 80(1): 1-21.
- Beste, A. (1999): Bodenbeurteilung mit dem Spaten in Praxis, Beratung und Wissenschaft. *Ökologie & Landbau* 110, 2/1999.
- Beste, A. (2002): Das Problem mit dem Wasser ist ein Bodenproblem. *Ökologie & Landbau* 124, 4/2002.
- Beste, A., Hampl, U. & Kussel, N. (2001): Bodenschutz in der Landwirtschaft: Einfache Beurteilung für Praxis, Beratung und Forschung. Bad Dürkheim, Stiftung Ökologie & Landbau, *Ökologische Konzepte* 101, 111 S.
- Bieri, M. & Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen Schweiz. *Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse* 28 (2), 1989 S.81-96.
- Bilalis, D., Vakari, C., Sidiras N. & Köpke, U. (o.J.): Einfluss von drei Bodenbearbeitungssystemen auf bodenphysikalische Eigenschaften und Wurzelwachstum von Wintergetreide auf einem Ackerstandort in Athen. Unveröffentlichtes Poster, Institut für organischen Landbau der Universität Bonn, im Internet unter <http://www.iol.uni-bonn.de/poster/14.pdf>.
- Blevins, R. L., Thomas, G. W., Smith, M. S., Frye, W. W., Cornelius, P. L. (1983): Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil & Tillage Research* 3, 135-146.
- Blevins, R.L. (1984): Soil adaptability for no-tillage. Van Nostrand Reinhold Company, "No-Tillage Agriculture, Principles and Practices", New York, pp. 42-85. In: KANÉ (2000).
- Blevins, R.L., Smith, M.S. & Thomas, G.W. (1984): Changes in soil properties under noillage. Van Nostrand Reinhold Company, "No-Tillage Agriculture, Principles and Practices", New York, PP. 190-225.
- Blondel, R., D.Heddadj (2004): Epandage d'engrais de ferme et techniques sans labour. *Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux*, Colloque MEDD - CORPEN, 17-23.
- Böck, G. (1997): Strukturuntersuchungen am Bodenbearbeitungs-Systemversuch Triesdorf. Diplomarbeit, Fachgebiet Pflanzliche Erzeugung, Fachbereich Landwirtschaft und Umweltsicherung, Fachhochschule Weihenstephan/Triesdorf.

- Bockstaller, C. & Hanson, G. (1999): Umsetzung der Integrierten Produktion in Ackerbaubetrieben der Rheinebene. Abschlussbericht zum ITADA-Projekt A4, 1996-1998.
- Böhm, H. & Ahrens, E. (1989): Die Nitratreduktase-Aktivität in Abhängigkeit von langjährig differenzierter Bodenbearbeitung. VDLUFA Schriftenreihe 30: 497-502. In: KANÉ (2000).
- Bohren, C., Ammon, H.-U., Dubios, D. & Streit, B. (2002): Erträge von Silomais nach verschiedenen Anbauverfahren. AGRAR Forschung 9(9): S. 386-391 (2002).
- Boiffin, J., Monnier, G. (1994): Suppression du labour et érosion hydrique dans le contexte agricole français: bilan et possibilité d'application des références disponibles. INRA Editions 65, 85-104.
- Borchert H. & Graf R. (1988): Zum Vergleich von Penetrometermessungen, durchgeführt bei unterschiedlichem Wassergehalt. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 151, 69-71.
- Bordes, J.-P., Rouquette, A., Blondlot, A. (2001): Techniques sans labour: conséquences sur le comportement des herbicides racinaires. Perspectives agricoles 271, 68-74.
- Borresen, T., Njos, A. (1993): Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. I. Soil properties. Soil & Tillage Research 28, 97-108.
- Bouché, M.B. (1982): Un exemple d'activité animale: le rôle des lombriciens. Zit. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), S.81-96.
- Braim, M. A., Chaney, K., Hodgson, D. R. (1992): Effects of simplified cultivation on the growth and yield of spring barley on a sandy loam soil. 2. Soil physical properties and root growth; root:shoot relationships, inflow rates of nitrogen; water use. Soil & Tillage Research 22, 173-187.
- Buchner, W. & Köller, K. (1990): Bodenbearbeitung und Bodenfruchtbarkeit. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Burtin, M.L., Nussbaumer, H. & Juncker-Schwing, F. (1998): Optimierung des Zwischenfruchtanbaus. Abschlussbericht zum Projekt ITADA A 1.2., 1996-1998. Colmar, Frankreich, 78 S.
- Campbell, C. A., Biederbeck, V. O., Schnitzer, M., Selles, F., Zentner, R. P. (1989): Effect of 6 years of zero tillage and N fertilizer management on changes in soil quality of an Orthic Brown Chernozem in southwestern Saskatchewan. Soil & Tillage Research 14, 39-52.
- Caneill, J., Bodet, J. M. (1994): Simplification du travail du sol et rendement des cultures. INRA Editions 65, 63-84.
- Cannell, R. Q., Hawes, J. D. (1994): Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. Soil & Tillage Research 30, 362.
- Carter, M. R., Rennie, D. A. (1987): Effects of tillage on deposition and utilization of 15N residual fertilizer. Soil & Tillage Research 9, 33-43.
- Carter, M. R., Steed, G. R. (1992): The effects of direct-drilling and stubble retention on hydraulic properties at the surface of duplex soils in North-Eastern Victoria. Australian Journal of Soil Research 30, 505-516.

- Chabert, A. (1996) Active duration of molluscicides, In, Slug & snail pests in agriculture. Proceedings of a Symposium, University of Kent, Canterbury, UK, 24-26 September 1996., pp. 173-180.
- Chalk, P. M., Smith, C. J., Hamilton, S. D. & Hopmans, P. (1993): Characterization of the benefit of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) to a cereal (*Hordeum vulgare* L.) by an in situ N15 isotope dilution technique. *Biol. Fertil. Soils* 15: 39-44. In: KANÉ (2000).
- Champeil, A., Doré, T. & Fourbet, J.F. (2004): Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by Fusarium in wheat grains. *Plant Science* 166. 1398-1415.
- Chan, K. Y. (2001): An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil & Tillage Research* 57, 179-191.
- Chang, C., Lindwall, C. W. (1989): Effect of long-term minimum tillage practices on some physical properties of a Chernozemic clay loam. *Canadian Journal of Soil Science* 69, 443-449.
- Chervet, A., Maurer, C., Sturny, W. G., Muller, M. (2001): Effect of no-tillage on soil structure. *Agrarforschung* 8, 12-17.
- Christian, D. G., Bacon, E. T. G. (1990): A long-term comparison of ploughing, tine cultivation and direct drilling on the growth and yield of winter cereals and oilseed rape on clayey and silty soils. *Soil & Tillage Research* 18, 311-331.
- Coote, D. R., Malcolm-McGovern, C. A. (1989): Effects of conventional and no-till corn grown in rotation on three soils in eastern Ontario, Canada. *Soil & Tillage Research* 14, 67-84.
- CTIC (2003): Conservation Tillage and Plant Biotechnology. Information des Amerikanischen Conservation Technology Information Center unter <http://www.ctic.purdue.edu>.
- Culley, J. L. B., Larson, W. E., Randall, G. W. (1987): Physical properties of a Typic Haplaquoll under conventional and no-tillage. *Soil Science Society of America Journal* 51, 1587-1593.
- Cure, J. D., Rufty, T. W., Jr., Israel, D. W. (1991): Assimilate relations in source and sink leaves during acclimation to a CO₂-enriched atmosphere. *Physiologia Plantarum* 83, 687-695.
- Dao, T. H. (1995): Subsurface mobility of metribuzin as affected by crop residue placement and tillage method. *Journal of Environmental Quality* 24, 1193-1198.
- De Cockborne, A. M., Lafolie, F., Guennellon, R. (1986): Transferts de solutés et structure du sol. *Comptes-rendus du XIII è congrès de l'AISSS, Hambourg* 6, 508-515.
- Debaeke, P., Orlando, D. (1994): Simplification du travail du sol et évolution de la flore adventice. Conséquences pour le désherbage à l'échelle de la rotation. *INRA Editions* 65, 35-62.
- Deibert, E. J., Utter, R. A., Schwert, D. P. (1991): Tillage system influence on earthworms (*Lumbricidae*) in North Dakota. *North Dakota Farm Research* 48, 10-12.
- Delaunoy, A., Bruno, J. F., Costes, J. L., Revel, J. C. (2004): Le non-labour lutte contre l'érosion. *Perspectives Agricoles* 301, 60-63.
- Derpsch, R. & Florentín, M. (2000): Direktsaat: Nachhaltige Landwirtschaft durch Verzicht auf Bodenbearbeitung. *Entwicklung und Ländlicher Raum, Heft* 4.

- Derpsch, R. (1998): Historical review of no-tillage cultivation of crops. Proceedings, First JIRCAS Seminar on soybean research, March 5 - 6, 1998, Foz do Iguacu, Brazil, JIRCAS Working Report N 13, p 1 - 18.
- Derpsch, R. (1999): Direktsaatfläche in Südamerika wächst. Fruchtfolge und Zwischenfrüchte entscheiden über den Erfolg. Landwirtschaft ohne Pflug, Verlag Emminger & Partner, Berlin, 4/99, p13 - 15.
- Derpsch, R. (1999): Frontiers of conservation tillage and advances in conservation Practice.
- Derpsch, R. (1999): Tillage Research. ISTRO-INFO EXTRA, Vol. 4, 1999.
- Derpsch, R. (2001): Conservation Tillage, No-tillage and related technologies. In: Conservation Agriculture, a Worldwide Challenge. First World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5 October, 2001, Volume 1: Keynote Contributions, p 161-170.
- Derpsch, R. (2006) : Conservation Tillage, No-tillage and related technologies. Internet Compilation : www.rolph-derpsch.com
- Dick, W. A. (1983): Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. Soil Science Society of America Journal 47, 102-107.
- Dick, W. A., Daniel, T. C. (1987): Soil chemical and biological properties as affected by conservation tillage: environmental implications, In, Effects of conservation tillage on groundwater quality - nitrates and pesticides, pp. 125-147.
- Dick, W. A., Doren, D. M. v., Jr. (1985): Continuous tillage and rotation combinations effects on corn, soybean, and oat yields. Agronomy Journal 77, 459-465.
- Diez, T., Kreitmayr, J., Weigelt, H. (1988): Influence of long-term cultivation without ploughing (HORSCH system) on plant growth, profitability and soil. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 65, 789-812.
- Dobers, E.S. (2003): Leitfaden für die Umstellung auf Systeme der nicht wendenden Bodenbearbeitung. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz, und Raumordnung des Landes Brandenburg (MLUR) (Hrsg), 58 S.
- Dölger, D. & Alsen, K. (2001): Im Ertrag kein Unterschied DLG-Mitteilungen 12/2001, S. 42.
- Dölger, D. & Tönnsen, K. (2001): Norddeutsche Perspektive DLG-Mitteilungen 1/2001, S. 61-63.
- Dölger, D. & Tönnsen, K. (2003): Große Strohmenen. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Dölger, D. & Tönnsen, K. (2003): Weizen nach Raps. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Dölger, D. (2005): Angepasste Bodenbearbeitung - neue Herausforderungen für die Betriebsleiter. Vortrag DLG-Wintertagung am 11.-13. Januar 2005, Münster/Westfalen.
- Doran, J. W. (1980): Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. Soil Science Society of America Journal 44, 518-524.
- Doube, B. M., Stephens, P. M., Davoren, C. W., Ryder, M. H. (1994): Earthworms and the introduction and management of beneficial soil microorganisms, In, Soil biota: management in sustainable farming systems., pp. 32-41.

- Dowdell, R. J., Cannell, R. Q. (1975): Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate content. *Journal of Soil Science* 26, 53-61.
- Dowdell, R. J., Colbourn, P., Cannell, R. Q. (1987): A study of mole drainage with simplified cultivation for autumn-sown crops on a clay soil. 5. Losses of nitrate-N in surface run-off and drain water. *Soil & Tillage Research* 9, 317-331.
- Drew, M. C., Saker, L. R. (1978): Effects of direct drilling and ploughing on root distribution in spring barley, and on the concentrations of extractable phosphate and potassium in the upper horizons of a clay soil. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29 (201-206).
- Düring, R.-A. & Gäth, S. (2002): Tillage effects on the accumulation of polychlorinated biphenyls in biosolid-amended soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165 (2002), pp. 299-304.
- Düring, R.-A., Hoss, T. & Hummel, H.E. (2001): Depth distribution and bioavailability of pollutants in long-term differently tilled soils. *Soil & Tillage Research* 66 (2002), pp. 183-195.
- Düring, R.-A., Hoss, T. & Hummel, H.E. (2003): Sorptin and bioavailability of heavy metals in long-term differently tilled soils amended with organic wastes Accepted by *Science of total environment* 28.04.2003
- Dürr, H.-J., Petelklu, H. & Sommer, C. (1995): Literaturstudie "Bodenverdichtung". UBA-Texte 55/95; 203 S..
- Eck, H. V., Jones, O. R. (1992): Soil nitrogen status as affected by tillage, crops, and crop sequences. *Agronomy Journal* 84, 660-668.
- Edwards, C. A., Grove, T. L., Harwood, R. R., Colfer, C. J. P. (1993): The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 46, 99-121.
- Edwards, C. A., Lofty, J. R. (1982): The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. *Journal of Applied Ecology* 19, 723-734.
- Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1977): The influence of vertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): *Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen*. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), S.81-96.
- Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1989): Effects of cultivation on earthworm populations. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): *Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen*. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), S.81-96.
- Edwards, C.A. (1983): Earthworm ecology in cultivated soils. In: SATCHELL, J.E. (1983): *Earthworm ecology from Darwin to vermiculture*. Chapman and Hall, London, New York, pp. 123-137.
- Ehlers, W. (1975): Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science* 119, 242-249.
- Ehlers, W. (1992): Reduzierte Bodenbearbeitung - Ökologische Folgen und ackerbauliche Grenzen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 35: 35-58.
- Ehlers, W., Kopke, U., Hesse, F., Bohm, W. (1983): Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil & Tillage Research* 3, 261-275.
- Ehrmann, O. (1998): Untersuchungen zum Bodenleben. Abschlußbericht „Ökologische Auswirkungen von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren“ Universität Hohenheim, Ordnungsnummer 23-95.10.

- El Titi, A. (1988): Nützlingsschonende Bodenbearbeitung und ihre Folgewirkung auf einige Schadorganismen der Zuckerrüben im integrierten Pflanzenschutz. In: Schonung und Förderung von Nützlingen, Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 365, 284-299, 1988.
- Elliott, J. A., Efetha, A. A. (1999): Influence of tillage and cropping system on soil organic matter, structure and infiltration in a rolling landscape. *Canadian Journal of Soil Science* 79, 457-463.
- Ellis, F. B., Howse, K. R. (1980): Effects of cultivation on the distribution of nutrients in the soil and the uptake of nitrogen and phosphorus by spring barley and winter wheat on three soil types. *Soil & Tillage Research* 1, 35-46.
- Emerring, C. (2002): Einfluss reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf bodenökologische Eigenschaften. *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit*. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, S. 25-46, Mainz
- Emmerling, C. & Hampl, U. (2002): Wie sich reduzierte Bodenbearbeitung auswirkt. *Ökologie & Landbau* 124, 4/2002, S.19-23.
- Emmerling, C., Seitz, L. u. Schröder, D. (1997): Einfluß reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Nährstoffhaushalt und mikrobiologische Eigenschaften von Böden sowie Besiedlung durch Regenwürmer. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn, SS. 49-55, Verlag Dr. Köster, Berlin
- Erichsen, E. (2002): Auswirkungen von Pflugverzicht, Frühsaat und Selbstfolge auf den Weizenbau. *GetreideMagazin* 3/2002, S. 132-138.
- Eysel, G.; Hampl, U.; Karrasch, H. (2001): Vegetationsökologische Effekte wendender und nicht wendender Bodenbearbeitung im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung (PÖB) Aspekte, SS. 217-220 In: Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin
- Fawcett, R. S. (1995): Agricultural tillage system: impacts on nutrient and pesticides run-off and leaching. *Farming for a better environment - Soil and Environment Conservation Society*, 67.
- Feige, H., Lütke Entrup, & Eckert, H. (2001): Nachhaltige Landwirtschaft – Definition, Beispiele und Indikatoren. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Fermanich, K. J., Bland, W. L., Lowery, B., McSweeney, K. (1996): Irrigation and tillage effects on atrazine and metabolite leaching from a sandy soil. *Journal of Environmental Quality* 25, 1291-1299.
- Fiedler, H.J. (1990): Bodennutzung und Bodenschutz. Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Berlin. In: KANÉ (2000).
- Fiès, J.-C. (1982): Etude des écoulements en milieu saturé en relations avec l'espace poral du sol. Note interne, INRA station de science du sol d'Avignon.
- Fleige, H., Baeumer, K. (1974): Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. *Agro-Ecosystems* 1 (19-29).
- Follett, R. F., Peterson, G. A. (1988): Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal* 52, 141-147.
- Follett, R. F., Schimel, D. S. (1989): Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 53, 1091-1096.

- Fox, R. H., Bandel, V. A. (1986): Nitrogen utilisation with no-tillage. No-tillage and surface tillage agriculture, Spragne and Triplett Editions, 117-148.
- Foy, N. (2003): Effet des systèmes de culture sur l'évolution de la structure d'un sol limoneux. Mémoire de fin d'études, INRA Unité d'agronomie Laon - Reims - Mons, 62.
- Frahm, J. (2001): Verhindern Ungräser, Unkräuter und Krankheiten die Anwendung pflugloser Pflanzenbausysteme? Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Francis, G. S., Knight, T. L. (1993): Long-term effects of conventional and no-tillage on selected soil properties and crop yields in Canterbury, New Zealand. *Soil & Tillage Research* 26 (193-210).
- Frankinet, M., Rixhon, L., Crohain, A., Grevy, L. (1979): Ploughing, shallow ploughing and direct drilling - phytotechnical results of continued use of each method. *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux* 14, 35-95.
- Frede, H.-G. & Dabbert, S. (Hrsg.) (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. 2. Aufl., 452 S. ecomed, Landsberg.
- Frede, H.-G., Beisecker, R. & Gäth, S. (1994): Long-term impacts of tillage on the soil ecosystem. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 157: 197-203.
- Fricke, K. (2003): Schnecken. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Friedel, J. K. (2000): The effect of farming system on labile fractions of organic matter in Calcari-Epileptic Regosols *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 163, pp. 41-45.
- Garbe, V. (2001): Strategien zur Bekämpfung von Krankheitserregern in Pflanzenbausystemen mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Gaston, L. A., Locke, M. A. (1996): Bentazon mobility through intact, unsaturated columns of conventional- and no-till Dundee soil. *Journal of Environmental Quality* 25, 1350-1356.
- Gatel, F., Ruch, O., Hebrard, J.-P. (2004): Mycotoxines ; avancée des connaissances et réglementation en vue. *Perspectives Agricoles* 300, 23-35.
- Gerard, B. M., Hay, R. K. M. (1979): The effect on earthworms of ploughing, tined cultivation, direct drilling and nitrogen in a barley monoculture system. *Journal of Agricultural Science, UK* 93, 147-155.
- Germon, J. C., Taureau, J. C., Thomas, J. M. (1994): Effets des méthodes simplifiées de travail du sol sur les transformations de l'azote et leurs conséquences sur le lessivage des nitrates. INRA Editions 65, 125-156.
- Gers, G. (1982): Effect of simplified cultivation on the soil microfauna in winter. Preliminary results. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 19, 593-604.
- Gilley, J. E. (1995): Tillage effects on infiltration, surface storage and overland flow. *Farming for a better environment - Soil and Environment Conservation Society*, 67.
- Gilliam, J. W., Hoyt, G. D. (1987): Effect of conservation tillage on fate and transport of nitrogen, In, *Effects of conservation tillage on groundwater quality - nitrates and pesticides*, pp. 217-240.

- Glenn, S., Angle, J. S. (1987): Atrazine and simazine in runoff from conventional and no-till corn watersheds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 18, 273-280.
- Goss, M. J. (1990): The effects of soil and crops management on the leaching of nitrates. *Calvet Editions, Nitrates, Agriculture, Eau*, 389-394.
- Govers, G., Lobb, D. A., Quine, T. A. (1999): Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research. *Soil and Tillage Research* 51, 167-174.
- Graff, O (1983): *Unsere Regenwürmer. Lexikon für Freunde der Bodenbiologie*, Verlag M.H. Schaper, Hannover, 112 S..
- Granatstein, D. M., Bezdicek, D. F., Cochran, V. L., Elliot, L. F. & Hammel, J. (1987): Long-term-tillage and rotation effects on soil microbial biomass, carbon and nitrogen. *Biol. Fertil. Soils* 5: 265-270. In: KANÉ (2000).
- Griffith, D. R., Kladvko, E. J., Mannering, J. V., West, T. D., Parsons, S. D. (1988): Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soils. *Agronomy Journal* 80, 599-605.
- Grocholl, J., Ahrens, E. (1990): The effect of long-term differentiated soil management on the microbial activities of a silt loam and a loamy sand. *Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Reihe Kongressberichte*, 491-496.
- Groffman, P. M. (1985): Nitrification and denitrification in conventional and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal* 49, 329-334.
- Groffman, P. M., Box, J. E., Jr., Todd, R. L. (1984): Effects of artificial drainage on soil mineral nitrogen dynamics in winter wheat on the Southern Piedmont. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, 1051-1063.
- Groffman, P. M., Hendrix, P. F. & Crossley Jr, D. A. (1987): Nitrogen dynamics in conventional and no-tillage agroecosystems with inorganic fertilizer or legume nitrogen inputs. *Plant and Soil* 97: 315-332. In: KANÉ (2000).
- Groß, U. (1996): Einfluss unterschiedlicher Bearbeitungssysteme auf Verschlämmung und Aggregatstabilität verschiedener Böden. *Dissertation Universität Giessen, Wiss. Fachverlag Fleck, Langgöns. Zit. in Grube (2002).*
- Grube, J. (2002): Beurteilung von konservierenden Bodenbearbeitungssystemen zur Bewirtschaftung peripherer Ackerbaustandorte - unter Berücksichtigung verfahrenstechnischer, ökonomischer, ökologischer sowie pflanzenbaulicher und bodenphysikalischer Parameter. *Dissertation, Institut für Landtechnik der Universität Giessen, Cuvillier Verlag Göttingen, 160 S..*
- Guérif, J. (1994): Influence de la simplification du sol sur l'état structural des horizons de surface. Conséquences sur les propriétés physiques et leurs comportements mécaniques. *INRA Ed* 65, 13-34.
- Gundra, H., Jäger, S., Schoeder, M. & Dickau, R. (1995): *Bodenerosionsatlas Baden-Württemberg. Agrarforschung in Baden-Württemberg* 24, 76 S., Stuttgart.
- H. Feige, H., Lütke Entrup, N. & Eckert, H. (2001): Nachhaltige Landwirtschaft - Definitionen, Beispiele, und Indikatoren. *Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.*
- Haber, W. & Salzwedel, J. (1992): *Umweltprobleme der Landwirtschaft - Sachbuch Ökologie.* 176 S. Metzlersche Verlagsbuchhandlung/Poerschel, Stuttgart.
- Hagedorn, G. (2003): Mulchsaat auf schwerem Tonboden - Regenwürmer lockern zähen Tonboden. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1/2003, S. 5/6.

- Hall, J. K., Mumma, R. O., Watts, D. W. (1991): Leaching and runoff losses of herbicides in a tilled and untilled field. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 37, 303-314.
- Hampl, U. (1996): Soil tillage systems in Eco-Farming. Organic Agriculture, 11th IFOAM scientific conference in Copenhagen August 1996, S. 65, Abstracts
- Hampl, U. (1995): Demonstration ökologischer Bodenbewirtschaftungsverfahren zur Erhaltung und Förderung der Bodengesundheit. Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Kiel, SS. 285-288, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen
- Hampl, U. (2000): Halbzeitergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. *Ökologie & Landbau* 115, 3/2000, S. 36/37.
- Hampl, U. (2001): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Überblick über die bisherigen Ergebnisse. SS. 215-216 I: Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin
- Hampl, U. (2002): Konzeption des Projekts Ökologische Bodenbewirtschaftung, SS. 6-12 in: *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz*
- Hance, T. (2002). Impact of cultivation and crop husbandry practices. *The Agroecology of carabid beetles*, Holland Editions, 231-250.
- Harrach, T. & Wegener, H.-R. (1995): Bodenökologie. In: Steubing, L. (Hrsg), Buchwald, K. und Braun, E. (1995): *Natur und Umweltschutz*. Verlag G. Fischer, Jena, Stuttgart.
- Hartge, K.H. (1991): Forschungsbedarf im Zusammenhang mit der Meß- und Voraussagbarkeit von Elementen und Prozessen der Bodenfruchtbarkeit. *Bodenphysikalische Prozesse. Band 1: Bodenfruchtbarkeit*, 134-143. In: KANÉ (2000).
- Haukka, J. (1988): Effect of various cultivation methods on earthworm biomasses and communities on different soil types. *Annales Agriculturae Fenniae* 27, 263-269.
- Havlin, J. L., Kissel, D. E., Maddux, L. D., Claassen, M. M. & Long, J.H. (1990): Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. J.* 54: 448-452. In: KANÉ (2000).
- Haynes, R. J., Knight, T. L. (1989): Comparison of soil chemical properties, enzyme activities, levels of biomass N and aggregate stability in the soil profile under conventional and no-tillage in Canterbury, New Zealand. *Soil & Tillage Research* 14 (197-208).
- Heard, J. R., Kladvik, E. J., Mannering, J. V. (1988): Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. *Soil & Tillage Research* 11, 1-18.
- Heddadj, D., Cottais, A. (2001): Etude des réductions possibles du ruissellement et des transferts possibles de pesticides grâce aux techniques culturales simplifiées dans le Morbihan. *Travaux et Innovations* 77, 38-40.
- Heenan, D.P., Chan, K.Y. & Knight, P.G. (2004): Long-term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol. *Soil and Tillage Research* Vol. 76(1): 59-68.
- Hendrix, P. F., Han, C. R., Groffman, P. M. (1988): Soil respiration in conventional and no-tillage agroecosystems under different winter cover crop rotations. *Soil & Tillage Research* 12, 135-148.
- Hennuy, B., Gaspar, C., Frankinet, M. (1983): Evolution of lumbricid populations in relation to soil cultivation, In: *New trends in soil biology*, pp. 629-632.

- Heß, J. (1989): Klee grasumbruch im Organischen Landbau: Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Klee gras-Klee gras-Weizen-Roggen. Dissertation Uni Bonn.
- Hiltbrunner, J., Bloch, L., Richner, W. & Streit, B. (2002): Entwicklung von Unkrautpopulationen bei Direktsaat von Winterweizen in Lebendmulche. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVIII, 581-587 (2002).
- Hiltbrunner, J., Liedgens, M., Stamp, P. & Streit, B. (2005): Effects of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. European Journal of Agronomy, Vol. 22(4): 441-447.
- Holland, J. M., Frampton, G. K., Cilgi, T., Wratten, S. D. (1994). Arable acronyms analysed - a review of integrated arable farming systems research in Western Europe. Annals of Applied Biology 125, 399-438.
- Holland, J. M., Luff, M. L. (2000): The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. Integrated Pest Management Reviews 5, 109-129.
- Holland, J.M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems & Environment Vol. 103(1):1-25.
- Hö lzmann, H. J. (2001): Rechnen sich erweiterte Fruchtfolgesysteme mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat? Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Hö lzmann, H. J. (2002): Stroh häckseln oder bergen? GetreideMagazin 3/2002, S. 166-169.
- Hoogerkamp, M., Rogaar, H. & Eijsackers, H.J.P. (1983): Effect of earthworms on grassland on recently reclaimed polder soils in the Netherlands, pp. 85-105. In: Satchell, J.E. (ed.) Earthworm ecology from Darwin to vermiculture. Chapman and Hall, London, New York, 495 pp..
- Horne, D. J., Ross, C. W., Hughes, K. A. (1992): Ten years of a maize/oats rotation under three tillage systems on a silt loam in New Zealand. 1. A comparison of some soil properties. Soil & Tillage Research 22, 131-143.
- Hultgreen, G. (2000): Direct Seeding Manual. Direct Seeding Manual, Prairie Agricultural Machinery Institute und Saskatchewan Soil Conservation As-sociation. 20 S..In: Volk (2001).
- Huss, R., Essai de Gimbrett (2003)
- Hü tsch, B. (1991): Einfluß differenzierter Bodenbearbeitung auf die Stickstoffdynamik im Boden in Abhängigkeit von Beprobungstermin und Standort, unter besonderer Berücksichtigung von N-Freisetzung , Nitratverlagerung und Denitrifikation. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Isensee, A. R., Nash, R. G., Helling, C. S. (1990): Effect of conventional vs. no-tillage on pesticide leaching to shallow groundwater. Journal of Environmental Quality 19, 434-440.
- Jordan, V. W. L., Leake, A. R., Ogilvy, S. (2000): Agronomic and environmental implications of soil management practices in integrated farming systems. Aspects of Applied Biology, 61-66.
- Joschko, M. & Rogasik, H. (2003): Regenwürmer - Ökosystemkonstrukteure. Landwirtschaft ohne Pflug 3/2003, S. 19-21.
- Joschko, M., Augustin, J., Rogasik, H., Wirth, S. & Brunotte, J. (2001): Aufgaben, Funktionen und Leistungen der Bodenlebewesen bei differenzierter Bodenbearbeitung. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient,

pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.

- Jouy, L., Munier-Jolain, N. (2001): Gestion de l'interculture, désherbage et protection des cultures. Du labour au semis direct: enjeux agronomiques, Conférence-débat INRA ITCF, 18-20.
- Jung, J., Dressel, J. & Henjes, G. (1980): Untersuchungen zur Stickstoffmineralisierung aus Rübenblatt in zwei verschiedenen Böden im Gefäßversuch. Z. Acker- und Pflanzenbau 149: 183-190. In: KANÉ (2000).
- Jury, W. A., Focht, D. D., Farmer, W. J. (1987): Evaluation of pesticides groundwater pollution potential from standard indices of soil-chemical adsorption and biodegradation. Journal of Environmental Quality 16, 422-428.
- Kahnt, G. (1971): N P K- und C- Veränderungen auf drei Bodentypen nach fünf Jahren pfluglosen Ackerbau. Fachgruppe Pflanzenproduktion, Acker- und Pflanzenbau, Universität Hohenheim. Landw. Forsch. 26: 273-280. In: KANÉ (2000).
- Kainz, M. (1989): Runoff, erosion and sugar beet yields in conventional and mulched cultivation. Results of the 1988 experiment. Soil Technology Series 1, 103-114.
- Kainz, M., Kimmelman, S. & Reents, H.-J. (2002): Pflug - ja, nein oder weniger? Ökologie & Landbau 124, 4/2002, S.16-18.
- Kandeler, E., Bohm, K. (1996): Temporal dynamic of microbial biomass, xylanase activity, N-mineralisation and potential nitrification in different tillage systems. Appl. Soil Ecology 4, 181-191.
- Kané, Y. (2000): Vergleichende Untersuchungen zur Stickstoffdüngungsempfehlung bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Giessen.
- Kansy, F. & Vetter, R. (1999): Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisfähen. Abschlussbericht zum Projekt ITADA A 1.1., 1996-1998.
- Kansy, F. (2003): Welche Anbauverfahren (Bodenbearbeitung-Düngung-Fruchtfolge) zu Silomais? Vortrag am Maistag auf der Hochburg Emmendingen, 05.02.2003.
- Kanwar, R. S. (1997): Nonpoint sources of water contamination and their impact on sustainability. IAHS Publishing proceedings of Rabat Symposium S4 243, 187-192.
- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., Jordahl, J. L. (1994): Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. Soil & Tillage Research 31, 149-167.
- Kerkhof, F. (2001): Kostendegression durch pfluglose Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich-technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8 und 9.5.2001 in Soest.
- Ketcheson, J. W. (1980): Effect of tillage on fertilizer requirements for corn on a silt loam soil. Agronomy Journal 72, 540-542.
- Kladivko, E. J., Mackay, A. D., Bradford, J. M. (1986): Earthworms as a factor in the reduction of soil crusting. Soil Science Society of America Journal 50 (191-196).
- Kliwer, I., Casaccia, J., Vallejos, J. & Derpsch, R. (2000): Cost and herbicide reduction in the no-tillage system by using green manure cover crops in Paraguay. Proceedings 15th ISTRO Conference, Fort Worth, Texas, USA, July 2 - 7, 2000
- Klik, A., Frauenfeld, B. & Hollaus, K. (2002): Experiences with conservation tillage and no tillage in Austria. Proc. of 25th Annual Southern Conservation Tillage Conference for

Sustainable Agriculture. Auburn, AL 24-26 June 2002. Special Report no. 1, S. 62-67.

- Klotz, F. & Haag, U. (2001): Einfluss verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung auf Bestandsentwicklung, Pflanzenschutz, Ertrag, Qualität, Nitratgehalte im Boden sowie auf die Wirtschaftlichkeit im Ackerbau. Informationen für die Pflanzenproduktion Sonderheft 3/2001. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim.
- Kohl, R. (1989): Einfluß langjähriger differenzierter Bodenbearbeitung auf die Nitratverlagerung im Boden. Symposiumsband "Wechselwirkung von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden ". Gießen, S. 135-145. In: KANÉ (2000).
- Köller, K (2003c): Technik für die Mais-Mulchsaat. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Köller, K. & Linke, C. (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. DLG Verlag.
- Köller, K. (2000): Mulchsaat spart Wasser. Bauernzeitung Thüringen 41. Jg., 28/2000, S. 26-27.
- Köller, K. (2001): Mulchsaat ist weltweit nötig. DLG-Mitteilungen 12/2001, S. 44-45.
- Köller, K. (2002): Konservierende Bodenbearbeitung - neue technische Entwicklungen. GetreideMagazin 3/2002, S. 170-173.
- Köller, K. (2003a): Mulchsaat von Mais. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Köller, K. (2003b): Flachgrubber für konservierende Bodenbearbeitung. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Krauthausen, H.J., Weinert, J., Bauermann, W. & Wolf, G.A. (2003): Mehrjährige Erhebungen zum Vorkommen von Ährenfusarien und dem Mykotoxin Deoxynivalenol in Getreide aus Rheinland-Pfalz. Gesunde Pflanzen, Springer-Verlag Heidelberg, Band 55, Nummer 5, S. 136 - 143.
- Krebs, H., Dubios, D., Külling, C., Forrer, H.-R., Streit, B., Rieger, S. & Richter, W. (2000): Fusarien- und Toxinbelastung des Weizens bei Direktsaat. Getreide 6. Jhrg. (3) 2000, S. 198-201.
- Kretschmar, A. (1982): Description des galeries de vers de terre et variation saisonnière des réseaux (observations et conditions naturelles). Zit. in: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), 1989 S.81-96
- Kromp, B. (1999): Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impact and enhancement. Agriculture Ecosystems Environment 74, 187-228.
- Krück, S., Nitzsche, O. & Schmidt, W. (2001): Verbesserte Regenverdaulichkeit durch Regenwurmaktivität: Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. Landwirtschaft ohne Pflug 1/2001, 18-21.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (1993): Ergebnisse von Versuchen zur Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL-Arbeitspapier 190, Landwirtschaftsverlag, Münster, 139 S..

- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (1999): Bodenbearbeitung und Bodenschutz - Schlußfolgerungen für die gute fachliche Praxis KTBL-Arbeitspapier, 130 S..
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (1999/2000): Datensammlung Betriebsplanung. Landwirtschaftsverlag, Münster. In Kerkhof (2001)
- Kussel, N. (2002): Ein Versuch für die Praxis: Angewandte Forschung und praxisnahe Untersuchungsmethoden im Projekt - Anmerkungen des Versuchsbetreuers. Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz
- Kwaad, F. J. P. M. (1994): Cropping systems of fodder maize to reduce erosion of cultivated loess soils. In: Conserving soil resources: European perspectives. Selected papers from the First International Congress of the European Society for Soil Conservation., pp. 354-365.
- La France agricole (2003): Monoculture du maïs. Une rotation bénéfique avec l'orge irriguée. La France agricole 21(2):31.
- Labreuche, J. (2001): Bien gérer l'interculture pour compenser l'absence de labour. Perspectives Agricoles 271, 68-74.
- Labreuche, J., Bouttet, D. (2003): Semis direct: des sols plus difficiles à réchauffer. Perspectives Agricoles 287, 52-54.
- Labreuche, J., Cariolle, M., Quere, L. (2004): Les techniques sans labour s'adaptent à toutes les cultures. Perspectives Agricoles 303, 46-53.
- Labreuche, J., Couture, D., Bodet, J.-M. (2003): Essai travail du sol de longue durée de Boigneville. Perspectives Agricoles 286, 56-58.
- Lafond, J., Angers, D. A., Laverdiere, M. R. (1992): Compression characteristics of a clay soil as influenced by crops and sampling dates. Soil & Tillage Research 22, 233-241.
- Lafrance, P., Banton, O., Gagné, P. (1997): Exportation saisonnière d'herbicides vers les cours d'eau mesurée sur six champs agricoles sous quelques pratiques culturales du maïs (Basses-terres du St-Laurent): Revue Sciences et Eau 10, 439-459.
- Lal, R. (1980): Crop residue management in relation to tillage techniques for soil and water conservation. FAO Soils Bulletin, 72-78.
- Lal, R., Logan, T. J., Fausey, N. R. (1989): Long-term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained Mollic in Northwest Ohio. I. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. Soil Tillage Research 14, 341-358.
- Lal, R., Logan, T. J., Fausey, N. R. (1990): Long-term tillage effects on a Mollic Ochraqualf in north-west Ohio. III. Soil nutrient profile. Soil & Tillage Research 15, 371-382.
- Lamarca, C. (1999): Les fondements d'une agriculture durable. 317.
- Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz; Stiftung Ökologie & Landbau (2002): Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz
- Langlet, B., Rémy, J. C. (1976): Incidence de la simplification du travail du sol sur la dynamique de l'azote. Simplification du travail du sol en production céréalière ITCF Editions, 189-204.
- Langmaack, M. (1999): Earthworm communities in arable land influenced by tillage, compaction, and soil. Z. Ökologie u. Naturschutz 8, 11-21.

- Larink, O., Heisler, C., Söchtig, W., Lübben, B. & Wickenbrock, L. (1995): Einfluß verdichteter Ackerböden auf die Bodenfauna und ihr Beitrag zur Bodenlockerung. KTBL-Schriften 362, 142-156, Münster-Hiltrup.
- Lee, K.E. (1985): Earthworms their ecology and relationships with soils and land use. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), S.81-96.
- LeGarrec, L. (2003): Evaluations environnementale et économique des pratiques agricoles en techniques de conservation des sols; analyse sur 3 années de 86 parcelles d'exploitations de l'Indre et Loire et des Côtes d'Armor à l'aide d'indicateurs agri-environnementaux et technico-économiques. Mémoire de fin d'études ESA Angers, 101.
- Lenz, R. (1999): Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die biologische Aktivität des Bodens auf bodenlebende Nematoden. Dissertation, vaö - Verlag Agrarökologie, Bern Hannover
- Lenz, R. u. Eisenbeis, G. (1996): Die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbewirtschaftung im ökologischen Landbau auf Nematodenfauna und Mikroflora. Mitteilungen der Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 81, SS. 125-128, Oldenburg
- Leonard, R. A., Langdale, G. W., Fleming, W. G. (1979): Herbicide runoff from upland Piedmont watersheds - data and implications for modeling pesticide transport. Journal of Environmental Quality 8, 223-229.
- Leullier, C. (1999): Influence de trois modalités de travail du sol sur le transfert par ruissellement de produits phytosanitaires. Mémoire de DESS, université d'Angers, 67.
- Levanon, D., Codling, E. E., Meisinger, J. J. & Starr, J. L. (1993): Mobility of agrochemicals through soil from two tillage systems. J. Environ. Qual.: 22: 155-161.
- Lienemann, K., Oerke E.-C. & H.-W. Dehn (2003): Infektion und Ausbreitung von Fusarium spp. an Weizen in Abhängigkeit der Anbaubedingungen im Rheinland. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 104, 120 Seiten.
- Lindemann, K. (1999): Reduzierte Bodenbearbeitung mit Mulchsaat zu Sonnenblumen. UFOP-Schriften 12, 111-134 Bonn.
- Lindstrom, M. J., Voorhees, W. B., Onstad, C. A. (1984): Tillage system and residue cover effects on infiltration in northwestern corn belt soils. Journal of Soil and Water Conservation 39, 64-68.
- Mahboubi, A. A., Lal, R. (1998): Long-term tillage effects on changes in structural properties of two soils in central Ohio. Soil & Tillage Research 45, 107-118.
- Mahboubi, A. A., Lal, R., Faussey, N. R. (1993): Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. Soil Science Society of America Journal 57, 506-512.
- Maidl, F. X., Muller, R., Dennert, J., Hutterer, W., Fischbeck, G. (1988): Effects of different tillage practices on yield response of cereals as shown in a long term trial. Berichte der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 1, 167-182.
- Maillard, A., Cuendet, G. (1997): Results from an over 20 years old ploughless tillage experiment at Changins. V. Biological soil properties and earthworms. Revue Suisse d'Agriculture 29, 225-230.
- Maillard, A., Neyroud, J. A., Vez, A. (1995): Results of a no-tillage experiment over more than 20 years at Changins. III. Physical properties. Revue Suisse d'Agriculture 27, 5-10.

- Maillard, A., Vez, A. (1988): Effect of tillage and green manure on winter wheat and grain maize in rotation for 15 years. *Revue Suisse d'Agriculture* 20, 321-326.
- Maillard, A., Vez, A. (1993): Results of an over 20-year-old experiment with ploughless tillage in Changins: I. Crop yield, diseases and pests. *Revue Suisse d'Agriculture* 25, 327-336.
- Maillard, A., Vez, A., Ryser, J. P. (1994): Results of a no-tillage trial for over 20 years at Changins. II. Soil chemical properties. *Revue Suisse d'Agriculture* 26, 133-139.
- Mallett, J. B., Lang, P. M., Arathoon, A. J. (1987): Changes in a Doveton clay loam after 12 years of direct-drill maize production. *South African Journal of Plant and Soil* 4, 188-192.
- Mamarot, J. (2004): Gestion des adventices. Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux, Colloque MEDD - CORPEN, 59-65.
- Marché, R. (o.J.): Erbsenmulch sorgt im Mais für Unkrautfreiheit.
- Massé, J., Labreuche, J., Cariolle, M., Quere, L. (2004): Techniques sans labour: bilan des expérimentations françaises. Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux, Colloque MEDD - CORPEN, 24-34.
- Mayor, J. P., Maillard, A. (1995): Results from an over-20-years-old ploughless tillage experiment at Changins. IV. Seed bank and weed control. *Revue Suisse d'Agriculture* 27.
- Mbagwu, J., Lal, R., Scott, T. W. (1983): Physical properties of three soils in southern Nigeria. *Soil Science* 136, 48-55.
- McLaughlin, N.B., MacLeod, J.A., Sanderson, J.B. & Ivany, J.A. (2004): Effect of red clover (*Trifolium pratense* L.) kill with glyphosate on tillage implement draft. *Soil and Tillage Research* Vol. 79(1): 63-70.
- Metz, R. & Garmhausen, A. (2000): Gratiſeffekte nutzen – Durch gezielten Fruchtwechsel lassen sich Mehrerträge erzielen. *Neue Landwirtschaft – Sonderheft 2000 – Getreide*. In: Kerkhof (2001)
- Meyer, K., Joergensen, R.G. & Meyer, B. (1996): The effects of reduced tillage on microbial biomass C and P in sandy loess soils. *Applied Soil Ecology* 5 (1996) S. 71-79.
- Mielke, L. N., Doran, J. W., Richards, K. A. (1986): Physical environment near the surface of ploughed and no-tilled soils. *Soil & Tillage Research* 7, 355-366.
- Mielke, L. N., Wilhelm, W. W., Richards, K. A., Fenster, C. R. (1984): Soil physical characteristics of reduced tillage in a wheat-fallow system. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)* 27, 1724-1728.
- Mills, W. C., Leonard, R. A. (1984): Pesticide pollution probabilities. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)* 27, 1704-1710.
- Mohr, R., Dölger, D. & Tönnsen, K. (2001): Termingerecht in den Boden DLG-Mitteilungen 12/2001, S. 38-41.
- Morris, E. M. (1981): Models of surface water flow, In, *Tropical agricultural hydrology*, pp. 421-432.
- Mueller, T., Jensen, L. S., Nielsen, N. E. & Magid, J. (1998): Turnover of carbon and nitrogen in a sandy loam soil following incorporation of chopped maize plants, barley straw and blue grass in the field *Soil Biol. Biochem.*, 30, 561 - 571.
- Mulqueen, J., Rodgers, M. & Scally, B. (2004): Phosphorus transfer from soil to surface waters. *Agricultural Water Management* Vol. 68(1): 91-105.

- Münzing, K. (2005): Reduzierung von Fusarium und Mutterkorn bei Anbau, Lagerung und Aufbereitung von Weizen. Vortrag DLG-Wintertagung am 11.-13. Januar 2005, Münster/Westfalen.
- Neubauer, W. (1997): Bodenbearbeitung: Soviel wie nötig - so wenig wie möglich. Kartoffelbau Vol 48; Nummer 1/2; 14-21.
- Ney, B. (1987): Fonctionnement hydrique de sols à argile gonflante cultivée. I. Analyse des influences du travail du sol et de l'irrigation sur le fonctionnement hydrique des sols à argile gonflante dans les exploitations de Guadeloupe. Agronomie 7, 247-256.
- Niemann, P. (2001): Resistenzprobleme bei Unkräutern und Ungräsern. Ist-Situation und Lösungsansätze bei pfluglosen Pflanzenbausystemen. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Nietzsche, O., Schmidt, W. & Gebhard, C. (2002): Fusarium pfluglos bekämpfen. Landwirtschaft ohne Pflug 5/2002, S. 22-24.
- Nietzsche, O., Schmidt, W. & Zimmerling, B. (2003): Hochwasserschutz durch Pflugverzicht. Landwirtschaft ohne Pflug 1/2003, S. 22-25.
- Nuttall, W. F., Bowren, K. E., Campbell, C. A. (1986): Crop residue management practices, and N and P fertilizer effects on crop response and on some physical and chemical properties of a black chernozem over 25 years in a continuous wheat rotation. Canadian Journal of Soil Science 66, 159-171.
- O'Leary, G. J. (1996): The effects of conservation tillage on potential groundwater recharge. Agricultural Water Management 31, 65-73.
- Otto, S., Riello, L., Düring, R.-A. & Hummel, H.E. (1997): Herbicide dissipation and dynamics modelling in three different tillage systems. Chemosphere Vol 34, No. 1, pp. 163-178.
- Pallutt, B. (1996): Einfluss nichtwendender Bodenbearbeitung auf Verunkrautung und Ertrag von Wintergetreide. Kartoffelbau Vol 47; Nummer 10/Sup; 10-13.
- Pallutt, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Parmelee, R. W., Beare, M. H., Cheng, W., Hendrix, P. F., Rider, S. J., Crossley, D. A., Jr., Coleman, D. C. (1990): Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: a biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. Biology and Fertility of Soils 10, 1-10.
- Peyker, W. & Kolbe, R. (2004): Mais-Engsaat, - Erfahrungen aus der Praxis. Mais 32(2/2004): 70-72
- Pfeifl, D. (2000): Sonnenblumen sind gute Zwischenfrüchte. Landwirtschaft ohne Pflug 4/2000, S. 10-12.
- Pierce, F. J., Fortin, M. C. A., Staton, M. J. (1992): Immediate and residual effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil physical properties and corn performance. Soil & Tillage Research 24, 149-165.
- Pikul, J. L., Jr., Ramig, R. E., Wilkins, D. E. (1993): Soil properties and crop yield among four tillage systems in a wheat-pea rotation. Soil & Tillage Research 26, 151-162.
- Plümer, T. (2002): Untersuchungen zur Wurzeldynamik in einer fünfgliedrigen Ackerfruchtfolge bei wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau - erste Ergebnisse. Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz

- Podewils, K. (1996): Bodenphysikalische Untersuchungen in einem ökologischen Bodenbewirtschaftungsversuch unter Grünbrache. Diplomarbeit, Fachgebiet Bodenkunde, Fachbereich Landwirtschaft, Internationale Agrarwirtschaft und Ökologische Umweltsicherung, Gesamthochschule Kassel-Witzenhausen
- Porte-laborde, A., Lacroix, B., Bouttet, D., Costes, J.-L., Labreuche, J. (2002): Le maïs... possible sans labour - Un savoir-faire indispensable. *Perspectives Agricoles* 278, 43-49.
- Potthoff, M. (2000): Regenwürmer als Indikatoren für die Beurteilung ackerbaulicher Bewirtschaftungsverfahren. Symposium "Indikatorenfindung für eine nachhaltige Landwirtschaft in den Bereichen Landschaft und Biodiversität" des Arbeitskreises Agrarökologie der GfÖ am 21.-24. Juni 2000 in Freising-Weihenstephan
- Potthoff, M. & Beese, F. (1999): Bodenökologische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 12: 295-296.
- Potthoff, M. & Beese, F. (1999): Steuerung bodenbiologischer Prozesse im Ackerbau. "Ackerbau in der Kulturlandschaft - Funktionen und Leistungen" Tagung zum Göttinger INTEX-Projekt 23./24. November 1999 in Göttingen
- Potthoff, M., Wolters, V. & Joergensen, R. G. (2001): Short-term effects of earthworm activity and straw amendment on the microbial C and N turnover in a remoistened arable soil after summer drought. *Soil Biology & Biochemistry* 33/4-5: 583-591.
- Preusse, T. (2001): Die Fruchtfolge erweitern DLG-Mitteilungen 7/2001, S. 68-69.
- Pronin (2003): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren auf die vertikale Differenzierung von Bodenkennwerten auf Lehmigem Sand (Brandenburg) und auf Schwarzerde (Novosibirsk) sowie auf ausgewählte Pflanzenmerkmale. Diss. an der landwirtschaftlich-gärtnerischen Fakultät der HU Berlin.
- Rameau, C., Viron, H. (1992): Conséquence du travail du sol et de l'intensification du désherbage sur l'évolution de la flore adventice dans une rotation colza-blé-orge. 15è Conférence de Coloma, lutte contre les mauvaises herbes, 163-170.
- Rasmussen, K. J. (1999): Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil & Tillage Research* 53, 3-14.
- Real, B., Dutertre, A. (2004): Influence du travail du sol sur les transferts de produits phytosanitaires. 147-148.
- Reicosky, D. C., Kemper, W. D., Langdale, G. W., Douglas, C. L., Jr., Rasmussen, P. E. (1995): Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *Journal of Soil and Water Conservation* 50, Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production.
- Reinhard, H., Chervet, A., Sturny, W. G. (2001): No-tillage in field crops. I. Effect on yields. *Revue Suisse d'Agriculture* 33, 7-13.
- Revel, J. C., Guirresse, M. (1995). Erosion due to cultivation of calcareous clay soils on the hillsides of west France. I. Effects of former of farming practices. *Soil and tillage Research* 35, 147-155.
- Rhoton, F. E., Bruce, R. R., Buehring, N. W., Elkins, G. B., Langdale, C. W., Tyler, D. D. (1993): Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil & Tillage Research* 28, 51-61.
- Rice, C. W., Smith, M. S. (1982): Denitrification in no-till and plowed soils. *Soil Science Society of America Journal* 46, 1168-1173.

- Richard, G., Estrade, J.-R., Cousin, I., Labreuche, J. (2001): Fonctionnement physique des sols cultivés: labour, non-labour, structure et érosion. Du labour au semis direct: enjeux agronomiques, Conférence-débat INRA ITCF, 8-9.
- Richter, U. (1995): Einfluß langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge und den Stickstoffhaushalt. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Bd. 4, Gießen, 178 S..
- Rieger, S.-B. (2001): Impacts of tillage systems and crop rotation on crop development, yield and nitrogen efficiency. Dissertation ETH Zürich, No. 14124, 138 S.
- Rodemann, B. (2003): Fusarien: Wie anfällig sind neue Weizensorten? In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Roldán, A., F. Caravaca, M. T., Hernández, C., García, C., Sánchez-Brito, M., Velásquez & Tiscareño, M. (2003): No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico) *Soil and Tillage Research* 72(1): 65-73.
- Roth, C.H. & Joschko, M. (1991): A note on the reduction of runoff from crusted soils by earthworm burrows and artificial channels. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 154, 101-105. Zit. in Joschko (2001)
- Rücknagel, J., Hofmann, B. & Christen, O. (2003): Umfrage zur Bodenbearbeitung un Sachsen-Anhalt und Thüringen: Nur noch 15% pflügen konsequent. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1/2003, S. 10-13.
- Rüttimann, M. (2001): Boden-, Herbizid- und Nährstoffverluste durch Abschwemmung bei konservierender Bodenbearbeitung und Mulchsaat von Silomais - Vier Bodenschonende Anbauverfahren im Vergleich. *Basler Beiträge zur Physiogeographie*, Bd. 30, 241 S..
- Sadeghi, A. M., Isensee, A. R. (1997): Alachlor and cyanazine persistent in soil under different tillage and rainfall regimes. *Soil Science* 162, 430-438.
- Sasse, U. (1999): Fusarium nur in feuchten Jahren ein Problem. *Landwirtschaft ohne Pflug* 2/99, S. 19/20.
- Sauer, T. J., Clothier, B. E., Daniel, T. C. (1990): Surface measurements of the hydraulic properties of a tilled and untilled soil. *Soil & Tillage Research* 15, 359-369.
- Schachermayr, G., Krebs, H., Streit, B. & Forrer, H.-R. (2002): Weizen nach Mais bringt Probleme. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1/2002, S. 18-21.
- Scheid, I. (2000): Verzicht auf den Pflug rechnet sich. *Landwirtschaft ohne Pflug* 2/2000, S. 14-18.
- Schjonning, P. & Rasmussen, K. J. (1989): Long term reducedcultivation I. Soil strength and stability. *Soil and Tillage Research* 15, 79–90.
- Schlüter, K. (2003): Blattkrankheiten und Fusarien - Bei Mulchsaat ein Problem? *GetreideMagazin* 1/2003, S. 44-47.
- Schmidt, D. (2003a): Mulchsaatvorbereitungen nach der Ernte die erste Stoppelbearbeitung. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Schmidt, D. (2003b): Mulchsaat vor der Ernte vorbereiten. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Schmidt, D. (2003c): Fusarien. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.

- Schmidt, W., Nitzsche, O. & Zimmermann, M. (2001): Mais bodenschonend bestellen. Fachinformationen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Schmidt, W., Nitzsche, O., Krück, S. & Engelmann, B. (2001): Fruchtfolgesysteme für pfluglose Anbauverfahren entwickeln. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Schmidt, W., Nitzschke, O. & Gebhard, C. (2001): Wieder zurück zum Pflug? DLG-Mitteilungen 7/2001, S. 62-65.
- Schruff, G., Ulshöfer, W. & Wegener, G. (1982): Faunistische ökologische Untersuchung von Regenwürmern (Lumbricidae) in Rebanlagen. Die Weinwissenschaft 37, 11-35.
- Schulze, R. & Grimm, S. (2001): Einfluss verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung. Landwirtschaftsamt Lörrach Informationen für die Pflanzenproduktion Sonderheft 3/2001. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim
- Schulze, R., Klotz, F. & Haag, U. (1999): Ökologische Auswirkungen von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren. Infodienst Landwirtschaft Baden-Württemberg. Online unter <http://10.34.54.3/infodienst/agraroek/bodensch/bearbboek.htm>.
- Schulze, R., Schweiger, P. & Klotz, F. (2000): Einarbeitung der Begrünung auf Ackerflächen. Infodienst Baden-Württemberg. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/la/lap/pflbau/prodtech/SH299.pdf>
- Schwarz, R. (2000): Bodenbearbeitung minimieren. UFA-Revue 06/00, S. 38-39.
- Seifert, V. (1988): Pfluglose Bodenbearbeitung und Kalkung. DLG- Mitteilungen 21, 1094. In: Kané (2000).
- Sievert, M., Garbe, V. & Bartels, G. (1999): Schadorganismen im Winterraps bei pflugloser Bodenbearbeitung. Gesunde Pflanzen Vol 51; Nummer 1; 26-34.
- Sisti, C.P.J., dos Santos, H.P., Kohhann, R., Alves, B.J.R., Segundo Urquiaga, S. & Boddey, R.M. (2004): Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. Soil and Tillage Research Vol.76(1): 39-58.
- Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S. M., Sa, J. C. d. M., Albrecht, A. (2002): Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - effects of no-tillage. Agronomie 22.
- Slack, D. C., Larson, C. L. (1981): Modelling infiltration: the key process in water management, runoff, and erosion, In, Tropical agricultural hydrology, pp. 433-450.
- Smettem, K. R. J., Rovira, A. D., Wace, S. A., Wilson, B. R., Simon, A. (1992): Effect of tillage and crop rotation on the surface stability and chemical properties of a red-brown earth (Alfisol) under wheat. Soil & Tillage Research 22, 27-40.
- Smika, D. E. (1990): Fallow management practices for wheat production in the Central Great Plains. Agronomy Journal 82, 319-323.
- Smith, J. L., Rice, E. L. (1983): Differences in nitrate reductase activity between species of different stages in old field succession. Oecologia 57, 43-48.
- Soileau, J. M., Touchton, J. T., Hajek, B. F., Yoo, K. H. (1994): Sediment, nitrogen and phosphorus runoff with conventional- and conservation-tillage cotton in a small watershed. Journal of Soil and Water Conservation 49, 82-89.
- Soltner, D. (2000): Les bases de la production végétale. Tome I: le sol et son amélioration. Sciences et techniques agricoles. 472.

- Sommer, C. & Voßhenrich, H. (2000): Bodenbearbeitung. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 129-134.
- Sommer, C. (2001): Gesetzgebung zum Bodenschutz und gute fachliche Praxis. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Sommer, K. (2001): "Cultan" im Ackerbau ohne Pflug. Landwirtschaft ohne Pflug 6/2001, S. 11-16.
- Spiess, E., Anken, T., Heusser, J., Weisskopf, P., Högger, C. & Oberholzer, H.-R. (2000): Folgewirkungen von Bodenbearbeitungsmaßnahmen AGRARForschung 7 (8) 2000:345-359.
- St. Remy, E. A. d., Daynard, T. B. (1982): Effects of tillage methods on earthworm populations in monoculture corn. Canadian Journal of Soil Science 62, 699-703.
- Staley, T. E. (1988). Carbon, nitrogen, and gaseous profiles in a humid, temperate region, maize field soil under no-tillage. Communications in Soil Science and Plant Analysis 19, 625-642.
- Stanley, T. E., Edwards, W. M., Scott, C. L. & Owens, L. B. (1988): Soil microbial biomass and organic component alterations in a no-tillage chronosequence. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 998-1005. In: KANÉ (2000).
- Stehouwer, R. C., Dick, W. A., Traina, S. J. (1994): Sorption and retention of herbicides in vertically orientated earthworm and artificial burrows. Journal of Environmental Quality 23, 286-292.
- Steiner, H., El Titi, A. & Bosch, J. (1885): Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau: Das Lautenbach Projekt, I. Versuchsprogramm. Z. Pfl.krankh.Pfl.schutz. 93, 1-18.
- Steinert, K. (2001): Universalmaschinen sind erste Wahl. Landwirtschaft ohne Pflug 5/2001, S. 14-17.
- Steinert, K. (2002): Schnecken wirksam bekämpfen. Landwirtschaft ohne Pflug 2/2002, S. 11-13.
- Steinert, K. (2003): Mit weniger Aufwand mehr ernten. Landwirtschaft ohne Pflug 3/2003, S. 5-10.
- Stemann, G. (2001): Pflanzenbausysteme für konservierende Bodenbearbeitung entwickeln und verfahrenstechnisch gestalten. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Stemann, G. (2003a): Nährstoffversorgung. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Stemann, G. (2003b): Fruchtfolge. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Stengel, P. (1986): Simplification du travail du sol en rotation céréalière: conséquences physiques. Les rotations céréalières intensives - Dix années d'études concertées INRA, ONIC, ITCF 1973-1983, INRA Paris, 15-44.
- Stöckli, A. (1928): Studien über den Einfluß des Regenwurmes auf die Beschaffenheit des Bodens. Diss. ETH, Nr. 492, 122 pp., zit. in: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), S.81-96.
- Streit, B. (2000): Direktsaat wird erwachsen. Landfreund 35/00, S. 22-23.

- Streit, B. (2002): Erste Erfahrungen und Entwicklungstendenzen mit reduzierter Bodenbearbeitung und Direktsaat im Ökolandbau in der Schweiz. Vortrag am Ackerbautag des Beratungsdienstes Ökolandbau am 5.03.2003.
- Streit, B. (2003): Schnecken - langsam und doch schnell. Vortrag Plantahof-Feldtagung am 14.08.2003.
- Streit, B., Rieger, S., Stamp, P. & Richter, W. (2000): Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. European weed research Society, Weed Research 2003/43, 20-32.
- Streit, B., Rieger, S., Stamp, P. & Richter, W. (2002): The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe. Agriculture, Ecosystems and Environment 92 (2002) 211-224.
- Sturny, W. G. (1988): Conservation tillage and new sowing techniques-effects on soil and plants. Landwirtschaft Schweiz 1, 141-152.
- Sturny, W. G., Hofer, P., Chevret, A. & Providoli, I. (2001): Direktsaat im Praxisvergleich - Erfahrungen und Beobachtungen. Agrarforschung 8 (1), I-IV, 2001. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale Zollikoven
- Swiss no-till (2003a): Le problème des mycotoxines ne peut être résolu que par une rotation adéquate, communiqué de presse du 16 mai 2003,5p.
- Swiss no-till (2003b): Semis direct et organisation de la rotation. Recommandations de Swiss no-till pour la réduction des mycotoxines dans la céréaliculture d'avenir, communiqué de presse d'août 2003,5p.
- Tebrügge, F. & Abelsova, J. (1999): Auswirkung der Pflug-Bodenbearbeitung und Direktsaat auf biogene Durchporung und ungesättigte Infiltrationsleistung des Bodens. Landtechnik 1/99, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (1997a): Experience with the application of no-tillage crop production in the west-european countries. Proceedings of the EC-Workshop - IV - in Boigneville, 12-14. Mai 1997, 192 S., Wissenschaftlicher Verlag Giessen.
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (1997b): Survey with no-tillage crop production in the western european countries, p. 55-153. In: Tebrügge, F. und Böhrnsen, A.: Experiences of the aplicability of no tillage crop production in western european countries. Proceedings EC-Workshop II, Silsoe, p. 201. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Langöns.
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (1998): Die Praktiker sind zufrieden. DLG-Mitteilungen, Heft 12/1998, Frankfurt.
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (2000): Direktsaat: Beurteilung durch Landwirte und Experten in der EU und Nebraska. Landtechnik 55/1, 17-19.
- Tebrügge, F. & Dreier, M. (Hrsg.) (1994): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Langgöns.
- Tebrügge, F. & Düring, R.-A. (1999): Reducing tillage intensity - a review of results from long- term study in Germany. Soil and Tillage, 53 (1), p.15-28.
- Tebrügge, F. (2000): Bodenbearbeitung: Langfristige Auswirkungen ausgewählter Systeme. Agrarfinanz 7, S. 6-7. (C 1.3).
- Tebrügge, F. (2000): Comparision of soil machine interactions by intensiv and no-tillage. 4th International Conference on Soil Dynamics, 26-30.03. 2000 Adelaide/Australia.
- Tebrügge, F. (2000): Konservierende Bodenbearbeitung aus Sicht des Bodenschutzes und der Ökonomie. Bauernverband Provinz Limburg/NL.

- Tebrügge, F. (2000): Long-term no-tillage as a tool to protect the environment. 15th Conference of International Soil Tillage Research Organization, 2.-7.07. Texas USA (C 1.3).
- Tebrügge, F. (2000): No-tillage for European countries. Wageningen University, NL.
- Tebrügge, F. (2000): Ökonomische und umweltrelevante Aspekte der konservierenden Bodenbearbeitung einschließlich Direktsaat und Berücksichtigung der Agenda 2000 und des Bodenschutzgesetzes. Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf.
- Tebrügge, F. (2000): Reduceret Jordbearbejding: Samme udbytte- men storre daekningsbidrag. (Ergebnisse 20-jähriger Versuche zur reduzierten Bodenbearbeitung und Direktsaat). *Agrologisk* 10/2000, S. 18-20.
- Tebrügge, F. (2000): Strategien im pfluglosen Zuckerrübenanbau. 6. Landwirtschaftliche Fachtagung im Nassauer Land, Wiesbaden-Erbenheim
- Tebrügge, F. (2000): Visionen für die Direktsaat. *Landwirtschaft ohne Pflug*, 5, S. 16-20.
- Tebrügge, F. (2001): Chancen und Risiken der Direktsaat in landwirtschaftlicher und umweltbezogener Perspektive. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Tebrügge, F. (2001): Environmental Impact of Conservation and No-Tillage in European-Countries. Intern. Congress Conservation Agriculture: A Worldwide Challenge, Madrid, Spain.
- Tebrügge, F. (2001): Proceedings: I. World congress on conservation agriculture Vol. 1: Keynote. In: FAO-ECAF [Hrsg.], S. 303-316. ISBN: 84932237-1-9. (C 1.3).
- Thevenet, G. (2001): Cultiver sans labourer? Du labour au semis direct: enjeux agronomiques, Conférence-débat INRA ITCF, 3-4.
- Triplett, G.B. & van Doren, D.H. (1969): Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of no-tilled maize. *Agron, J*, 61:637-639.
- Trochard, R., Lajoux, P. (1994): Les cultures qui acceptent les cultures simplifiées. *Perspectives Agricoles* 194, 12-15.
- Trocherie, F., Rabaud, V. (2004): Le développement des techniques sans labour (enquête pratiques culturales). *Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux, Colloque MEDD - CORPEN*, 12-16.
- Umweltbundesamt [Hrsg.] (2001): Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzten Böden Umweltbundesamt Berlin, 126 S., Texte 59/01.
- Unger, P. W. (1991): Organic matter, nutrient and pH distribution in no- and conventional tillage semiarid soils. *Agron. J.* 83: 186-189. In: KANÉ (2000).
- Unger, P.W. (1991): Overwinter changes in physical properties of no-tillage soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:778-782.
- Uppenkamp, N. (2001): Technische Anforderungen und Kostenstrukturen in pfluglosen Pflanzenbausystemen. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Uppenkamp, N. (2002): Bodenbearbeitung mit oder ohne Pflug? *GetreideMagazin* 3/2002, S. 163-165.

- Uppenkamp, N. (2003): Universal-Drillmaschine als Einstieg in die Mulchsaat. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Väderstad (2002): Mulchsaat-Management für Boden und Ertrag. Väderstad Ackerbaukonzept, 39 S..
- Vakali, C.; Köpke, U. (2001): Sproß- und Wurzelentwicklung von Getreide bei reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau Aspekte, SS. 225-228. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin
- van Elsen, T. (2000): Ökologischer Ausgleich als Chance für eine Extensivierung der Landbewirtschaftung. Agrarspectrum 31: Entwicklung nachhaltiger Landnutzungssysteme in Agrarlandschaften: 212-221, Frankfurt.
- Van Rhee, J.A., (1977): A study of the effect of earthworms on orchards productivity. Pedobiologia 17, 107-114.
- Verdier, J. L. (1990): Travail du sol, mauvaises herbes et désherbage. Phytoma 414, 13-22.
- Veze, A. (1977): Ten years of experimentation without tillage. Revue Suisse d'Agriculture 9, 59-70.
- Viaux, P. (2001): Regard sur l'environnement ; les effets positifs sur l'environnement. Travaux et Innovations 77, 27-32.
- Volk, L. (2001): Verfahrenstechnische Entwicklungen zur Optimierung von Pflanzenbausystemen mit konservierender Bodenbearbeitung / Direktsaat. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Voß, M., Ulber, M. & Hoppe, H.-H. (1997): Schneckenprobleme bei Direktsaat. Direktsaat 4/1997, S. 14-15.
- Voßhenrich, H.-H. & Kottenrodt D. (2001): Prototyp für die ortsspezifische Bodenbearbeitung. Raps 19: 143-145.
- Voßhenrich, H.-H. & Sievers, B. (2002): Stroh schützt vor Erosion. Landwirtschaft ohne Pflug, H.2, S.10-12.
- Voßhenrich, H.-H. (2001): Strohmanagement im pfluglosen Pflanzenbausystem - Grundlage für eine erfolgreiche konservierende Bodenbearbeitung. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Voßhenrich, H.-H. (2002): Stroh schützt vor Erosion. Landwirtschaft ohne Pflug 2/2002, S. 10-12.
- Voßhenrich, H.-H., Sommer, C., Gattermann, B. & Träger-Farny, W. (2000): Ortsspezifische Bodenbearbeitung. Landtechnik 4/2000, S. 319.
- Waldorf, N & Schweiger, P. (2002): Wirkung verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung auf Erträge und Nitratgehalte im Boden. Ergebnisse des Praxisversuches am Seehof bei Haigerloch 1992 – 1998. Informationen für die Pflanzenproduktion Sonderheft 3/2002. Herausgeber: Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim.
- Waldorf, N. & Grimm, S. (2003): Einfluss verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung auf die Bestandesentwicklung, Pflanzenschutz, Ertrag, Qualität und Nitratgehalte im Boden sowie die Wirtschaftlichkeit im Ackerbau. Versuchsbericht 1995-2002: Ökologische Auswirkungen von verschiedenen Informationen für die Pflanzenproduktion, Sonderheft.

- Walters, D & Jasa, P (2000): Conservation tillage in the United States: an overview. Paper presented at the International Symposium on Conservation Tillage. January 24-27, 2000 Mazatlan, Mexico. 10pp.
- Wauchope, R. D. (1978): The pesticide content of surface water draining from agricultural fields - a review. *Journal of Environmental Quality* 7, 459-472.
- Wauchope, R. D. (1987): Tilted-bed simulation of erosion and chemical runoff from agricultural fields: II. Effects of formulation on atrazine runoff. *Journal of Environmental Quality* 16, 212-216.
- Weed, D. A. J., Kanwar, R. S., Stoltenberg, D. E., Pfeiffer, R. L. (1995): Dissipation and distribution of herbicides in the soil profile. *Journal of Environmental Quality* 24, 68-79.
- Weinert, J. & Qinghua, Z. (2002): Halmbruch - Rückkehr eines alten Bekannten DLG-Mitteilungen 3/2002, S. 60-62.
- Weyer, T. & Buchner, W. (2001): Bodenschadverdichtungen- Ausmaß, Ursachen, Wirkungen und Lösungsansätze. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Wyss, E., Glasstetter, M. (1992): Tillage treatments and earthworm distribution in a Swiss experimental corn field. *Soil Biology & Biochemistry* 24, 1635-1639.
- Zihlmann U., Weisskopf P., Jossi W. & Anken T. (2003): Einfluss der Fruchtfolge auf das Gefüge eines Tonbodens. *AGRARForschung* 10(10):400-405.
- Zihlmann, U., Weisskopf, P., Bohren, C. & Dubios, D. (2002): Stickstoffdynamik im Boden beim Maisanbau. *AGRAR Forschung* 9(9):392-397.

ANNEXE 2 : Fiches détaillées des essais régionaux

Site : Spechbach

Département : 68

Année : 1997 à 1999

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Didier Lasserre
Organisme :	ARVALIS institut du végétal
adresse :	2 allée Herrlisheim 68000 Colmar
tél. :	03.89.22.28.41
e-mail :	d.lasserre@arvalisinstitutduvegetal.fr

Agriculteur :	?
commune :	Spechbach
type de sol :	Limon à limon-argileux, décarbonaté, profond et sain
roche mère :	Loess

données météorologique :	
station météo de réf. :	Spechbach
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	disponible
t°C moyenne (mini-maxi) :	disponible
nbre de jours de gel :	?

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	2,5	Sud/Est

Durée de l'essai	
année de mise en place :	1997
document de synthèse disponible :	oui

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique herse rotative (1x) semoir à disque	novembre mai mai	maïs/maïs	-	-	-
P2	RTS3	herse rotative (1x) semoir à disque	mai mai	maïs/maïs			

Objectifs :

Evaluer l'efficacité de bandes enherbées de bas de pente et d'un non-labour superficiel (plus accessoirement) sur la réduction des volumes de ruissellement et de flux des produits phytosanitaires apportés par l'eau de ruissellement.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Suivi du ruissellement volume de ruissellement concentration en matières actives flux de matières actives (atrazine et deux métabolites: DEA, DIA)	mesure (isolement hydraulique) mesure calcul	valeur mm (l/m ²) valeur µg/l de matières actives valeur mg/ha

Principaux résultats:

L'essentiel du **flux de nitrates et de produits phytosanitaires** est entraîné par les épisodes de ruissellement les plus **proches de l'application**. La quantité d'azote ou de phytos totale transférée est inférieure à 0,5% de la dose apportée. Le **ruissellement dépend de la pluviométrie et de l'état hydrique** de la parcelle. Cette dernière dépend elle-même de la sensibilité à la battance et de la saturation, qui sont en lien avec la stabilité structurale et la couverture du sol en résidus.

Les TSL réduisent les flux d'eau et de phytos. en année à pluviométrie normale ...

Les TSL ont permis de piéger 40% de l'eau de ruissellement en 1998 (contre 84% en 1997) sur six épisodes pluvieux. Lors d'un **épisode intense (62 mm/heure)**, l'efficacité a été nulle. Finalement, les **TSL ont réduit les flux de produits phytosanitaires de 25% en moyenne**, de 0% en 1999 à 59% en 1997. L'efficacité est moins bonne que la bande enherbée. En 1999, cela peut s'expliquer par une intensité très forte des pluies (100 mm/h), une forte teneur en eau du profil tout au long du printemps et une dégradation plus rapide de l'état de surface du sol.

Année	%efficacité sur le ruissellement d'eau	%efficacité sur les flux d'herbicides
1997	84	59
1998	40	16
1999	12	0

... mais sont pénalisées par une infiltration d'eau plus lente en année très pluvieuse

En 1999, l'efficacité a été de seulement 12%. En cette année pluvieuse (pluies violentes dans la deuxième quinzaine de juin ; plusieurs épisodes à plus de 100 mm/heure), les TSL ont eu un effet défavorable sur les concentrations en nitrates et en produits phytosanitaires et sur les flux de produits phytosanitaires: le flux d'herbicides a été multiplié par 2 par rapport au témoin. La bande enherbée aussi s'est montrée moins efficace. Comparé à une **bande herbeuse**, les TSL ont eu une efficacité très limitée en 1998 sur les flux et concentrations de produits phytosanitaires dans la solution de sol (de 2,5 à 20 % selon le pesticide par rapport au témoin sans bande herbeuse). L'année 1997, l'efficacité des TSL était plus marquée sur les flux: 59% d'efficacité.

Site : Rouffach

Département : 68

Années 2003-05

Ces essais ont été mis en place dans le cadre du projet 03 du programme III de l'ITADA pour lequel un rapport complet est disponible

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Christian Bockstaler
Organisme :	ARAA/INRA
adresse :	28 rue Herrlisheim 68021 Colmar
tél. :	03.89.22.49.80
e-mail :	bockstal@colmar.inra.fr

Agriculteur	Ferme Judenmatt (Lycée Agricole)
commune	Rouffach
type de sol	Las calcique à calcaire profond faiblement hydromorphe LAs (L=40/A=22/s=36) / 1,6 % MO
roche mère	alluvions récentes de la vieille Thur. irrigation

données météorologique :	
station météo de réf. :	Rouffach
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	disponible
t°C moyenne (mini-maxi) :	disponible
nbre de jours de gel :	?

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
oui	0	

Durée de l'essai	
année de mise en place :	TSL: 2003
document de synthèse disponible :	oui

Année : 2003

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert en sous-semis		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	RT	chisel vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril juin	maïs/féverole/maïs/s oja	Ray-grass	bineuse + semoir	mécanique

Années : 2004 et 2005

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique compacteur (2x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	RT	chisel compacteur (2x) semoir à disque	décembre avril avril septembre	maïs/féverole/maïs/s oja	Moutarde	chisel - semoir	mécanique

Site : Niederentzen

Département : 68

Années 2003-05

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Christian Bockstaller
Organisme :	ARAA/INRA
adresse :	28 rue Herrlisheim 68021 Colmar
tél. :	03.89.22.49.80
e-mail :	bockstal@colmar.inra.fr

Agriculteur	Daniel Rittimann
commune	Niederentzen
type de sol	Lsa-las (L=28/a=19/s=51) / 1,6 % MO 42% cailloux
roche mère	hardt rouge superficielle irrigation

données météorologique :	
station météo de réf. :	Oberentzen
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	disponible
t° C moyenne (mini-maxi) :	disponible
nbre de jours de gel :	?

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
oui	0	

Durée de l'essai	
année de mise en place :	NL: 2002
document de synthèse disponible :	oui

Année : 2003

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique herse lourde (1x) vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre mars avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	RT	chisel herse rotative (1x) semoir à disque	mars mars avril juin	maïs/maïs	Trèfle	bineuse + semoir	mécanique
P3	RTS4	strip-till (3x) semis fraisé sur le rang	avril avril juin	maïs/maïs	Trèfle	bineuse + semoir	mécanique

Années : 2004 et 2005

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique herse lourde (1x) vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre mars avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	RT	chisel vibroculteur (1x) semoir à disque	mars mars avril juin	maïs/maïs	Ray-grass	bineuse + semoir	mécanique
P3	RTS4	semis fraisé sur le rang	mars avril juin	maïs/maïs	Ray-grass	bineuse + semoir	-

Objectifs :

Evaluer globalement et tester la faisabilité de systèmes de culture du maïs permettant de concilier objectifs économiques et environnementaux, basés sur une Charte de Production Raisonnée ou sur les principes de la Production Intégrée, ceci sur un laps de temps suffisant pour mettre en évidence certains effets cumulatifs.

Utiliser à terme les dispositifs comme sites de démonstration afin de lever des réticences chez des agriculteurs à mettre en œuvre ces systèmes de cultures innovants basés sur la production raisonnée ou intégrée.

Paramètres Observés

Etat structural		
profil racinaire	observation profil cultural	résultat qualitatif / quantifiable (% zone tassée)
Pressions parasites et adventices		
oscinies	observations / comptage	valeur en %
fusariose	observations / comptage	valeur en %
pyrale	observations / comptage	valeur en %
efficacité désherbage (faisabilité technique)	observations / notations	résultat qualitatif (note efficacité désherbage)
salissement de la parcelle	comptage	résultat quantitatif (dénombrement par espèce des adventices)
Suivi azote		
reliquats azotés	mesure nitrates en solution - bougies poreuses	valeur kg N (NO3+NH4)/ha
prélèvement d'azote par la culture	mesure nitrates en solution - bougies poreuses	valeur t MS/ha et kg N prélevé /ha
prélèvement d'azote par la CIPAN	mesure nitrates en solution - bougies poreuses	valeur t MS/ha et kg N prélevé /ha
Composantes de rendement		
comptage à la levée	observations / comptage	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m ²
humidité du grain	mesure	% de MB
rendement (qx/ha) à 15% d'hum.	récolte et mesure	valeurs en q/ha à 15% d'hum.
poids de 1000 grains (g)	comptage et pesée	valeurs en g.
Evaluation globale		
rentabilité économique		rendement, marges
temps de travaux		enregistrements
coût énergétique		

Sites : Rouffach et Niederentzen

Département : 68

Résultats 2003 à 2005

Des adventices pas toujours faciles à maîtriser dans les systèmes "trop innovants"

Les TSL depuis 2003 ont engendré une **forte pression des adventices**: complexe PDS et chénopodes plus accentués en non-labour à Rouffach et en bandes fraisées à Niederentzen (flore différente en TSL à Niederentzen). A Rouffach, l'efficacité des désherbages (Callisto-Milagro) est trop faible sur graminées (panics) quel que soit le système. Un traitement chimique supplémentaire **anti-graminées** a été déclenché à Rouffach sur le système innovant et anti-dicotylédones à Niederentzen sur toutes les modalités (morelles et chénopodes). Un anti-graminées supplémentaire a été ajouté en semis direct à Niederentzen à cause des repousses de Ray-Grass dans l'interrang non fraisé.

Des profils qui révèlent les niveaux de compaction des sols

Les profils réalisés les étés 2003 et 2005 montrent une structure plus dégradée à Rouffach (historique des années précédentes et labour en conditions plus défavorables). A Niederentzen, le semis direct marque des baisses de peuplement dus à des **problèmes de mise en oeuvre technique du strip-till** et une **concentration de l'enracinement dans la zone fraisée pour P3**. L'enracinement du maïs dépasse 80 cm de profondeur dans les terres de Hardt, plus clairement en labour.

Des niveaux de rendement variables selon le site

Le système innovant apporte de **meilleurs résultats à Rouffach** (103 contre 101q/ha) mais **décroche** de 10-15 q/ha à **Niederentzen**, notamment le semis en bandes fraisées en 2003 et peut-être à cause de la **concurrence du ray-grass dans les deux itinéraires innovants**. Les bons développements des couverts en sols de Hardt ont pu pénaliser le démarrage du maïs d'autant plus que le printemps était sec (2003). En 2003, la **variété Nexxos**, choisie pour sa précocité et son port peu couvrant supposé favoriser le développement du ray-grass, a semblé pénaliser les systèmes innovants des deux sites. Elle a été remplacée par un DKC3420. Le **choix de variétés à bon potentiel** reste une priorité!

Des systèmes innovants qui limitent le lessivage de nitrates

Les **mesures d'azote** marquent l'effet du type de sol (davantage d'azote dans le profil dans la Hardt), du climat de l'année (2003, année sèche et faibles rendements), éventuellement du sous-semis mais pas du travail du sol. Le ray-grass a prélevé entre 15 et 40 unités d'azote selon les années. Sur Niederentzen, lors de l'hiver 2004/2005 où 183 mm d'eau ont drainé, 20 kg N/ha ont été perdus dans le système P1 contre 7 kg N/ha dans P2, où un couvert de ray-grass avait été semé sous le maïs. Cela correspond à une concentration moyenne de nitrates en hiver de 48 mg/l sur P1 et 17 mg/l sur P2. Sur Rouffach, 4 kg N/ha de plus ont été perdus dans l'innovant.

La maîtrise technique conditionne les résultats économiques

A Niederentzen, pour l'année 2004, les systèmes innovants ont des marges directes sensiblement inférieures au système en labour. Le différentiel est de 186 €/ha dont 143 €/ha de charges en plus (implantation et destruction de la culture intermédiaire) et 43 €/ha de charges en moins. Le défaut de maîtrise technique de la culture intermédiaire se paie cher. A Rouffach, le différentiel entre systèmes raisonné et innovants est encore plus grande. Cela tient au défaut de compétitivité des cultures de soja et de féverole par rapport au maïs.

sans repet

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Régis HUSS
Organisme :	CA 67
adresse :	2 rue de Rome BP 30022 Schiltigheim 67013 STRASBOURG Cedex
tél. :	03 88 19 17 11
e-mail :	r.huss@bas-rhin.chambaqri.fr

Agriculteur	Romain MARTIN
commune	HOCHFELDEN
type de sol	LA (L=71-A=20-s=7) 1,8 % MO pH=8,3 pH KCL = 7,4
roche mère	Loess

données météorologique :	
station météo de réf. :	Schwindratzheim
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	
t°C moyenne (mini-maxi) :	
nbre de jours de gel :	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	4-7	Nord/Est

Durée de l'essai	
année de mise en place :	1999
document de synthèse disponible :	non

Années : 2001, 2002 et 2004

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P3	CT1	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	RT	déchaumeur à dents vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P1	NT	semoir à disque semoir à disque	octobre printemps	maïs/maïs	Avoine blanche	semoir à disque	chimique

Année : 2003

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P3	CT1	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	RT	déchaumeur à dents vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P1	RTD	décompacteur semoir à disque	printemps printemps	maïs/maïs	-	-	-

Objectifs :

L'objectif de cet essai est de trouver par le biais des techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) des solutions efficaces permettant de lutter contre les phénomènes de ruissellement et d'érosion des sols, sans pénaliser fortement le rendement.

Ainsi, plusieurs itinéraires techniques de travail du sol faisant intervenir des outils différents, ont été mis en place.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Etat structural profil racinaire microcapillarité ruissellement et érosion	observation profil cultural suivi/observations des états de surface après P° observations non quantifiées	résultat qualitatif / quantifiable Observations des Etats De Surface enregistrement qualitatif (oui/non)
Pressions parasitaires et adventices fusariose (%) salissement de la parcelle	observations / comptage observations / estimation	valeur en % résultat qualitatif
Composantes de rendement comptage à la levée humidité du grain rendement (qx/ha) à 15% d'hum.	observations / comptage mesure récolte et mesure	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m² % de MS valeurs en q/ha à 15% d'hum.
Autres t°C du sol au semis	mesure	valeurs en °C

Principaux résultats - Hochfelden

L'itinéraire labour permet d'avoir des maïs réguliers avec un allongement des entre-nœuds (effet du réchauffement plus rapide du sol au printemps).

Le **semis direct** est marqué par un développement plus important du **liseron**. Un **décompactage** a permis de résoudre les problèmes de tassement (à la récolte du maïs précédent).

Des **mesures de reliquats** en 2004 ne montrent **aucune différence** de quantité d'azote dans le sol entre les deux techniques simplifiées. "Des apports de 30 à 50 unités d'azote supplémentaire au semis auraient par contre permis de favoriser le démarrage du maïs au printemps" (azote total supplémentaire - pas de problèmes car couvert derrière TSL).

L'effet du NL sur la **capacité de rétention en eau** est très marqué en année sèche: effet significatif sur le rendement 88 q/ha en semis direct, 82 avec outil à dents et 74 en labour.

Le rendement en grains du maïs n'est pas affecté par la simplification du travail du sol (contrairement au rendement plante entière). Après 4 années le rendement en **semis direct est à 88% du labour** et l'**outil à dents à 102%**. Seuls les rendements en semis direct sont plus bas (7 q/ha) du fait de **manques à la levée** qui se répercutent. Toutefois, les rendements en semis direct sont sur une pente régulière et ascendante (**+4 q/ha/an**) grâce à la disparition progressive de la semelle de labour et la maîtrise de la technique qui s'affine (peuplement de départ, décompactages).

L'itinéraire semis direct + décompactage nécessite 1H20 de passage à l'hectare contre 2H40 pour le labour et 1H50 avec un outil à dents.

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Régis HUSS
Organisme :	CA 67
adresse :	2 rue de Rome BP 30022 Schiltigheim 67013 STRASBOURG Cedex
tél. :	03 88 19 17 11
e-mail :	r.huss@bas-rhin.chambagri.fr

Agriculteur	Gérard HEINTZ
commune	NEEWILLER Près LAUTERBOURG
type de sol	L (L=77-a=16-s=5) 1,7 % MO pH 8,3
roche mère	Loess

données météorologique :	
station météo de réf. :	LAUTERBOURG
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	?
t°C moyenne (mini-maxi) :	?
nbre de jours de gel :	?

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	7-9	Nord/Est

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2001
document de synthèse disponible :	non

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	NT	semoir à disque	avril	maïs/maïs	Avoine hiver	à la volée puis broyage des résidus	chimique
P2	RT	déchaumeur à dents	décembre	maïs/maïs	-	-	-
		vibroculteur (1x)	avril	maïs/maïs	-	-	-
		semoir à disque	avril	maïs/maïs	-	-	-
P3	RT	ameublisseur semoir à disque	octobre	maïs/maïs	Avoine hiver	à la volée puis broyage des résidus	chimique
			mars avril		-	-	-
P4	RT	ameublisseur semoir à disque	octobre	maïs/maïs	Avoine hiver	à la volée puis broyage des résidus	chimique
			octobre avril		-	-	-
P5	CT1	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P6	NT	semoir à disque	avril	maïs/maïs	Avoine hiver	à la volée puis broyage des résidus	chimique

NB: en 2004, un itinéraire déchaumeur + ameublisseur de printemps a aussi été mis en place

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Ruissellement et érosion états de surface ruissellement et érosion (MES)	méthode d'observation (ARAA/IMFS) isolement hydraulique de placettes de 22,5 m ²	% de couverture par le mulch, % de croûtes, microrelief (HSF) coefficient de ruissellement (% P°), volumes ruisselés (l), érosion (t/ha)
Composantes de rendement comptage à la levée humidité du grain rendement (qx/ha) à 15% d'hum. poids spécifiques	observations / comptage mesure récolte et mesure pesée	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m ² % de MB valeurs en q/ha à 15% d'hum. valeurs en kg/hl
Autres t°C du sol au semis	mesure	valeurs en °C

Principaux résultats:

La maîtrise du peuplement reste un problème en **semis direct avec 5 à 10 000 pieds de moins** qu'en simplifié ou labour. Les maïs en non-labour avec un développement végétatif plus faible ont moins souffert de la sécheresse.

Beaucoup d'enseignements sur les rendements

La **restructuration en profond** (sur semis direct) et la **reprise avant semis améliorent le rendement** en 2002 (limaces, réchauffement, sol nivelé) respectivement de l'ordre de dix et cinq quintaux par hectare. Le rendement en labour reste néanmoins meilleur (98 q/ha) suivi du simplifié (92 q/ha), du semis direct avec ameublisseur automne ou printemps (88 q/ha) puis du semis direct pur (78 q/ha). En 2003, année sèche, l'**effet des TSL sur la capacité de rétention en eau** est très marqué: effet significatif sur le rendement: + 1% avec l'outil à dents et + 10 % en semis direct avec ameublisseur. Après deux années les itinéraires en **TSL hors SD** ont des **rendements supérieurs de 2%** mais la **troisième année**, les rendements n'ont **pas été calculés** (et présentés) car ils sont très mauvais du fait du salissement des parcelles en TSL par la **renouée des oiseaux** dans toutes les TSL. Les adventices couvraient 50% du sol en TSL à la mi-juillet. La maîtrise des adventices doit être stricte; les trop fortes réductions de doses de désherbants ne sont pas souhaitables en TSL.

30 fois moins d'érosion en TSL

En mai 2003, un épisode orageux a arraché des pieds de maïs et engendré des pertes de terre dans l'itinéraire en labour. Les TSL ont permis de réduire le ruissellement et l'érosion en 2004. Cette année a été caractérisée par un cumul faible de pluies (100 mm entre le semis et la mi-juillet) et deux épisodes orageux à la mi-juin (7 mm en 10 minutes) et à la mi-juillet (6,6 mm en 10 minutes). Le coefficient de **ruissellement** est proche de 50% en labour (traces de roues et saturation) et **dix fois moins important en TSL** (déchaumeur meilleur que le semis direct). Les volumes érodés sont supérieurs sur les placettes en amont et pour le dernier orage. Semis direct et déchaumeur perdent respectivement **40 et 15 fois moins de terre au premier épisode** (dizaines de kilogrammes) et 30 et 20 fois moins au deuxième (plusieurs dizaines de kilogrammes). Le labour a engendré une perte de 5 tonnes de terre par hectare.

Site : SELESTAT

Département : 67

Années : 2001 à 2004

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Patrice DENIS
Organisme :	CA 67
adresse :	1 rue de Hollande 67230 BENFELD
tél. :	03 88 74 13 13
e-mail :	adar.ill@bas-rhin.chambagri.fr

Agriculteur	François KOHLER
commune	SELESTAT
type de sol	argilo-limoneux (L=40-A=30-s=30) / MO 2%
	pH = 8,1
roche mère	Lœss et alluvions vosgiennes en mélange irrigation

données météorologique :	
station météo de réf. :	SELESTAT
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	?
t°C moyenne (mini-maxi) :	?
nbre de jours de gel :	?

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
oui	-	-

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2000
document de synthèse disponible :	non

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	novembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	CT2	bêche vibroculteur (1x) semoir à disque	novembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P3	RT	déchaumeur à dents vibroculteur (1x) semoir à disque	novembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P4	RT	déchaumeur à disques vibroculteur (1x) semoir à disque	novembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P5	RTD CT1	décompacteur charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	juillet novembre avril avril	maïs/blé	-	-	-

Objectifs :

Observer et mesurer l'impact des différents outils de travail du sol sur les composantes de rendement en monoculture de maïs.
L'impact des types d'outils utilisés sur le salissement des parcelles et le développement de l'helminthosporiose est aussi évalué.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Composantes de rendement		
comptage à la levée (début mai)	observations / comptage	valeur en nbr. pieds/ha
comptage à la levée (fin mai/ début juin)	observations / comptage	valeur en nbr. pieds/ha
comptage sur l'épi	observations / comptage	valeurs en nbr. d'épis/ha valeurs en nbr. de rangs/épis
humidité du grain	mesure	% de MS
rendement (qx/ha) à 15% d'hum.	récolte et mesure	valeurs en q/ha à 15% d'hum.

Résultats

L'utilisation d'outils à dents ou à disques induit un **démarrage du maïs plus lent** et des **levées échelonnées**, un développement végétatif ralenti au printemps à cause du moindre réchauffement du sol, des entre-nœuds plus courts en non-labour donc un maïs plus résistant à la verse.

Le développement de **vivaces** est aussi plus important en travail superficiel et notamment la **prêle** en 2004 (effets compactage et humidité probables).

Deux groupes se différencient statistiquement: les **itinéraires simplifiés ont des rendements à 93-95%** des itinéraires avec travail profond. Les **pertes à la levée** se traduisent systématiquement sur le rendement (effet potentiel élevé du maïs dans ces conditions -plus de 120 q/ha- qui n'est pas compensé; effet varié?).

L'observation de zones de compaction marque l'effet d'un **tassement** qui peut trouver ses causes dans l'irrigation. Le recours à des **décompactages réguliers** doit se faire.

Site : ENGWILLER

Département : 67

Année : 2004

Essai blé de maïs

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Régis HUSS
Organisme :	CA 67
adresse :	2 rue de Rome BP 30022 Schiltigheim 67013 STRASBOURG Cedex
tél. :	03 88 19 17 11
e-mail :	r.huss@bas-rhin.chambaqri.fr

données météorologique :	
station météo de réf. :	SELESTAT
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	?
t°C moyenne (mini-maxi) :	?
nbre de jours de gel :	?

Agriculteur	Jacky HALLER
commune	ENGWILLER
type de sol	Limon argileux (25%A) battant localement hydromorphe
roche mère	Lehm

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
oui	-	-

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2001
campagne agricole :	2004
document de synthèse disponible :	non

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique herse rotative (1x) semoir à disque	octobre octobre octobre	maïs/blé	-	-	-
P2	CT2	disc-o-mulch semoir à disque	octobre octobre	maïs/blé	-	-	-
P3	RT	semoir à disque	octobre	maïs/blé	-	-	-

Objectifs :

L'objectif de cet essai est de comparer le comportement variétal du blé (Charger, Nirvana, Apache, Soissons, Atrium et Sokrates) en fonction des différentes techniques de travail du sol (Labour, Semis simplifié et Semis direct). Une notation de la résistance du blé à la fusariose et la mesure de sa productivité est prévue.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Composantes de rendement		
comptage à la levée	observations / comptage	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m ²
comptage en sortie d'hiver	observations / comptage	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m ²
comptage nombre d'épis	observations / comptage	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m ²
humidité du grain rendement (qx/ha) à 15% d'hum. poids spécifiques	mesure récolte et mesure pesée	% de MB valeurs en q/ha à 15% d'hum. valeurs en kg/hl
Pressions parasitaires et adventices		
fusariose (%) mycotoxines	observations / comptage analyses en laboratoire	valeur en % résultat quantitatif

Principaux résultats

Le **labour sort 5 à 15 q/ha de rendement en plus** (2002 et 2004). L'effet variété augmente l'amplitude des résultats: certaines variétés sont plus sensibles au type de travail du sol (développement racinaire, utilisation de l'azote, compensation par le tallage).

L'analyse des teneurs en DON a montré que tous les lots, **indépendamment du type de travail du sol**, étaient **au-dessus de la limite réglementaire** fixée pour 2005 avec néanmoins le labour moins touché à l'inverse du travail superficiel, le semis direct étant intermédiaire dans 4 cas sur 6 (le plus touché sur Soissons et Atrium). La **variété Apache** s'en sort le mieux niveau mycotoxines: malgré une note CTPS de sensibilité moyenne elle "exprime" moins les fusarioses en mycotoxines (pas le cas de Soissons: peu de fusariose mais beaucoup de mycotoxines). En tous cas, une note minimale de 5 est requise en tolérance fusariose. Charger a le taux d'épis fusariés le plus élevé. A noter le traitement avec une strobilurine qui peut expliquer une sensibilité accrue des blés à la fusariose.

Le semis doit se faire légèrement en biais par rapport aux lignes de semis du maïs pour améliorer le travail des éléments semeurs. Un passage d'ameublisseur peut se justifier en cas de tassements sévères. Un premier apport majoré de 20-30 unités permettrait (peut-être) d'obtenir des

Site : KAPPELEN

Département : 68

Année : 2002-03

coordonnées du correspondant :	
Nom :	François Alves
Organisme :	CA 68
adresse :	11 rue Jean Mermoz 68127 Ste-Croix -en-plaine
tél. :	03.89.20.98.02
e-mail :	f.alves@haut-rhin.chambaqri.fr

Agriculteur	Gaec du TALMATT
commune	KAPPELEN
type de sol	Lehm (L=83/a=12/s=4) / 1,28 % MO / pH = 8,3 Limon argileux (L=68/A=27/s=3) / 2,2 % MO / pH = 8,0
roche mère	Loess

DK312

données météorologique :	
station météo de réf. :	Geispitzen
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	?
t°C moyenne (mini-maxi) :	?
nbre de jours de gel :	?

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	4-5	Nord/Est

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2001
campagne agricole :	2002
document de synthèse disponible :	oui

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/blé/betterave	-	-	-
P2	NT	semoir à disque	décembre avril	maïs/blé/betterave	Blé	h. rotative + semoir	chimique
P3	NT	semoir à disque	avril	maïs/blé/betterave	-	-	-
P4	RT	chisel herse rotative (1x) vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/blé/betterave	-	-	-
P5	RT	charrue perrein herse rotative (1x) vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/blé/betterave	-	-	-
P6	RTD	défonceur vibroculteur (2x) semoir à disque	décembre avril avril	maïs/blé/betterave	-	-	-
P7	RT	disc-o-mulch vibroculteur (2x) semoir à disque	avril avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P8	RTD	ameublisseur semoir à disque	avril avril	maïs/maïs	-	-	-

Objectifs :

L'objectif de cet essai est de trouver par le biais des Techniques culturales Sans Labour (TSL) des solutions efficaces permettant de lutter contre les phénomènes de ruissellement et d'érosion des sols, sans affecter le rendement et par conséquent le revenu de l'agriculteur.

Ainsi, plusieurs itinéraires techniques de travail du sol faisant intervenir des outils différents, ont été mis en place sur cette parcelle en TCSL depuis 5 années.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Etat structural profil racinaire microcapillarité	observation profil cultural suivi/observations des états de surface après P°	résultat qualitatif / quantifiable observation des Etats De Surface
Ruissellement et érosion états de surface ruissellement et érosion (MES)	méthode d'observation (ARAA/IMFS) isolement hydraulique de placettes de 22,5 m²	% de couverture par le mulch, % de croûtes, microrelief (HSF) coefficient de ruissellement (% P°), volumes ruisselés (l), érosion (t/ha)
Pressions parasitaires et adventices fusariose (%) salissement de la parcelle	observations / comptage observations / estimation	valeur en % résultat qualitatif
Composantes de rendement comptage à la levée humidité du grain rendement (qx/ha) à 15% d'hum. poids de 1000 grains (g)	observations / comptage mesure récolte et mesure comptage et pesée	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m² % de MS valeurs en q/ha à 15% d'hum. valeurs en g.

Principaux résultats

Les TSL préviennent le ruissellement et l'érosion

L'effet des TSL sur le ruissellement et l'érosion est clair: seul le labour a été affecté par ces phénomènes, en 2002 et 2003 où un orage de 50 mm en 3/4 d'heure a dégradé les parcelles en labour mais pas celles en TSL..

Rendements: avantage aux TSL?

Après 5 ans de non-labour, **toutes les TSL** donnent en 2002 des **rendements supérieurs** au labour hormis le semis direct. Les modalités labour et semis direct ont des rendements situés entre 78 et 88 q/ha; les autres modalités entre 97 et 101 q/ha.

En 2003, les rendements sont sensiblement meilleurs en semis direct et Agrisem qui maintiennent une forte quantité de résidus en surface (55 q/ha contre 35 q/ha). Mais un **effet "sol"** semble biaiser ces résultats car ces modalités sont dans la partie "limon brun", moins séchante.

Les conditions de semis plus difficiles en TSL

La "fraîcheur" est présente à 2 cm de profondeur en semis direct et 5-6 cm en labour. Les autres modalités en TSL sont intermédiaires. En 2002, l'absence de préparation au printemps ou un mauvais affinement du lit de semences engendrent des pertes à la levée (pas pour le semis direct dans un couvert P2). Elles ne s'accompagnent pas nécessairement d'une perte de rendement hormis pour le semis direct (P3). En 2003, malgré l'importance des cannes de maïs en surface, les semences sont bien positionnées et les lignes de semis bien refermées, même en semis direct. Les modalités avec décompacteur et disc'o mulch ont nécessité une reprise à la herse rotative à cause de la présence forte de résidus en surface.

L'enracinement du maïs ne présume pas du rendement

L'enracinement est localisé sur les premiers centimètres en semis direct et travail superficiel, mais l'effet sur le rendement n'est pas clair. Le semis direct reste pénalisé mais pas le travail superficiel. En 2003, les qualités d'enracinement sont comparables entre les modalités malgré des profils culturaux différents: zones denses à profondeur variable suivant la profondeur de passage des outils d'ameublissement/mélange et de reprise. Les horizons un peu lissés ainsi créés n'ont pas gêné la progression des racines. En limons blancs, la structure du sol est d'autant meilleure que le sol est travaillé tardivement. Elle est observée pour les outils Agrisem dans l'essai. Mais le lien n'est pas systématique entre structure du sol et enracinement de la culture.

Le déchaumage nettoie les parcelles

Le salissement est important en l'absence de mélange terre-résidus sur moins de 10 cm de profondeur.

Fusariose ne veut pas dire mycotoxines

Les fusarioses ont davantage, et de façon égale, touché les maïs en labour et en semis direct par rapport aux autres TSL. L'analyse de mycotoxines a donné un résultat négatif.

Site :	OBERNAI	Département :	67	Année :	2006		
coordonnées du correspondant :			données météorologique :				
Nom :	Gérard Neuhard	station météo de réf. :	Entzheim				
Organisme :	CA 67	P° annuel (mm) moyenne (mini-m	?				
adresse :		t°C moyenne (mini-maxi) :	?				
tél. :		nbre de jours de gel :	?				
e-mail :		situation topographique					
Agriculteur		M. Freddy MERCKLING, Lycée agricole		plaine		colline	
				% pente		orientation	
commune	OBERNAI	oui					
type de sol	Limono-argileux calcaire profond sur loess			Durée de l'essai			
roche mère	Loess			année de mise en place :		2005	
				campagne agricole :		2006	
				document de synthèse disp		non	
Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique	novembre	maïs/maïs	-	-	-
		herse lourde (1x)	mars				
		vibroculteur (1x)	avril				
		semoir à disque	avril				
P2	CT1	charrue classique	avril	maïs/maïs			
		vibroculteur (2x)	avril				
P3	RT	charrue perrein	avril	maïs/maïs	-	-	-
		vibroculteur (2x)	avril				
Objectifs :							
Etude de la faisabilité des techniques culturales sans labour : analyse des impacts économiques (temps de travail, charges de mécanisation, exigences en énergie) et des conséquences agronomiques et environnementales (rendements, évolution de la matière organique du sol, de la structure et de la porosité, de l'activité biologique, et de la qualité de l'eau issue de la parcelle)							
Paramètres Observés							
Catégories de paramètres		Méthodes		types de résultats			
Etat structural							
structure et porosité		observation profil cultural		résultat qualitatif / quantifiable (% zone tassée)			
Ruissellement et érosion							
néant							
Pressions parasites et adventices							
fusariose (%), mycotoxines		observations / comptage / analyses		valeur en % / ppm			
salissement de la parcelle		observations / estimation		résultat qualitatif			
Composantes de rendement							
comptage à la levée		observations / comptage		valeurs en nb. pieds/m² ou grains/m²			
humidité du grain		mesure		% de MB			
rendement (qx/ha) à 15% d'hum.		récolte et mesure		valeurs en qx/ha à 15% d'hum			
poids de 1000 grains (g)		comptage et pesée		valeurs en g.			

Principaux résultats

L'observation d'un profil cultural dans chacun des traitements en octobre 2005, avant différenciation par les nouveaux itinéraires de travail du sol, a permis d'identifier un horizon de structure quasi continue entre 27 et 40 cm de profondeur, constitué d'éléments soudés difficilement discernables, résultat d'un ancien labour profond qui n'est plus repris par les labours actuels et régulièrement soumis à la pression des roues en fond de raie du tracteur de labour. Il n'a pas été jugé utile de procéder à un décompactage profond compte tenu du passage

Site : LANDSER

Département : 68

Année : 2004

coordonnées du correspondant :	
Nom :	François Alves
Organisme :	CA 68
adresse :	11 rue Jean Mermoz 68127 Ste-Croix -en-plaine
tél. :	03.89.20.98.02
e-mail :	f.alves@haut-rhin.chambagri.fr

Agriculteur	M.TISCHMACHER François
commune	LANDSER
type de sol	Limons blancs, veine argileuse, séchants
roche mère	

Dracilia

données météorologique :	
station météo de réf. :	Landser
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	?
t°C moyenne (mini-maxi) :	?
nbre de jours de gel :	?

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non		

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2004
campagne agricole :	2004
document de synthèse disponible :	non

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	code	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	CT1	charrue classique herse lourde (1x) vibroculteur (1x) semoir à disque	novembre mars avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P2	CT1	charrue classique vibroculteur (2x)	avril avril	maïs/maïs			
P3	RT	charrue perrein vibroculteur (2x)	avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P4	RTD	chisel vibroculteur (2x)	novembre avril	maïs/maïs	-	-	-
P5	RTD	cover-crop décompacteur vibroculteur (2x)	décembre avril avril	maïs/maïs	-	-	-
P6	RTD	décompacteur cover-crop vibroculteur (2x)	décembre décembre avril	maïs/maïs	-	-	-
P7	RT	cover-crop vibroculteur (2x)	novembre avril	maïs/maïs	-	-	-
P3	RT	charrue perrein vibroculteur (2x)	novembre avril	maïs/maïs	-	-	-

Objectifs :

L'objectif de cet essai est de trouver par le biais des Techniques Culturelles Sans labour (TCSL) des solutions efficaces permettant de lutter contre les phénomènes de ruissellement et d'érosion des sols. Deux critères ont été retenus pour la mise en œuvre des TCSL: l'utilisation de matériel déjà présent sur les exploitations et le maintien d'un travail assez profond (supérieur à 20 cm).

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Etat structural profil racinaire microcapillarité	observation profil cultural suivi/observations des états de surface après P°	résultat qualitatif / quantifiable Observations des Etats De Surface
Ruissellement et érosion états de surface ruissellement et érosion (MES)	méthode d'observation (ARAA/IMFS) isolement hydraulique de placettes de 22,5 m²	% de couverture par le mulch, % de croûtes, microrelief (HSF) coefficient de ruissellement (% P°), volumes ruisselés (l), érosion (t/ha)
Pressions parasites et adventices fusariose (%), mycotoxines salissement de la parcelle	observations / comptage / analyses observations / estimation	valeur en % / ppm résultat qualitatif
Composantes de rendement comptage à la levée humidité du grain rendement (qx/ha) à 15% d'hum. poids de 1000 grains (g)	observations / comptage mesure récolte et mesure comptage et pesée	valeurs en nbr. pieds/ha ou graines/m² % de MB valeurs en qx/ha à 15% d'hum. valeurs en g.

Principaux résultats

Des croûtes sédimentaires se sont développées sur les traces de roues des parcelles travaillées avec la charrue et le décompacteur. Ces traces sont devenues un chemin préférentiel du ruissellement. Malgré tout, une intensité de pluie de 24 mm/h n'a pas suffi à saturer le sol en eau et n'a donc pas engendré de ruissellement fort. Les faibles intensités pluviométriques et précipitations (94 mm sur la période semis-mi-juillet) n'ont pas dégradé les Etats De Surface. La **faible quantité de mulch (y compris en TSL) aurait pu engendrer du ruissellement** (et de l'érosion en labour) **si la pluviométrie avait été plus sévère** (développement des croûtes).

Les rendements semblent avoir davantage marqué un gradient de teneur en argile.

Site : BIENGEN (Südbaden)

Année : 2003-04

coordonnées du correspondant :	
Nom :	F.-J. Kansy
Organisme :	IFUL
adresse :	Auf der Breite 7 - 79379 Müllheim
tél. :	07631/3684-0
e-mail :	

Agriculteur	
commune	Biengen
type de sol	Sols bruns - valeur agronomique 90
roche mère	Pararendzines

données météorologique :	
station météo de réf. :	
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	790
t°C moyenne (mini-maxi) :	10,2
nbre de jours de gel :	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non		

Durée de l'essai	
année de mise en place :	1998
document de synthèse disponible :	Actes du "Maïs-Tagung"

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
		outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	PH	déchaumeur charrue vibroculteur	18/09/2003 14/11/2003 14/04/2004	maïs (Monoculture)			
P2	SH	déchaumeur cover-crop vibroculteur	18/09/2003 19/11/2003 14/04/2004	maïs (Monoculture)			
P3	FH	déchaumeur chisel	18/09/2003 19/11/2003	maïs (Monoculture)			
P4	PF	déchaumeur charrue cover-crop	18/09/2003 19/03/2004 24/03/2004	maïs (Monoculture)			
P5	SF	déchaumeur cover-crop vibroculteur	18/09/2003 19/03/2004 14/04/2004	maïs (Monoculture)			

Objectifs :

Mise au point de systèmes de culture du maïs respectueux de l'environnement

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	Types de résultats
Rendement	Récolte des parcelles	Pas de différences significatives de rendement entre les variantes avec charrue, covercrop et chisel que ce soit pour un travail d'automne ou de printemps.
Bilan azoté	Méthode de la LUFA	Pas de différences d'azote minéral du sol relevé à la date du "SchALVO-Termin" (début novembre) entre les itinéraires techniques. Statistiquement, pas de valeur significativement supérieur pour Nmin : dans P2 sur sol léger et dans P3 sur sol lourd
Pyrales	Notations	Davantage de galeries de pyrales en TSL, sans répercussion apparente sur le rendement
Observations diverses	Notations	Plus grande capacité de rétention en eau en TSL. Augmentation de vivaces en TSL. En TSL léger retard de développement du maïs et des adventices.

Site : HAUSEN (Südbaden)

Année : 2003-04

coordonnées du correspondant :	
Nom :	F.-J. Kansy
Organisme :	IFUL
adresse :	Auf der Breite 7 - 79379 Müllheim
tél. :	07631/3684-0
e-mail :	

Agriculteur	
commune	Hausen
type de sol	Sols bruns - valeur agronomique 70
roche mère	

données météorologique :	
station météo de réf. :	
P ^h annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	690
t°C moyenne (mini-maxi) :	10,2
nbre de jours de gel :	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non		

Durée de l'essai	
année de mise en place :	1998
document de synthèse disponible :	Actes du "Mais-Tagung"

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
		outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	PH	déchaumeur charrue herse vibroculleur	18/09/2003 06/12/2003 30/03/2004 18/04/2004	maïs (Monoculture)			
P2	SH	déchaumeur covercrop herse vibroculleur	18/09/2003 19/11/2003 30/03/2004 18/04/2004	maïs (Monoculture)			
P3	FH	déchaumeur chisel	18/09/2003 19/11/2003	maïs (Monoculture)			
P4	PF	déchaumeur charrue herse	18/09/2003 19/03/2004 24/03/2004	maïs (Monoculture)			
P5	SF	déchaumeur covercrop herse vibroculleur	18/09/2003 19/03/2004 30/03/2004 18/04/2004	maïs (Monoculture)			

Objectifs :

Mise au point de systèmes de culture du maïs respectueux de l'environnement

Rendement	Récolte des parcelles	Pas de différences significatives de rendement entre les variantes avec charrue, covercrop et chisel que ce soit pour un travail d'automne ou de printemps.
Bilan azoté	Méthode de la LUFA	Pas de différences d'azote minéral du sol relevé à la date du "SchALVO-Termin" (début novembre) entre les itinéraires techniques. Statistiquement, pas de valeur significativement supérieur pour Nmin : dans P2 sur sol léger et dans P3 sur sol lourd
Pyrales	Notations	Davantage de galeries de pyrales en TSL, sur les itinéraires de printemps

Site : HAUSEN (Südbaden)

Année : 2003 à 05

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Jürgen Maier
Organisme :	IFUL
adresse :	Auf der Breite 7 - 79379 Müllheim
tél. :	07631/3684-61
e-mail :	

données météorologique :	
station météo de réf. :	
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	690
t°C moyenne (mini-maxi) :	10,2
nbre de jours de gel :	

Agriculteur	
commune	Hausen
type de sol	Sols bruns - valeur agronomique 70
roche mère	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	0	Nord

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2003
document de synthèse disponible :	

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
		semoir(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
H DS 1	Semis direct	JOHN DEERE Max Emerge avec CROSS-SLOT	semis	mais			
H DS 2	Semis direct	SEMEATO SPE 06	semis	mais			
H DS 3	Semis direct	MONOSEM NX (2005)	semis	mais			
H DS 4	Semis direct	MONOSEM NG PLUS	semis	mais			
H P 5	Labour automne	MONOSEM NG PLUS	semis	mais			

Objectifs :

Y'a-t-il des différences de rendement et de qualité de récolte pour un semis direct du maïs réalisé avec des semoirs spécifiques au semis direct et des semoirs plus polyvalents?
(à partir de 2005, augmentation de la dose de semis de 10 % par rapport au labour; pas de différence de fertilisation depuis 2003))

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	Types de résultats	
		Rendement q/ha (densité de semis identique)	
		2003	2004
H DS 1	Rendement; Teneur en azote des épis Nmin (au semis et à la récolte)	44	101
H DS 2	Rendement; Teneur en azote des épis Nmin (au semis et à la récolte)	46	97
H DS 3	Rendement; Teneur en azote des épis Nmin (au semis et à la récolte)	-	-
H DS 4	Rendement; Teneur en azote des épis Nmin (au semis et à la récolte)	50	99
H P 5	Rendement; Teneur en azote des épis Nmin (au semis et à la récolte)	49	116

Titre du projet: Production durable du maïs - Conception et évaluation approfondie de systèmes de culture

Site : Müllheim/Viehweg (sud du Rhin Supérieur)

Année : 2003 à 04

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Dr. Karl Müller-Sämman
Organisme :	Agentur ANNA
adresse :	Klosterrunsstr. 17 79379 Müllheim
tél. :	07631 174460
e-mail :	km@anna-consult.de

Agriculteur	
commune	Neuenburg
type de sol	SL
	Sols bruns -
roche mère	graviers des terrasses basses

données météorologique :	
station météo de réf. :	Müllheim
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	650
t°C moyenne (mini-maxi) :	9,5
nbre de jours de gel :	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	1	

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2003
document de synthèse disponible :	projet ITADA 3 programme III

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
		outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	TSL	Semis avec fraissage du rang	22/04/2004	Maïs après soja	Ray-grass	14/06/2004	mécanique
P2	Labour	Charrue	12/12/2003	Maïs en monoculture			
P3	TSL	Chisel	31/12/2003	Soja après Maïs	Avoine printemps	31/08/2004	chimique

Objectifs :

Evaluer globalement et tester la faisabilité de systèmes de culture du maïs (en monoculture ou en rotation avec des protéagineux) permettant de concilier objectifs économiques et environnementaux. Le système traditionnel avec labour est comparé aux TSL. L'adaptation des variétés et de règles de décision propres à chaque système de culture visent à mesurer l'effet des systèmes sur l'azote présent dans le sol avant l'hiver, le rendements et les aspects économiques. L'évaluation agro-environnementale des itinéraires à l'aide d'INDIGO relève les points forts et faibles des systèmes à travers les indicateurs azote, fertilisation phosphorée, consommation d'énergie, produits phytosanitaires, rotation, matière organique.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	Types de résultats
Pertes potentielles en azote (avant l'hiver)	Teneur Nmin avant hiver	En 2003 et 2004, les couverts d'interculture ont pompé 40 kgN/ha et 15-25 kg N/ha à l'automne. Malgré une plus forte activité du sol, la teneur en azote du sol sous le couvert est restée en hiver inférieure de 10-20 kg/ha à la teneur mesurée sous la parcelle conduite en système traditionnel.
Rendements (performances agronomiques)	Détermination du rendement	Alors que le rendement du maïs était équivalent en 2003, celui-ci a été supérieur de 20% en 2004 pour le maïs en système innovant.

Titre du projet: Production durable du maïs - Conception et évaluation approfondie de systèmes de culture

Site : Steinenstadt (sud du Rhin Supérieur)

Année : 2003 à 04

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Dr. Karl Müller-Sämann
Organisme :	Agentur ANNA
adresse :	Klosterrunsstr. 17 79379 Müllheim
tél. :	07631 174460
e-mail :	km@anna-consult.de

données météorologique :	
station météo de réf. :	Müllheim
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	650
t°C moyenne (mini-maxi) :	9,5
nbre de jours de gel :	

Agriculteur	
commune	Neuenburg
type de sol	Limons fins Sols parabruns
roche mère	graviers des terrasses basses

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	1	

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2003
document de synthèse disponible :	projet ITADA 3 programme III

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
		outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	TSL	Semis avec fraissage du rang	22/04/2004	Maïs après soja	Ray-grass	14/06/2004	mécanique
P2	Labour	Charrue	12/12/2003	Maïs en monoculture			
P3	TSL	Chisel	31/12/2003	Soja après Maïs	Avoine printemps	31/08/2004	chimique

Objectifs :

Evaluer globalement et tester la faisabilité de systèmes de culture du maïs (en monoculture ou en rotation avec des protéagineux) permettant de concilier objectifs économiques et environnementaux. Le système traditionnel avec labour est comparé aux TSL. L'adaptation des variétés et de règles de décision propres à chaque système de culture visent à mesurer l'effet des systèmes sur l'azote présent dans le sol avant l'hiver, les rendements et les aspects économiques. L'évaluation agro-environnementale des itinéraires à l'aide d'INDIGO relève les points forts et faibles des systèmes à travers les indicateurs azote, fertilisation phosphorée, consommation d'énergie, produits phytosanitaires, rotation, matière organique.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	Types de résultats
Pertes potentielles en azote (avant l'hiver)	Teneur Nmin avant hiver	En 2003 seul le soja avec sous-semis a montré des teneurs en azote du sol inférieures (environ 20 kg/ha) en comparaison à la culture du maïs où la teneur était de 100 kg N/ha (Sécheresse). En 2004 les itinéraires innovants n'ont pas montré d'avantages malgré des rendements plus réguliers. La teneur était de 15 kg N/ha sous P2 contre 20 kg N/ha pour le soja avec sous-semis et 30 kg N/ha sous le maïs avec semis sous couvert. Cela tient sans doute à la meilleure activité minéralisatrice en rotation.
Rendements (performances agronomiques)	Détermination du rendement	Les rendements ont été légèrement supérieurs de 6-8 q/ha pour le maïs innovant en comparaison au maïs en monoculture. Les rendements du soja ont été insatisfaisants avec 20 et 30 q/ha ce qui est à lié à des problèmes de gestion des adventices.
Economie	Marge nette	Avec les primes MEKA, le maïs en système innovant avec TSL et couvert donne une marge légèrement supérieure, mais la monoculture reste meilleure sans MEKA. La culture de protéagineux pénalise la compétitivité de la rotation. Ce n'est qu'en année défavorable au maïs que la marge brute de la rotation peut être équivalente à la marge de la monoculture. Le semis avec fraissage du rang réduit le temps de travail de 20%.

Site : WINTERSWEILER (sud du Rhin Supérieur)

Années : 2003 à 04

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Jürgen Maier
Organisme :	IFUL
adresse :	Auf der Breite 7 79379 Müllheim
tél. :	07631/3684-0
e-mail :	

Agriculteur	
commune	Wintersweiler
type de sol	
	Sols bruns
roche mère	loess

données météorologique :	
station météo de réf. :	Wintersweiler
P ^o annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	780
t ^o C moyenne (mini-maxi) :	8,7
nbre de jours de gel :	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non	3	Nord

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2003
document de synthèse disponible :	

Placette	Type de travail du sol		rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	semoir(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
Labour	MONOSEM NG PLUS		Maïs monoculture			
Semis direct	JOHN DEERE MAX EMERGE avec CROSS-SLOT		Maïs monoculture			

Objectifs :

Des techniques adaptées de semis direct sont-elles applicables pour la culture de maïs en monoculture sur des critères économiques et environnementaux (érosion)?

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	Types de résultats	
		2003	2004
Rendement	q/ha (86%TS)		
	Labour	72	103
	Semis direct	76	84

Site : DOSSENHEIM (Bade)

Année : 2004

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Hr. Kern
Organisme :	ALLB Bruchsal
adresse :	
tél. :	07251/741851
e-mail :	

Agriculteur	
commune	Dossenheim
type de sol	Limons fins - argilo-limoneux lourds; Valeur agronomique de 80-85 dans les parties les plus profondes Site à moins de 100 m au-dessus du niveau de la mer. Températures élevées, pluviométrie faible
roche mère	

données météorologique :	
station météo de réf. :	Wintersweiler
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	670
t°C moyenne (mini-maxi) :	10,2
nbre de jours de gel :	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation

Durée de l'essai	
année de mise en place :	1995
document de synthèse disponible :	

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
		outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	Labour	Charrue - vibroculteur - semoir monograine classique		Blé hiver-Orge printemps- Maïs grain-Blé hiver-Orge printemps-Colza d'automne- Blé hiver-Orge printemps	Moutarde		charrue
P2		Déchaumeur (travail superficiel)			Moutarde		Glyphosate
P3	Semis direct	Semoirs spécifiques ou classique avec disques et suppression des éléments semeurs.			Moutarde		Glyphosate
P4	Semis direct modifié	Travail superficiel à 5 cm avant semis			Moutarde		Glyphosate

Objectifs :

Connaître l'influence du travail du sol sur la culture, la performance économique et l'environnement.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	Types de résultats
Rendement	récolte	Le rendement est réduit de 8% pour P2 et de 11% pour P4. La diminution est faible pour le maïs grain, le blé et l'orge de printemps. Les effets du passage au semis direct sur le rendement sont très perceptibles.
Teneur en protéines	LUFA	Sur 8 années les teneurs en protéines du maïs sont réduites de 0,5% pour P2 et 0,6% pour P3. La commercialisation de l'orge de printemps pour la brasserie a toujours été possible, les teneurs en protéines restant inférieures au seuil fixé. Elles sont de niveau équivalent pour P1 et P2 et supérieures de 0,6% pour P3 et P4. Aucune différence entre traitement n'a été observée pour le blé d'hiver.
Teneur en huile (colza)	LUFA	Pas d'influence du type de travail du sol.
Teneur en nitrates du sol	LUFA	Pour toute la période d'essai, chaque année et pour chaque site, l'azote minéral du sol a été supérieur en labour et le plus faible en semis direct. Les deux relevés courant hiver montrent que la valeur sous labour est de 5-7 kg N/ha supérieure aux autres modalités.

Site : Efringen-Kirchen (Bade)

Année : 2004

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Hr. Winkler
Organisme :	ALLB Lörrach
adresse :	
tél. :	07621/4097142
e-mail :	

données météorologique :	
station météo de réf. :	
P ^h annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	650
t°C moyenne (mini-maxi) :	9,4
nbre de jours de gel :	

Agriculteur	
commune	Dossenheim
type de sol	sL-L humifère légèrement acides valeur agronomique de 80,
roche mère	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation

Durée de l'essai	
année de mise en place :	1995
document de synthèse disponible :	

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
		outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	Labour	Charrue - vibroculteur - semoir monograine classique		Monoculture de maïs			
P2		Déchaumeur (travail superficiel)					
P3	Semis direct	Semoirs spécifiques ou classique avec disques et suppression des éléments semeurs.					
P4	Semis direct modifié	Travail superficiel à 5 cm avant semis					

Objectifs :

Connaître l'influence du travail du sol sur la culture, la performance économique et l'environnement.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	Types de résultats
Rendement	récolte	Le rendement est réduit de 8% pour P2 et de 11% pour P4. La diminution est faible pour le maïs grain, le blé et l'orge de printemps. Les effets du passage au semis direct sur le rendement sont très perceptibles.
Teneur en nitrates du sol	LUFA	Le rendement est réduit de 8% pour P2 et de 11% pour P4. La diminution est faible pour le maïs grain, le blé et l'orge de printemps. Les effets du passage au semis direct sur le rendement sont très perceptibles.

Titre du projet: introduction du semis avec fraissage sur le rang et analyse des effets agronomiques des pratiques à long terme.

Site : Dreisamtal (Sud du Pays de Bade)

Années : 2004

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Thomas Hölscher
Organisme :	Agentur ANNA
adresse :	Klosterrunsstr. 17 79379 Müllheim
tél. :	07631/174460
e-mail :	Th@anna-consult.de

données météorologiques :	
station météo de réf. :	Ebnet
P° annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	850-1100
t°C moyenne (mini-maxi) :	
nbre de jours de gel :	

Agriculteur	
commune	Stegen, Kirchzarten, Oberried
type de sol	
roche mère	

situation topographique		
	colline	
plaine	% pente	orientation
non		

Durée de l'essai	
année de mise en place :	2004
document de synthèse	

Objectifs :

Introduction et évaluation du semis avec fraissage sur le rang .
Conduite des essais avec adaptations des itinéraires selon les décisions des praticiens et les impératifs des agriculteurs. Les variations concernent les cultures, la destruction des couverts, la manière et l'utilisation de traitements phytosanitaires, la fertilisation tardive selon la méthode D du NID.

Placette	Type de travail du sol		rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	outil(s) utilisé(s)	période		espèce	mise en place	destruction
P1	fraisage du rang Ökosem III	environ 1 semaine après la date de semis habituelle en labour	Maïs ensilage	Ray-grass anglais	7 feuilles du maïs	mécanique après ensilage d'herbe
P2	fraisage du rang Ökosem III		Maïs ensilage	Moutarde		Chimique
P3	fraisage du rang Ökosem III		Maïs ensilage	Colza		
P4	fraisage du rang Ökosem III		Maïs ensilage après triticale			
P5	fraisage du rang Ökosem III		Maïs ensilage après orge hiver	Ray-grass anglais	7 feuilles du maïs	Chimique
P6	fraisage du rang Ökosem III		Maïs ensilage	Ray-grass anglais	7 feuilles du maïs	chimique après ensilage d'herbe
P7	Charrue herse (2X) herse rotative semis	11.3. 29.04. 04.05. 13.05.	Maïs ensilage	Ray-grass anglais	7 feuilles du maïs	labour
P8	Charrue Herse	20.1. 15.4.	Maïs ensilage	-	7 feuilles du maïs	

Paramètres Observés

Paramètres	Méthodes	Types de résultats
Maladies	Relevés	
Levées	Evaluation subjective du praticien	En général, bonnes voire très bonnes levées en labour plus rapides et plus régulières; le semis fraisé plus tardif (début Mai) en terres plus froides, a présenté des levées plus hésitantes.
Adventices	Evaluation subjective du praticien	Sur plusieurs endroits (labour et TSL) des infestations moyennement à fortement plus élevées: arroche étalée (Atriplex ssp.), chénopode blanc (Chenopodium album), Rumex (Rumex ssp.), chardon, sétaria (Setaria ssp.), chiendent rampant (Agropyron repens), scadiéuse (Galinsoga parviflora).
Rendement	Récolte de microparcelles	La première année (transition) baisse du rendement de 5 % non significative sachant que les niveaux de rendement sont élevés (>16 t MS)
Coûts de production	Calcul de la marge nette	En TSL, coûts identiques du travail par entreprise sans revente du train de matériel pour le labour et sans le soutien MEKA. Les économies s'élèvent à environ 7,5% en TSL lorsqu'il y a revente du train de matériel pour le labour.

Site : Dreisamtal

Années : 1999 à 2001

Maïs fourrage avec lisier

coordonnées du correspondant :	
Nom :	Kansy Joseph
Organisme :	IfUL
adresse :	
tél. :	
e-mail :	

données météorologique :	
station météo de réf. :	
P ^h annuel (mm) moyenne (mini-maxi) :	
t°C moyenne (mini-maxi) :	
nbre de jours de gel :	

Agriculteur	mise en place d'essais sur plusieurs parcelles d'un réseau d'exploitations
commune	Dreisamtal
type de sol	sols à dominante limoneuse
roche mère	

situation topographique		
plaine	colline	
	% pente	orientation
non		

Durée de l'essai	
année de mise en place :	1989
document de synthèse	projet ITADA 2,1,3 programme II bis

Placette	Type de travail du sol			rotation	implantation d'un couvert ou d'une CI		
	outil(s) utilisé(s)	periode			espèce	mise en place	destruction
LH	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	décembre avril avril		maïs/maïs	-	-	-
LP	charrue classique vibroculteur (1x) semoir à disque	mars avril avril		maïs/maïs	-	-	-
FS	semis avec fraissage du rang	printemps		maïs/maïs	-	-	-
DS	semoir à disque	printemps		maïs/maïs	-	-	-

Objectifs :

L'objectif de cet essai est de trouver par le biais des techniques Culturales Sans Labour (TCSL) des techniques qui permettent une meilleure valorisation des engrais de ferme et occasionnent une moindre menace de pollution de la nappe phréatique par lessivage des nitrates.

Paramètres Observés

Catégories de paramètres	Méthodes	types de résultats
Dynamique de l'azote Reliquats post-récolte et Azote minéral au printemps Azote absorbé par les plantes	Mesures Analyses	
Pressions parasites et adventices salissement de la parcelle	observations / estimation	résultat qualitatif
Composantes de rendement comptage à la levée humidité du grain PMG rendement (qx/ha) à 15% d'hum.	observations / comptage mesure récolte et mesure	valeurs en nbr. pieds/ha % de MS valeurs en q/ha à 15% d'hum.
Analyse économique charges opérationnelles et de mécanisation	logiciel LEL	Marge brute

ANNEXE 3 : ABC du semis direct en Suisse

Réalisation et test d'une base de données régionale sur la réduction du travail du sol (alternatives au labour) : l' ABC du semis direct – conseils sur le semis direct de praticiens pour les praticiens

Chef de projet : Dr. Bernhard Streit (Agroscope Reckenholz-Tänikon)

Partenaires : Dr. Wolfgang G. Sturny et Peter Hofer (Bodenschutzfachstelle Zollikofen)
Regula Schwarz et Martin Häberli (Schweizerische Gesellschaft für bodenschonende Landwirtschaft)
Werner Mahrer (Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain)

Page d'accueil de la base de données mise en ligne sous www.no-till.ch/direktsaat

Dieser Leitfaden zu Direktsaat ist ein Partnerprojekt von:



[ITADA](#)



[Agroscope FAL Reckenholz](#)



[SWISS NO-TILL](#)



[Fachstelle Boden- und Pflanzenschutz des Kantons Bern](#)

Benutzerhinweise:

- Dieser Beratungs-Leitfaden ist in alphabetisch geordnete Stichwörter aufgeteilt.
- Die Stichwörter sind in einem Stichwortverzeichnis zusammengefasst.
- Die Stichwörter können direkt über das Stichwortverzeichnis angewählt werden.
- Das Direktsaat ABC befindet sich im Aufbau.
- Weitere Infos zum Projekt sind in den Hintergrundinfos beschrieben.



last update 16.04.06 / rs



Ce projet est cofinancé par l'Union Européenne
Dieses Projekt wird von der Europäischen Union kofinanziert
(Programme INTERREG - Fonds européen de développement régional)
(INTERREG-Programm - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung)