

Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : Résumé des résultats et analyse économique

Arnal Atarés P.

in

Arrue Ugarte J.L. (ed.), Cantero-Martínez C. (ed.).
Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct

Zaragoza : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 69

2006

pages 77-85

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=6600088>

To cite this article / Pour citer cet article

Arnal Atarés P. **Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : Résumé des résultats et analyse économique.** In : Arrue Ugarte J.L. (ed.), Cantero-Martínez C. (ed.). *Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct*. Zaragoza : CIHEAM, 2006. p. 77-85 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 69)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : Résumé des résultats et analyse économique

P. Arnal Atarés

Asociación Empresarial Agropecuaria (ASAJA Huesca)
C/ Boltaña, 2, 2º, 22002 Huesca, Espagne

RESUME – Les résultats des essais de systèmes de labour mis en place dans la vallée moyenne de l'Ebre sont comparés, une analyse économique étant présentée pour chacune des techniques, d'après les résultats obtenus.

Mots-clés : Historique, expériences, analyse économique, semis direct, labour réduit, labour traditionnel.

SUMMARY – "Direct drilling in the mid Ebro valley: Summary of results and economic analysis". Results from tillage trials in the mid Ebro valley are compared, and an economic analysis is presented for the different techniques according to the results obtained.

Keywords: History, experiences, economic analysis, direct drilling, reduced tillage, traditional tillage.

Introduction

La technique de culture connue sous le nom de "Semis Direct", ou "Non Labour" s'inscrit dans un ensemble de techniques connues en tant qu'"Agriculture de Conservation". L'objectif fondamental de ces techniques est de conserver, améliorer et utiliser les ressources naturelles d'une façon plus efficiente par gestion intégrée du sol, de l'eau, des agents biologiques et des apports de produits externes. Son objectif final est de mettre en place une agriculture durable qui ne dégrade pas les ressources naturelles, sans renoncer pour autant à maintenir les niveaux actuels de production.

Un des problèmes pour la conservation des sols est l'érosion, sous l'une quelconque de ses deux formes importantes : éolienne ou hydrique. Dans toute l'histoire de notre monde l'érosion a existé, quoiqu'elle soit plus intense depuis la fin du XIXe siècle et surtout pendant le XXe siècle qui vient de finir. La cause fondamentale est l'émiettement excessif du sol par des labours intensifs, qui créent des particules très petites facilement entraînées par le vent et la pluie. De plus, en écartant les résidus végétaux de la culture précédente, on augmente l'exposition des sols à l'action de ces deux éléments, ce qui accroît l'importance des processus érosifs et donc les pertes de sol. Ces processus sont encore augmentés par la présence de charrues à versoir, développés aux Etats-Unis lors de la deuxième moitié du XIXe siècle.

A la fin de ce siècle, il s'est avéré qu'il était nécessaire d'étudier les types de sols et de réaliser une classification et une cartographie des sols. Pour ce faire, en 1899 apparaît le "Bureau des Sols" rattaché au Département de l'Agriculture des Etats Unis (USDA). Le problème de perte de sol est rapidement perçu, car en outre il s'accélère avec l'apparition de la traction mécanique pour le matériel tracté. Les tracteurs sont plus puissants que les animaux et permettent de faire un travail du sol plus profond et agressif. En 1930 est créée l'agence "Service contre l'Érosion du Sol" (SES) qui se transformera bientôt en "Service de Conservation du Sol" (SCS). On y analyse les problèmes et on propose des solutions possibles en collaboration avec les agriculteurs et les chercheurs des différents Etats et des Universités.

En 1943 est publiée la première édition du livre "Plowman's Folly" (La folie de l'agriculteur) de E. H. Faulkner. Dans ce livre, l'auteur se demande : Pourquoi est-ce que les agriculteurs labourent ? et il y répond : "La vérité est que personne n'a jamais donné de raison scientifique pour labourer". Par ailleurs, tout au long du texte, il expose que l'appauvrissement du sol, l'érosion, la réduction des productions et quelques autres problèmes pourraient être attribués à certaines mauvaises pratiques des agriculteurs.

Un des inconvénients pour le développement des techniques de semis direct et de non labour concerne la lutte contre les mauvaises herbes, qui en principe devrait être faite de façon mécanique. Ce problème est pallié au début des années 60 avec l'apparition du Paraquat, de ICI, matière active qui agit par contact, son action étant non sélective, non systémique et non résiduelle dans le sol. Ce produit est rapidement adopté par les agriculteurs en raison des avantages qu'il présente. Au début des années 70 apparaît une autre matière active, le Glyphosate, de Monsanto, qui se caractérise par le fait qu'il est non sélectif, à absorption foliaire, agissant par translocation, et non résiduel dans le sol. Avec ces deux matières actives, le contrôle des mauvaises herbes devient relativement simple, et les techniques de conservation connaissent un développement important dans le monde entier.

Expérimentation en Espagne

En révisant les Conférences et Communications des "II^{èmes} Journées Techniques sur les Céréales d'Hiver" tenues à Pampelune (Espagne) du 10 au 14 décembre 1985, organisées par le Ministère de l'Agriculture, la Pêche et l'Alimentation espagnol, et par le Département d'Agriculture, Elevage et Forêts du Gouvernement de Navarre, ainsi que celles du "I^{er} Symposium sur le Labour Minimum en Cultures Herbacées" qui eut lieu à Madrid, Espagne, les 1^{er} et 2 octobre 1986, organisé par le Département de Phytotechnie de l'ETSIA (École Technique Supérieure d'Ingénieurs Agronomes) de l'Université Polytechnique de Madrid, et par la Société Monsanto Espagne, SA, nous trouvons plusieurs références aux débuts de l'expérimentation de ces techniques en Espagne.

Lors de la campagne 1980-81 est entamée une série d'essais dispersés sur le territoire de la Communauté Autonome de Castille et Leon, dirigés par A. García Calleja, J.M. González Sánchez-Diezma et F. Zamácola Garrido, appartenant tous à la Délégation Territoriale d'Agriculture, Elevage et Forêts de Valladolid. Les expériences sont menées sur de grandes parcelles distribuées dans les différentes provinces de cette Communauté.

Pendant cette même campagne, 1980-81, commencent des essais dans la ferme "El Encín" de Alcalá de Henares (Madrid), dirigés par J.L. Hernanz et V. Sánchez-Girón, du Département de Mécanisation Agricole de l'ETSIA de Madrid, et par C. Fernández-Quintanilla et L. Navarrete, du Département des Céréales et Légumineuses du SIA (Service de Recherche Agricole) de la Communauté de Madrid. Dans ce cas, on a étudié les résultats de plusieurs traitements de semis direct avec chaumes et paille, avec chaumes sans paille et avec chaumes brûlées, l'essai témoin étant le labour conventionnel. On étudie également des alternatives de culture.

Lors de la campagne 1981-82 débutent les essais à la ferme "Tomejil" de Carmona (Séville) dirigés par un "Groupe de Travail sur le Labour Minimum" qui s'était organisé au SIA de Cordoue et à l'ETSIA de l'Université de Cordoue, groupe qui est formé par J.V. Giráldez, E. Fereres, M. García, J. Gil, P. González et J. Agüera. Dans ce cas, une attention spéciale est prêtée à la valorisation de l'eau par les cultures non irriguées dans les champs de Séville.

Lors de la campagne 1983-84 commence l'expérimentation à la ferme "La Higuera" de Santa Olalla (Tolède), dirigée par J. Rodríguez et C. Lacasta, tous deux appartenant à l'Institut d'Edaphologie et de Biologie Végétale du CSIC (Conseil Supérieur de Recherches Scientifiques).

Lors de la campagne 1984-85 commencent des essais de rotation de cultures (blé, tournesol et fèves) en non labour dans les provinces de Cordoue, Séville et Cadix, dirigés par J. Mesa García, A. Vázquez Cobo et L. García Torres, du Département de Protection Végétale du SIA de Cordoue.

Lors de la campagne 1985-86 sont réalisés des essais dispersés de semis direct et labour minimum dans la Communauté de Castille-La Manche, dirigés par L. Ballesteros, à Cuenca, et par S. Guerrero à Tolède.

Finalement, durant ces premières campagnes d'expérimentation, dans le but de faire connaître les techniques de labour réduit et de semis direct, la société Monsanto Espagne met en place des champs de démonstration dans les principales régions productrices de grandes cultures extensives. Les techniciens de cette société qui dirigeaient ces démonstrations étaient, entre autres, J. Costa, A. Valera et J.M^a Marfull.

Expériences dans la vallée moyenne de l'Ebre

Pendant la campagne 1983-84 est entamée en Navarre une expérimentation de systèmes de labour par l'ancien Institut Technique et de Gestion des Céréales, aujourd'hui ITGA (Institut Technique et de Gestion Agricole) de Navarre. Cette première campagne établit des parcelles expérimentales avec des essais de labour réduit. Lors de la campagne 1984-85 commence le plan d'expérimentation en Navarre en ajoutant le semis direct au labour réduit, dans des parcelles dispersées sur toute cette Communauté. Il s'agissait de vérifier le comportement des techniques de conservation dans les conditions de chaque zone de Navarre pour pouvoir porter conseil aux agriculteurs concernant l'adoption de ces techniques. Ce plan était dirigé, initialement, par le signataire de cette communication et ensuite par les techniciens de l'ITGA, J. Irañeta et J.J. Pérez de Ciriza. Actuellement ce travail se poursuit en collaboration avec l'Université Publique de Navarre.

Dans le cas de l'Aragon, les essais ont débuté lors de la campagne 1989-90, en suivant un plan d'essais dispersés, distribués dans les trois provinces de l'Aragon. Ce plan d'expérimentation est mené depuis le Centre de Techniques Agricoles (CTA) du Gouvernement Général de l'Aragon (DGA), et il est dirigé par M. Pérez Berges. Le plan se poursuit présentement, pour chercher une réponse aux problèmes qui se posent aux agriculteurs mettant en place une agriculture de conservation.

Finalement, dans le cas de la Catalogne, je vais présenter les essais qui sont réalisés dans la province de Lleida. Peut-être existe-t-il d'autres essais dans les autres provinces, mais je ne les connais pas. Dans le cas qui nous occupe, les essais sont réalisés dans des localisations concrètes de cette province et en plus des systèmes de labour, on étudie, dans certaines parcelles, d'autres aspects tels que la réponse à différentes doses d'engrais azoté, ou l'influence de la dose de semences selon la technique utilisée. L'équipe de travail appartient au Département de Production Végétale et de Science Forestière de l'Université de Lleida (UdL) ; elle est formée par C. Cantero Martínez, F. Santiveri, J. Lloveras, J. Gregori, J. Lampurlanés, P. Angas, S. Martí et C. Cortés. Plusieurs des essais initialement prévus sont toujours en cours en ce moment.

Résumé des résultats dans la vallée moyenne de l'Ebre

A la suite sont présentés les graphiques montrant les résultats obtenus dans chacune des trois Communautés lors des essais de systèmes de labour (Figs 1, 2 et 3).

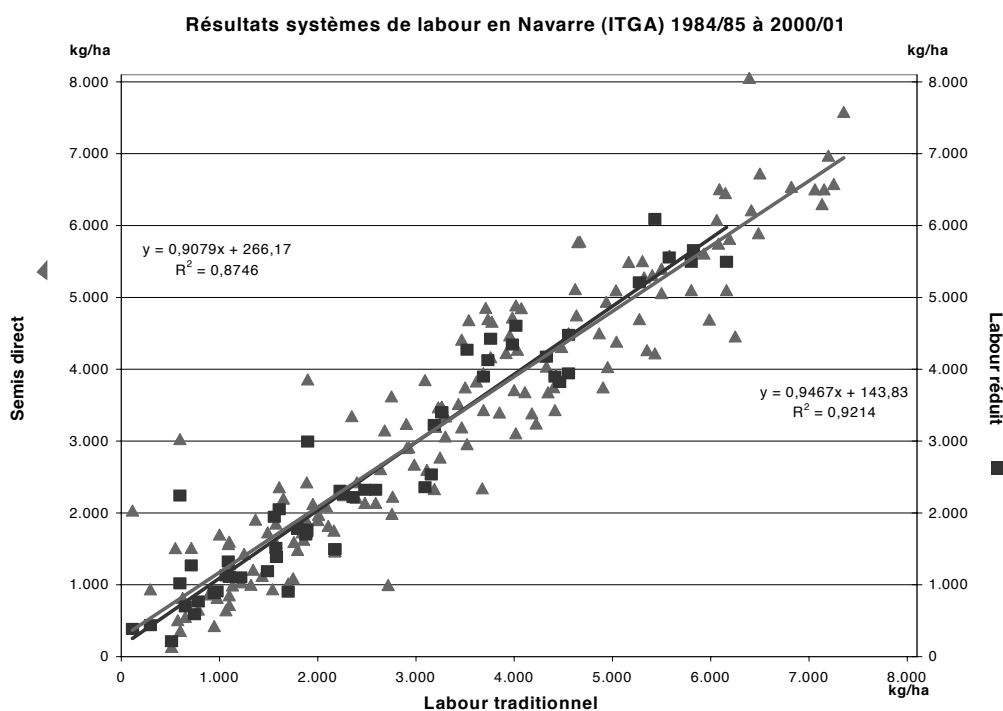


Fig. 1. Résultats des essais des systèmes de labour mis en place en Navarre.

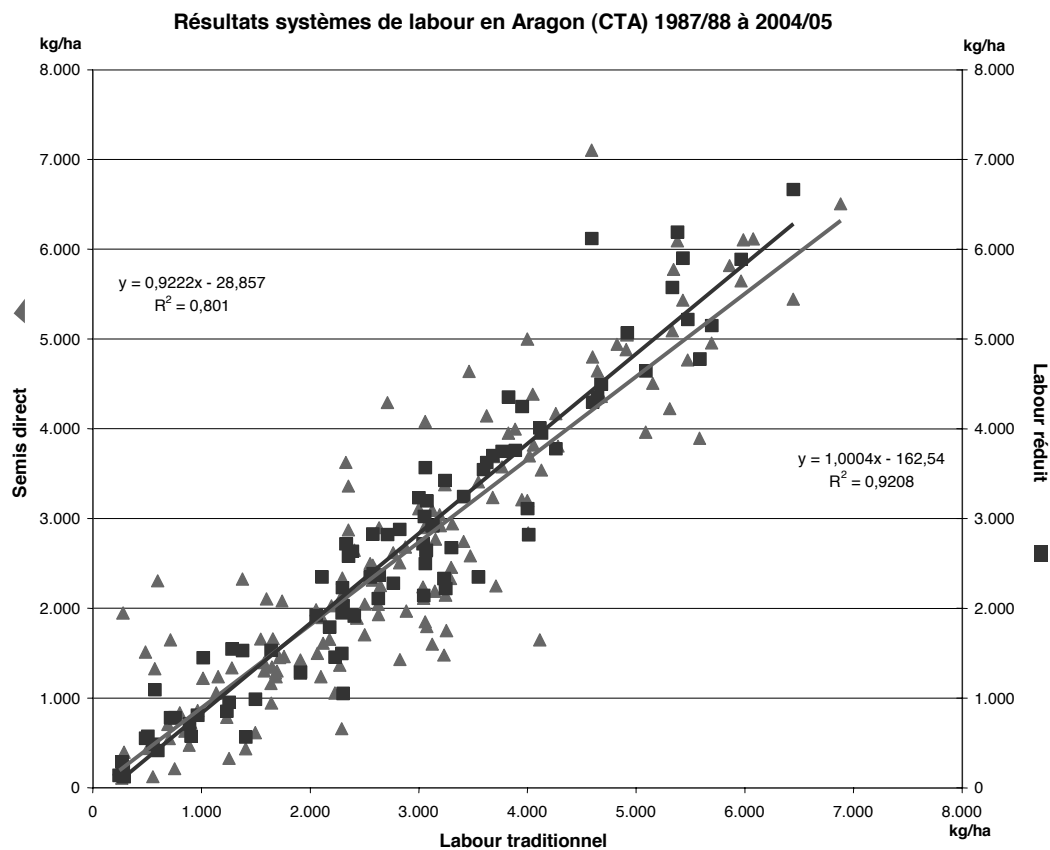


Fig. 2.- Résultats des essais des systèmes de labour mis en place en Aragon.

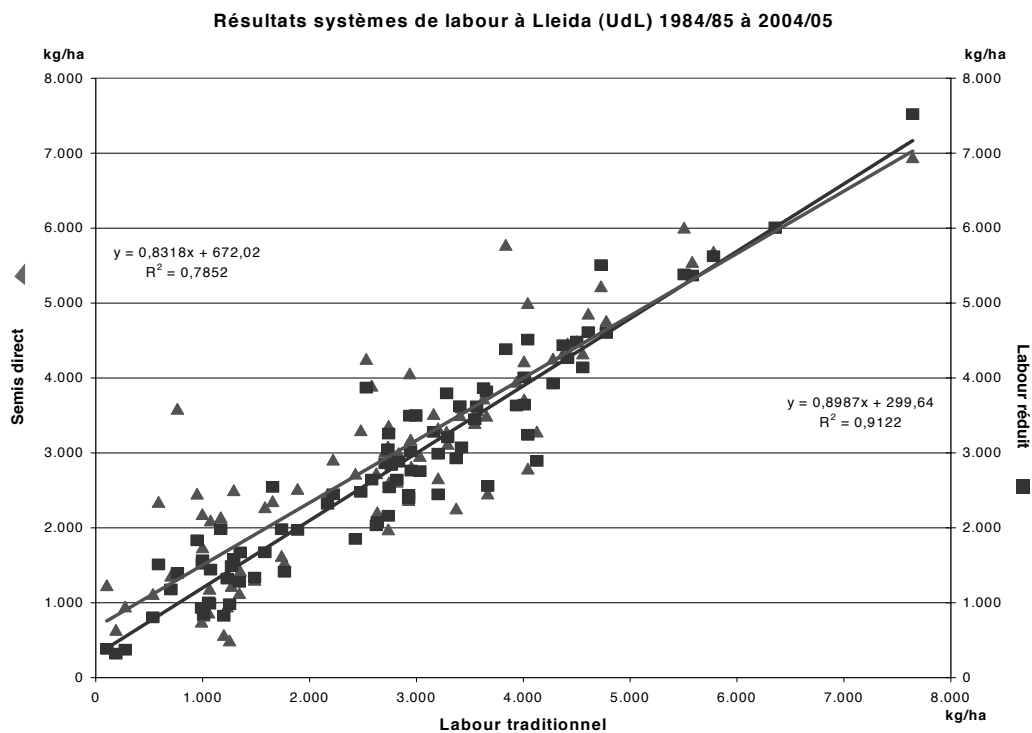


Fig. 3. Résultats des essais des systèmes de labour mis en place à Lleida.

Chacun des points représente les résultats de chaque essai. La production en kg/ha pour le labour traditionnel (LT) est mise en rapport avec la production en semis direct (SD), à gauche du graphique, et la production du labour réduit (LR), à droite. Les lignes de tendance avec leur équation, et la valeur de R^2 figurent également sur les graphiques.

Finalement les données groupées des trois Communautés sont présentées sur le graphique de la Fig. 4.

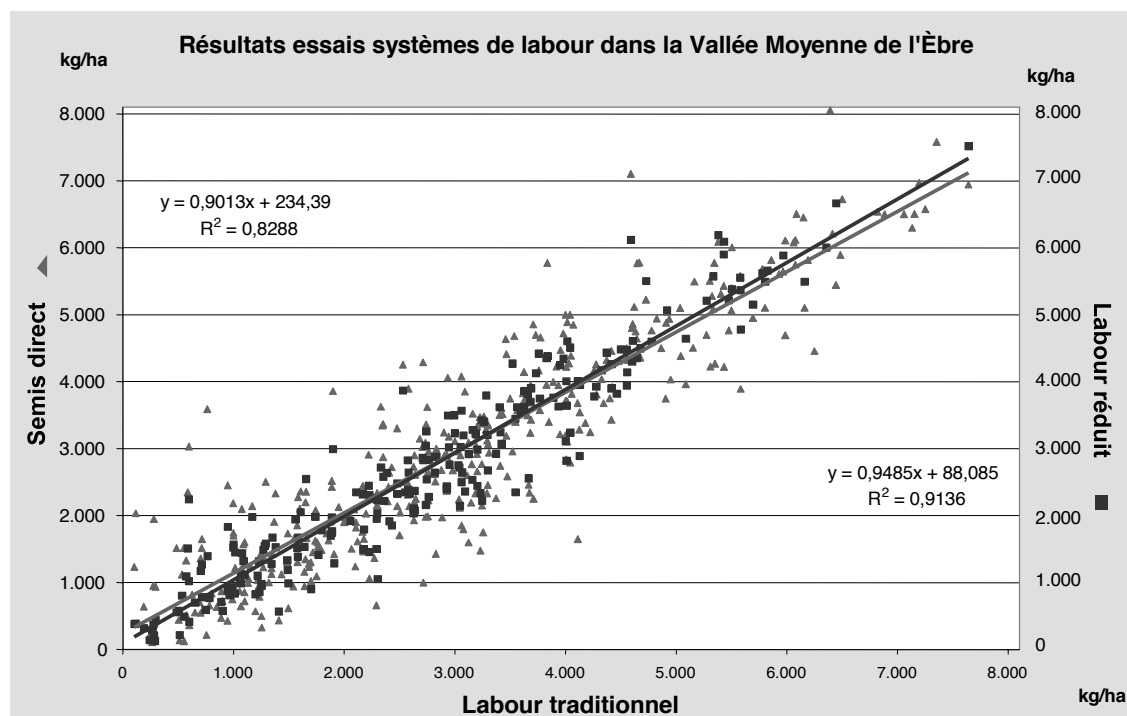


Fig. 4. Résultats des essais des systèmes de labour pour la Vallée Moyenne de l'Ebre.

La Tableau 1 présente le résumé des données recueillies à partir des diverses publications et communications personnelles. Etant donné que les essais ne portent pas toujours sur les trois systèmes étudiés, il est nécessaire de les analyser séparément.

On peut observer que les différences de production sont minimales dans les deux cas étudiés, et que la ligne de tendance ainsi que le coefficient de détermination sont corrects.

Analyse économique

Compte tenu des différentes cultures et des divers types de travaux du sol effectués sur la période de temps analysée, il est très difficile de faire une étude économique ajustée à ce qui s'est passé dans la réalité. C'est pourquoi nous allons étudier la situation d'une exploitation de céréales non irriguées, ayant une production estimée allant de 2500 à 3000 kg/ha, située dans une zone dont la production de référence des paiements directs de la PAC (Politique Agricole Commune) est de 2,5 t/ha.

Les données présentées à la suite sont de simples approximations obtenues lors de diverses consultations des agriculteurs et des maisons commerciales, car ces valeurs peuvent varier fortement d'un endroit à l'autre.

Dans ce cadre, nous allons étudier les dépenses et les recettes par hectare, afin de comparer les différents systèmes.

Tableau 1. Résumé des données recueillies pour la Vallée Moyenne de l'Ebre

	Navarre	Aragon	Catalogne	Vallée de l'Ebre
Essais de semis direct (SD)				
Campagnes	1984/85 à 2000/01	1989/90 à 2004/05	1987/88 à 2004/05	1984/85 à 2004/05
Nombre d'essais	154	144	85	383
Prod. SD (kg/ha)	3337	2583	2957	2969
Prod. LT (kg/ha)	3382	2832	2746	3034
Ligne de tendance	$y=0,9079x + 266,17$	$y=0,9222x - 28,857$	$y= 0,8318 + 672,02$	$y= 0,9013x + 234,39$
Coefficient R ²	0,8746	0,8010	0,7852	0,8288
Essais de labour réduit (LR)				
Campagnes	1983/84 à 2000/01	1989/90 à 2004/05	1987/88 à 2004/05	1983/84 à 2004/05
Nombre d'essais	55	87	85	227
Prod. LR (kg/ha)	2580	2631	2768	2670
Prod. LT (kg/ha)	2574	2793	2746	2722
Ligne de tendance	$y=0,9467x + 143,83$	$y=1,0004x - 162,54$	$y=0,8987x + 199,64$	$y=0,9485x + 88,085$
Coefficient R ²	0,9214	0,9208	0,9122	0,9136

Etude des dépenses

Nous allons commencer par les *Dépenses Directes* qui dans notre cas sont les matières premières utilisées pour la culture, que nous estimerons selon les doses et les prix habituels dans la zone. Quant aux semences, nous pouvons les estimer à 38,00 €/ha, la fumure au moment des semailles à 48,00 €/ha, et la fertilisation en couverture à 63,00 €/ha. Finalement, les produits phytosanitaires sont évalués à 24,00 €/ha. La somme totale des dépenses directes est de 173,00 €/ha. Il faut préciser que dans le cas du semis direct, en plus des dépenses précédentes, il existe une dépense de traitement herbicide en pré-semis, qui n'est pas nécessaire dans les deux autres systèmes de culture. Cet herbicide est estimé à 10,00 €/ha, les dépenses directes pour le semis direct étant ainsi de 183,00 €/ha.

Quant aux *Dépenses de Machinerie*, nous étudierons les dépenses concernant la machinerie en propriété et la machinerie louée pour chacun des systèmes de culture. Dans tous les cas on emploie un tracteur à double traction (4RM) de 120 CV de puissance, avec l'outillage correspondant. Pour chaque travail du sol réalisé nous indiquons entre parenthèses le rendement horaire en heures/ha. Le coût moyen estimé par heure, calculé selon la méthode d'"amortissement combiné", nous donne un chiffre de 24,00 € pour les deux systèmes de labour, et de 25,00 € pour le semis direct.

Pour le *labour traditionnel*, les travaux réalisés sont les suivants : charrue à versoir (2 h/ha), passage de cultivateur (1 h/ha), fumure de fond (0,33 h/ha), passage de vibroculteur (0,8 h/ha), semoir (0,75 h/ha), traitement herbicide (0,3 h/ha), fertilisation en couverture (0,33 h/ha), transports divers : engrais, semences, récolte (2 h/ha). En faisant le compte, nous obtenons un temps total de 7,51 heures/ha pour la machinerie en propriété. En multipliant par le coût moyen de l'heure, nous obtenons un coût de 180,24 €/ha pour la machinerie en propriété. Pour la machinerie louée, nous aurons la moissonneuse de céréales, d'un coût de 42,00 €/ha, ce qui fait un coût de machinerie pour le labour traditionnel qui peut être estimé à 222,24 €/hectare.

Pour le *labour réduit*, les travaux réalisés sont les suivants : passage de chisel (1,25 h/ha), fumure de fond (0,33 h/ha), passage de vibroculteur (0,8 h/ha), semoir (0,75 h/ha), traitement herbicide (0,3 h/ha), fertilisation en couverture (0,33 h/ha), transports divers (2 h/ha). Ceci nous donne une somme totale de 5,76 h/ha pour la machinerie en propriété. En multipliant par le coût moyen de l'heure, nous obtenons un coût de 138,24 €/ha pour la machinerie en propriété. De même que dans le cas précédent, la machinerie louée est la moissonneuse, qui représente un coût de 42,00 €/ha, ce qui donne un coût de machinerie pour le labour réduit pouvant être estimé à 180,24 €/hectare.

Pour le *semis direct* les travaux réalisés sont les suivants : traitement herbicide en pré-semis (0,3 h/ha), fumure de fond (0,33 h/ha), traitement herbicide en période de culture (0,3 h/ha), fertilisation en couverture (0,33 h/ha) et transports divers (2 h/ha), ce qui donne un total de 3,26 h/ha de machinerie en propriété, qui, multiplié par le coût de l'heure, représente 81,50 €/ha. Dans ce cas, en plus de la moissonneuse (42 €/ha) il faut louer une machine pour le semis, car il est nécessaire d'utiliser une machine spéciale à coût élevé, que nous n'avons pas achetée. Ce labour coûte 39,00 €/ha. Finalement, le coût de machinerie pour le semis direct peut être estimé à 162,50 €/hectare.

Un autre chapitre important que l'on oublie souvent est le *coût de la main-d'œuvre*. L'agriculteur, lorsqu'il est sur le tracteur, est tractoriste et doit donc recevoir son salaire. Faute de données concrètes, et d'après le Revenu de Référence du Ministère de l'Agriculture et le nombre d'heures de travail selon la convention collective du secteur agricole, nous pouvons estimer l'heure de travail à 12 euros, et ainsi ce poste s'élève à 90,12 €/ha pour le labour traditionnel, à 69,12 €/ha pour le labour réduit, et à 39,12 €/ha pour le semis direct.

Etude des recettes

Les recettes que perçoit l'agriculteur pour ces cultures proviennent de deux voies : les paiements directs, ou paiements compensatoires de la Politique Agricole Commune (PAC), et la vente des produits.

Dans le premier cas, ces cultures reçoivent un paiement direct de 63,00 €/t, et puisque la production de référence choisie est de 2,5 t, le paiement direct sera de 157,50 €/hectare.

Dans le deuxième cas, d'après le déroulement de cette campagne, le prix estimé pour les céréales peut être de 14,00 €/100 kg.

Etant donné que les productions sont différentes pour les deux comparaisons effectuées, nous allons les étudier séparément.

Dans le cas du labour traditionnel et du labour réduit, les productions ont été de 2722 kg/ha et de 2670 kg/ha respectivement. Ceci nous donne des recettes totales pour le labour traditionnel (LT) de 538,58 €/ha, et pour le labour réduit (LR) de 531,30 €/ha (Tableau 2).

Dans le cas du labour traditionnel et du semis direct, les productions ont été de 3034 kg/ha et de 2969 kg/ha respectivement. Les recettes totales pour le labour traditionnel (LT) représentent dans ce cas 582,26 €/ha, et pour le semis direct (SD) 573,16 €/ha (Tableau 3).

Résultats

Les Tableaux 2 et 3 récapitulent les données des deux situations analysées.

Comme on peut le voir sur les tableaux précédents, malgré une production plus faible, le labour réduit ainsi que le semis direct, grâce à un moindre coût de machinerie et de main-d'œuvre, permettent d'augmenter le bénéfice dans les deux cas. Les résultats comparatifs sont semblables dans ces deux situations, avec une augmentation de plus de 20% pour la marge nette, et une augmentation d'environ 100% pour le bénéfice.

En plus de cet accroissement des bénéfices par hectare cultivé, il existe un autre avantage très

difficile à évaluer et à quantifier, qui est la réduction du temps nécessaire pour la culture. Cette réduction peut permettre à l'agriculteur soit d'augmenter la surface travaillée, en achetant ou en louant des hectares supplémentaires, soit de se consacrer à une autre activité productive, comme le fait d'effectuer des travaux pour d'autres agriculteurs, de s'occuper d'une ferme d'élevage, de mettre en place un tourisme rural, etc.

Tableau 2. Résumé des données économiques Labour traditionnel (LT) vs Labour réduit (LR) (€/ha)

Poste	LT	LR	% (LR-LT)/LT
Recettes			
Paiements directs	157,50	157,50	0,00
Vente produit	381,08	373,80	- 1,91
Total recettes (1)	538,58	531,30	- 1,35
Dépenses			
Dépenses directes	173,00	173,00	0,00
Dépenses machinerie	222,24	180,24	- 18,90
Total dépenses (2)	395,24	353,24	- 10,63
Marge nette (1-2)	143,34	178,06	24,22
Main-d'œuvre (3)	90,12	69,12	- 23,30
Bénéfice (1-2-3)	53,22	108,94	104,70

Tableau 3. Résumé des données économiques Labour traditionnel (LT) vs Semis direct (SD) (€/ha)

Poste	LT	SD	% (SD-LT)/LT
Recettes			
Paiements directs	157,50	157,50	0,00
Vente produit	424,76	415,66	- 2,14
Total recettes (1)	582,26	573,16	- 1,56
Dépenses			
Dépenses directes	173,00	183,00	5,78
Dépenses machinerie	222,24	162,50	- 26,88
Total dépenses (2)	395,24	345,50	- 12,58
Marge nette (1-2)	187,02	227,26	21,52
Main-d'œuvre (3)	90,12	39,12	- 56,59
Bénéfice (1-2-3)	96,90	188,54	94,57

Conclusion

Sur presque 400 essais effectués pendant les 20 dernières années, on en déduit *que ce n'est pas parce qu'on labore davantage que l'on produit plus.*

Bien qu'il soit vrai que ces systèmes de labour, qui s'inscrivent génériquement dans ce que l'on connaît sous le nom d'"Agriculture de Conservation", donnent en général de bons résultats, ce n'est toutefois pas le cas pour tous les types de sols, et il faudra donc les connaître en profondeur, et disposer d'un conseil adéquat avant de mettre en place un de ces systèmes. Ainsi les parcelles de sols argileux qui se trouvent dans des zones à pluviométrie élevée peuvent poser des problèmes, surtout en semis direct, si cette technique n'est pas appliquée de façon adéquate. Peuvent aussi être problématiques les sols qui présentent des problèmes de compactage, soit en surface soit en profondeur.

Pour un agriculteur souhaitant changer de système de culture, le plus intéressant serait de

commencer par supprimer le labour de charrue à versoir, pour faire un labour vertical au chisel, ou un labour superficiel en supprimant le labour profond. Dans les deux cas, il peut utiliser la machinerie qu'il possède déjà dans son exploitation. S'il opte pour le semis direct, il devra tenir compte qu'il lui faut un semoir spécial pour cette technique, ce qui représente, en général, un investissement élevé.

De toute façon, si les choses vont mal, il peut toujours revenir aux techniques traditionnelles, ou utiliser celles-ci en alternance avec les techniques de conservation, une fois sur plusieurs années, selon ce que lui dicte sa propre expérience personnelle.

Remerciements

L'auteur tient à remercier très vivement Carlos Cantero Martínez, de l'Universitat de Lleida, et Manuel Pérez Berges, du Centre des Techniques Agricoles d'Aragón, pour leur collaboration et pour l'aide apportée suite à sa demande de données pour préparer ce document.

Bibliographie consultée

- Arnal, P. (1985). Siembra directa de cereales. Experimentación en Navarra. Dans : *II Jornadas Técnicas sobre Cereales de Invierno. Ponencias y Comunicaciones. Tomo I*. Pamplona (Espagne), décembre 1985.
- Arnal, P. (1986). Siembra directa de cereales. Experimentación en Navarra. Dans : *Conservar el suelo. I Simposium sobre Mínimo Laboreo en Cultivos Herbáceos*. Madrid (Espagne), octobre 1986.
- Arnal, P. (1988). Resultados de experimentación con distintos sistemas de siembra de cereales. Dans : *20ª Conferencia Internacional de Maquinaria Agrícola*. Zaragoza (Espagne), mars 1988.
- Arnal, P. (1990). Ensayos de siembra directa en cereales de invierno en Navarra. Dans : *Jornadas Técnicas sobre "El agua y el suelo: laboreo de conservación"*. Sevilla (Espagne), mai 1990.
- Arnal, P. (1990). No laboreo (siembra directa) en cultivos extensivos en Navarra. *El Campo*, No. 117, juillet-septembre 1990.
- Arnal, P. (1990). Análisis económico de distintos sistemas de laboreo. *El Campo*, No. 117, juillet-septembre 1990.
- Arnal, P. (1994). Análisis económico según los sistemas de laboreo. *Navarra Agraria*, No. 32, janvier-février 1994.
- Arnal, P. (1995). Gestión de la explotación según sistemas de laboreo. Dans : *Journées sur "Reducción de costes y laboreo de conservación en agricultura extensiva"*. Burgos (Espagne), septembre 1995.
- Arnal, P. (2002). *Cálculo del coste de las labores agrícolas*. (non publié).
- Cantero, C. et al. (2005). *Résultats du réseau "Ensayos sobre Laboreo de Conservación y Siembra directa en zonas áridas y semiáridas en Cataluña"*. Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal de la Universitat de Lleida (UdL).
- Informaciones Técnicas (1990-2005). Plusieurs numéros des "Informaciones Técnicas", éditées par le Centre de Techniques Agronomiques (CTA) du Département de l'Agriculture du Gouvernement d'Aragon, où sont présentés les résultats de l'expérimentation de systèmes de labour sur les années 1990 à 2005, toutes deux comprises. *Informaciones Técnicas*, No. 7/93, 2/94, 1/95, 6/96, 26/97, 100/2001, 116/2002 et 141/2004.
- Navarra Agraria (1984-1993). Plusieurs articles de la revue "Navarra Agraria", éditée par le Département de l'Agriculture du Gouvernement de Navarre, où sont présentés les résultats de l'expérimentation des années 1984 à 1993, toutes deux comprises. *Navarra Agraria*, No. 15, 25, 35, 36, 45, 54, 67, 74 et 77.
- Pérez, M. (2005) Preparación se suelos para las siembras. *Surcos de Aragón*, No. 92, avril 2005.
- Serie Agraria (1994-2001). Plusieurs numéros de la "Serie Agraria" publiée par le Gouvernement de Navarre sous le titre générique "Proyectos de investigación promovidos y/o financiados por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación", correspondant aux années 1994 à 2001, toutes deux comprises. *Serie Agraria*, No. 30, 38, 45, 52, 57, 65, 75 et 77.

Sites web consultés :

www.marshall.org/
www.soils.usda.gov
www.aeac-sv.org/

www22.sede.embrapa.br/
www.fao.org/