

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 et 5 DÉCEMBRE 2019

RESTRICTIONS D'USAGE DES HERBICIDES A 10 ANS : EVALUATION MULTICRITERE DES LEVIERS ALTERNATIFS

L. GAUTELLIER VIZIOZ ⁽¹⁾, L. JOUY⁽²⁾, B. PERRIOT ⁽³⁾

D'après le Mémoire Fin d'Etudes de A. GUIGNIOU - Agro Campus Ouest-2019

ARVALIS Institut du végétal - Station Expérimentale de Boigneville - 91720 BOIGNEVILLE - France

⁽¹⁾ l.gautelliervizioz@arvalis.fr

⁽²⁾ l.jouy@arvalis.fr

⁽³⁾ b.perriot@arvalis.fr

RESUME

Cette étude a pour objet de répondre au contexte de réduction des herbicides et d'évaluer la pertinence technique et économique de leviers alternatifs aux herbicides pour gérer les adventices. Une analyse multicritère a été effectuée avec le logiciel SYSTERRE® sur un système de culture en rotation colza/blé/orge d'hiver. Pour cette rotation, un « itinéraire technique d'aujourd'hui » a été comparé à un « itinéraire technique à 10 ans ». À 10 ans, l'IFT herbicide est réduit dans tous les scénarii, sans toutefois atteindre les objectifs du plan Ecophyto II. En revanche, la marge nette de l'exploitation est inférieure aux systèmes actuels. Avec des hypothèses de rendement à -10 et -20 %, l'impact économique est encore plus important, et certains systèmes n'assureraient plus un revenu convenable à l'agriculteur. Les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie ont également augmenté (ce qui est contraire aux objectifs gouvernementaux). Le temps d'intervention au champ a aussi augmenté. L'outil JDISPO® a été utilisé pour vérifier la faisabilité de certaines interventions. Le nombre de jours disponibles pour mettre en œuvre le désherbage mécanique des céréales à paille au printemps est très réduit. Cette étude permet de caractériser la gestion des adventices avec des leviers alternatifs et apporte des pistes de réflexion.

Mots-clés : Adventices / Restriction d'herbicides / Leviers alternatifs / Analyse multicritère / SYSTERRE®

ABSTRACT

The objective of this study is to answer to the context of reduction of herbicides and to evaluate the technical and economic feasibility of alternative levers of herbicides to control weeds. A multicriteria analysis was carried out with the SYSTERRE® software on one cropping system: rapeseed / wheat / barley. For this rotation, an "itinerary of today" was compared to an "itinerary at 10 years". At 10 years, the herbicide IFT is reduced in all scenarios but without approaching the objectives of the Ecophyto II plan. On the other hand, the net margin is lower than current systems. With yield assumptions of -10 and -20%, the economic impact is even greater, and some systems would no longer provide a suitable income for the farmer. Moreover, greenhouse gas emissions and energy consumption have increased (contrary to government objectives). The intervention time in the field has also increased. JDISPO® tool has been used to verify the feasibility of some interventions. Mechanical weeding of straw cereals in spring proved difficult to achieve under good conditions. This study provides a glimpse of what the future might be and thus provides avenues for reflection on weed management and the use of alternative levers in a context that can become difficult.

Key Words: Weeds / Herbicide restriction / Alternatives levers / Multi-criteria analysis / SYSTERRE®

1. INTRODUCTION

L'usage des herbicides est aujourd'hui la principale voie de gestion des adventices pour maintenir un haut niveau de productivité. Cependant, cette stratégie est confrontée à de nombreux freins d'ordres biologiques, environnementaux et sociaux.

D'une part, on assiste à un fort développement de populations adventices résistantes aux substances actives herbicides. D'autre part, avec le plan Ecophyto II, l'agriculture française a pour objectif de réduire de moitié ses applications de produits phytosanitaires d'ici 2025 (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation 2015). La protection des personnes exposées, la pression sociétale et environnementale sur l'utilisation des produits phytosanitaires sont des sujets d'ampleur et de nombreuses substances actives disparaissent au quotidien. La présence de ces substances actives dans les eaux souterraines et de surfaces, qui pour la majorité, sont des herbicides accentue ce phénomène (Rodriguez, Gasquez 2008). En parallèle, l'homologation d'herbicides connaît un fort ralentissement, il apparaît donc moins de molécules qu'il n'en disparaît. Avec la simplification du travail du sol et le développement de résistances aux herbicides, les agriculteurs se retrouvent parfois face à des impasses techniques.

Compte tenu de ces difficultés, le raisonnement du désherbage en culture ne peut plus reposer uniquement sur les herbicides et doit passer par la combinaison de moyens agronomiques et mécaniques en complément de la lutte chimique.

La présente étude porte sur un système de culture représentatif des exploitations en sols argilo-calcaires du Sud du Bassin Parisien et de la région Centre avec une rotation colza/blé/orge d'hiver. Un bilan technique, économique et environnemental des potentiels changements d'itinéraires techniques a été réalisé en prenant le parti de ne pas modifier la rotation.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Système de culture type étudié et contexte de l'étude

Deux techniques d'implantation des cultures ont été étudiées : une technique avec la pratique du labour ponctuel (1 année sur 3) et une avec la pratique du non labour sur la rotation Colza/Blé/Orge d'hiver. L'étude est réalisée sur une exploitation type de 150 ha répartis équitablement pour chaque culture, gérée par une personne à plein temps (le chef d'exploitation).

Ce système de culture est observé dans les sols argilo-calcaires du Sud du Bassin Parisien et de la région Centre. La situation de production dispose d'atouts agronomiques : une fragmentation de la couche de sol composée de terre fine et de cailloux favorisant l'enracinement profond ; une bonne stabilité structurale du sol et sa qualité organique permettant de limiter le travail du sol ; un milieu pédoclimatique favorable aux cultures d'hiver. Elle dispose aussi de quelques contraintes agronomiques telles que : de très faibles réserves utiles en eau du sol (inférieures à 80 mm), avec des sols caillouteux, limitant la diversification des cultures et expliquant la pratique du non labour dans certaines situations.

Toutefois, les systèmes reposant sur une rotation courte conduite en non-labour aboutissent souvent à des impasses comme la stagnation des rendements, une forte pression en adventices et des populations résistantes (graminées automnales) ainsi qu'à de fortes pressions de ravageurs. Au niveau économique, les filières céréalières et oléagineuses sont bien organisées avec un savoir-faire sur la qualité des grains.

Nous avons choisi de nous positionner avec une infestation forte en graminées (vulpin, ray-grass) pour la situation actuelle. Il s'agit d'une réalité déjà présente dans la région. Pour les scénarii à 10 ans, l'hypothèse que ces graminées sont résistantes aux herbicides des groupes HRAC A et B a été faite. La gestion des adventices est alors non maîtrisée et est sujette à un salissement régulier. Ce salissement a un impact sur le stock semencier du sol pouvant conduire à terme à une réduction du rendement. C'est pourquoi, la stratégie de désherbage qui a été choisie combine à la fois un programme de

désherbage solide prenant en compte les restrictions éventuelles prises en hypothèses et des outils de désherbage mécanique.

2.2. Outils de simulation utilisés

Le système de culture témoin « Syppre Berry » décrit dans le cadre de l'Action réseau Syppre¹ a servi de cas-type. Il est entièrement décrit à l'aide du logiciel SYSTERRE® (Weber, 2019). SYSTERRE® est un outil d'enregistrement et de calcul d'un ensemble d'indicateurs, destiné à évaluer les performances techniques, économiques et environnementales des productions végétales sur une exploitation de grandes cultures ou de polyculture-élevage. Les facteurs de production (matériel, main d'œuvre, opérations culturales, intrants) sont pris en compte du semis à la récolte pour délivrer une évaluation « sortie champ ». Trois familles d'indicateurs ont été utilisées pour évaluer les différents systèmes de culture : techniques, économiques et environnementaux. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux indicateurs suivants :

- Techniques : l'IVAN (investissement matériel pour réaliser les opérations culturales), la consommation de carburant, le temps d'intervention au champ et l'IFT herbicide (Indice de Fréquence de Traitement),
- Economiques : les charges herbicides, de semences et mécaniques ainsi que la marge nette avec aides,
- Environnementaux : la consommation d'énergie primaire, les émissions de gaz à effet de serre (EGES), la production d'énergie brute et le rendement énergétique.

Le logiciel JDISPO® a également permis d'apprécier la faisabilité des opérations culturales mises en place dans les périodes de pointe et discutées dans les scénarii à 10 ans. JDISPO permet d'évaluer les jours agronomiquement disponibles pour un agriculteur sur une intervention donnée pour la réaliser dans des conditions optimales au moins 8 années sur 10.

2.3. Elaboration des parcs matériels et des itinéraires techniques

2.3.1. Construction des ITK actuels et à 10 ans

Les itinéraires techniques témoins sont issus de l'Action Syppre (Toque et al. 2015) et sont représentatifs de la pratique moyenne et du contexte régional (type de sol, caractéristiques de la région, etc ...). Les enquêtes SSP de 2011 ont permis de valider la référence.

Les ITK proposés à 10 ans ont été réalisés avec l'aide d'experts des Instituts Techniques Agricoles. Pour toutes les cultures, en fonction de l'hypothèse prise sur l'infestation en adventices, nous avons choisi de maximiser les leviers de lutte tout en restant cohérents avec le contexte de l'exploitation. Des hypothèses en termes de restrictions de produits phytosanitaires ont été faites et sont présentées dans le tableau I. Les substances actives (SA) mentionnées sont présentes dans les programmes herbicides des ITK actuels. Elles seront menacées, dans un horizon de 10 ans, soit par un retrait, soit par une restriction d'emploi. Les SA concernées par des adventices résistantes aux groupes HRAC A et B sont également présentées dans la troisième colonne (Verjux, 2018).

¹ Syppre : Action de longue durée pilotée par Arvalis Institut du Végétal, L'ITB et Terres Inovia, pour accompagner la transition vers des systèmes de cultures multiperformants en mobilisant les principes de l'agro-écologie. L'action est déclinée dans 5 régions, avec pour chacune, la description d'une « ferme type », qui modélise les systèmes pratiqués par les agriculteurs. Cette ferme type est constituée à partir des données de l'Observatoire Syppre, elle sert de témoin pour positionner les performances des systèmes innovants expérimentés sur les plateformes Syppre ou mis en œuvre par les agriculteurs des réseaux adossés à Syppre. ..

Tableau I : Hypothèses sur les substances actives impactées dans les ITK à 10 ans
(Assumptions on active substances impacted in 10-year-TKIs)

Retrait	Restriction des doses (g/ha/an)	Résistance A et B
glyphosate	flufénacet: 120	iodosulfuron
bromoxynil	chlortoluron : 1000	mésosulfuron
flurtamone	diflufénicanil : 120	pinoxaden
s-metolachlore	prosulfocarbe : 2400	quizalofop-p
prosulfocarbe		
mésotrione		
métazachlore		
flupyrsulfuron		

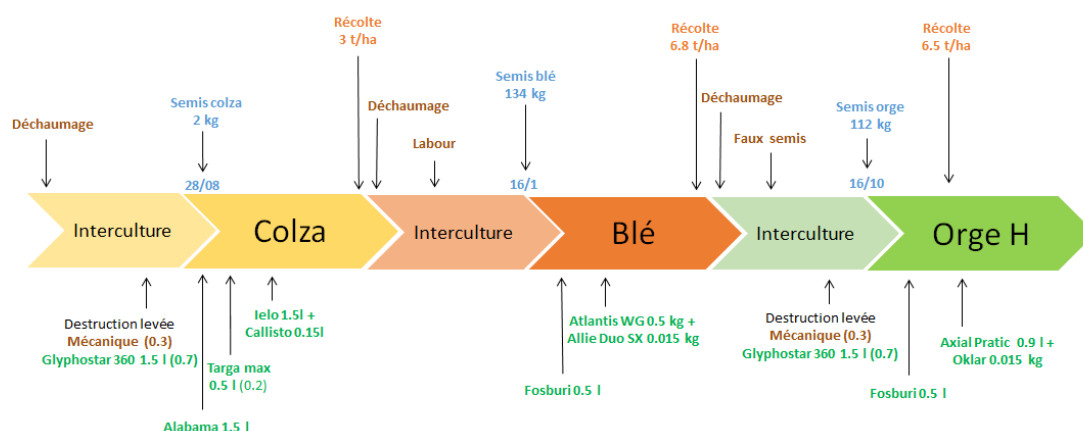
Pour les deux techniques d'implantation (labour ponctuel et non labour), les leviers alternatifs à la chimie conventionnelle ont été intégrés, ils sont testés à 10 ans avec trois hypothèses sur le rendement : un maintien de celui-ci et deux baisses de rendement (-10% et -20%). Au total, 6 scénarii à 10 ans ont donc été évalués pour cette rotation (Tableau II).

Tableau II : Résumé des principaux facteurs étudiés
(Summary of the main studied factors)

Solutions alternatives étudiées	Scénarii étudiés avec labour ponctuel			Scénarii étudiés sans labour ponctuel		
	Colza/Blé/ Orge H. sans baisse de rendement	Colza/Blé/ Orge H. avec baisse de rendement - 10%	Colza/Blé/ Orge H. avec baisse de rendement - 20%	Colza/Blé/ Orge H. sans baisse de rendement	Colza/Blé/ Orge H. avec baisse de rendement - 10%	Colza/Blé/ Orge H. avec baisse de rendement - 20%
Faux semis	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Destruction mécanique	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Décalage date de semis céréales	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Augmentation densité semis et mélange espèces	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Hypothèses sur les substances actives impactées	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Rendement Colza (T/ha)	3.30	2.97	2.64	3.30	2.97	2.64
Blé tendre hiver (T/ha)	6.80	6.11	5.44	6.80	6.11	5.44
Rendement Orge hiver (T/ha)	6.50	5.85	5.20	6.50	5.85	5.20
Export menues pailles (Moy Colza/ble/orge, T/ha)	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77

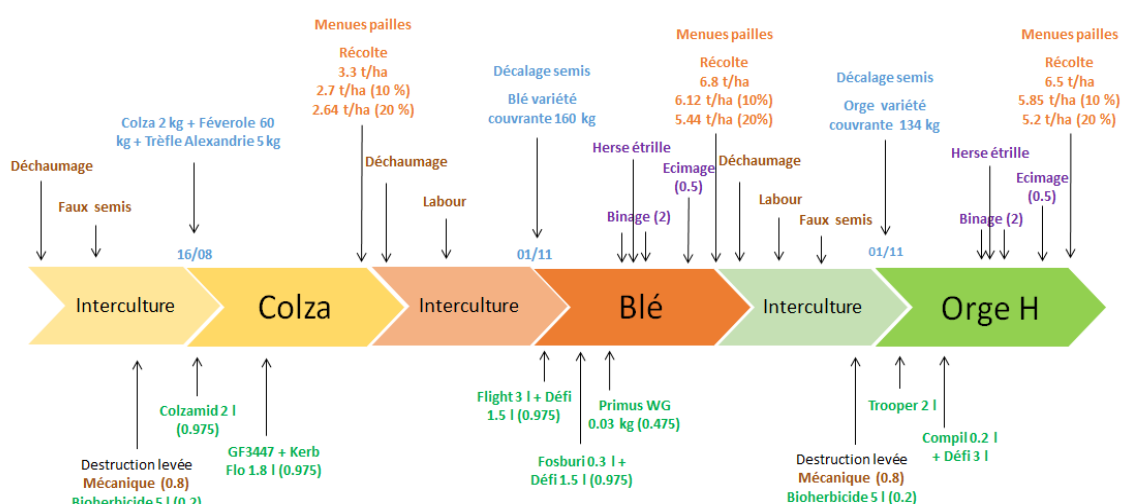
La figure 1 présente l'itinéraire technique actuel pour la gestion des adventices de la rotation Colza/Blé/Orge hiver, il s'agit du système contenant une implantation avec un labour ponctuel. La rotation Colza/Blé/Orge hiver, choisie par les producteurs pour des raisons de rentabilité, favorise le développement des graminées et des dicotylédones d'automne. Ainsi, le levier utilisé prioritairement pour gérer les adventices est le programme herbicide sur l'ensemble des cultures. L'implantation des cultures est assurée avec le déchaumage, le glyphosate deux années sur trois et le labour une année sur trois. L'itinéraire technique actuel a également été étudié sans labour. Dans ce cas, le labour a été remplacé par une intervention avec du glyphosate.

Figure 1 : Itinéraire technique actuel avec labour ponctuel pour gérer les adventices d'une rotation Colza/Blé/Orge hiver
(Current technical itinerary with punctual ploughing to manage weeds in a Rapeseed/wheat/Winter Barley rotation)



La figure 2 présente l'itinéraire technique concernant la gestion des adventices à 10 ans avec labour. Les hypothèses de restriction ou retrait de substances actives sont appliquées dans cet ITK. Les solutions alternatives retenues sont : le faux semis, la destruction mécanique, le décalage de la date de semis, l'augmentation de la densité de semis, le choix judicieux des substances actives disponibles et l'exportation des menues pailles.

Figure 2 : Itinéraire technique à 10 ans avec labour ponctuel pour gérer les adventices d'une rotation Colza/Blé/Orge hiver
(Technical itinerary at 10 years with punctual ploughing to manage weeds in a Rapeseed/wheat/Winter Barley rotation)



2.3.2. Elaboration du parc matériel actuel et à 10 ans

Le parc matériel (tableau III) a été vérifié et validé par des experts aussi bien pour les scénarii de base que pour les scénarii à 10 ans. La stratégie d'équipement d'un nouveau matériel pour mettre en œuvre les solutions alternatives a été raisonnée selon les besoins (nombre d'heures ou ha /an) et les jours disponibles. Diverses solutions ont été explorées pour le choix de l'investissement :

- Neuf ou d'occasion.
- Achat en commun avec un autre agriculteur, le taux de propriété est alors réparti proportionnellement aux besoins de chaque agriculteur.

- Prestation de services (ETA, CUMA, etc ...). Ces prestations de services sont fournies avec ou sans main d'œuvre. Dans le cas où il s'agit d'une main d'œuvre extérieure, un surcoût de 16.5 €/h (équivalent SMIC) est appliqué au coût de location du matériel.

Afin de choisir la stratégie à adopter les tarifs indiqués dans le barème d'entraide 2017-2018 (Hamiti, Van Kempen 2018) ont servi de références. Pour mettre en œuvre les facteurs étudiés, le capital matériel immobilisé passe de 2 506 euros/ha à 2 974 euros/ha pour la référence avec labour ponctuel et passe de 2 383 euros/ha à 2 851 euros/ha pour la référence sans labour.

Tableau III : Parc matériel présent sur l'exploitation selon les facteurs étudiés
(Present equipment park on the farm according to studied factors)

				Avec Labour ponctuel		Sans Labour	
Type	Matériel	Taux propriété (%)	Prix d'achat (€)	Parc matériel actuel	Parc Matériel à 10 ans	Parc matériel actuel	Parc Matériel à 10 ans
Traction							
	Quad	100	8800	8 800	8 800	8 800	8 800
	Tracteur 140 CV	100	75000	75 000		75 000	
	Tracteur 70 CV	100	32640	32 640		32 640	
	Tracteur 140 CV + RTK (10 000)	100	85000		85 000		85 000
	Tracteur 70 CV + RTK (7 000)	100	39640		39 640		39 640
Matériel récolte							
	Moissonneuse batteuse	50	180000	90 000	90 000	90 000	90 000
	Remorque 12 T	100	5000	5 000	5 000	5 000	5 000
	Remorque 16 T	100	20000	20 000	20 000	20 000	20 000
Matériel gestion interculture et travail du sol							
	Broyeur de résidus	50	8730	4 365	4 365	4 365	4 365
	Déchaumeur à dents 4m	100	4300	4 300	4 300	4 300	4 300
	Déchaumeur à disques	100	14900	14 900	14 900	14 900	14 900
Matériel implantation et conduite des cultures							
	Charrue réversible	100	18500	18 500	18 500		
	Rouleaux	100	9000	9 000	9 000	9 000	9 000
	Semoir Combiné Herse Rot 3 m	100	25800	25 800	25 800	25 800	25 800
	Vibroculteur	100	10000	10 000	10 000	10 000	10 000
	Epandeur d'engrais	100	7600	7 600	7 600	7 600	7 600
	Pulvé. Automoteur	100	50000	50 000		50 000	
	Pulvé. Automoteur + Coupure tronçon par GPS (4550)	100	54550		54 550		54 550
Matériel nécessaire pour mettre en œuvre les solutions alternatives							
	Bineuse 4 m RTK	100	20000		20 000		20 000
	Chargeur frontal	50	6370		3 185		3 185
	Ecimeuse 8 m	50	5000		2 500		2 500
	Herse classique 9 m	100	8000		8 000		8 000
	Récupérateur de menue paille	50	30000		15 000		15 000
Total parc matériel €/Exploitation				375 905	446 140	357 405	427 640
Total parc matériel €/ha (IVAN/ha)				2 506	2 974	2 383	2 851

3. RESULTATS

Le tableau IV présente les résultats de l'étude. L'itinéraire technique actuel de la rotation Colza/Blé/Orge d'hiver avec labour ponctuel se caractérise avec une marge nette de 214 euros/ha, un temps d'intervention de 2,82 heures/ha, un IFT de 5.08, une charge herbicide de 115 euros/ha, une consommation d'énergie de 12 474 MJ/ha, une production d'énergie de 94 981 MJ/ha et une émission de GES de 2 252 kgéqCO₂/ha. Les autres indicateurs disponibles dans le tableau sont présentés à titre indicatif et seront utilisés pour interpréter les facteurs étudiés.

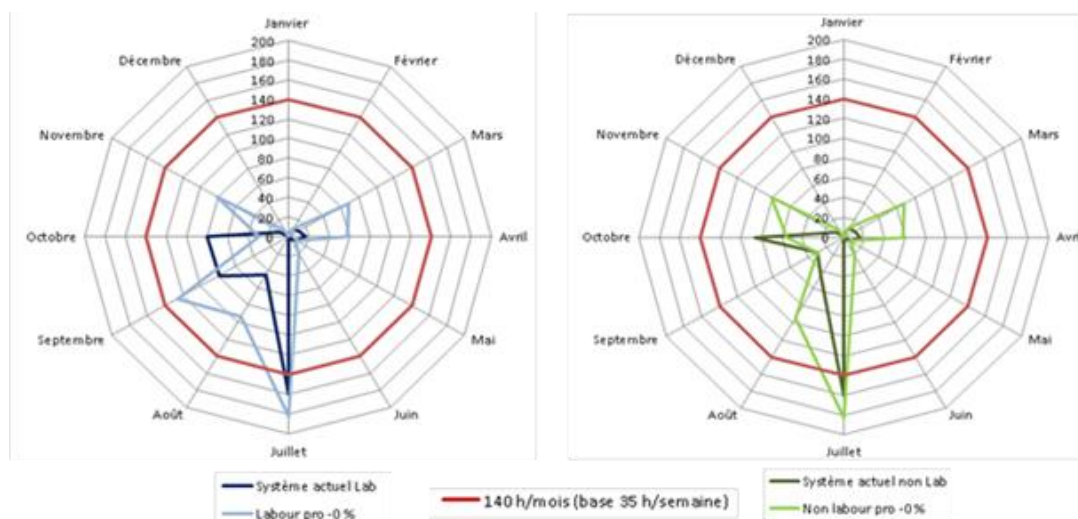
L'itinéraire technique actuel de la rotation Colza/Blé/Orge d'hiver sans labour présente des résultats proches de celui en labour ponctuel. La marge nette est sensiblement meilleure ; le temps d'intervention, la consommation d'énergie et les EGES sont sensiblement réduits. En effet, selon les hypothèses retenues, seule la charrue disparaît du parc de matériel sans changement de matériel de semis, soit une économie d'investissement de 18 500 euros et une baisse de charges de mécanisation de 18 euros/ha.

Quel que soit les scénarii étudiés à 10 ans (sans baisse de rendement ainsi qu'avec une baisse de rendement de -10% et de -20%), la marge nette baisse de façon significative. Nous observons une baisse d'environ 20 % sans baisse de rendement et une marge nette quasiment nulle avec le scénario de baisse de rendement de -20%. La dépendance à l'usage des herbicides reste élevée, l'IFT herbicide de référence est d'environ 2.7 contre 2.14 pour les scénarii à 10 ans.

Au niveau du temps d'intervention au champ, le système de culture actuel conduit en non labour est moins gourmand en temps, avec au total 379 heures (2.54 heures/ha) contre 422 heures (2.82 heures/ha) pour le système actuel conduit en labour ponctuel. Dans les ITK à 10 ans, les leviers de lutte contre les adventices mis en place ont pour conséquences une augmentation de 62 % du temps de travail. On passe alors à 684 heures avec labour ponctuel et à 615 heures en non labour. Cette augmentation du temps de travail, visible sur la figure 3 ci-dessous, est répartie principalement aux mois de :

- août, avec une augmentation du travail du sol sur le colza ;
- septembre, pour les scénarii en labour avec l'ajout d'un labour avant l'orge d'hiver ;
- novembre, avec le décalage des dates de semis ;
- mars et avril, du fait des interventions de désherbage mécanique ;
- juillet, avec la récupération des menues pailles et le nettoyage de la moissonneuse-batteuse.

Figure 3 : Répartition du temps d'intervention au champ (h/mois) pour les systèmes conduits en labour (à gauche) ou en non labour (à droite)
(Distribution of intervention time in the field (h/month) for systems driven in tillage (left) or no tillage (right))



A l'aide du logiciel JDISPO, nous avons vérifié si l'ensemble des interventions culturales étaient réalisables dans de bonnes conditions (malgré l'augmentation des temps d'intervention). Pour le décalage de la date de semis, le nombre de jours agronomiques disponibles (JAD) est suffisant pour réaliser le semis, à condition de le commencer dès le 20 octobre. Sinon, le risque de ne pas avoir assez de JAD pour semer dans de bonnes conditions est élevé. Aux mois de mars et d'avril, l'agriculteur n'a pas assez de JAD pour réaliser ses interventions de désherbage mécanique. Il manque l'équivalent de 10 heures de travail soit un JAD voire davantage si la référence prise est fixée à quatre heures/JAD (Bonin et al. 2010).

En ce qui concerne les indicateurs environnementaux, nous observons une augmentation de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre liées aux solutions alternatives étudiées (déchaumage, faux semis, désherbage mécanique). La production d'énergie brute baisse en fonction des hypothèses de baisse de rendement. Toutefois, la baisse de rendement est compensée par la production d'énergie liée aux sous-produits (exportation des menues pailles).

Tableau IV : Evaluation multicritère des scénarii étudiés de la rotation Colza/Blé/Orge hiver
(Multicriteria analysis of studied scenarii of a Rapeseed/wheat/Winter Barley rotation)

4. DISCUSSION

Indicateurs	Colza/Blé/Orge H. Référence	Scénarii étudiés avec labour ponctuel à 10			Colza/Blé/Orge H. Référence	Scénarii étudiés sans labour ponctuel à 10		
		Colza/Blé/Orge H. sans baisse de rendement	Colza/Blé/Orge H. avec baisse de rendement - 10%	Colza/Blé/Orge H. avec baisse de rendement - 20%		Colza/Blé/Orge H. sans baisse de rendement	Colza/Blé/Orge H. avec baisse de rendement - 10%	Colza/Blé/Orge H. avec baisse de rendement - 20%
Surface / UTH (ha)	150	150	150	150	150	150	150	150
Rendement Colza (T/ha)	3.3	3.3	2.97	2.64	3.3	3.3	2.97	2.64
Blé tendre hiver (T/ha)	6.8	6.8	6.11	5.44	6.8	6.8	6.11	5.44
Rendement Orge hiver (T/ha)	6.5	6.5	5.85	5.2	6.5	6.5	5.85	5.2
Temps de travail Total (h/ha)	2.82	4.59	4.59	4.59	2.54	4.13	4.13	4.13
Temps de travail Juillet (h/ha)	1.07	1.24	1.24	1.24	1.07	1.24	1.24	1.24
Temps de travail Août (h/ha)	0.3	0.63	0.63	0.63	0.3	0.63	0.63	0.63
N Total (kg/ha)	165.19	165.19	165.19	165.19	165.19	165.19	165.19	165.19
P2O5 Total (kg/ha)	42	42	42	42	42	42	42	42
K2O Total (kg/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantité Irrigation (m3/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation Carburant (L/ha)	62.56	93.98	93.98	93.98	57.23	85.08	85.08	85.08
IVAN (€/ha)	2 506.00	2 974.00	2 974.00	2 974.00	2 383.00	2 851.00	2 851.00	2 851.00
Produit brut (€/ha)	1 022.63	1 057.23	951.51	845.79	1 022.63	1 057.23	951.51	845.79
Ch Intrants Total (€/ha)	474.5	491.2	491.2	491.2	476.25	493.53	493.53	493.53
Ch Herbicides (€/ha)	114.19	107.9	107.9	107.9	115.94	110.23	110.23	110.23
Marge Brute avec aides (€/ha)	766.13	784.03	678.31	572.59	764.38	781.7	675.98	570.25
Ch Méca hors irrig (€/ha)	238.65	320.93	320.93	320.93	220.99	301.18	301.18	301.18
Marge Nette avec aides (€/ha)	214.48	163.5	86.78	2.05	225.39	176.92	100.2	17.48
BGA (kg/ha)	62.86	46.86	56.86	67.53	62.86	46.86	56.86	67.53
Bilan P2O5 (kg/ha)	0.67	-10	-5.67	-1.33	0.67	-10	-5.67	-1.33
Bilan K2O (kg/ha)	-32	-82.33	-79	-75.67	-32	-82.33	-79	-75.67
IFT Total	5.08	4.58	4.58	4.58	5.19	4.58	4.58	4.58
IFT Herbicide	2.63	2.14	2.14	2.14	2.75	2.14	2.14	2.14
Consommation Energie Primaire Totale (MJ/ha)	12 473.67	14 620.00	14 620.00	14 620.00	12 249.33	14 182.00	14 182.00	14 182.00
Emissions GES Totales (kgéqCO2/ha)	2 252.00	2 378.00	2 378.00	2 378.00	2 236.00	2 349.00	2 349.00	2 349.00
Production Energie Brute (MJ/ha)	94 981.34	115 294.66	105 536.00	95 777.34	94 981.34	115 294.66	105 536.00	95 777.34

Cette étude, selon les hypothèses retenues, a permis d'évaluer l'impact de la mise en place des leviers alternatifs sur le bilan technique, économique et environnemental d'une exploitation agricole. Les résultats présentés permettent d'avoir un aperçu de ce que pourrait être l'avenir mais d'autres avenir sont envisageables comme par exemple : un agrandissement des exploitations agricoles et des agriculteurs voulant produire à moindre coût. Les ITK comporteraient alors peu d'interventions culturales et par conséquent la perte de rendement pourrait être encore plus importante que les hypothèses de réductions que nous avons testées, mais elle serait en partie compensée par une diminution des charges. Un changement des rotations est une autre possibilité non abordée dans cette étude, elle reste possible mais demande une plus grande marge de changement notamment au niveau des filières et de la distribution.

Sur l'ensemble des scénarii à 10 ans, l'ajout de leviers alternatifs dans l'itinéraire technique se traduit par une augmentation :

- du capital immobilisé de l'exploitation (nouveaux matériels et équipements) ;
- des charges mécaniques, de semences et de la consommation de carburant ;
- du temps d'intervention au champ (répartie de manière homogène dans l'année) ;
- des EGES et de la consommation d'énergie primaire. Les objectifs du gouvernement en termes de réduction des EGES et de consommation d'énergie (-20 %) ne sont alors pas atteints (Paquets énergie-climat 2020).

Le désherbage mécanique sur céréales à pailles au printemps (2 binages et 1 hersage), est difficilement réalisable dans des conditions optimales car il n'y a pas assez de JAD à cette période de l'année. Le décalage des dates de semis de 15 jours est également problématique par rapport au nombre de JAD. Pour éviter de perdre des quintaux, il sera préférable, pour cette exploitation de commencer le semis plus tôt et de cibler les parcelles les plus sales pour décaler les semis.

Le revenu de l'agriculteur est plus ou moins impacté en fonction de l'hypothèse de rendement faite. Les hypothèses travaillées conduisent à une augmentation du temps de travail et à un revenu plus faible.

Cette étude montre bien l'intérêt d'évaluer les solutions alternatives aux herbicides avec des indicateurs économiques, de temps d'intervention, de consommation d'énergie et EGES. Comment trouver le meilleur compromis entre la baisse de l'usage des herbicides et une augmentation des EGES tout en maintenant un revenu décent pour les agriculteurs ? Afin d'offrir des solutions acceptables pour les producteurs, il sera nécessaire de se mobiliser ensemble pour étudier, tester de nouvelles techniques alternatives. Il sera également nécessaire de continuer à tester les nouvelles spécialités qui arriveront sur le marché en précisant au mieux les conditions d'emploi pour l'efficacité sur les adventices, la sécurité des personnes et de l'environnement.

5. CONCLUSION

À l'avenir, les restrictions d'utilisation des produits phytosanitaires seront de plus en plus fortes. L'agriculteur, s'il veut conserver ses niveaux actuels de rendement devra alors mettre en œuvre une combinaison de leviers mécaniques, technologiques et agronomiques. À travers cette étude, nous avons cherché à savoir si la mise en place de ces leviers alternatifs permet de répondre au contexte de réduction des herbicides tout en maintenant un bilan technique, économique et environnemental viable pour l'exploitation.

Les scénarii à 10 ans ont présenté une marge nette inférieure aux systèmes actuels avec des revenus souvent en dessous de la barre acceptable.

L'ajout de leviers alternatifs a également eu pour effet d'augmenter le temps d'intervention au champ, jusqu'à plus de 50 % en colza / blé / orge d'hiver. Toutefois cette augmentation est assez bien répartie sur l'année. Le désherbage mécanique des céréales à paille au printemps est difficilement réalisable. Il est très dépendant des conditions pédoclimatiques de la parcelle et des jours disponibles pour le réaliser dans de bonnes conditions sont très limités.

Au niveau des indicateurs agro-environnementaux, l'IFT herbicide a été réduit dans tous les scénarii, en grande partie du fait des restrictions envisagées. Cette réduction est donc en partie subie. En termes d'énergie, l'ajout

des leviers alternatifs dans les ITK augmente les EGES et la consommation d'énergie primaire, ce qui est contraire aux objectifs du « Paquets énergie-climat 2020 » (- 20 %).

Dans un avenir où la protection intégrée aura toute sa place, il aurait été intéressant d'avoir une réflexion globale et de s'intéresser également aux autres postes de dépenses d'un système de culture autres que celui du désherbage (fertilisation, lutte contre les maladies et les ravageurs, etc...). En effet, l'ajout de nouveaux matériels et équipements sur l'exploitation peut également être utile sur ces différents éléments. Cela aurait permis de limiter ou au contraire, d'aggraver (en fonction des hypothèses choisies) l'impact sur le bilan économique, technique et environnemental de l'exploitation agricole. C'est l'objet de l'action Syppre : CONSTRUIRE ENSEMBLE LES SYSTÈMES DE CULTURE DE DEMAIN qui a été initié pour répondre à ces questions. Cinq plateformes expérimentales prospectives réparties dans toute la France y sont dédiées. Inscrite dans la durée, jusqu'en 2025, elle doit faire émerger les systèmes de culture de demain en alliant les sciences de l'agronomie et de l'écologie dans une approche de développement durable.

6. BIBLIOGRAPHIE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION, 2018. Arrêté du 16 février 2018 fixant le montant unitaire des aides couplées végétales pour la campagne 2017 | Legifrance. *Journal officiel de la république française* [en ligne]. 2018. N° 40. [Consulté le 6 juin 2018]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2018/2/16/AGRT1803964A/jo/texte>

RODRIGUEZ, GASQUEZ

WEBER S., JOUY L., ANGEVIN F., BERRODIER M., EMONET E., VANHOVE P., VIGUIER L., WISSOCQ A., TOQUE C. 2019. Systerre®, an online tool to describe diversified cropping systems, to calculate their performances, and assess their sustainability. European Conference on Crop Diversification. Budapest, Hungary.

TOQUE C., CADOUX S., PIERSON P., DUVAL R., TOUPET A-L., FLENET F., CARROUE B., ANGEVIN F., GATE P. - 2015. Syppre : A project to promote innovations in arable crop production mobilizing farmers and stakeholders and including co-design, ex-ante evaluation and experimentation of multi-service farming systems matching with regional challenges. 5th International Symposium for Farming Systems Design. September 7-10, 2015.

VERJUX N., 2018. Document interne sur les substances actives menacées.

HAMITI N. et VAN KEMPEN P., 2018. *Barème d'entraide 2017-2018* [en ligne]. 2018. Chambre d'agriculture de l'Aisne. [Consulté le 5 juin 2018]. Disponible à l'adresse : <https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/publications/la-publication-en-detail/actualites/bareme-dentraide-2017-2018-de-laisne/>

BONIN L., DESWARTES JC., LIEVEN *et al*, 2010. Quelle efficacité attendre du désherbage mécanique ? *Perspectives agricoles*. 2010. N° 369, pp. 20-28.

GUIGNIOU A., 2018. *Gestion des adventices dans des rotations types de grandes cultures : évaluation de scénarii à 10 ans incluant des leviers alternatifs de substitution aux herbicides*. 2018. ARVALIS Institut du végétal. [Mémoire Fin d'Etudes].