

Combinaison de leviers agronomiques et techniques pour réduire de moitié l'utilisation des produits phytopharmaceutiques conventionnels

Pottiez B.¹, Alexandre S.², Grouselle-Labouysse M.³, Mollet A.³, Petit K.⁴, Bruyere J.⁴, Oste S.⁴, Simeon F.², Delassus F.², Delannoy V.⁵, Louvel B.⁶, Douay F.⁶, Werbrouck D.², Siah A.⁶, Halama P.⁶

¹ Chambre d'agriculture Nord-Pas de Calais, 56 Avenue Roger Salengro, 62223 Saint-Laurent-Blangy

² Pôle Légumes Région Nord, route d'Estaires, 62840 Lorgies

³ EPLEFPA du Pas de Calais, site d'Arras, route de Cambrai, 62217 Tilloy les Mofflaines

⁴ FREDON Nord Pas-de-Calais, 265 rue Becquerel, BP 74, 62750 Loos-en-Gohelle

⁵ ITB Nord-Pas de Calais, 60, avenue Roger Salengro BP 80074, 62 052 Saint Laurent Blangy

⁶ ISA-ICV Lille, Yncréa Hauts-de-France, 48 boulevard Vauban, BP 41290, 59014 Lille Cedex

Correspondance : bruno.pottiez@agriculture-npdc.fr

Résumé

Cette étude, conduite dans le cadre du dispositif DEPHY EXPE Ecophyto, sur une durée de six ans, vise à utiliser des leviers agronomiques et techniques en vue de réduire de 50 % l'utilisation des produits phytopharmaceutiques conventionnels dans deux systèmes de culture (grandes cultures et cultures légumières). Après cinq années d'expérimentation, la majorité des règles de décision ont été appliquées et la faisabilité de certains leviers mis en place a également été analysée. Ont également été identifiés des problèmes non solutionnés avec la technicité disponible, comme par exemple la maîtrise des bio-agresseurs du pois de conserve, le désherbage de l'oignon et la modulation des seuils de nuisibilité selon les niveaux de populations des auxiliaires. Les résultats mettent en évidence, en moyenne, des niveaux de performance moindres dans la conduite IFT50 (réduite de 50 % en traitements à l'échelle du système), avec des variations selon la culture et l'année considérée. Ces performances sont toutefois encourageantes et peuvent être améliorées afin d'optimiser l'apport de certains leviers.

Mots-clés : Ecophyto, réduction d'intrants, leviers alternatifs, prophylaxie, protection intégrée

Abstract : Combination of agronomical and technical levers to reduce by half the use of plant protection products in arable and vegetable crop systems

This study, conducted in the framework of the DEPHY EXPE Ecophyto dispositif, over a six-year period, aims at using agronomic and technical levers in order to reduce by 50 % the use of conventional phytopharmaceutical products in two cropping systems (arable and vegetable crops). After five years of experimentation, the majority of the expected technics were used and the application of some levers was analyzed. Some problems without solutions were identified, such as the control of bio-aggressors in canned peas, weeding in onion and modulation of thresholds regarding populations of auxiliaries. Results showed in average a lower performance of IFT50 conditions (reduced by 50% for treatments at the cropping system scale) that varies depending on the considered crop and year. However, the performances obtained are encouraging and can be further improved in order to optimize the benefits of certain levers.

Keywords: Ecophyto, input reduction, alternative levers, prophylaxis, integrated protection.

Introduction

La protection des plantes repose essentiellement sur l'utilisation des produits phytopharmaceutiques conventionnels, issus de la chimie de synthèse (Butault et al. 2011). Toutefois, le recours systématique à ces produits est fortement controversé et la recherche de solutions pour réduire leur utilisation est très encouragée. L'agriculture intégrée, promue en Europe par la directive européenne 2009/128 / CE, est l'une des solutions les plus prometteuses pour réduire l'utilisation de ces intrants en agriculture. Elle repose sur les principes de la lutte intégrée (*Integrated Pest Management*), basées sur les stratégies de régulation physiques et biologiques pour contrôler les bio-agresseurs, tout en réduisant la dépendance aux pesticides (Munier-Jolain et Dongmo, 2010). L'agriculture intégrée est ainsi considérée comme intermédiaire entre l'agriculture conventionnelle, avec des niveaux élevés d'intrants, et l'agriculture biologique, où l'utilisation des pesticides de synthèse et des engrais est prohibée (Lechenet et al. 2014). Contrairement à l'agriculture biologique qui se répand de plus en plus en Europe, la protection intégrée, en particulier en grandes cultures, peine à se développer car elle est perçue par les agriculteurs comme un système complexe, difficile à mettre en œuvre, consommateur de main-d'œuvre et associé à une rentabilité économique réduite et imprévisible (Bastiaans et al. 2008; Pardo et al. 2010). Par conséquent, l'utilisation des intrants phytopharmaceutiques n'ont pas diminué ces dernières années (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/indicateurs-indices/f/2097/0/pesticides.html>) en France, malgré la mise en place du plan Ecophyto en 2009 visant à réduire de 50 % l'utilisation de ces produits (www.agriculture.gouv.fr). Une baisse encourageante a tout de même été notée entre 2000 et 2009, mais celle-ci est attribuée en partie à la substitution des molécules plus anciennes, appliquées à forte dose, par de nouveaux produits efficaces à des doses plus faibles, ce qui ne peut en fait pas être considéré comme une réduction de la dépendance aux pesticides (Lechenet et al. 2014).

Cette étude, réalisée dans le cadre du dispositif DEPHY EXPE Ecophyto, en lien avec le plan Ecophyto, s'inscrit dans ce contexte et se situe dans le Nord de la France qui se place dans les premiers rangs pour plusieurs productions végétales (pommes de terre, betterave, légumes et céréales). Par ailleurs, les conditions climatiques régionales engendrent une pression parasitaire globalement importante (ex. mildiou de la pomme de terre), nécessitant une forte utilisation des intrants phytopharmaceutiques. Ainsi, ce projet vise à utiliser des leviers agronomiques et techniques en vue de réduire de 50 % l'utilisation des produits phytopharmaceutiques conventionnels dans deux systèmes de culture; le premier est constitué de grandes cultures, dans lequel des cultures légumières de plein champ sont incorporées (site de Tilloy-lès-Mofflaines), et le deuxième est un système légumier de plein champ, dans lequel des grandes cultures sont introduites (site de Lorgies). Cette expérimentation pluriannuelle couvre une période de six ans (2013-2018), mais les résultats présentés ici sont ceux obtenus lors des cinq premières campagnes d'expérimentation (2013-2017). L'indicateur retenu dans cette étude pour quantifier la réduction de l'utilisation des produits est l'indice de fréquence des traitements (IFT), qui est adapté pour le suivi de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques à l'échelle d'une exploitation ou d'un groupe d'exploitations agricoles (www.agriculture.gouv.fr). Il comptabilise le nombre de doses de référence utilisées par hectare au cours d'une campagne culturale. Pour l'agriculteur, l'IFT permet d'évaluer ses progrès en termes de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et de situer ses pratiques au regard de celles du territoire et d'identifier les améliorations possibles.

Matériels et méthodes

Dispositifs expérimentaux

Les expérimentations sont réalisées dans deux sites expérimentaux (Tilloy-lès-Mofflaines et Lorgies), distants d'une quarantaine de kilomètres et situés en Hauts-de-France (Figure 1A). Chaque site expérimental comporte 12 micro-parcelles de 540 m² (18 m x 30 m) chacune. Ces micro-parcelles sont séparées par une bande enherbée de 3 m et comportent à chaque extrémité une bande enherbée de 15 m afin de permettre notamment aux matériels de désherbage mécanique d'évoluer correctement et surtout d'être suffisamment lancés pour une efficacité optimale (Figure 1B).

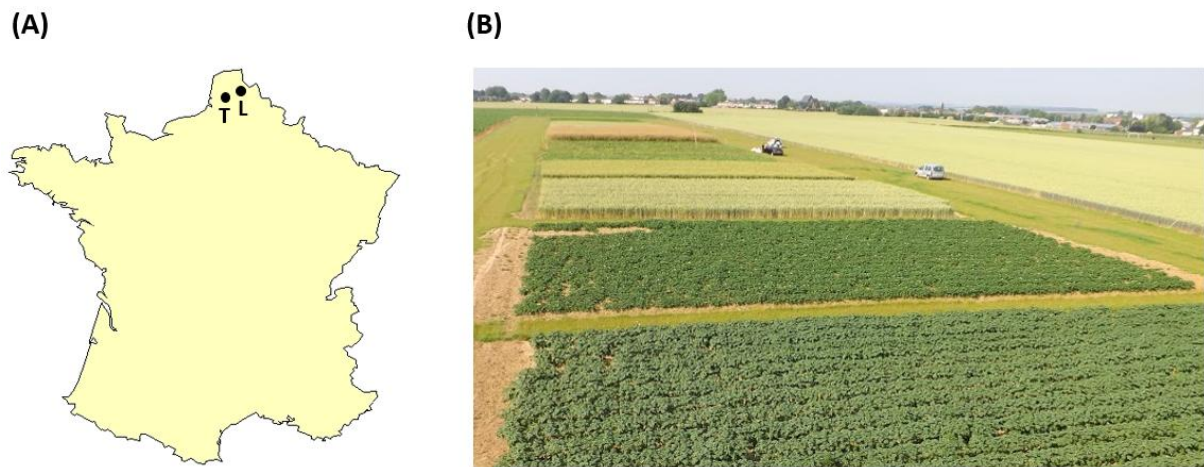


Figure 1 : Situation géographique des deux sites expérimentaux (A) et illustration du site de Tilloy-lès-Mofflaines(B).
L, Lorgies ; T, Tilloy-lès-Mofflaines.

Assolements et rotations

L'assolement dans chaque site est construit avec les cultures pratiquées dans le bassin correspondant, en particulier la plaine de l'Artois pour le site de Tilloy-lès-Mofflaines et la plaine de la Lys Pévèle pour le site de Lorgies. Au total, 6 cultures sont mises en place dans chaque site expérimental, avec le blé qui est expérimenté en doublon dans chaque site (Figure 2). Pour le chou-fleur, deux types de culture sont retenues : une culture de chou-fleur avec une seule plantation (1 Chou) et une culture de chou-fleur avec deux plantations (2 Choux). Pour la culture 2 Choux, deux plantations sont mises en place : 2 Choux 1^{ère} plantation (2 Choux 1) et 2 Choux 2^{ème} plantation (2 Choux 2).

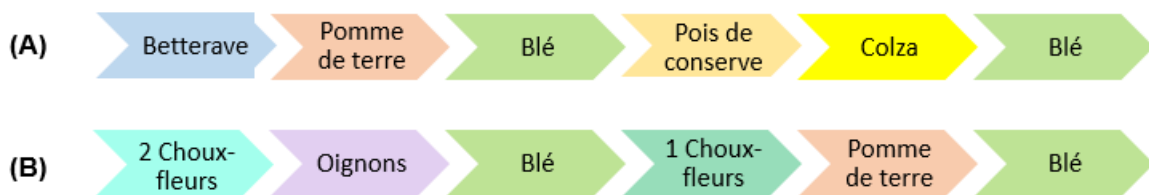


Figure 2 : Rotations des cultures mises en place dans les sites de Tilloy-lès-Mofflaines (A) et Lorgies (B).

Démarches IFT100 et IFT50

Deux conduites, nommées IFT100 et IFT50, sont mises en place pour chaque culture. L'IFT100 correspond à la moyenne de l'IFT pratiqué à l'échelle régionale. L'IFT50 correspond à 50 % de réduction par rapport à l'IFT100, à l'échelle du système. L'IFT semences et l'IFT relatif aux produits de biocontrôle ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'IFT. Le dispositif expérimental mis en place permet de comparer, pour une même rotation et pour chaque culture, les itinéraires IFT100 et IFT50. Pour l'IFT100, il n'y a pas d'IFT de référence pour les légumes ; les interventions s'appuient sur les préconisations des prescripteurs (distributeurs, instituts techniques et chambre d'agriculture). La justification des interventions est apportée pour chacune d'elles et récapitulée au fur et à mesure de la saison, ce qui conditionne le nombre de

traitements disponibles pour l'itinéraire IFT50. L'IFT50 a été réparti sur les différentes cultures, en tenant compte des leviers disponibles et de la valorisation des cultures.

Leviers déployés dans la conduite IFT50

Pour pallier à la diminution des traitements dans l'itinéraire IFT50, plusieurs leviers agronomiques et techniques sont utilisés (Figure 3), comme l'utilisation de produits de biocontrôle (blé, pois de conserve, colza et chou-fleur), du désherbage mécanique (pomme de terre, colza, betterave, pois de conserve, oignon et chou-fleur) ou manuel (oignon et chou-fleur), de variétés résistantes ou tolérantes (toutes les cultures sauf le pois de conserve), de seuils d'intervention, du BSV, d'outils d'aide à la décision (OAD) comme Mileos® (pomme de terre), Miloni® (oignon), Kit pétale (Colza), SeptoLIS® (blé) et IPM (betterave), de faux semis (blé, pomme de terre et chou-fleur à une seule plantation) et enfin du rôle des auxiliaires des cultures dans le contrôle des ravageurs.



Figure 3 : Illustration des leviers agronomiques et techniques déployés dans la conduite IFT50.

Pour ce qui concerne le levier variétal, les variétés choisies pour la conduite IFT100 sont parmi les plus utilisées par les producteurs dans les bassins de l'expérimentation (la plaine de l'Artois pour le site de Tilloy-lès-Mofflaines et la plaine de la Lys Pévèle pour le site de Lorgies). Pour la conduite IFT50, des variétés résistantes ou celles présentant une bonne tolérance aux bio-agresseurs ont été privilégiées (Tableau 1). Pour le colza, un mélange variétal a été mis en place dans la conduite IFT50. Le choix des variétés est adapté chaque année en fonction de l'évolution du marché et du catalogue officiel des variétés. Pour l'année 2011-2012, qui précède l'expérimentation, toutes les micro-parcelles ont été semées avec du blé.

Tableau 1 : Synthèse des variétés utilisées dans les conduites IFT100 et IFT50.

	2012-2013		2013-2014		2014-2015		2015-2016		2016-2017	
	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IIFT 50
Blé	Trapez	Fluor	Trapez	Rubisko	Trapez	Terroir	Bergamo	Terroir	Bergamo	Fructidor
PdT	Bintje	Milva	Bintje	Milva	Bintje	Magnum	Bintje	Magnum	Bintje	Jelly
Betterave	Iceberg	Talentina	Iceberg	Talentina	Barents	Fortissima	Barents	Fortissima	Tisserin	Chloelia
Pois	Sherwood	Sherwood	Sherwood	Sherwood	Sherwood	Sherwood	Sherwood	Sherwood	Sherwood	Sherwood
Oignon	Hybelle	Hylander	Hybelle	Hylander	Hybelle	Santero	Hybelle	Santero	Hybelle	Santero
1 Chou		Thalassa	Thalassa	Thalassa	Mendel	Mendel	Thalassa	Thalassa	Thalassa	Thalassa
2 Choux 1	Vinson	Vinson	Solis	Solis	Vinson	Vinson	Easytop	Easytop	Easytop	Easytop
2 Choux 2	Thalassa	Lisabonna	Hermon	Cariance	Hermon	Aerospace	Fairway	Fairway	Hermon	Hermon
Colza	DK Exprit	DK Exprit (90%) +	DK Exprit	DK Exprit (90%) +	DK Exprit	DK Exprit (90%) +	DK Exprit	DK Exprit (90%) +	DK Expansion	DK Expansion

ES Alicia
(10 %)

ES Alicia
(10 %)

ES Alicia
(10 %)

ES Alicia
(10 %)

(90%) + ES
Alicia (10 %)

PdT, pomme de terre ; Pois, pois de conserve ; 1 Chou, chou-fleur 1 plantation ; 2 Choux 1, chou-fleur 2 plantations, 1^{ère} plantation ; 2 Choux 2, chou-fleur 2 plantations, 2^{ème} plantation.

Paramètres mesurés

L'évolution de la pression des bio-agresseurs (ravageurs, adventices et maladies) ainsi que des auxiliaires de culture a été suivie sur toutes les micro-parcelles. Pour les maladies, la fréquence (nombre de plantes malades) et l'intensité (pourcentage de surface foliaire avec symptômes) ont été notées sur les deux sites expérimentaux. Pour les ravageurs et les auxiliaires, la fréquence (nombre de plantes présentant des individus) et l'intensité (nombre d'individus par plante) ont été notées sur les deux sites. Le rendement de chaque culture a été mesuré pour chaque micro-parcelle, soit en réalisant des prélèvements (pomme de terre, oignon, chou-fleur, betterave et pois de conserve), soit en récoltant totalement la micro-parcelle (blé et colza). Une station météo du réseau agro-météorologique Hauts-de-France (association Avers'Météo) est présente sur chaque site. Les deux stations, de la marque Cimel, sont automatisées et enregistrent chaque jour les températures mini, maxi et moyenne, la pluviométrie et l'humidité relative de l'air. Les données recueillies sur ces deux stations permettent d'alimenter les modèles OAD utilisés dans l'expérimentation. Les indicateurs économiques et environnementaux dans chaque site expérimental sont calculés à l'aide de l'outil SYSTERRE®.

Résultats et discussion

Contexte climatique et pression des bio-agresseurs

L'année 2013 est caractérisée par un hiver tardif et un printemps froid, alors que l'année 2014 est marquée par un hiver et un printemps plus doux. L'année 2015, quant à elle, s'est distinguée par un hiver très doux, un printemps sec et une fin d'été fraîche et pluvieuse. L'année 2016 est caractérisée par un automne et un hiver très doux, un printemps dans la normale saisonnière et un début d'été avec de fortes précipitations, ayant causé localement des inondations. L'année 2016 est marquée également par un rayonnement très faible et des températures élevées, en particulier à partir de fin juillet, avec des vagues de chaleurs fin août. Enfin, l'année 2017 est caractérisée par un automne et un hiver frais, un printemps froid et sec (avec une gelée à -8°C au mois d'avril) et un été chaud et sec. Pour les cinq années, les précipitations du printemps sont inférieures à la moyenne.

La pression maladies a été faible en 2013, 2015 et 2017, mais la pression insectes ravageurs a été élevée sur certaines cultures au cours de ces années. Ainsi, les pucerons ont montré un développement important sur les cultures de pomme de terre et de pois de conserve, avec une pression chenilles relativement élevée sur le chou-fleur. Une présence importante d'auxiliaires, comprenant des arthropodes aériens ou rampants (hyménoptères parasitoïdes, coccinelles, syrphes, chrysopes, carabes, staphylins, araignées, etc.) a également été constatée. En 2014 et 2016, une inversion de la situation est observée, avec une pression maladies plus élevée (en particulier le mildiou de la pomme de terre et de l'oignon et la septoriose et la rouille jaune du blé) et une pression insectes ravageurs plus faible, sauf sur la culture de chou-fleur (attaque de teignes sur la culture 2 Choux 1^{ère} plantation). Par contre, une forte présence d'auxiliaires sur les micro-parcelles a été constatée.

Bilan des IFT appliqués

De manière globale, les IFT100 appliqués dans les deux sites lors des cinq années sont conformes aux prévisions déterminées au début de l'expérimentation (Figure 4). L'objectif de l'IFT50, correspondant à une réduction de 50% de l'usage des produits phytopharmaceutiques conventionnels à l'échelle du système, a

été respecté. La réduction des traitements est de 58% en moyenne sur le site de Tilly-lès-Mofflaines et de 56% sur le site de Lorgies, hors traitements de semences (Figure4).

Les réductions les plus importantes sont observées pour les cultures de blé (- 75% sur les deux sites), de betterave (-69%) et de chou-fleur 1^{ère} plantation (-90%), car (i) les leviers techniques disponibles ont été efficaces et (ii) le risque de perte totale de la récolte est plus faible comparativement à la culture de pomme de terre et aux cultures légumières. Les réductions d'IFT les moins élevées sont notées pour la pomme de terre (-46% sur le site de Tilly-lès-Mofflaine et -39% sur le site de Lorgies) à cause du risque de développement de mildiou, l'oignon (-47%) en lien avec le risque salissement et le chou-fleur 2^{ème} plantation (-65%) à cause du risque ravageurs. Les années où les réductions sont les moins importantes (2014 et 2016) sont celles qui ont été favorables au développement des bio-agresseurs, nécessitant des traitements supplémentaires. En 2017, le printemps ayant été très sec, la levée de la betterave et de l'oignon a été hétérogène, ce (i) qui n'a pas permis le passage d'outil de désherbage mécanique pour l'oignon et (ii) qui a induit un désherbage mécanique tardif pour la betterave. Pour l'oignon, le désherbage mécanique a été compensé par des désherbages chimiques.

Concernant la gestion des maladies, le principal levier utilisé est le choix variétal. Des variétés tolérantes ou résistantes, ayant des potentiels de production similaires à celles de l'itinéraire de référence IFT100, ont été choisies pour la conduite IFT50 (Tableau 1). En revanche, ce levier a parfois montré ses limites, comme en 2014, où la rouille jaune a contourné la tolérance de la variété Rubisco sur l'IFT50, ce qui a entraîné une intervention fongicide supplémentaire. Pour certaines cultures, les OADse sont révélés efficaces, comme l'outil Miléos® qui a permis de ne pas intervenir sur pomme de terre durant plusieurs semaines lorsque les conditions climatiques n'étaient pas favorables au développement du mildiou (périodes chaudes et sèches, comme en 2015 et 2017). Sur le site de Lorgies, le choix de la variété résistante associé au suivi de l'OAD Miloni® ont permis de ne pas traiter en 2017 la culture de l'oignon contre le mildiou dans la conduite IFT50. Les seuils BSV ont également permis d'affiner les décisions concernant le traitement des cultures dans la conduite IFT50.

Pour la gestion des adventices, les principaux leviers utilisés sont la rotation (également utilisée dans l'IFT100), le désherbage mécanique et manuel, l'alternance labour/non labour, les faux semis, la réduction des doses de produits phytopharmaceutiques conventionnels et le désherbage localisé). Le désherbage mécanique a montré une bonne efficacité sur pomme de terre, betterave et chou-fleur. Sur la période 2013-2017, l'IFT a été réduit en moyenne de 81% sur le site de Tilly-lès-Mofflaines et de 79% sur le site de Lorgies sur pomme de terre, de 42% sur betterave et de 100% sur chou-fleur. Le désherbage manuel a été utilisé sur chou-fleur (2015 et 2017) et oignon (2015) afin de nettoyer les rangs, dans la mesure où la bineuse ne désherbe que l'inter-rang. En revanche, pour certaines cultures comme le pois de conserve, le désherbage mécanique a été pratiqué grâce à l'acquisition d'une herse étrille à dents mobiles (modèle Treffler), mais ce matériel a occasionné des pertes de pieds conséquentes. Pour l'oignon, la maîtrise de l'enherbement avec le désherbage mécanique est plus difficile car (i) l'oignon est une culture qui ne couvre jamais le sol et qui laisse la possibilité aux adventices de se développer du fait du manque de concurrence pour la lumière (ii) l'utilisation de l'irrigation raccourci les fenêtres d'interventions mécaniques et entraîne des phénomènes de repiquages. Concernant le blé, le désherbage mécanique n'a pas été réalisé sur cette culture pour des raisons climatiques et/ou techniques. Toutefois, la date de semis a été retardée afin d'éviter le désherbage du blé à l'automne.

Concernant la gestion des insectes, des leviers d'évitement ont été mis en place dans la conduite IFT50 au cours de l'expérimentation. Par exemple, la date de semis du colza a été avancée afin de permettre à la culture d'être plus développée (donc moins sensible) au moment de l'arrivée des altises. Sur la culture du colza, une variété précoce est également mélangée à la variété principale afin de pallier les attaques de méligèthes au moment de la floraison. Sur chou-fleur, la mise en place d'un voile P17 sur les plantations du mois de mars et d'un filet insecte proof sur les plantations du mois de mai a permis une bonne gestion des altises, thrips et chenilles. Toutefois, en 2016, des teignes ont réussi à passer au travers du filet insecte proof, ce qui a provoqué des dégâts importants sur le feuillage du chou-fleur. Des migrations massives de

ce minuscule lépidoptère en provenance de l'Europe de l'Est ont, en effet, eu lieu en 2016. Sur oignon, l'utilisation de l'irrigation a permis une bonne gestion des thrips. Globalement, les prises de décision dans la conduite IFT50 sur les interventions contre les insectes ravageurs reposent sur les seuils BSV.

En outre, des produits de biocontrôle ont été utilisés au cours de l'expérimentation pour se substituer aux traitements avec les produits phytopharmaceutiques, comme le Contans® et le Ballad® (*Bacillus pumilus* QST 2808) utilisés pour lutter contre le sclérotinia, le Beloukha® (acide nonanoïque) appliqué pour le défanage de la pomme de terre, le SluXX® (phosphate ferrique) utilisé pour lutter contre les limaces et le Dipel® (*Bacillus thuringiensis*) utilisé pour lutter contre les jeunes chenilles.

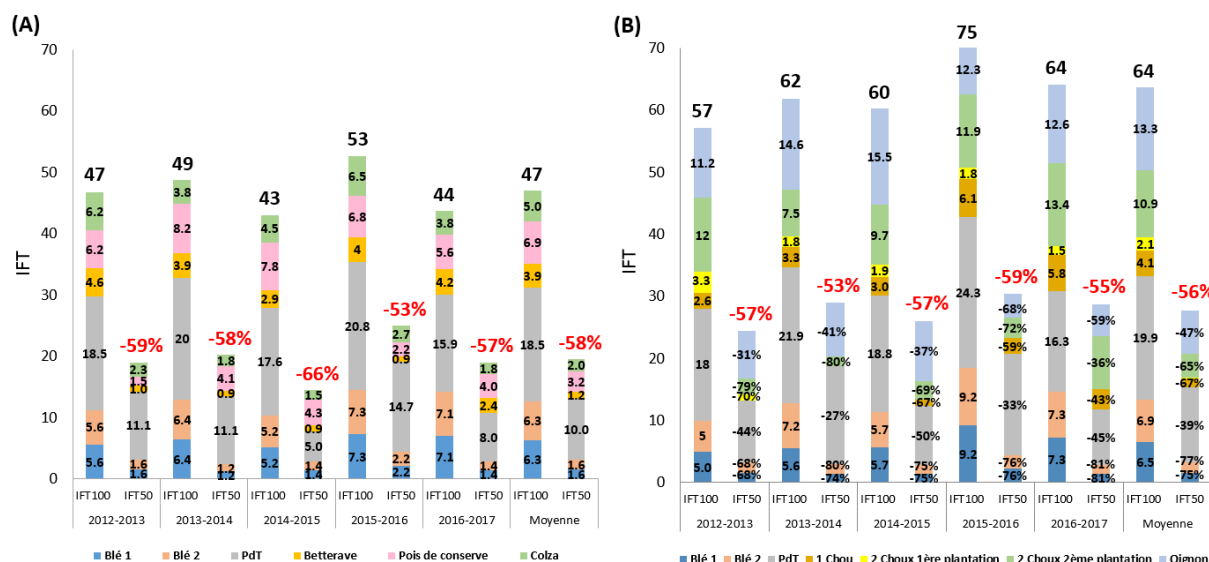


Figure 4 : Bilan des IFT appliqués à Tilloy-lès-Mofflaines (A) et Lorgies (B) dans les conduites IFT100 et IFT50.

Rendement

À Tilloy-lès-Mofflaines, le sous-sol crayeux du site apparaît à 60 cm de la surface ; les réserves hydriques sont ainsi limitées. Le potentiel de rendement de ce site est à 90 % de la moyenne régionale pour les céréales et la pomme de terre et dans la moyenne régionale pour les autres cultures, moins sensibles au stress abiotique. Globalement, pour l'itinéraire IFT50 sur ce site, les rendements sont inférieurs à l'itinéraire de référence IFT100 (entre 3 et 46 % de pertes). En 2013, le pois de conserve n'a pas été récolté car d'une part, les dégâts de gibier ont été trop importants sur cette culture et d'autre part, le désherbage mécanique engendrait des pertes de pieds. Pour le colza, le salissement plus important semble avoir eu une incidence importante sur le rendement.

À Lorgies, le sol est argileux (25 % d'argile), avec une tendance à l'hydromorphie. Le travail du sol dans ce site est difficile et l'implantation des cultures est délicate ; mais lorsque les semis sont réussis, le potentiel de rendement de la parcelle est élevé. Les rendements obtenus à Lorgies sont dans la moyenne régionale. Dans la conduite IFT50, les rendements sont inférieurs à l'itinéraire IFT100 de 8% pour l'oignon, de 6% pour les chou-fleur 1^{ère} plantation (plantation du mois de mai) et de 8% pour le chou-fleur 2^{ème} plantation (plantation du mois de juillet). En 2016, le site a été inondé à deux reprises, ce qui a eu des conséquences directes sur le rendement. Pour ce qui concerne l'oignon, les difficultés rencontrées dans la gestion de l'enherbement dans la conduite IFT50 ont eu un impact sur le rendement. Pour le chou-fleur, les pertes s'expliquent par les dégâts de ravageurs plus importants sur l'itinéraire IFT50. Les produits de biocontrôle ont présenté dans l'ensemble des efficacités inférieures à celles procurées par les produits conventionnels. Toutefois, les rendements à Lorgies dans l'itinéraire IFT50 sont supérieurs de 2% pour la pomme de terre et de 3% pour le chou-fleur 1^{ère} plantation (plantation du mois de mars) comparativement à

l'itinéraire de référence IFT100. Dans le cas de la pomme de terre, ces augmentations de rendement s'expliquent par la différence variétale entre les deux itinéraires. Pour le chou-fleur, l'utilisation du binage dans la conduite IFT50 a permis d'obtenir des rendements similaires à ceux obtenus dans la conduite IFT100.

Pour ce qui concerne le blé, sur les deux sites, les pertes enregistrées sont entre 14% et 15%. Cette perte peut s'expliquer par la différence de date de semis entre les deux conduites dans la mesure où le blé de l'itinéraire IFT50 est semé plus tardivement ; la perte de pieds à l'automne est ainsi plus importante.

Tableau 2 : Bilan des rendements obtenus à Tilloy-lès-Mofflaines et Lorgies pour les conduites IFT100 et IFT50.

		2012-2013		2013-2014		2014-2015		2015-2016		2016-2017		Moyenne	
		IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50
Tilloy Les Mofflaines	Blé 1	6,3	-6%	8,9	-8%	9,8	-4%	7,0	-37%	9,1	-17%	8,2	-14%
	Blé 2	5,9	-25%	8,1	-18%	8,9	+6%	7,4	-35%	7,2	-10%	7,5	-15%
	PdT	37	-14%	43,8	-16%	24,3	+16%	27,1	+10%	30,3	+24%	32,5	+1%
	Betterave	87,9	-5%	113,6	-3%	113,0	-9%	102,2	+7%	121,79	-5%	107,7	-3%
	Pois	8,7	-100%	9,4	-25%	5,7	-9%	7,9	-51%	4,4	-25%	7,2	-46%
	Colza	4,1	-9%	4,1	-9%	4,4	-17%	1,8	0%	3,3	-22%	3,5	-12%
Lorgies	Blé 1	8,5	-14%	9,7	-9%	10,8	-5%	6,3	-32%	10,3	-13%	91,4	-13%
	Blé 2	8,0	-15%	8,4	+4%	9,8	-10%	6,7	-27%	10,0	-13%	86,4	-15%
	PdT	52,7	-17%	55,2	+3%	51,7	-2%	41,6	+14%	41,0	+18%	48,4	+2%
	Oignon	50,3	-41%	46	+39%	53,7	+4%	7,7	-58%	29,5	-30%	37,4	-8%
	1 Chou	13931	-9%	15111	+8%	18249	-2%	4565	-47%	17938	-10%	13959	-6%
	2 Choux 1	12711	-19%	13188	+24%	19370	+3%	17061	-11%	17937	-11%	16053	+3%
	2 Choux 2	14498	-4%	18511	-13%	18074	-3%	18448	-1%	16247	-18%	17155	-8%

Les rendements sont exprimés en tonne par hectare pour toutes les cultures, sauf pour le chou-fleur pour lequel le rendement est exprimé en tête par hectare. Les baisses, les hausses et la stabilisation des indicateurs dans l'IFT50 sont colorées en rouge, vert et bleu, respectivement. PdT, pomme de terre ; Pois, pois de conserve ; 1 Chou, chou-fleur 1 plantation ; 2 Choux 1, chou-fleur 2 plantations, 1^{ère} plantation ; 2 Choux 2, chou-fleur 2 plantations, 2^{ème} plantation.

Indicateurs économiques

En moyenne, sur les cinq années de l'expérimentation, le produit brut de la conduite IFT50 est inférieur de 10% sur le site de Tilloy-lès-Mofflaines et de 5 % sur le site de Lorgies comparativement à l'itinéraire de référence IFT100 (Tableaux 3). Cette différence s'explique par les rendements généralement plus faibles dans l'itinéraire IFT50.

Les charges d'intrants sont inférieures de 11% dans la conduite IFT50 comparé à l'IFT100 sur le site de Tilloy-lès-Mofflaines (Tableaux 3), grâce aux différentes stratégies d'évitement mises en place sur le système de culture. En revanche, sur le site de Lorgies, cet indicateur est supérieur de 4% dans la conduite IFT50 par rapport à la conduite IFT100. Ceci s'explique par l'utilisation de variétés résistantes au mildiou en oignon, qui coûtent plus chère que les variétés classiques, plus sensibles.

Les charges de mécanisation et de carburant sont supérieures de 20% et de 36% sur l'itinéraire IFT50 comparativement à l'itinéraire IFT100 dans le site de Tilloy-lès-Mofflaines (Tableaux 3). Cette différence s'explique par les opérations de désherbage mécanique qui sont plus chronophages et plus consommatrices en carburant comparativement aux interventions chimiques. En revanche, sur le site de Lorgies, ces deux indicateurs sont inférieurs de 2% et de 8%, respectivement, dans la conduite IFT50 par rapport à la conduite IFT100. Le coût du désherbage mécanique dans l'itinéraire IFT50 est compensé par un nombre de passages plus élevé sur l'itinéraire de référence. Le temps de travail est plus élevé sur le site de Lorgies comparativement au site de Tilloy-lès-Mofflaines. Cette augmentation est due aux opérations de récolte des trois plantations de chou-fleur, qui s'effectue à la main. De plus, le désherbage manuel de la culture de l'oignon et du chou-fleur a généré une augmentation considérable du temps de travail. Par conséquent, cet indicateur (temps de travail) est supérieur de 9% dans la conduite IFT50 sur le site de Lorgies comparativement à la conduite de référence IFT100. Sur le site de Tilloy-lès-Mofflaines, le temps de travail est supérieur de 17% dans l'itinéraire IFT50 comparativement à l'itinéraire IFT100. Les débits de chantier plus faible en désherbage mécanique comparé à un passage chimique expliquent cette différence.

De manière globale, la réduction du produit brut et les coûts supplémentaires (mécanisation et charges salariales) peut expliquer la réduction de la marge brute hors aide dans les deux sites expérimentaux.

Tableau 3 : Bilan des indicateurs économiques obtenus à Tilloy-lès-Mofflaines et Lorgies pour les conduites IFT100 et IFT50.

	2012-2013		2013-2014		2014-2015		2015-2016		2016-2017		Moyenne	
	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50
Tilloy Les Mofflaines												
Produit brut	2284	-26%	1643	-12%	1707	+1%	1925	-9%	1856	0%	1883	-10%
Marge brute hors aide	1555	-30%	827	-11%	984	+10%	1251	-9%	1174	0%	1158	-10%
Charges intrants	724	-17%	816	-14%	723	-11%	674	-9%	682	-1%	724	-11%
Charges mécaniques	408	+25%	504	+37%	448	+22%	442	+6%	444	+10%	449	+20%
Charges salariales	128	0%	128	0%	128	0%	128	0%	128	0%	128	0%
Carburant	54	+46%	68	+37%	49	+76%	65	+8%	64	+24%	60	+36%
Temps de travail	5,6	+27%	6,8	+16%	6	+27%	6,4	+2%	6	+14%	6	+17%
Lorgies												
Produit brut	6622	-16%	6593	+7%	9255	-2%	5839	-9%	6666	-8%	6995	-5%
Marge brute hors aide	4738	-21%	4794	+7%	7751	-8%	4053	-17%	4632	-11%	5194	-9%
Charges intrants	1884	-5%	1799	+7%	1774	+10%	1786	+9%	2033	0%	1855	+4%
Charges mécaniques	957	-2%	955	0%	899	+7%	1001	-5%	1059	-8%	974	-2%

Charges salariales	1450	+1%	1458	+6%	1793	+15%	1123	0%	1171	+13%	1399	+7%
Carburant	136	-7%	142	+3%	144	+6%	271	-14%	276	-14%	194	-8%
Temps de travail	113	+1%	113	+8%	153	+18%	130	0%	139	+14%	130	+9%

Tous les indicateurs sont exprimés en euros par hectare, sauf le temps de travail qui est exprimé en heure par hectare. Les baisses, les hausses et la stabilisation des indicateurs économiques dans l'IFT50 sont colorées en rouge, vert et bleu, respectivement.

Indicateurs environnementaux

Dans le site de Tilloy les Mofflaines, la consommation d'énergie primaire pour les carburants est supérieure en moyenne de 21% dans la conduite IFT50 comparativement à la conduite IFT100, due à un nombre de passages plus importants dans l'itinéraire IFT50. La consommation d'énergie primaire totale est donc en moyenne légèrement plus élevée (+ 2%) dans l'IFT50. Les passages de désherbage mécanique sur pomme de terre, betterave, pois de conserve et colza, ainsi que les déchaumages et faux semis supplémentaires dans la conduite IFT50, peuvent expliquer cette différence.

A l'inverse, dans le site de Lorgies, les consommations d'énergie primaire pour les carburants et totales inférieures en moyenne de 7% et 5%, respectivement, ont été obtenues sur la conduite IFT50 comparativement à la conduite IFT100. Cette baisse est due au nombre de passages moins importants dans la conduite IFT50, grâce à l'utilisation de l'OAD Mileos® sur pomme de terre et de la variété résistante au mildiou pour l'oignon, ainsi que des seuils BSV qui ont permis d'économiser un certain nombre d'interventions.

Par ailleurs, la production d'énergie brute est inférieure en moyenne au niveau des deux sites sur l'itinéraire IFT50 comparativement à l'itinéraire IFT100, due à des rendements plus faibles dans la conduite IFT50. Les émissions de gaz à effet de serre sont également légèrement inférieures dans la conduite IFT50 dans les deux sites. Les passages chimiques réalisés dans l'itinéraire IFT100 sont compensés par les passages mécaniques effectués dans la conduite IFT50.

Tableau 4 : Bilan des indicateurs environnementaux à Tilloy-lès-Mofflaines et Lorgies pour les conduites IFT100 et IFT50.

	2012-2013		2013-2014		2014-2015		2015-2016		2016-2017		Moyenne	
	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50	IFT 100	IFT 50
Tilloy Les Mofflaines												
CEPC(MJ/ha)	4082	+37%	5161	+19%	4701	+31%	4947	+5%	4847	+18%	4748	+21%
CEPT (MJ/ha)	15477	+3%	17071	0%	17948	0%	15784	0%	16185	+5%	16493	+2%
PEB(MJ/ha)	149901	-23%	184761	-11%	169401	-5%	147636	-12%	152432	-6%	160826	-11%
EGEST (kgéqCO2/ha)	2088	0%	2063	-1%	2259	-6%	1972	0%	2036	+3%	2083.7	-1%
Lorgies												
CEPC(MJ/ha)	8113	-6%	8502	+2%	8639	+5%	12390	-14%	16114	-14%	10751.6	-7%
CEPT(MJ/ha)	29142	-9%	27278	-1%	31379	-1%	33883	-7%	41668	-8%	32670	-5%

PEB(MJ/ha)	88861	-21%	93924	+7%	100959	-4%	60200	-15%	85900	-7%	85968.8	-7%
EGEST (kgéqCO2/ha)	3869	-4%	3643	+1%	3600	-3%	3963	-3%	4150	-4%	3845	-3%

CEPC, consommation en énergie primaire (carburants) ; CEPT, consommation en énergie primaire totale ; PEB, production d'énergie brute ; EGEST, Emissions de gaz à effets de serre totales. Les baisses, les hausses et la stabilisation des indicateurs environnementaux dans l'IFT50 sont colorées en rouge, vert et bleu, respectivement.

Conclusion

Cette étude a permis d'acquiescer les premières informations sur l'apport de certains leviers agronomiques et techniques, respectueux de l'environnement, dans le cas d'une réduction de 50% de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques conventionnels sur deux systèmes de culture pratiqués dans le Nord de la France. L'ensemble des leviers décrits dans les règles de décisions ont pu être mis en œuvre. Certains leviers sont toutefois difficiles à mettre en place, comme le désherbage mécanique du blé. En effet, le désherbage mécanique est très dépendant des conditions climatiques de l'année. Sur les cinq années d'expérimentation, quatre (2013, 2014, 2015 et 2017) ont été favorables à ce levier qui a conféré une bonne efficacité sur la plupart des cultures mises en place. En revanche, en 2016, les conditions très humides du printemps n'ont pas permis une bonne mise en œuvre de ce levier, ce qui a provoqué des difficultés dans la gestion de l'enherbement, en particulier sur les cultures de l'oignon et du chou-fleur.

Les différentes techniques mises en place ont eu des résultats encourageants, avec des progrès au cours de l'expérimentation, comme l'arrivée de la herse étrille à dents mobiles (modèle Treffler) et de nouveaux produits de biocontrôle. Il reste néanmoins des impasses techniques non résolues, comme le désherbage de l'oignon, la gestion des vivaces ou la maîtrise des bio-agresseurs du pois de conserve. La disparition de l'herbicide Totril® (ioxynil) pour l'oignon nécessite une réécriture des règles de décision du désherbage et des expérimentations complémentaires au dispositif du projet. Sur le site de Lorgies, la gestion des vivaces s'est montrée laborieuse car aucun produit n'est homologué en oignon et chou-fleur contre ces adventices, ce qui entraîne un salissement du système par les chardons et les laitrons. Pour ce qui concerne le pois de conserve, la disponibilité limitée des méthodes alternatives pour lutter contre les bio-agresseurs représente un réel frein pour aller plus loin dans la réduction des traitements sans impacter de manière marquée le rendement de cette culture.

Les performances de la conduite IFT50 se sont montrées en moyenne inférieures à celles de la conduite IFT100, mais restent toutefois encourageantes et peuvent être améliorées. Par ailleurs, l'expérimentation a permis de mettre en évidence l'intérêt de certaines techniques qui peuvent être transférées aux agriculteurs comme (i) l'utilisation de la herse étrille à dents mobiles (modèle Treffler) et les bineuses à moulinets qui apportent un réel avantage au désherbage mécanique, (ii) l'OAD Miléos® qui permet d'optimiser la protection de la pomme de terre contre le mildiou, tout en réduisant le nombre d'IFT, (iii) les principes de la protection intégrée du blé (décalage de la date de semis, choix variétaux, etc.), (iv) le mélange de variétés précoces en colza et (v) l'utilisation des produits de biocontrôle comme le Dipel® (*Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki*) et le Sluxx® (phosphate ferrique) et (vi) la prise en compte de la présence des auxiliaires en pomme de terre permettant de réduire l'usage d'insecticides contre les pucerons. Certains leviers ont contribué de manière significative au rendement de la conduite IFT50, mais leur coût est toutefois très élevé, comme les variétés résistantes pour l'oignon et certains produits de biocontrôle comme le Beloukha® (acide nonanoïque) et le Ballad® (*Bacillus pumilus* QST 2808). Si le coût de ces intrants ne baisse pas dans les années à venir, leur utilisation à grande échelle sera compromise.

Dans un objectif de transfert, les résultats encourageants de cette expérimentation seront communiqués aux producteurs afin de vérifier avec eux la faisabilité des pratiques au niveau des exploitations agricoles. Les échanges permettront également d'identifier les freins éventuels à la mise en œuvre de certains leviers déployés dans cette étude.

Cette première version de DEPHY EXPEEcophyto a également permis d'identifier les boîtes noires qui seront travaillées dans le projet Minipest dont l'objectif est d'utiliser les produits phytopharmaceutiques en dernier recours tout en maintenant une bonne performance agronomique, économique et environnementale.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet DEPHY EXPE Ecophyto cofinancé par l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) et la Région Hauts-de-France.

Références bibliographiques

Bastiaans L, Paolini R, Baumann DT (2008) Focus on ecological weed management: what is hindering adoption? *Weed Research* 48: 481–491.

Butault J-P., Delame N., Jacquet F., Zardet G. (2011). L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction. *Notes et études socio-économiques*. 35: 7-26.

Lechenet M, Bretagnolle V, Bockstaller C, Boissinot F, Petit M-S, Petit S., Munier-Jolain N-M.(2014) Reconciling pesticide reduction with economic and environmental sustainability in arable farming. *PLoS ONE* 9(6): e97922. doi:10.1371/journal.pone.0097922.

Munier-Jolain N, Dongmo A (2010) Evaluation de la faisabilité technique de systèmes de protection intégrée en termes de fonctionnement d'exploitation et d'organisation du travail. Comment adapter les solutions aux conditions locales? *Innovations Agronomiques* 8: 57-67.

Pardo G, Riravololona M, Munier-Jolain N (2010) Using a farming system model to evaluate cropping system prototypes: Are labour constraints and economic performances hampering the adoption of Integrated Weed Management? *European Journal of Agronomy* 33: 24–32.