

**AFPP – CINQUIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES MÉTHODES ALTERNATIVES DE PROTECTION DES PLANTES
LILLE – 11 AU 13 MARS 2015**

**INTEGRATION DE METHODES DE LUTTE ALTERNATIVE DANS DES SYSTEMES DE CULTURE POUR
REDUIRE DE 50 % L'UTILISATION DES PRODUITS CONVENTIONNELS DE PROTECTION DES PLANTES**

B. POTTIEZ¹, S. ALLEXANDRE², E. CRAYE³, F. COUTURIER³, G. BILLAUT³, K. PETIT⁴, J. BRUYERE⁴,
V. DELANNOY⁵, B. LOUVEL⁶, F. DOUAY⁶, S. OSTE⁴, D. WERBROUCK², A. SIAH⁶, P. HALAMA⁶

⁽¹⁾ Chambre d'agriculture Nord-Pas de Calais, 140 boulevard de la Liberté, BP 1177, 59013 Lille Cedex
(bruno.pottiez@agriculture-npdc.fr)

⁽²⁾ Pôle Légumes Région Nord, route d'Estaires, 62840 Lorgies (dominique.werbrouck@agriculture-npdc.fr)

⁽³⁾ EPL du Pas de Calais, site d'Arras, route de Cambrai, 62217 Tilloy les Mofflaines
(craye.elodie@gmail.com)

⁽⁴⁾ FREDON Nord-Pas de Calais, 21 et 265 rue Becquerel, BP 74, 62750 Loos-en-Gohelle,
(sandrine.oste@fredon-npdc.com)

⁽⁵⁾ ITB Nord-Pas de Calais, 54 rue Jean-Baptiste Colette, BP 11, 59551 Attiches (itb59@itbfr.org)

⁽⁶⁾ ISA Lille, 48 boulevard Vauban, 59046 Lille Cedex (patrice.halama@isa-lille.fr)

RÉSUMÉ

Dans le contexte agro-environnemental actuel, la réduction des intrants phytopharmaceutiques conventionnels est fortement encouragée. La présente étude, conduite dans le cadre du réseau Ecophyto, sur une durée de 6 ans, vise à utiliser des leviers agronomiques et techniques en vue de réduire de 50 % l'utilisation des pesticides dans deux systèmes de culture: un système de grandes cultures, dans lequel des cultures légumières sont intégrées, et un système légumier, dans lequel des grandes cultures sont introduites. Pour les deux premières années de l'expérimentation, les résultats mettent en évidence globalement des baisses de rendements dans l'itinéraire IFT50 (réduit de 50 % en pesticides à l'échelle du système) qui varient selon la culture et l'année considérée. Lors de la deuxième année (2014), les leviers actionnés dans l'itinéraire IFT50 semblent conférer un gain de rendement et de marge brute pour certaines cultures légumières, mais ce résultat doit être vérifié lors des années suivantes de l'expérimentation.

Mots-clés : Ecophyto, réduction d'intrants, rotation des cultures, prophylaxie, protection intégrée

ABSTRACT

INTEGRATION OF PEST CONTROL ALTERNATIVE METHODS IN CROP SYSTEMS TO REDUCE BY 50 % THE USE OF CONVENTIONAL PLANT PROTECTION PRODUCTS

In the current agro-environmental context, the reduction of conventional plant protection products is strongly supported. The present study, carried out in the framework Ecophyto network, for a six-year period, aims at using both agronomical and technical levers in order to reduce by 50 % the use of pesticides in two crop systems: an annual large crop system, in which vegetable crops are introduced, and a vegetable crop system, in which large crops are introduced. For the first two years of the experiment, results highlighted yield decreases in conditions where pesticide treatments were reduced by 50 %, but the reductions varied depending on the crop and the year considered. During the second year (2014), levers used in conditions where pesticides are reduced by 50 % seem to confer a gain of yield and gross margin for certain vegetable crops, but this result have to be confirmed in the following years of the experiment.

Keywords: Ecophyto, input reduction, crop rotation, prophylaxis, integrated pest management.

INTRODUCTION

La protection des cultures en productions végétales repose essentiellement sur l'utilisation des produits phytopharmaceutiques conventionnels. Depuis quelques années, le recours systématique à ces produits est fortement controversé à cause de leur effet potentiel sur l'environnement et la santé humaine. La recherche de nouvelles méthodes de lutte alternative ou/et l'optimisation des méthodes de lutte existantes sont ainsi soutenues, notamment par le plan Ecophyto 2018, qui vise à réduire, si possible, de 50 % l'utilisation des pesticides conventionnels d'ici 2018. La présente étude se situe dans ce contexte et a pour objectif d'utiliser plusieurs 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 intégrées (site de Tilloy-lès-Mofflaines), et le deuxième est un système légumier de plein champ, dans lequel des grandes cultures sont incorporées (site de Lorgies). L'expérimentation est pluriannuelle (six ans, 2013-2018) ; mais les résultats présentés ici sont ceux obtenus dans le cadre des deux premières années de l'expérimentation (2013 et 2014).

MATERIELS ET METHODES

DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

Les expérimentations sont conduites dans deux sites expérimentaux situés dans le Nord-Pas de Calais, Tilloy-lès-Mofflaines et Lorgies. 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.

ASSOLEMENTS ET ROTATIONS

L'assolement dans chaque site est construit avec les cultures pratiquées dans le bassin correspondant, en particulier la plaine de la Lys pour le site de Tilloy-lès-Mofflaines et le béthunois pour le site de Lorgies. Pour le site de Tilloy-lès-Mofflaines, six cultures (deux blés, pomme de terre, colza, betterave et pois de conserve) sont mises en place en conduites IFT100 et IFT50, avec la rotation suivante : betterave-pomme de terre-blé1-pois de conserve-colza-blé2. Au niveau variétal, l'expérimentation comporte, pour le blé, les variétés Trapez (IFT100) et Rubisco (IFT50), pour la pomme de terre, les variétés Bintje (IFT100) et Milva (IFT50), pour le colza, les variétés DK Exprit (IFT100) et DK Exprit +10% de ES Alicia (IFT50), pour la betterave, les variétés Iceberg (IFT100) et Talentina (IFT50) et pour le pois, la variété Sherwood pour les deux itinéraires. Les variétés retenues pour l'itinéraire IFT50 ont été choisies en raison de leurs niveaux de résistance plus élevés vis-à-vis des principaux bio-agresseurs des cultures concernées. Pour l'année 2012, qui précède l'expérimentation, toutes les micro-parcelles ont été semées avec du blé.

Pour le site de Lorgies, six cultures (deux blés, pomme de terre, oignon, deux choux fleurs) sont mises en place en conduites IFT100 et IFT50, avec la rotation suivante : chou-fleur deux plantations-oignon-blé1-chou-fleur une plantation-pomme de terre-blé2. Au niveau variétal, l'expérimentation comporte, pour le blé, les variétés Trapez (IFT100) et Rubisko (IFT50), pour la pomme de terre, les variétés Bintje (IFT100) et Milva (IFT50), pour l'oignon, les variétés Hybelle (IFT100) et Hylander (IFT50), pour le chou-fleur deux plantations, les variétés Solis (1^{ère} plantation) et Hermon (2^{ème} plantation) (IFT100) et les variétés Solis (1^{ère} plantation) et Cariance (2^{ème} plantation) (IFT50) et pour le chou-fleur une plantation, la variété Thalassa pour les deux itinéraires.

DEMARCHES IFT100 ET IFT50

Deux conduites, nommées IFT100 et IFT50, sont mises en place pour chaque culture. L'IFT100 correspond à la moyenne de l'indice de fréquence des traitements (IFT) basé sur les préconisations régionales pour chaque année du projet. L'IFT50 correspond à 50 % de réduction par rapport à l'IFT100, à l'échelle du système. L'IFT semences est pris en compte dans le calcul de l'IFT, alors que l'IFT biocontrôle n'est pas compté dans le calcul. 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, les interventions s'appuient sur les préconisations des prescripteurs (distribution, instituts techniques et chambre d'agriculture). La justification des interventions est importante car elle conditionne la quantité de produits disponibles pour l'itinéraire IFT50. L'IFT50 a été réparti *a priori* sur les différentes cultures, en tenant compte des leviers disponibles et de la valorisation des cultures.

LEVIERS DEPLOYES POUR L'IFT50

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

PARAMETRES MESURES

L'évolution de la pression des bio-agresseurs (ravageurs, adventices et maladies) ainsi que des auxiliaires de cultures 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. Dans le cas de la septoriose du blé (maladie la plus importante sur cette culture), en complément des notations foliaires, une évaluation de la résistance du champignon aux fongicides a été réalisée pour quatre matières actives (boscalid, fluxapyroxad, bixafen et epoxiconazole) sur 100 souches (50/site), selon le protocole décrit par Siah *et al.* (2010). Les adventices présentes au niveau des cultures sont identifiées et recensées à l'aide d'un cadre de 1 m² pour déterminer la moyenne d'adventices/m² pour chaque micro-parcelle. Les ravageurs (*ex.* pucerons, limaces et chenilles) et les auxiliaires (*ex.* coccinelles) sont quantifiés (i) par observations hebdomadaires sur chaque micro-parcelle selon le protocole BSV « expert » et par piégeage à l'aide de pièges Barbers, pièges à limaces ou bols jaunes, pour déterminer la fréquence de chaque espèce. Le tri des échantillons et la détermination des espèces des ravageurs et auxiliaires sont réalisés au laboratoire.

En complément des suivis sanitaires, l'activité biologique dans les sols (enzymes et diversité catabolique) et la densité microbienne (fumigation-extraction) ont été suivies pour chaque micro-parcelle. L'indice d'humification a été déterminé selon le protocole décrit par Zbytniewski et Buszewski (2005).

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), soit en récoltant totalement la micro-parcelle (blé et colza).

Une station météo du réseau agrométéorologique Nord-Pas de Calais (association Avers'Météo) est présente sur chaque site. Les deux stations, de la marque Cimel, sont automatisées et répertorient chaque jour les températures mini, maxi et moyenne, la pluviométrie, l'humectation et l'humidité relative de l'air. Les données recueillies sur ces deux stations permettent d'alimenter les modèles OAD utilisés dans l'expérimentation.

RESULTATS ET DISCUSSION

CONTEXTE CLIMATIQUE, PRESSION BIO-AGRESSEURS ET ACTIVITE BIOLOGIQUE DU SOL

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. La pression maladie a été faible en 2013, mais avec une pression insectes ravageurs élevée sur certaines cultures. Une présence importante d'auxiliaires, comprenant des arthropodes aériens ou rampants (hyménoptères parasitoïdes, coccinelles, syrphes, chrysopes, carabes, staphylins, araignées, ...) a également été constatée. En 2014, un inversement de la situation est observé, avec une pression maladies plus élevée (en particulier en mildiou de pomme de terre et septoriose du blé) et une pression insectes ravageurs plus faible ; toutefois, les auxiliaires étaient bien présents. Pour la septoriose du blé, l'évaluation de la résistance aux fongicides de 100 souches de ce champignon, vis-à-vis de quatre matières actives, a montré des niveaux de résistance élevés pour l'époxiconazole et le boscalid, avec la détection de deux souches hautement résistantes au bixafen et au fluxapyroxad (inhibiteurs de la succinate déshydrogénase). Aucune différence entre les deux sites expérimentaux et entre les deux itinéraires IFT50 et IFT100 n'a été constatée pour ces résistances. La pression adventices était moyenne lors des deux années, dominée principalement par la renouée liseron, avec la présence de chardon, de laitron et de chénopodes. Des différences sont notées entre les deux itinéraires en ce qui concerne l'intensité et la fréquence de certains bio-agresseurs.

Pour la microflore du sol, l'activité biologique dans les sols (enzymes et diversité catabolique) et la densité microbienne (fumigation-extraction) n'ont présenté aucune différence entre les micro-parcelles IFT50 et IFT100 dans les deux sites expérimentaux. L'indice d'humification a été significativement plus élevé dans les micro-parcelles IFT50 en 2014 à Lorgies ; toutefois, cette constatation doit être vérifiée lors des années suivantes de l'expérimentation avec les nouvelles rotations à mettre en place.

BILAN DES IFT APPLIQUES A TILLOY-LES-MOFFLAINES

Dans l'ensemble, les IFT100 appliqués correspondent aux prévisions déterminées en début de campagne pour chaque site et sont globalement dans les moyennes régionales de l'année (Tableaux 1 et 2). L'objectif de l'IFT50, correspondant à 50 % de réduction à l'échelle du système, est globalement respecté lors des deux années (Tableaux 1 et 2). La réduction de l'IFT est variable selon l'année et la culture considérée. Les réductions les plus importantes sont observées pour le blé et la betterave, car (i) les leviers techniques disponibles pour ces cultures sont plus efficaces et (ii) le risque de perte totale de la récolte est plus faible comparé à la pomme de terre et aux cultures légumières. Les réductions d'IFT les moins élevées sont observées pour la pomme de terre à cause du risque de développement de mildiou (Tableaux 1 et 2).

Aucun produit de biocontrôle n'a été appliqué en 2013 à Tilloy-lès-Mofflaines. En 2014, l'IFT biocontrôle était de 1,7 pour la conduite IFT50 sur l'ensemble du système (0,5 pour le pois et 1,2 pour le colza). Pour le blé, la pression septoriose a engendré trois fongicides pour l'IFT100 en 2014, contre deux traitements en 2013. Pour le pois, l'insecticide de semences Cruiser, autorisé en 2013, était interdit en 2014 ; les sitones ont, de ce fait, nécessité deux insecticides foliaires en 2014. La pression maladie sur le pois était plus forte en 2014, d'où l'application d'un fongicide supplémentaire sur cette culture. Pour le colza, les charançons présents à l'automne 2012 ont nécessité un insecticide supplémentaire au printemps 2013. Pour la betterave, un insecticide supplémentaire a été appliqué en 2013 due à la présence de noctuelles. Pour la pomme de terre, la pression mildiou, plus forte en 2014, a engendré trois fongicides supplémentaires ; par contre, aucun insecticide n'a été appliqué sur cette culture en 2014, ce qui n'était pas le cas en 2013. En effet, le seuil relatif aux pucerons a été atteint dans les deux itinéraires le 16 juillet 2013. De ce fait, une intervention a eu lieu sur l'itinéraire IFT100. Sur l'itinéraire IFT50, la présence des auxiliaires a permis de ne pas intervenir ; une régulation naturelle s'est ainsi opérée. Le désherbage mécanique réalisé sur colza et betterave en itinéraire IFT50 a

permis de bien maîtriser les adventices. Par contre, aucun désherbage mécanique n'a été effectué sur blé, en raison des conditions climatiques et/ou techniques.

Tableau 1. Bilan des IFT appliqués sur le site de Tilloy-lès-Mofflaines en 2013 et en 2014.

Table 1. Balance sheet of the IFT applied in Tilloy-lès-Mofflaines in 2013 and 2014.

	2012/2013			2013/2014		
	IFT100	IFT50	Différence*	IFT100	IFT50	Différence*
Blé 1	6,6	2,6	- 61 %	7,4	2,2	- 70 %
Blé 2	6,6	2,6	- 61 %	7,4	2,2	- 70 %
Pomme de terre	18,8	12,1	- 36 %	21,0	13,1	- 38 %
Betterave	5,4	1,9	- 65 %	4,9	1,8	- 62 %
Pois	6,1	2,5	- 59 %	9,2	5,1	- 45 %
Colza	5,7	2,8	- 51 %	4,8	2,8	- 41 %
Bilan	49,2	24,5	- 50 %	54,7	27,2	- 50 %

* % de réduction par rapport à l'IFT100

BILAN DES IFT APPLIQUES A LORGIES

L'IFT biocontrôle appliqué à Lorgies est supérieur à celui de Tilloy-lès-Mofflaines. Il correspond, pour la conduite IFT50, à 7,5 pour 2013 (0,7 pour le blé 1, 0,7 pour le blé 2, 1,7 pour le chou-fleur une plantation et 4,4 pour le chou-fleur deux plantations) et 5,1 pour 2014 (1,7 pour le chou-fleur une plantation et 3,4 pour le chou-fleur deux plantations). En 2014, l'utilisation de produits biocontrôle, non comptabilisés dans l'IFT total, a permis d'économiser des IFT qui ont pu être utilisés pour prolonger la végétation de la pomme de terre dans l'itinéraire IFT50 jusqu'au 20 août, avec un IFT total de 16,9 (Tableau 2).

Pour le blé, un développement précoce de la rouille jaune en 2014 a nécessité un traitement fongicide en mars dans les micro-parcelles de blé1. La pression septoriose a engendré trois fongicides en 2014 contre deux seulement en 2013. Pour la pomme de terre, la pression mildiou explique trois fongicides supplémentaires en 2014 pour l'itinéraire IFT100. Pour l'itinéraire IFT50, une apparition de taches de mildiou en juillet 2014 a nécessité deux traitements à doubles doses. Les IFT disponibles cette année pour l'ensemble du système ont ainsi été fléchés sur la pomme de terre pour sauver cette culture. Par contre, aucun insecticide n'a été appliqué sur la pomme de terre en 2014, ce qui n'était pas le cas en 2013. En effet, le seuil relatif aux pucerons a été atteint dans les deux itinéraires. De ce fait, une intervention a eu lieu sur l'itinéraire IFT100. Sur l'itinéraire IFT50, les auxiliaires étant bien présents (larves et nymphes de coccinelles), aucun traitement insecticide n'a été appliqué ; une régulation naturelle s'est opérée. Pour l'oignon, la pression mildiou, plus forte en 2014, a nécessité trois fongicides supplémentaires dans l'itinéraire IFT100; alors que dans l'itinéraire IFT50, la variété Hylander, résistante au mildiou, n'a nécessité aucun traitement supplémentaire. Pour le chou-fleur, la pression ravageurs a été plus forte en 2013 comparativement à 2014, ce qui explique la différence observée entre les deux années au niveau des IFT appliqués sur cette culture (Tableau 2). Les désherbages mécanique et manuel réalisés sur oignon et chou-fleur dans l'itinéraire IFT50 ont été efficaces et ont permis de bien réduire la pression des adventices sur ces cultures. En revanche, aucun désherbage mécanique n'a été effectué sur le blé et la pomme de terre à cause des conditions climatiques et/ou techniques.

Tableau 2. Bilan des IFT appliqués sur le site de Lorgies en 2013 et en 2014.**Table 2.** Balance sheet of the IFT applied in Lorgies in 2013 and 2014.

	2012/2013			2013/2014		
	IFT100	IFT50	Différence*	IFT100	IFT50	Différence*
Blé 1	6	2,6	- 57 %	8,2	2,4	- 71 %
Blé 2	6	2,6	- 57 %	7,5	2,4	- 68 %
Pomme de terre	18,0	10,1	- 44 %	22,9	16,9	- 26 %
Oignon	12,2	8,7	- 29 %	15,6	8,7	- 44 %
1 Chou	4,6	2	- 57 %	4,3	1,0	- 77 %
2 Choux	18,1	7	- 61 %	12,3	3,5	- 72 %
Bilan	64,9	33	- 49 %	70,8	35	- 51 %

* % de réduction par rapport à l'IFT100

RENDEMENTS A TILLOY-LES-MOFFLAINES

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 (Tableau 3). Suite à des dégâts de gibier très importants, le pois n'a pas été récolté en 2013 (Tableau 3). Les rendements pour le blé2 sont plus faibles comparativement au blé1 lors des deux années ; ceci est dû certainement à un effet sol. Les résultats de la culture blé2 ne sont donc pas exploités. Pour la betterave et le colza, la différence de rendement entre les deux itinéraires est faible (Tableau 3). Pour la pomme de terre, l'épuisement, lors des deux années, du nombre de traitements possibles en IFT50, a obligé l'arrêt de la culture plus tôt que l'itinéraire IFT100, ce qui explique la différence de rendement entre les deux itinéraires. Pour le pois, le désherbage mécanique trop agressif a engendré des pertes de pieds dans l'itinéraire IFT50, ce qui a causé une forte perte de rendement pour cet itinéraire (Tableau 3).

Tableau 3. Rendement par hectare sur le site de Tilloy-lès-Mofflaines.**Table 3.** Yield per hectare obtained in Tilloy-lès-Mofflaines in 2013 and 2014.

	2012/2013			2013/2014		
	IFT100	IFT50	Différence*	IFT100	IFT50	Différence*
Blé 1 (qx/ha)	62,7	59,1	- 6 %	88,9	81,5	- 8 %
Blé 2 (qx/ha)	58,9 ^Δ	44,4 ^Δ	- 25 % ^Δ	81,5 ^Δ	66,7 ^Δ	- 18 % ^Δ
Pomme de terre (t/ha)	37	32	- 14 %	43,5	36,6	- 16 %
Betterave (t/ha)	87,9	83,9	- 5 %	113,7	110,7	- 2,6 %
Pois (qx/ha)	nd	nd	nd	93,6	70,59	- 25 %
Colza (qx/ha)	41,3	37,2	- 10 %	40,7	37,0	- 9 %

* % de réduction ou d'augmentation par rapport à l'IFT100

^Δ Résultats non exploitables

nd: non déterminé

RENDEMENTS A LORGIES

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. Ils sont plus impactés en 2013 comparativement à 2014 dans l'itinéraire IFT50 ; les rendements en 2014 sont globalement supérieurs dans l'IFT50 par rapport à l'IFT100 (Tableau 4). Pour la pomme de terre, en 2013, l'arrêt précoce de la végétation dans l'itinéraire IFT50, à cause de l'épuisement du nombre de traitements possibles, a fortement pénalisé le rendement. Par contre, en 2014, la maturation précoce de la pomme de terre a permis au tubercule d'atteindre le rendement optimal fin août, au moment où les traitements IFT50 sont épuisés. Pour l'oignon, en 2013, le salissement de l'IFT50 a fortement pénalisé le rendement. En 2014, la levée hétérogène de la culture a entraîné de la phytotoxicité suite au désherbage chimique dans l'itinéraire IFT100. La forte pression mildiou n'a pas été bien maîtrisée dans cet itinéraire, ce qui a causé une forte dégradation du feuillage. Par contre, dans l'itinéraire IFT50, la variété, à la fois résistante au mildiou et plus tardive, a bénéficié du climat doux et humide en fin de culture pour se développer. Dans ce même itinéraire, l'utilisation conjointe du désherbage mécanique et manuel a permis de réduire l'utilisation du désherbage chimique, ce qui a eu pour conséquence une moindre phytotoxicité sur les plantes. Pour le chou-fleur mis en place en deux plantations, l'herbicide appliqué dans l'itinéraire IFT100 est phytotoxique pour cette culture ; le phénomène est amplifié par le voile de forçage (P17) utilisé dans la 1^{ère} plantation pour protéger la culture contre le gel. Il s'en suit un rendement inférieur pour le chou-fleur 1^{ère} plantation dans l'itinéraire IFT100 (Tableau 4). Pour la 2^{ème} plantation, la pression insectes explique les différences de rendement. Dans l'itinéraire IFT50, le produit de biocontrôle, Dipel, est moins efficace que les insecticides classiques. Pour le chou-fleur mis en place en une plantation, la différence entre les deux années s'explique par la pression insectes plus précoce en 2013 qu'en 2014.

Tableau 4. Rendement par hectare sur le site de Lorgies.

Table 4. Yield per hectare obtained in Lorgies in 2013 and 2014.

	2012/2013			2013/2014		
	IFT100	IFT50	Différence*	IFT100	IFT50	Différence*
Blé 1 (qx/ha)	84,7	72,9	- 14 %	97,5	88,5	- 9 %
Blé 2 (qx/ha)	80,1	68,2	- 15 %	84,3 ^Δ	88,0 ^Δ	+ 4% ^Δ
Pomme de terre (t/ha)	52,7	43,5	- 17 %	55,2	56,9	+ 3 %
Oignon (t/ha)	50,3	29,6	- 41 %	46,0	63,9	+ 39 %
2 choux, 1 ^{ère} plantation (têtes/ha)	12711	15111	+ 19 %	13188	16347	+ 24 %
2 choux, 2 ^{ème} plantation (têtes/ha)	14498	13875	- 4 %	18511	16122	- 12 %
1 chou (têtes/ha)	13931	12677	- 9 %	15111	16347	+ 8 %

* % de réduction ou d'augmentation par rapport à l'IFT100

^Δ Résultats non exploitables

INDICATEURS TECHNICO-ECONOMIQUES A TILLOY-LES-MOFFLAINES

Globalement, les rendements de Tilloy-lès-Mofflaines étaient faibles en 2013, mais les prix de vente étaient élevés ; alors que c'est l'inverse qui s'est produit en 2014. Les intrants reflètent dans l'ensemble la pression bio-agresseurs de l'année. Pour l'itinéraire IFT100, le produit brut est à 90 % de la moyenne régionale pour le système de culture étudié, dont la marge brute reflète la moyenne

des rendements (Tableau 5). Les autres indicateurs correspondent aux charges habituellement mesurées chez les agriculteurs de la région Nord-Pas de Calais. Malgré le nombre plus élevé de passages en désherbage mécanique dans l'itinéraire IFT50, le nombre de passages total est plus élevé dans l'itinéraire IFT100, dû aux applications phytopharmaceutiques plus nombreuses pour cet itinéraire. Pour l'itinéraire IFT50, les binages et faux semis ont demandé plus de temps ; le solde est ainsi négatif pour cet itinéraire. Pour la marge brute, malgré la forte réduction d'intrants dans l'itinéraire IFT50 en 2014, seule une légère différence de 10 % (99 €/ha) est observée entre les deux itinéraires (Tableau 5). Cela peut s'expliquer par une meilleure maîtrise du système en 2014 ainsi que par la baisse des prix des cultures qui tendent à diminuer les différences. Pour les charges de mécanisation et de carburant, les différences entre les deux itinéraires sont dues aux opérations culturales de faux semis et de binages. Par rapport aux types d'intrants réduits en IFT50, les herbicides sont les plus diminués en 2013 et en 2014 ; alors que dans le réseau FERME, les agriculteurs ont plus de difficultés à réduire la part de ces intrants comparativement aux fongicides et insecticides.

Tableau 5. Indicateurs technico-économiques sur le site de Tilloy-lès-Mofflaines (moyenne/culture).
Table 5. Technical-economic indicators found in Tilloy-lès-Mofflaines in 2013 and 2014 (mean/crop).

	2012/2013			2013/2014		
	IFT100	IFT50	Différence*	IFT100	IFT50	Différence*
Produit brut (€/ha)	2284	1684	- 26 %	1833	1625	- 11%
Marge brute hors aide (€/ha)	1496	1024	- 32 %	1001	902	- 10 %
Charges intrants (€/ha)	788	661	- 16 %	832	723	- 13 %
Charges mécaniques (€/ha)	572	648	- 13 %	676	709	+ 5 %
Carburant (€/ha)	63	85	- 35 %	78	90	+ 15 %
Temps de travail (h/ha)	5,8	7,1	+ 22 %	6,9	7,7	+ 12 %
Nombre de passages	17,0	15,8	- 7 %	19,5	17,8	- 9 %
IFT total	11,0	5,6	- 50 %	9,1	4,5	- 51 %
IFT herbicides	2,4	0,8	- 67 %	2,1	0,8	- 62 %
IFT hors herbicides	8,6	4,8	- 44 %	7,0	3,7	- 47 %

* % de réduction ou d'augmentation par rapport à l'IFT100

INDICATEURS TECHNICO-ECONOMIQUES A LORGIES

Les prix de la pomme de terre et de l'oignon étaient plus élevés en 2013 qu'en 2014. Pour le blé, la tendance est la même, mais avec moins d'ampleur. Par contre, pour le chou-fleur, le prix de vente était plus élevé en 2014 comparativement à 2013. À Lorgies, contrairement à 2013 où la marge brute est diminuée de 22 % dans l'itinéraire IFT50, la marge brute est augmentée de 2 % en 2014 pour cet itinéraire. Cela peut s'expliquer par les rendements plus élevés obtenus en 2014 dans l'itinéraire IFT50 comparativement à l'itinéraire IFT100 (Tableaux 4 et 6). Les valeurs élevées de temps de travail s'expliquent par le fait que la récolte du chou-fleur est manuelle ; il faut environ 170 h de main d'œuvre pour récolter un hectare de chou-fleur. Pour 2014, la différence entre les deux itinéraires s'explique par les faux semis, les binages et les passages pour le désherbage manuel. Ces actions représentent environ 100 €/ha. Le temps de travail est plus élevé en 2014 par rapport à 2013, car la main-d'œuvre pour la récolte n'a pas été comptabilisée en 2013 (Tableau 6). Pour les charges en intrants, l'itinéraire IFT100 présente plus d'applications phytopharmaceutiques, mais le nombre de produits de biocontrôle utilisés dans l'itinéraire IFT50 est plus élevé. De plus, la semence oignon utilisée dans l'itinéraire IFT50, Hylander, est beaucoup plus chère par rapport à celle utilisée dans l'itinéraire IFT100, ce qui explique la charge intrants plus élevée dans l'itinéraire IFT50. Pour les

charges de mécanisation et de carburant, dans les systèmes légumiers, la pratique du binage est courante dans les itinéraires conventionnels, d'où la faible différence de charges observée entre les deux itinéraires, car un investissement du matériel est réalisé dans les deux itinéraires, contrairement au site de Tilloy-lès-Mofflaines. Comme pour Tilloy-lès-Mofflaines, les herbicides sont les intrants qui ont subi la plus forte réduction dans l'itinéraire IFT50 comparativement aux autres intrants.

Tableau 6. Indicateurs technico-économiques sur le site de Lorgies (moyenne/culture).

Table 6. Technical-economic indicators found in Lorgies in 2013 and 2014 (mean/crop).

	2012/2013			2013/2014		
	IFT100	IFT50	Différence*	IFT100	IFT50	Différence*
Produit brut (€/ha)	6622	5530	- 16 %	5817	6028	+ 4 %
Marge brute hors aide (€/ha)	4504	3513	- 22 %	4018	4102	+ 2 %
Charges intrants (€/ha)	2118	2018	- 5 %	1799	1926	+ 7 %
Charges mécaniques (€/ha)	686	672	- 2 %	814	816	0 %
Carburant (€/ha)	161	163	+ 1 %	228	238	+ 4 %
Temps de travail (h/ha)	25 ^Δ	34 ^Δ	+ 32 % ^Δ	96	105	+ 9 %
Nombre de passages	29	25	- 15 %	27	25	- 7 %
IFT total	9,8	5,3	- 46 %	11,8	5,8	- 51 %
IFT herbicides	2,5	0,8	- 68 %	2,0	0,9	- 55 %
IFT hors herbicides	4,4	2,5	- 43 %	9,8	4,9	- 50 %

* % de réduction ou d'augmentation par rapport à l'IFT100

^Δ Main-d'œuvre de la récolte du chou-fleur non comptabilisée

CONCLUSION

Cette expérimentation a permis d'acquérir 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 produits phytopharmaceutiques conventionnels sur deux systèmes de culture pratiqués dans le Nord-Pas de la France. La pression bio-agresseurs a été globalement maîtrisée dans l'itinéraire IFT100, mais pour l'itinéraire IFT50, l'efficacité du contrôle varie en fonction des leviers utilisés et de la pression de l'année. Le mildiou de la pomme de terre et de l'oignon ainsi que les ravageurs du chou-fleur sont les bio-agresseurs les plus délicats à maîtriser en itinéraire de réduction des traitements.

Les rendements sont globalement plus faibles à Tilloy-lès-Mofflaines comparativement à Lorgies, à cause du sol crayeux facilitant le stress hydrique. Bien que les pertes de rendement varient en fonction du site, de l'année et de la culture considérée, les pertes sont dans l'ensemble moins marquées en 2014 comparativement à 2013, en particulier sur les cultures légumières à Lorgies. Cela peut s'expliquer en grande partie par la meilleure maîtrise du système et des règles de décision lors de la deuxième année (2014) de l'expérimentation comparativement à la première année (2013). Dans le cas de l'oignon, l'augmentation du rendement de 39 % est due au choix de la variété et dans une moindre mesure au désherbage manuel. Le surcoût important de la semence et la main d'œuvre supplémentaire de ces solutions restent toutefois difficiles à promouvoir dans le contexte d'une exploitation agricole. Pour la pomme de terre, sa maturation précoce en 2014, due aux conditions climatiques de l'année, ainsi que l'utilisation de produits de biocontrôle (non comptabilisés dans l'IFT total) sur les autres cultures qui ont permis d'économiser des IFT au profit de cette culture, sont à l'origine de la stabilisation du rendement (+3 %) sur le site de Lorgies. La betterave et le colza sont les

cultures les moins impactées pour le rendement dans le site de Tilloy-lès-Mofflaines, malgré les réductions conséquentes des IFT sur ces cultures.

La marge brute est moins impactée en 2014 par rapport à 2013 dans les deux sites expérimentaux. Elle a évolué de -32 % (2013) à -10 % (2014) à Tilloy-lès-Mofflaines et de -22 % (2013) à +2 % (2014) à Lorgies. Cette amélioration de la marge brute semble suivre la tendance du rendement dans les deux systèmes ; cependant, la main d'œuvre pour les cultures légumières étant importante, l'augmentation du temps de travail dans l'itinéraire IFT50 impacte le coût de production. Ces résultats encourageants, en particulier ceux obtenus à Lorgies en 2014, doivent être vérifiés lors des prochaines années de l'expérimentation, notamment dans d'autres contextes de conditions climatiques.

REMERCIEMENTS

Ces travaux sont réalisés dans le cadre du projet Dephy Expe Ecophyto, action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture, avec l'appui financier de l'office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto 2018, avec un co-financement du Conseil Régional Nord-Pas de Calais.

BIBLIOGRAPHIE

Siah A., Deweer C., Morand E., Reignault Ph and Halama P. (2010). Azoxystrobin resistance of French *Mycosphaerella graminicola* strains assessed by four *in vitro* bioassays and by screening of G143A substitution. *Crop Protection*, 29: 737-743.

Zbytniewski R. and Buszewski B. (2005). Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost. Part 1: chemical and spectroscopic properties. *Bioresource technology*, 96, 471-478.