

Evaluation de systèmes de culture de légumes frais à bas intrants phytosanitaires en Bretagne : l'expérimentation système DEPHY Ecophyto BREIZLEG

Penguilly D.¹, Collet J.M.², Porteneuve C.⁴, Allainguillaume J.³, Orsini F.¹, Rovarch G.³,
Abjean-Uguen A.⁵, Juin A.⁵, Le Cunff Y.⁵, Rostoll G.³, Le Roux M.^{1.}, Estorgues V.⁶

¹ Caté, Vezendoquet, F-29250 Saint Pol de Léon

² CTIFL /Caté, Vezendoquet, F-29250 Saint Pol de Léon

³ Terre d'Essais, Le Glazic, F-22740 Pleumeur-Gautier

⁴ CTIFL/Terre d'Essais, Le Glazic, F-22740 Pleumeur-Gautier

⁵ CERAFEL, 8 rue M. Berthelot, F-29600 Saint Martin des Champs

⁶ Chambre d'agriculture de Bretagne, Kergompez, F-29250 Saint Pol de Léon

Correspondance : damien.penguilly@cate.bzh

Résumé

Les systèmes de culture légumiers actuels reposent sur l'utilisation d'intrants dont principalement les produits phytosanitaires. L'objectif du projet DEPHY EXPE Ecophyto BREIZLEG est d'évaluer des systèmes de culture de légumes frais à bas intrants phytosanitaires, en agriculture conventionnelle et biologique. Il s'agit d'une expérimentation système d'une durée de 6 ans, incluant les principales cultures légumières implantées dans le Nord de la Bretagne, à savoir : chou-fleur, artichaut et échalote. Les systèmes de culture testés ont pour objectif d'être plus durables ; pour ce faire, des leviers déjà éprouvés dans de précédents essais analytiques et relevant de l'efficience et de la substitution ont été combinés. Le bilan réalisé consiste en une évaluation *ex post*, à partir d'indicateurs de performances. Les résultats indiquent qu'il est possible de réduire l'IFT sans perte de rendements sur le système conventionnel bas intrant (-54 %/référence). Une diminution des rendements de 18 % est notée dans les systèmes biologiques. La combinaison des leviers a permis de conserver les performances économiques sur le système conventionnel bas intrant et de les améliorer sur les systèmes biologiques, tout en améliorant les performances environnementales. Les temps de travaux n'ont pas été pour autant augmentés. Cependant, dans les systèmes conventionnels, l'indicateur IFTsa (substance active) met en évidence l'utilisation de substances actives présentant des risques de transfert vers les eaux. La finalité de BREIZLEG est de diffuser les résultats au plus grand nombre et de transférer des outils simples d'utilisation pour les producteurs (Règles de décision).

Mots-clés : Expérimentation système, Légumes, Bretagne, DEPHY EXPE Ecophyto, Evaluation, Indicateurs, Réduction des pesticides

Abstract: Evaluation of fresh vegetable cropping systems with low Plant protection products inputs in Brittany: the DEPHY Ecophyto Breizleg experimentation

Assessment of the performance of fresh vegetable cropping systems with low Plant Protection Products input in Brittany: the DEPHY Ecophyto Breizleg experimentation.

Current vegetable cropping systems are highly intensive and require the use of inputs, including plant protection products (PPP). These inputs are used to ensure quality products for the market and

consumers. Today however, they are often responsible for environmental issues, raising questions around the sustainability of these cropping systems. The aim of DEPHY EXPE Ecophyto Breizleg was to evaluate vegetables cropping systems with low inputs, in conventional and organic agriculture. This was a six-year experiment, including the main vegetable crops grown in the North of Brittany: cauliflower, artichoke and shallot. To improve the sustainability of the tested cropping systems, proven levers already tested in previous analytical experiments, have been combined. The assessment carried out consist of an *ex post* evaluation, using performance indicators. The results indicate that the Treatment Frequency Index (TFI) can be reduced without any loss of yield in the conventional low input system (-54%/control). An 18% decrease in yield is noted in the organic systems. The combination of levers has maintained economic performance in the conventional low input system, and even improved it in the organic systems, while improving environmental performance. Working time was not significantly increased. However, in conventional systems, the indicator "TFI active substances (AS)" highlights the use of AS presenting a risk of transfer to the surface waters. The aim of the study is to communicate the results to multiple growers and to transfer easy-to-use tools (e.g. decision rules).

Keywords: System experiment, Vegetables, Brittany, DEPHY EXPE Ecophyto, Evaluation, Assessment, Indicators, Reducing pesticides.

Introduction

Au cours des cinquante dernières années, l'agriculture française s'est profondément transformée et a vu ses systèmes de culture s'intensifier et se simplifier (Aubertot et al., 2005). Cette intensification a permis de répondre aux objectifs de production affichés par les politiques agricoles (autosuffisance nationale en produits agricoles, réduction des prix des aliments, libération de main-d'œuvre pour les autres secteurs économiques et sécurité alimentaire et sanitaire (Reau et Doré, 2008). Néanmoins, cette évolution s'est traduite par l'utilisation de nombreux intrants, dans le but d'assurer de bons rendements et d'empêcher les pertes dues à divers bioagresseurs (Charbonnier et al., 2015). Aujourd'hui, la majorité des systèmes de production sont très dépendants des produits phytosanitaires. L'utilisation massive des pesticides a engendré de profondes modifications au niveau des écosystèmes, entraînant notamment une perte de la diversité biologique (Ramade, 1989 ; Vance, 2001 ; Aubertot et al., 2005) et l'épuisement des ressources (terre, eau, énergie) qui posent la question de la durabilité des systèmes de production pour les générations futures (Landais, 1998 ; Leng, 2008).

Par ailleurs, les consommateurs sont aujourd'hui plus sensibles à la qualité sanitaire des produits qu'ils consomment et aux risques environnementaux. Ce changement profond a généré au sein des systèmes de production une tension entre la nécessité de garantir des produits sains, attractifs pour le consommateur, et celle de réduire l'usage des pesticides afin d'en limiter les résidus dans les aliments et l'environnement (Reau et Doré, 2008).

La finalité de l'agriculture a changé : la production n'est plus le seul enjeu. Il s'agit désormais d'offrir une rentabilité économique à long terme, permettant un niveau de vie correct de l'agriculteur, ainsi que de satisfaire des exigences sociétales, sociales et environnementales (Meynard et Girardin, 1991 ; Landais, 1998 ; Havard et al., 2017). Suite à ces problèmes environnementaux et face à cette pression sociétale, le plan Ecophyto a été mis en place. Il vise à réduire et à améliorer l'usage des produits phytopharmaceutiques en zone agricole et non agricole, tout en maintenant un niveau de production élevé, en quantité et en qualité (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2015). L'objectif initial était de réduire de 50% l'utilisation de ces produits d'ici 2018 si possible (plan Ecophyto I) (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2015). Désormais, cet objectif est à atteindre pour 2025 (plan Ecophyto II).

Pour y répondre, il paraît indispensable de repenser les systèmes de culture actuels, dans notre cas, les systèmes légumiers. Havard et al. (2017) ont adapté la définition du système de culture de Michel Sebillotte (1990) comme étant « l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur une ou plusieurs parcelles gérées de manière identique au fil des années. Chaque système de culture est caractérisé par la nature des cultures et, le cas échéant, leur ordre de succession, les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures et les éléments structurels (matériel végétal, densité de plantation, équipements avec les abris, palissage...) ».

L'approche système intègre un ensemble de connaissances sur la protection des cultures (Zavagli, 2016). Cette approche inclut également des connaissances sur l'environnement (sol, climat, pédologie, biodiversité...) qui sont fondamentales pour entrevoir une solution durable.

L'approche système est une combinaison de leviers (le plus souvent à effets partiels) qui combinés entre eux, permettent de réduire la pression et/ou les dommages des bio-agresseurs grâce au contrôle cultural (modification des rotations, de l'itinéraire technique). Cette approche repose également sur l'utilisation d'autres méthodes alternatives telles que le contrôle génétique (utilisation de plantes tolérantes/résistantes), la lutte biologique (utilisation d'organismes vivants), la lutte physique (méthodes thermiques, mécaniques,...). Certains de ces leviers sont déjà utilisés dans les systèmes légumiers comme, par exemple, pour la substitution du désherbage chimique (sarclage) ou encore l'utilisation de filets afin de générer une barrière physique face aux insectes ravageurs. Le défi est de mettre au point un ensemble cohérent, en se plaçant à l'échelle du système de culture.

En comparaison à un essai factoriel, l'expérimentation système permet d'évaluer la capacité d'un système de culture à satisfaire les objectifs qui lui sont attribués. Le système de culture est considéré comme un ensemble cohérent et défini par des objectifs à atteindre et des attentes. Dans cette intention il est piloté par un corpus de règles de décision (RdD) (Havard et al., 2017). Ces règles de décision peuvent être évaluées par leur capacité à atteindre les attentes fixées et dans le cas où elles ne les satisfieraient pas, elles sont amenées à évoluer. Leur évolution entraîne alors une modification du système de culture. A l'échelle système, il est également possible de mettre en évidence les performances technico-économiques.

L'AOP Cerafel (Association d'Organisations de Producteurs) légumes, fruits et horticulture, a déposé une candidature suite à l'appel à projet 2011 DEPHY EXPE Ecophyto. Le projet BREIZLEG est une expérimentation système qui vise à tester et évaluer des SdC de légumes frais en plein champ à bas intrants phytosanitaires, comprenant des cultures traditionnellement cultivées dans le Nord de la Bretagne à savoir : chou-fleur, artichaut et échalote.

L'étude, d'une durée de 6 ans (2012 à 2017), avait pour objectif d'évaluer des systèmes de production de légumes à faible intrants phytosanitaires et d'identifier des niveaux de rupture au-delà desquels les objectifs de production ne seraient pas atteints. Elle vise également à créer des synergies entre les modes de production conventionnels et biologiques.

1. Présentation de l'expérimentation système Breizleg

L'étude BREIZLEG comprend deux rotations de culture (Figure 1), conçues à partir des cultures traditionnellement emblavées dans la région. Deux rotations sont mises en place, dont une plus diversifiée (rotation 2), incluant une céréale et un brocoli, caractéristique des exploitations les plus grandes et une, plus spécialisée, caractéristique des exploitations traditionnelles (rotation 1).

Rotation 1 :**Rotation 2 :**

Figure 1 : Les 2 rotations de l'expérimentation. CIPAN : Culture Intermédiaire Piège A Nitrates.

1.1 Les 8 systèmes testés

Sur chacune des rotations, on distingue 4 niveaux de rupture :

- **Conventionnel raisonné (Conv R)** : système représentatif des pratiques médianes actuelles des producteurs. Il constitue le système de référence.
- **Conventionnel bas intrant (Conv BI)** : système avec un objectif de -50 % d'utilisation des produits phytosanitaires par rapport au système Conv R.
- **AB raisonnée (AB R)** : système représentatif des pratiques phytosanitaires en AB, qui se veut proche des pratiques médianes actuelles des producteurs.
- **AB bas intrant (AB BI)** : système avec zéro intrant phytosanitaire.

Les deux niveaux de rupture conventionnels sont établis sur le site de la station expérimentale du Caté à Saint-Pol-de-Léon. Les systèmes en AB ont été mis en place sur la station expérimentale de Terre d'Essais à Pleumeur-Gautier. Les conduites culturales sont gérées par un pilote pour chaque site.

Afin de limiter l'effet des conditions climatiques exceptionnelles, une répétition temporelle a été mise en place. Chaque système de culture est présent sur 2 parcelles (A et B), décalées temporellement d'une année. Il y a donc 16 parcelles mises en place, chacune possède une surface d'environ 650 m². Tous les résultats de l'expérimentation sont retranscrits par rapport à une surface de 1 ha. Au total, sur la durée de 6 ans, 112 cultures ont été mises en place.

1.2 Mise au point des schémas décisionnels et des règles de décision

Les schémas décisionnels (24 schémas, un par niveau de rupture et par type de bioagresseur : adventices, maladies et ravageurs) et les règles de décision simplifiées ont été conçus au début du projet par un collectif d'experts composé de conseillers agricoles et d'expérimentateurs (Tableau 1, exemple du chou-fleur d'hiver).

Les pratiques de références sont connues grâce à l'examen de fiches de traçabilité ou sont issues d'un travail d'enquêtes de la Chambre d'Agriculture du Finistère. Les règles de décision des systèmes bas-intrant (Conventionnel et AB) s'appuient sur des solutions déjà éprouvées dans des essais analytiques antérieurs (Tableau 2).

Tableau 1 : Exemple de règles de décision simplifiées utilisées pour le chou-fleur d'hiver

Verrou	Système	Règles de décision
Mouche du chou	CONV R	Utilisation systématique de Pyristar en traitement de la semence.
	CONV BI	Utilisation systématique de Pyristar en traitement de la semence.
	AB R	Utilisation systématique de Success 4 en traitement du plant avant la plantation.
	AB BI	Stratégie d'évitement. Plantation après le vol (Avertissement B.S.V.).
Pucerons cendrés/Chenilles	CONV R	Traitement systématique : début septembre avec Karaté K à 1.5 l/ha.
	CONV BI	Traitement si dépassement du seuil de nuisibilité (1 % des plants avec des colonies de pucerons supérieures à 100 cm ²) avec Karaté K à 1.5 l/ha. Impasse sur chenilles.
	AB R	Impasse sur pucerons et chenilles.
	AB BI	Impasse sur pucerons et chenilles.
Mycosphaerella	CONV R	1 application systématique entre novembre et janvier selon (période de récolte de la variété) avec Score à 0.5 l/ha.
	CONV BI	Pas de protection (tolérance variétale).
	AB R	Pas de protection (absence de solutions).
	AB BI	Pas de protection (tolérance variétale).
Maîtrise des adventices	CONV R	<ol style="list-style-type: none"> 1) Traitement systématique après la plantation (Butisan à 1.0l/ha + Centium à 0.2 l/ha). 2) si salissement important, Lentagran (dose à définir selon le stade du chou). 3) Application pour les choux-fleurs tardifs (récolte d'avril/mai), Butisan en post buttage à 1 l/ha.
	CONV BI	Interventions mécaniques – Application de Lentagran (dose à définir selon le stade du chou) si salissement > ou = à 5 adventices de 5 cm de hauteur par m ² , 30 jours après la plantation.
	AB R	Interventions mécaniques exclusives.
	AB BI	Interventions mécaniques exclusives.

Tableau 2 : Leviers mobilisés sur les principaux bioagresseurs

Culture	Bioagresseur	Leviers testés
Chou - Fleur	<i>Mycosphaerella</i>	- Variétés tolérantes ou résistantes
	Ravageurs d'automne (pucerons, chenilles)	- Seuils de nuisibilité, faune auxiliaire naturelle, variétés et périodes de production
	Adventices	- Binage mécanique
Artichaut	Mildiou	- Modèle de prévision des risques (MILART)
	Pucerons verts et noirs	- Seuils de nuisibilité en fonction de la faune auxiliaire spontanée
	Adventices	- Sarclages
Echalote	Maladies de feuillage (mildiou et Botrytis)	Nouvelle règle de décision de fréquence des applications

1.3 Conduite de l'expérimentation

Les essais ont été mis en place en conformité avec les pratiques bretonnes de production (travail du sol, densités...). Les observations et les calculs des variables ont été réalisés à des dates définies au début du projet par le collectif d'experts. Les rendements ont été mesurés à partir de protocoles communs et avec comme référentiels les cahiers des charges « Prince de Bretagne ».

2. Evaluation de l'expérimentation

L'évaluation est basée sur l'utilisation de plusieurs indicateurs. Pour cette évaluation, le système de culture Conv R constitue le système de référence, auquel seront comparés les trois autres systèmes de culture (Conv BI, AB R, AB BI).

Les indicateurs retenus pour l'évaluation ont fait l'objet de nombreuses discussions avec le collectif d'experts, présents lors des comités de pilotage. Les indicateurs retenus sont associés à des critères d'évaluation qui reflètent les enjeux actuels, notamment les trois piliers de la durabilité avec une évaluation des performances économiques, sociales et environnementales.

Les indicateurs retenus de la durabilité sont présentés et définis dans le Tableau 3. A l'échelle du système, les valeurs des indicateurs sont calculées par culture puis divisées par le nombre de répétitions pour établir une moyenne, puis par le nombre de campagnes (5, CIPAN exclu) de l'étude afin d'obtenir une moyenne à l'échelle des systèmes. On obtient des valeurs exprimées par ha et par an.

Tableau 3 : Les indicateurs retenus dans le dispositif BREIZLEG

Indicateur	Pilier de la durabilité	Mode de calcul
IFT	Environnemental	IFT total (Indice de la fréquence de traitement) = (dose appliquée/dose homologuée) * (surface traitée/surface de la parcelle) (Brunet et al., 2008). Pour les semences et plants, un IFT égale à 1.0 dès qu'un traitement est utilisé.
IFTsa potentiel de transfert	Environnemental	IFTsa (IFT substance active) = (dose appliquée en sa/dose unité) * (surface traitée/surface de la parcelle). C'est à la fois un indicateur de pression (niveau d'IFT) et d'impact (risque de transfert). IFTsa se base sur la quantité de sa par rapport à une dose unité (spécifié de chaque sa), ce qui permet de limiter les « optimisations » liées à l'utilisation des produits commerciaux avec plusieurs sa. Par ailleurs, les sa sont classées (selon leurs caractéristiques bio chimique : Koc, solubilité, DT50, hydrolyse et dose) pour chacun des 2 risques de transfert (eau de surface et eau profonde) en 3 classes : faible risque (classe 1), risque moyen (classe 2) et risque fort (classe 3) de transfert (Zahm et al, 2016). L'IFTsa AB n'est pas interprétable car l'outil de calcul ne prend pas encore en compte les produits de biocontrôle (Le Breton, 2014).
Rendement	Economique	Le rendement commercialisable est exprimé en t/ha. Pour le chou-fleur, traditionnellement commercialisé à la tête selon 3 calibres qui sont des diamètres (gros, moyen, petit), des coefficients sont utilisées pour la transformation en masse (gros = 2100 g, moyen = 1575 g et petit = 840 g). A l'échelle du système, les résultats sont exprimés en indice 100 avec comme référence Conv R.
Temps de travaux	Social	Temps consacré à la protection des cultures (passages bineuse, pulvérisateur et binage manuel) mesuré durant l'expérimentation + autres temps de travaux (préparation sol, plantation, récolte...) issus de normes (Comité de développement 29, 1999).

Concernant les temps de travaux, seules les interventions relatives à la protection des cultures ont été comptabilisées durant l'expérimentation. Pour obtenir les temps de travaux totaux à l'échelle du système, les temps relatifs aux autres opérations culturales ont été ajoutées (préparation du sol, plantation, récoltes...) suivant le référentiel du Comité de développement de la zone légumière (1999).

Par ailleurs, la satisfaction du pilote concernant la gestion des bioagresseurs a été évaluée qualitativement à partir de 2 composantes : la faisabilité technique (aptitude à mettre en œuvre un corpus de règles de décision) et l'efficacité des leviers mobilisés.

Pour chaque culture, chaque composante de la satisfaction du pilote a été notée selon une échelle allant de 0 à 1 (0 = insatisfaction, 0.5 = moyennement satisfait et 1 = satisfait). A l'échelle du système, les notes des 2 répétitions ont été sommées et moyennées. Les résultats sont ensuite transformés en indice 100.

3. Résultats

3.1 Résultats A l'échelle de la culture : rendements et IFT

Le Tableau 4 présente les rendements et les IFT à l'échelle de la culture pour les 2 rotations de BREIZLEG qui présentaient le même corpus de RdD.

Tableau 4 : Performances des principales cultures de BREIZLEG. Conv R: Conventionnel Raisonné, Conv BI: Conventionnel Bas Intransant, AB R: Agriculture Biologique Raisonné, AB BI: Agriculture Biologique Bas Intransant.

	Chou-fleur d'hiver				Artichaut				Echalote			
	Conv R	Conv BI	AB R	AB BI	Conv R	Conv BI	AB R	AB BI	Conv R	Conv BI	AB R	AB BI
Nb de cultures	12	12	12	12	6	6	6	6	6	6	6	6
Moy Rdts en t/ha	25.0*	24.3*	18.5*	17.9*	7.4	6.8	7.9	8.3	30.8	29.2	17.4	15.5
Min	24.2	23.3	16.4	14.8	5.2	4.8	5.6	5.3	27.4	27.6	13.9	12.0
Max	25.8	25.4	20.2	19.9	11.3	9.9	9.5	10.4	33.8	31.5	22.0	20.0
Moy. IFT	3.8	1.3	1.1	0.0	1.8	0.2	0.3	0.0	12.7	8.4	1.5	0.0
Min	3.3	1.0	1.0	-	0.0	0.0	0.0	-	12.4	7.4	0.8	-
Max	4.7	2.0	2.0	-	3.4	1.0	0.8	-	13.4	9.4	1.6	-

*Pour le chou-fleur, les rendements sont calculés sur 6 cultures indemnes de hernie.

Pour la culture du chou-fleur, les différences entre les systèmes AB et conventionnels s'expliquent par les cahiers des charges de récolte : le calibre gros (diamètre de 16 à 21 cm) est recherché en conventionnel alors qu'en AB, l'objectif est de récolter du calibre moyen (diamètre de 13 à 16 cm). Les rendements ne reflètent pas le potentiel agronomique des cultures.

Pour la culture de l'artichaut, les différences de rendement sont essentiellement dues à des effets « parcelles » (réserves utiles d'eau différentes) et sont peu ou pas imputables aux bioagresseurs.

L'échalote présente des rendements qui vont du simple au double. Ces différences sont clairement liées à la maîtrise d'un bioagresseur, le mildiou (*Peronospora destructor*).

Concernant les IFT, on constate une faible variabilité au sein de chaque niveau de rupture.

3.2 Résultats à l'échelle du système

Les résultats présentés à l'échelle du système concernent uniquement la rotation 1. Certaines cultures ont été supprimées suite à des accidents de culture non liés aux systèmes testés (hernie en chou, suite à des pluies diluviennes l'été 2015) (Le Cunff, 2017).

3.2.1 IFT et rendements

A l'échelle du système, l'objectif de réduction d'IFT est atteint. Une réduction de **54,4 %** (Figure 2) est observée dans le système conventionnel bas intrants par rapport à la référence. Cette réduction n'a aucun impact sur le rendement qui est identique à la pratique de référence (Figure 3). De plus, la qualité des produits est identique et correspond aux cahiers des charges en vigueur. En AB, la réduction d'IFT est de **81,2 %** en AB Raisonné par rapport à la référence, et **100 %** en bas intrant. On observe une baisse des rendements de 18 % en moyenne sur les systèmes en AB par rapport aux systèmes conventionnels. Aucune différence n'est observée entre les systèmes AB, que ce soit pour les rendements ou la qualité.

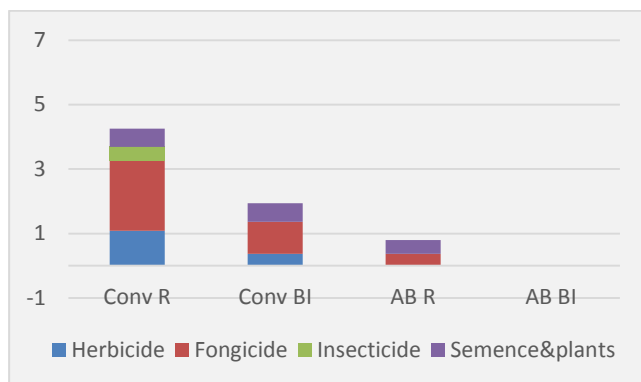


Figure 2 : IFT totaux moyens de la rotation 1 selon les différents niveaux de rupture. Conv R: Conventionnel Raisonné, Conv BI: Conventionnel Bas Intrant, AB R: Agriculture Biologique Raisonné, AB BI: Agriculture Biologique Bas Intrant.

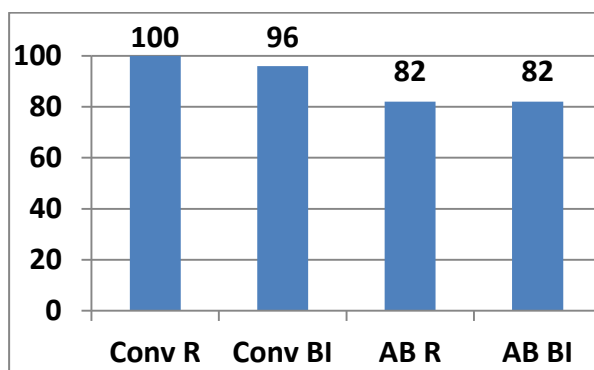


Figure 3 : Rendements mesurés par niveau de rupture à l'échelle du système. (Indice 100 pour Conv R). Conv R: conventionnel raisonné, Conv BI: conventionnel Bas Intrant, AB R: Agriculture biologique raisonné, AB BI: Agriculture Biologique Bas Intrant.

3.2.2 IFTsa potentiel de transfert

Le système Conv BI nous montre une forte réduction de l'IFTsa avec notamment une réduction de transfert horizontal et vertical des substances actives à faible (classe 1) et à fort potentiel de transfert (classe 3) (Figure 4 et 5).

Cet indicateur permet d'identifier les matières actives à risque. La Figure 6 nous montre l'exemple de risque de transferts horizontaux pour le système Conv R. Les substances actives des fongicides utilisés sur la culture d'échalote sont principalement classées en fort potentiel (classe 3 : mancozèbe, propamocarbe HCl et diméthomorphe). D'une manière générale, les substances actives des herbicides sont classées en fort potentiel de transfert. Elles représentent, avec les fongicides, la majorité des substances actives à risque.

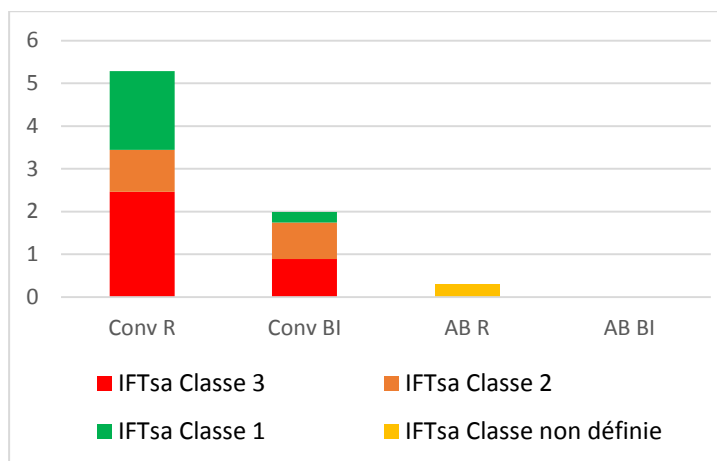


Figure 4 : IFTsa potentiel de transfert vers les eaux de surface. Conv R: conventionnel raisonné, Conv BI: conventionnel Bas Intrant, AB R: Agriculture biologique raisonné, AB BI: Agriculture Biologique Bas Intrant. La classe 1 correspond à un risque de transfert faible, la classe 2 à un risque moyen et la classe 3 à un risque fort.

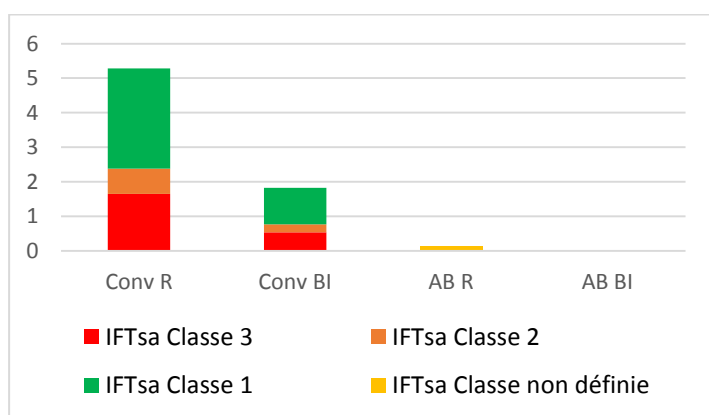


Figure 5 : IFTsa potentiel de transfert vers les eaux souterraines. La classe 1 correspond à un risque de transfert faible, la classe 2 à un risque moyen et la classe 3 à un risque fort.

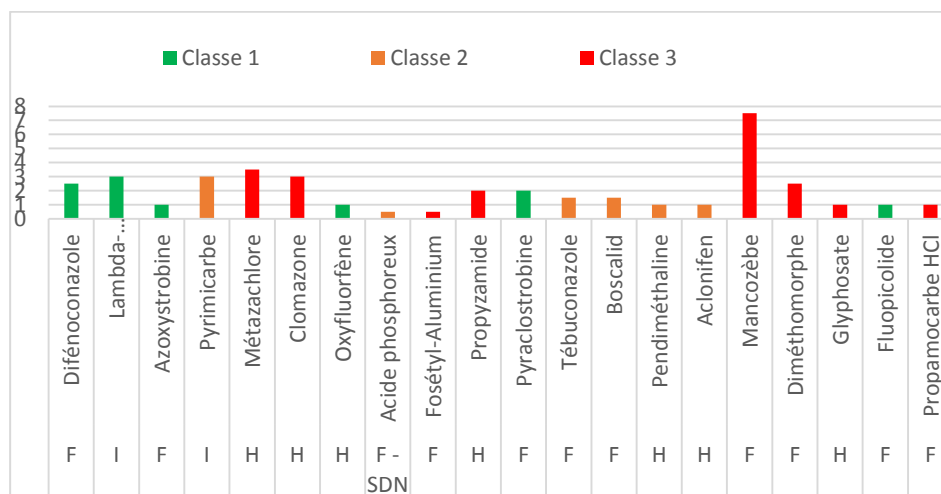


Figure 6 : Décomposition de l'IFTsa par matière active : exemple pour le système Conv R. La classe 1 correspond à un risque de transfert faible, la classe 2 à un risque moyen et la classe 3 à un risque fort. F correspond à fongicide, I à insecticide, H à herbicide et SDN à Stimulation des Défenses Naturelles)

3.2.3 Temps de travaux

Les temps de travaux varient de 331 heures/ha/an en AB R à 339 heures/ha/an en Conv BI (Figure 7). Ces temps sont identiques (2 % de différence) et montrent que la réduction des produits phytosanitaires dans ce type de système légumier, n'augmente significativement pas les temps de travaux. Ce résultat

concorde avec l'enquête agronomique chou-fleur réalisée par la chambre d'agriculture du Finistère en 2014 où il avait été démontré que le nombre de passages de sarclage/buttage est le même entre ceux qui ne dés herbent plus chimiquement et ceux qui le font encore (par contre la mise en œuvre du sarclage est plus précoce chez les non utilisateurs d'herbicides) (Estorgues et Stien, 2015).

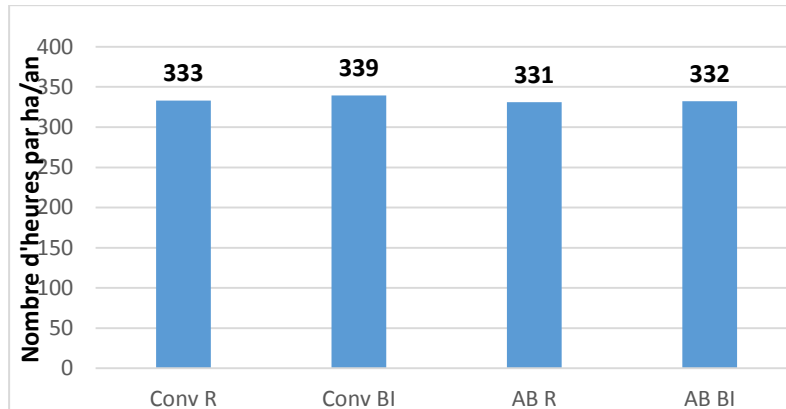


Figure 7 : Temps de travaux par an en h/ha par niveau de rupture. Conv R: Conventionnel Raisonné, Conv BI: Conventionnel Bas Intrans, AB R: Agriculture Biologique Raisonné, AB BI: Agriculture Biologique Bas Intrans.

3.2.4 Satisfaction des pilotes

Les bioagresseurs des cultures des systèmes ont été observés chaque année selon une intensité représentative de la région Bretagne. Sur les 6 ans du projet, (Tableau 5) la gestion des ravageurs a été excellente pour les 4 systèmes de culture (100 % de satisfaction).

Tableau 5 : Satisfaction des pilotes exprimée en % par famille de bioagresseurs. Conv R: conventionnel raisonné, Conv BI: conventionnel Bas Intrans, AB R: Agriculture biologique raisonné, AB BI: Agriculture Biologique Bas Intrans.

Niveau de rupture	Gestion adventices	Gestion maladies	Gestion ravageurs
Conv R	91,5	83,8	100,0
Conv BI	70,8	83,1	100,0
AB R	78,8	73,1	100,0
AB BI	78,8	76,2	100,0

La gestion des maladies est légèrement meilleure pour les systèmes conventionnels (satisfactions de 83,8 % en Conv R et 83,1 % en Conv BI) que pour les systèmes AB. Il est noté une faible différence entre AB R et AB BI (respectivement 73,1 % et 76,2 %). En AB, faute de solutions efficaces, le *Mycosphaerella* sur chou-fleur et le mildiou sur échalote ont pénalisé les rendements.

La gestion des adventices reste la meilleure dans la conduite Conv R (satisfaction 91,5 %), viennent ensuite les systèmes AB (78,8 % pour les deux pratiques), puis le système conventionnel bas intrans qui est moins satisfaisant (satisfaction 70,8 %). La moins bonne gestion en Conv BI est imputable aux passages manuels réalisés sur artichaut en 2016 et en 2017.

4. Discussions

L'approche système qui combine la mise en place de plusieurs leviers et un suivi sur une rotation est une approche nouvelle dans les stations expérimentales bretonnes, même si l'approche rotationnelle est étudiée depuis de nombreuses d'années sur la problématique azote.

La mise en place de ce type d'essais a été facilitée par un important travail antérieur réalisé par les structures professionnelles bretonnes (Stations expérimentales et Chambres d'agriculture) sur les leviers utilisés dans des essais factoriels : tolérances génétiques (Penguilly et Estorgues, 2012), types de bineuses (Larrieu et Estorgues, 2009), prise en compte de la faune auxiliaire (Collet, 2004), maîtrise de la mouche du chou (Penguilly et Porteneuve, 2012), seuils de nuisibilités (Estorgues et al, 2012)... C'est la « boîte à outils » qui permet de construire des systèmes innovants et performants : sans-elle, l'approche système est impossible à mettre en place. Ainsi dans l'expérimentation BREIZLEG, les leviers utilisés étaient tous validés et fiables (minimisant ainsi la prise de risques), principalement dans le domaine de l'efficience et de la substitution. En effet, dans les objectifs de la profession, il fallait tester et valider des leviers facilement transférables aux producteurs, tout en maintenant leurs revenus.

Certaines règles de décision testées se sont montrées insatisfaisantes (*Mycosphaerella* sur chou-fleur tardif, pucerons verts en automne sur artichaut...) et devront être revues. D'autres règles (mildiou de l'échalote) ont montré avec surprise que la gestion de cette maladie peut être optimisée car les règles de décision étaient trop sécuritaires. De même, il s'avère que certaines règles sont très liées aux homologations des produits phytosanitaires, comme par exemple, sur chou-fleur, le traitement de la semence avec Chlorpyrifos-éthyl (Pyristar). Cette technique, utilisée à une très faible dose (1 g/ha), permettait de faire l'impasse de protection sur plants et sur parties aériennes en post-plantation, sont à revoir suite au retrait de cette matière active.

Parmi les indicateurs utilisés, l'IFTsa a été jugé particulièrement intéressant, puisqu'il combine un indicateur de pratique sans le biais des produits commerciaux multi-matières actives et un indicateur d'impact sur le risque de contaminations (transferts) des eaux de surfaces et profondes. Cet indicateur mériterait une diffusion à plus grande échelle.

Dans ce projet, l'évaluation a été faite à partir de quelques indicateurs issus des 3 piliers de la durabilité, mais faute de disponibilité d'un outil opérationnel en filière légumière, la durabilité globale de nos 3 systèmes à bas intrant (Conv BI et les 2 systèmes AB) n'a pu être totalement caractérisée. Dans un contexte de développement de l'agro-écologie et d'une forte réduction des produits phytosanitaires, l'évaluation de nouveaux systèmes plus innovants et en rupture par rapport aux systèmes actuels devient indispensable.

Concernant la diffusion de ces résultats aux producteurs, celle-ci est déjà en cours par le biais des règles de décision validés durant les 6 ans de l'expérimentation. Cette diffusion se fait dans le cadre de fiches techniques régionales (chou-fleur et artichaut pour l'instant). L'approche méthodologique à l'échelle des systèmes de culture sera réalisée au travers de formations techniques (Certiphyto...) ou lors d'ateliers spécifiques comme la conversion à l'agriculture biologique (Formation dispensée depuis 2017 par la CRAB).

Conclusions

L'évaluation *ex post* des systèmes de culture de l'expérimentation BREIZLEG confirme qu'il est possible d'améliorer les systèmes de culture légumiers pour le marché du frais, dans une optique de réduction des intrants phytosanitaires, en préservant les performances économiques, environnementales et sociales. L'objectif de réduction des pesticides est atteint (-54,4 %) sur 6 ans en système conventionnel bas intrant.

L'évaluation a montré que la réduction de l'utilisation des pesticides fixé par le plan Ecophyto (-50 % d'ici 2025) peut être atteinte sur un système de culture représentatif des cultures bretonnes légumières. Si l'analyse se fait à l'échelle de la culture, on observe des baisses différentielles (entre la conduite conventionnelle raisonnée et bas intrants) : -89 % sur l'artichaut, -66 % sur chou-fleur d'hiver et -34 % sur échalote. Les leviers mobilisés (en partie conçus et validés au préalable lors d'essais factoriels) sont

efficaces pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires, sans porter préjudice aux performances du système Conv BI.

Un travail de diffusion des résultats et de transférabilité des règles de décisions aux producteurs a été initié via les conseillers spécialisés légumes des Chambres d'agriculture de Bretagne. L'approche système doit être une base solide pour l'établissement de systèmes de culture plus durables chez les producteurs. Les résultats obtenus en AB sur la station de Terre d'Essais doivent également être diffusés pour encourager les producteurs à produire en agriculture biologique et les rassurer durant leur conversion.

Le nouveau projet DEPHY EXPE Ecophyto BREIZHECOLEG permettra sur la période 2018-2023 de mobiliser les acquis de BREIZLEG, tout en accentuant les ruptures, en mobilisant davantage les leviers préventifs (modification des rotations, contrôle cultural...) pour atteindre une baisse de 75 % des IFT en conventionnel. Il devrait permettre aussi de rendre les systèmes biologiques plus attractifs, moins pénibles, plus résilients et à moindre coût, afin de les démocratiser au maximum.

Financement : Ce projet a bénéficié du financement de l'Agence Française de la Biodiversité (ONEMA - AFB), ainsi que des producteurs bretons regroupés au sein de l'AOP Cerafel.

Remerciements

Nous remercions sincèrement pour leur aide et accompagnement, le Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture Innovants et en particulier son animatrice, Marie Sophie Petit, pour son aide à la rédaction des schémas décisionnels et des règles de décision et le GIS PIClég, lors des multiples échanges lors des journées techniques du groupe système.

Références bibliographiques

- Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I. et Voltz M., 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64 p.
- Brunet N., Guichard L., Omon B., Pingault N., Pleyber E., Seiler A., 2008. L'indicateur de fréquence de traitements (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n°56, p. 132-141.
- Charbonnier E., Ronceux A., Carpentier A.-S., Soubelet H., Barriuso E., 2015. Pesticides, des impacts aux changements de pratiques. Editions Quae. 400 p.
- Collet J.-M., 2004. La PBI en artichaut : un état des lieux après 10 ans de recherches. *Aujourd'hui et Demain*, 79 : 25-28.
- Comité de développement de la zone légumière, 1999. Fiches technico-économiques Légumes de plein champ, 112 p.
- Estorgues V., Larrieu G., Cochard L., 2012. Pucerons et chenilles sur chou-fleur d'hiver, traitez les avec mépris. *Aujourd'hui et demain*, 112 : 7-10.
- Estorgues V., Stien J.-P., 2015. Enquête agronomique d'une rotation chou-fleur conventionnel dans le Finistère, campagne 2013/2014, 26 p.
- Havard M., Alaphilippe A., Deytieux V., Estorgues V., Labeyrie B., Lafond D., Meynard J.-M., Petit M.S., Plénet D., Picault S., Faloya V., 2017. Guide de l'expérimentateur système : concevoir, conduire et valoriser une expérimentation "système" pour les cultures assolées et pérennes, GIS PIClég, GIS Fruits, Réseau ECOVITI, RMT Systèmes de culture innovants, GIS Relance Agronomique, 172 p.

Landais E., 1998. Agriculture durable : les fondements d'un nouveau contrat social ? Le Courrier de l'environnement de l'INRA, Paris : Institut national de la recherche agronomique Délégation permanente à l'environnement, 33, pp.5-22

Larrieu G., Estorgues V., 2009, « Désherbage mécanique intégral des choux. Une alternative réaliste au désherbage chimique ». Aujourd'hui et demain, 101, p3-7.

Le Breton M., 2014. Synthèse de l'étude sur l'indicateur de fréquence de traitement substance active IFTsa. Ecophyto 2018 – Axe 1 – Action 6 – Amélioration de l'IFT et première déclinaison environnementale, guide technique et algorithmes de calculs. Onema, Inra, Ineris, 845 p.

Le Cunff Y., 2017. L'expérimentation système Breizleg : évaluation de systèmes de production de légumes frais à bas intrants phytosanitaires, bilan de 6 ans. Mémoire de Master 2 Sciences Technologie Santé, mention Biologie Agronomie, Santé : Spécialité Production et Technologie du Végétal (ProTeV), Parcours Sélection, Production et Valorisation des Végétaux (SPVV), option PVI. Rennes : Agrocampus Ouest. 2017. 27 p.

Leng R.A., 2008. Decline in available world resources; implications for livestock production systems in Asia. Livestock Research for Rural Development, 20 (1)

Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2015. [En ligne] Disponible sur : <http://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-pour-reduire-lutilisation-des-produits-phytosanitaires-en-france> (consulté le 16/05/2017)

Meynard J.M., Girardin P., 1991. Produire autrement. Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA n° 15, p. 1-19

Penguilly D., Porteneuve C., 2012. Mouche du chou : diminuer les doses avec SUCCESS, Aujourd'hui et Demain, 111, 6-8.

Penguilly D., Estorgues V., 2012. Les variétés tolérantes au *Mycosphaerella* elles s'affranchissent d'un fongicide !, Aujourd'hui et Demain, 113, 6-8.

Ramade F., 1989. Eléments d'écologie : écologie appliquée, Edition McGraw-Hill, 578 p.

Reau R., Doré T., 2008. Systèmes de culture innovants et durables, quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? Educagri Editions. Dijon. 176 pages.

Sebillotte M., 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In Combes L. et Picard D. (Eds), « Les systèmes de culture », INRA, Paris, ISBN 2-7380-0256-0, pp. 165-196.

Vance P.R., 2001. Update on the state of nitrogen and phosphorus nutrition: Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition : Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant physiology, 127, 390-397

Zavagli F., 2016. Le réseau dephy Expe Ecophyto Pomme : Les enseignements à mi-parcours, Infos CTIFL n°32, p. 38-44

Zahm F., Gouy V., Morin S., Kuentz-Simonet V., Leccia-Phelpin O., Vernier F., Miralles A., Petit K., Raymond C., Mazzella N., de Fouquet C., Le Breton M., Guichard L., 2016. Proposition d'une démarche intégrative de confrontation entre valeurs d'indicateurs pesticides, valeurs estimées par la modélisation agro-hydrologique et descripteurs écotoxicologiques dans un processus de validation d'indicateurs. Application à l'IFT Substance Active potentiel de transfert. 46^{ème} congrès du Groupe Français des Pesticides, 17-19 mai 2016, Bordeaux, 6 p.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).