Expérimentation et évaluation de systèmes de culture économes en intrants en production porcine en Bretagne

Enora Guillossou

▶ **To cite this version:**

Enora Guillossou. Expérimentation et évaluation de systèmes de culture économes en intrants en production porcine en Bretagne. Sciences agricoles. 2013. dumas-00905374

HAL Id: dumas-00905374

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00905374

Submitted on 18 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AGROCAMPUS OUEST
CFR Rennes
65 rue de Saint-Brieuc
CS 84215
35042 Rennes Cedex

Chambre régionale
d'agriculture de Bretagne
4 avenue du Chalutier
« Sans Pitié »
BP 10540 - 22195 PLERIN
Cedex

Mémoire de Fin d'Études

Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage

Année universitaire : 2012 - 2013

Spécialité : Sciences et productions végétales

Option : Ingénierie des agrosystèmes

Expérimentation et évaluation de systèmes de culture économes en intrants en production porcine en Bretagne

Par : Enora Guillossou

Bon pour dépôt (version définitive) ❑

Date : …./…/… Signature

Autorisation de diffusion : Oui ❑ Non❑

Devant le jury *:*

Soutenu à Rennes le : 11 septembre 2013

Sous la présidence de : Matthieu Carof

Maître de stage : Jean-Luc Giteau

Enseignant référent : Matthieu Carof

Autres membres du jury : Safya Menasseri, Olivier Godinot, Aurélien Dupont

"*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*".

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Cadre lié à la confidentialité :

Aucune confidentialité ne sera prise en compte si la durée n'en est pas précisée.

Préciser les limites de la confidentialité [2] **:**

➢ Confidentialité absolue : ☐ oui ☐ non

(ni consultation, ni prêt)

Si oui ☐1 an ☐5 ans ☐10 ans

Le maître de stage[4]**,**

Cadre lié à la diffusion du mémoire :

A l'issue de la période de confidentialité et/ou si le mémoire est validé diffusable sur la page de couverture, il sera diffusé sur les bases de données documentaires nationales et internationales selon les règles définies ci-dessous :

Diffusion de la version numérique **du mémoire** : ☐ oui ☐ non

Référence bibliographique diffusable[3] : ☐ oui ☐ non

Résumé diffusable : ☐ oui ☐ non

Mémoire papier consultable sur place : ☐ oui ☐ non

Reproduction autorisée du mémoire : ☐ oui ☐ non

Prêt autorisé du mémoire papier : ☐ oui ☐ non

……

Diffusion de la version numérique **du résumé** : ☐ oui ☐ non

↳ *Si* oui, l'auteur[1] complète l'autorisation suivante :

Je soussigné(e) , propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.

Date : *Signature :*

Rennes/Angers, le

L'auteur[1]**,**

L'enseignant référent
ou son représentant

(1) auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études
(2) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.
(3) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé.
(4) Signature et cachet de l'organisme

Remerciements

Je remercie tout d'abord Jean-Luc Giteau de m'avoir permis de réaliser ce stage au sein de la Chambre d'agriculture de Bretagne. Un grand merci pour tes conseils et ta patience. J'ai énormément appris durant ce stage sur les systèmes de culture et l'agriculture en général.

Merci à Annie Charter d'avoir partagé sa précieuse expérience de la protection des cultures.

Merci à Patrick Mahé et à Jean-Pierre Arzul pour leur aide tout au long de ce projet.

Je tiens à remercier toute l'équipe de la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne et de la Chambre départementale d'agriculture des Côtes-d'Armor pour leur aide tout au long de ce stage.

Je tiens aussi à remercier l'ensemble des agriculteurs enquêtés pour leur participation à cette étude.

Merci à Anaïs pour tous ces bons moments et les petites pauses sandwichs !

Enfin, merci à toute ma famille, mes amis et à Thomas pour leur soutien tout au long de ce stage et plus globalement de mes études.

Liste des abréviations

ANOVA : ANalysis Of Variance
BCMA : Bureau de Coordination du Machinisme Agricole
CER : Centre d'Economie Rurale
CETIOM : Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains
CHO : CHarges Opérationnelles
CHM : CHarges de Mécanisation
CIPAN : Culture Pièges A Nitrates
CORPEP : Cellule d'Orientation Régionale pour la Protection des Eaux Contre les Pesticides
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DT50 : Temps de demi-vie
IFT : Indice de Fréquence de Traitement
IFTH : Indice de Fréquence de Traitement Herbicides
IFTHH : Indice de Fréquence de Traitement Hors Herbicides
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
ITK : Itinéraire Technique
KOC : Coefficient de partage carbone organique/eau
MAE : Mesures Agroenvironnementales
MASC : Multi-Attribute Assessment of the Sustainability of Cropping Systems
PAC : Politique Agricole Commune
PMG : Poids de Mille Grains
QSA : Quantité de Substances Actives
QSAH : Quantité de Substances Actives Herbicides
QSAHH : Quantité de Substances Actives Hors Herbicides
RH : Réserve Hydrique
RMT : Réseau Mixte Technologique
RU : Réserve Utile
SA : Substance Active
UTH : Unité de Travail Humain

Liste des figures

Figure 1 : Etapes pour la mise en place et l'évaluation de systèmes de culture …….. 3

Figure 2 : Leviers agronomiques retenus dans l'essai de Crécom ……..……..……6

Figure 3 : QSA (en g de substances actives/ha/an) issus de produits herbicides et hors herbicides, apportés dans les trois systèmes de culture en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012)……..……12

Figure 4 : Nombre de passages par hectare et par an, en fonction de la culture et du type d'intervention, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012) sur les essais de Crécom (C) et chez les agriculteurs (A) (hors récolte)…….14

Figure 5 : Temps de travail par hectare et par an, en fonction de la culture et du type d'intervention, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012) sur les essais de Crécom (C) et chez les agriculteurs (A) (hors récolte)……..……..15

Figure 6 : Charges opérationnelles, de mécanisation et marge directe des 3 systèmes de culture étudiés à Crécom sur les trois années d'étude (2009-2012) (hors récolte)……..…...15

Figure 7 : Charges de mécanisation en fonction du type d'intervention et de culture, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012) sur les essais de Crécom (C) et chez les agriculteurs (hors récolte)…….……..16

Liste des tableaux

Tableau 1 : Objectifs de l'essai en fonction des différents piliers de la durabilité……..……5

Tableau 2 : Type d'amendements apportés sur le système de culture de Crécom, selon le système et la culture, au printemps et à l'automne……..…..7

Tableau 3 : IFT des trois systèmes (Lisier, Fumier, Mixte) de Crécom, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012)……..……..…11

Tableau 4 : IFT des cultures de Crécom, en moyenne sur les trois années d'études (2009-2012)…….12

Liste des annexes

Annexe I : Calculs des indicateurs issus de l'outil Territ'eau

Annexe II : Méthode Barralis de suivi des adventices

Annexe III : Protocoles de suivis des maladies et ravageurs du colza utilisés dans le cadre du Bulletin de Santé du végétal

Sommaire

Introduction 1

1. Contexte et problématique de l'étude 2
   a. L'agriculture bretonne et ses impacts sur l'environnement 2
   b. La durabilité des systèmes de production 2
   c. Conception et évaluation de systèmes de culture innovants 3
   d. Ecophysiologie du colza nécessaire au diagnostic agronomique 4
   e. Dispositif « Systèmes de culture en production porcine de Crécom » 5
      i. Objectifs et historique de l'essai 5
      ii. Problématique et hypothèses de l'étude 6
2. Matériel et méthodes 7
   a. Présentation de l'essai 7
      i. Contexte pédoclimatique 7
      ii. Dispositif expérimental 7
   b. Analyse de la durabilité des systèmes 7
      i. Références agriculteurs 7
      ii. Durabilité environnementale 8
      iii. Durabilité sociale 9
      iv. Durabilité économique 9
   c. Diagnostic agronomique du colza sur la campagne 2013-2013 10
      i. Bilan hydrique 10
      ii. Suivi de la flore adventice 10
      iii. Suivi des maladies et ravageurs 11
      iv. Composantes de rendement 11
      v. Analyse statistique 11
3. Résultats 11
   a. Evaluation de la durabilité des systèmes entre 2009 et 2012 11
      i. Durabilité environnementale 11
      ii. Durabilité sociale 14
      iii. Durabilité Economique 15
   b. Diagnostic agronomique du colza 16
      i. Indicateurs de croissance, de développement et d'élaboration du rendement 16
      ii. Etats culturaux influençant ces indicateurs 17
4. Discussion 19
   a. Durabilité des systèmes 19
   b. Diagnostic agronomique du colza 21

Conclusion 23

Bibliographie 24

Annexes

Introduction

Après la seconde guerre mondiale, la nécessité d'augmenter la production de denrées alimentaires engendre une spécialisation des exploitations et des bassins de productions (Paboeuf, 2011). Ainsi, la Bretagne est aujourd'hui la première région française pour les productions animales (AGRESTE Bretagne, 2012a). Ce développement rapide et cette spécialisation de l'agriculture bretonne a engendré de nombreuses externalités négatives et notamment une pollution des eaux par les nitrates, le phosphore et les pesticides.

De plus, dans le contexte actuel de mondialisation des échanges avec des prix des produits agricoles fluctuants, mais aussi l'émergence de nouvelles attentes du consommateur (qualité sanitaire, bien-être animal) et de la société (développement territorial) (Meynard, 2008), l'agriculture se doit d'évoluer vers des systèmes dits « durables ». Ce concept peut être défini comme un "mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations à venir de satisfaire les leurs" (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2012). Ainsi, l'agriculture bretonne est confrontée à de nombreux enjeux et ne peut plus raisonner en terme de rendement à l'échelle annuelle de la culture ou de la parcelle mais par une approche globale dans l'espace et dans le temps (assolement et rotation).

Le dispositif expérimental des Chambres d'agriculture de Bretagne s'inscrit dans cette recherche de durabilité des systèmes de culture en production porcine. Depuis 2006, 2 systèmes d'élevage sont testés à la station expérimentale de Crécom située à Saint-Nicolas-du-Pélem (22) : un système sur caillebotis et un système alternatif sur paille. L'optimisation des conditions d'élevage a pour but de diminuer les rejets des animaux en azote, phosphore et potasse. Cette expérimentation est complétée depuis 2009 par un prolongement agronomique reposant sur 3 systèmes de culture différenciés par le type d'effluents apportés : un système conventionnel évolué (lisier), un système alternatif (fumier) et un système mixte (fumier et lisier). L'objectif de ce dispositif est de limiter les impacts environnementaux des trois systèmes de culture mettant en œuvre des solutions alternatives à l'utilisation des pesticides et un ensemble de règles de décision permettant l'élaboration d'un système économes en intrants. A ceci s'ajoute une prise en compte des dimensions économique et sociale avec la volonté de ne pas dégrader la rentabilité et les conditions de travail de ces systèmes.

Ce rapport abordera dans une première partie une synthèse bibliographique présentant notamment la nécessité d'évoluer vers des systèmes de culture durables et les objectifs de l'étude. Dans un second temps, le dispositif expérimental et les méthodes mises en oeuvre pour évaluer les systèmes étudiés seront détaillés avec une partie sur l'évaluation de la durabilité des systèmes de 2009 à 2012 et un focus sur les résultats du colza de la campagne 2013. Les résultats seront ensuite présentés et une discussion permettra de proposer différentes perspectives pour évoluer vers des systèmes plus performants.

Contexte et problématique de l'étude

a. L'agriculture bretonne et ses impacts sur l'environnement

Au milieu du 20ème siècle, on assiste à un contexte de pénurie nationale pour la plupart des produits agricoles. Afin d'optimiser la production de viande de porc, les exploitations se spécialisent et de grands bassins de production apparaissent (Paboeuf, 2011). Ainsi, la Bretagne est devenue la première région française pour les productions porcine avec, en 2010, 58 % du tonnage national de viande porcine (Agreste Bretagne, 2012a).

Ce développement et cette spécialisation de l'agriculture, associés à l'utilisation importante d'intrants, a permis d'assurer une production alimentaire en quantité et en qualité, mais est aujourd'hui responsable de nombreuses externalités négatives.

En 2010, l'eau de 23% des stations suivies par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne n'était pas de bonne qualité, concernant le phosphore, élément provenant à 60% de l'agriculture (DREAL Bretagne, 2012 ; Comité de bassin Loire-Bretagne, 2009). En effet, le bilan phosphore breton est deux à trois fois supérieur à la moyenne française. Ce bilan a cependant diminué, passant 65 kg de P_20_5/ha à 21 kg de P_20_5/ha entre 1980 et 2005 du fait de la réduction des apports d'engrais (Fourrie *et al.,* 2011). Concernant les nitrates, après des pics de concentration dans les eaux superficielles bretonnes à plus de 50mg/L dans les années 1990, un palier voisin de 38mg/L est observé depuis 2002 (DREAL Bretagne, 2012). Cette valeur peut être en partie expliquée par un bilan azoté excédentaire, en moyenne de 25kg par hectare (Agreste Bretagne, 2012b). Ces teneurs élevées en phosphores et en nitrates augmentent le risque d'eutrophisation des eaux superficielles, avec le développement de végétaux aquatiques. Ce phénomène engendre des difficultés notamment pour la production d'eau potable et la vie aquatique (DREAL Bretagne, 2012).

Malgré une baisse de 40% des quantités de matières actives utilisées sur le sol breton entre 2001 et 2006, les pesticides sont toujours présents en grande quantité dans les eaux bretonnes. En effet, le quart des stations suivies en Bretagne présentent des concentrations maximales, supérieures à 2µg/L (DREAL Bretagne, 2012). Au risque environnemental s'ajoute le risque pour l'agriculteur utilisant ces pesticides lors de la préparation et l'application des produits avec des effets à court et long terme sur la santé.

b. La durabilité des systèmes de production

Les problèmes environnementaux couplés à des problèmes économiques liés à la surproduction, ont progressivement remis en cause le modèle de production agricole mondial. Ainsi en 1987, le concept de développement durable émerge dans le rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (rapport Brundtland). La durabilité est alors définie comme « mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations à venir de satisfaire les leurs" (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2012). De nombreuses définitions ont depuis vu le jour mais un consensus existe aujourd'hui sur la prise en compte de trois « piliers » : environnemental, économique et social, le développement durable se situant à l'intersection de ces trois domaines (Bockstaller *et al.*, 2008).

De nombreuses politiques agricoles ont été mises en place pour soutenir ce concept. En France, le Plan Ecophyto, est une des mesures phares visant à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires dans les exploitations agricoles par le biais de techniques alternatives (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'énergie, 2011a).

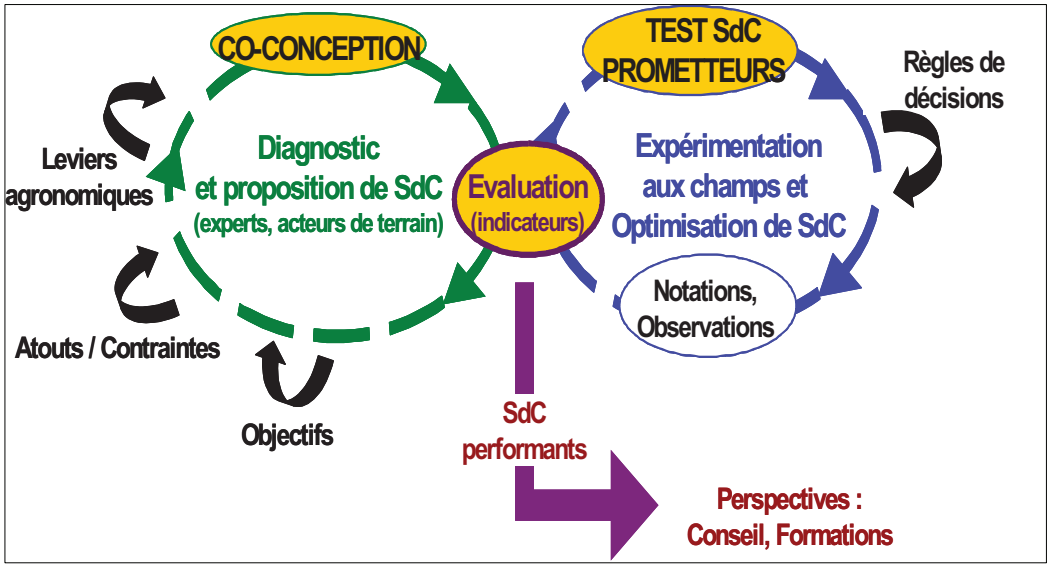


Figure 1 : Etapes pour la mise en place et l'évaluation de systèmes de culture (D'après Mortreuil, 2012). Les trois étapes majeures de mise en place et d'évaluation de systèmes de culture sont ici détaillés : la co-conception, l'évaluation avec des indicateurs et le test au champ des systèmes

Au niveau européen, plusieurs directives de la Politique Agricole Commune (PAC) permettent de soutenir le développement de mesures en faveur d'une agriculture durable. Parmi elles, les Mesures Agro-Environnementales (MAE), grâce auxquelles les agriculteurs peuvent recevoir des aides cofinancées par l'Union Européenne et l'Etat français, en faveur de l'environnement comme la réduction de l'usage des pesticides ou des engrais azotés (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'énergie, 2011b).

Dans ce contexte d'émergence d'un développement durable, la production intégrée peut apparaître comme l'un des modes de production à privilégier pour atteindre les objectifs précédemment cités. Ce concept a été décrit en 1976 par l'Organisation Internationale de Lutte comme « une production économique de produits de haute qualité, donnant la priorité à des méthodes écologiquement plus sûres, minimisant l'utilisation et les effets indésirables des produits agrochimiques et visant à l'amélioration de la sécurité environnementale et de la santé humaine » (Lucas, 2007). Les objectifs de la production intégrée sont vastes allant du maintien des mécanismes de régulation naturelle à la préservation de la fertilité des sols (Lucas, 2007). La production intégrée comprend la protection intégrée, des techniques de production raisonnée (régime hydrique, engrais verts, intervention localisée …) et une optimisation du rapport qualité/quantité des produits récoltés (Vincenot *et al.*, 2009).

Le concept de la protection intégrée rassemble un ensemble de leviers visant à empêcher l'établissement des populations de bioagresseurs au sein des cultures, à rendre ces cultures à la fois moins propices à leur développement et moins vulnérables aux dégâts qu'elles pourraient occasionner (Lucas, 2007). Les observations et suivis de bio-agresseurs et d'organismes utiles sont des aspects importants de la protection intégrée des cultures permettant la mise en place de seuils d'intervention prenant en compte la nuisibilité des bio-agresseurs, la présence d'organismes bénéfiques et le coût des interventions (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013).

c. Conception et évaluation de systèmes de culture innovants

Pour faire face aux multiples défis auxquels elle se trouve confrontée, notamment la nécessité de s'inscrire dans une démarche de durabilité, l'agriculture se doit d'évoluer. Cette réflexion s'articule aujourd'hui à l'échelle du système de culture, échelle offrant plus de perspectives, en permettant de mobiliser de nombreux leviers et leurs interactions. Un système de culture peut être défini par l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur une parcelle ou un ensemble de parcelles agricoles et traitées de manière identique dans un contexte pédo-climatique donné. Chaque système de culture se définit par (i) la nature des cultures et leur ordre de succession et (ii) les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures (Sebillotte, 1990). L'itinéraire technique désigne quant à lui l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur le pas de temps d'un cycle de production au niveau d'une parcelle. Il peut être défini par un ensemble de règles de décision mettant en correspondance, les valeurs prises par certaines variables d'état de la culture et des actions techniques (Meynard *et al.,* 2001). Il est donc nécessaire de s'intéresser au lien existant entre les actes techniques mis en œuvre successivement sur une parcelle. Les décisions sont en effet liées les unes aux autres, l'agriculteur raisonnant dans un cadre précis avec des objectifs de production, des contraintes et des moyens disponibles. De plus, les différentes techniques culturales peuvent agir sur les mêmes caractéristiques, physiques, chimiques et biologiques de l'environnement de la plante (Meynard *et al.,* 2001).

Les systèmes de culture innovants sont construits en trois étapes : la co-conception, l'évaluation et le test au champ (Figure 1). La co-conception est effectuée en deux temps par un groupe d'experts. Un diagnostic de l'exploitation est établi et permet l'identification des forces et faiblesses de celle-ci mais aussi du territoire dans lequel elle est ancrée. Puis, des stratégies agronomiques sont mobilisées en fonction des objectifs fixés et du diagnostic pour proposer différents prototypes (Giteau *et al.,* 2012).

Ces prototypes de systèmes de culture sont ensuite évalués afin de sélectionner le plus prometteur qui sera testé au champ. Cette phase d'évaluation permet de tester les stratégies agronomiques et d'ajuster les règles de décision en fonction de l'objectif de départ (Giteau *et al.,* 2012). Des indicateurs peuvent alors être mis en place lors de cette phase. Les indicateurs sont « des grandeurs de nature très diverse qui fournissent une information au sujet des variables plus difficiles d'accès ». Ils permettent donc de faciliter l'évaluation des systèmes face aux objectifs et aident la prise de décision (Bockstaller *et al.,* 2008). Ces indicateurs peuvent être utilisés dans le cadre d'outil d'aide à la décision. Les systèmes de culture retenus sont ensuite testés au champ. Des diagnostics agronomiques sont effectués annuellement sur chaque culture et permettent de mettre en avant, les critères qui n'obtiennent pas un résultat satisfaisant, les fonctions écosystémiques qui sont en cause et les actes techniques qui pourraient être modifiés pour influencer ces fonctions (Meynard, 2008). Chaque année, le système est à nouveau réévalué par le biais d'indicateurs afin de vérifier si les objectifs sont atteints (Figure 1).

d. Ecophysiologie du colza nécessaire au diagnostic agronomique

Le diagnostic agronomique est donc un des outils d'optimisation des systèmes de culture permettant d'identifier les principaux facteurs limitant les performances. Ainsi pour le réaliser une bonne connaissance de l'écophysiologie du colza est nécessaire.

- ***Développement du colza et élaboration des composantes de rendement***

Semé en fin d'été, le colza d'hiver développe une rosette et un pivot avant l'hiver. L'élongation des entre-nœuds ne commence le plus souvent qu'à la fin de l'hiver mais peut varier en fonction de nombreux facteurs (variété, climat, date de semis, fertilisation …). La floraison (inflorescence en grappes à croissance indéfinie) peut durer 4 à 6 semaines et la maturité des graines est acquise 6 à 7 semaines après la fécondation (AgroParisTech, 2003 ; Gnis Pédagogie, 2013). L'analyse des composantes du rendement est un outil permettant d'effectuer un diagnostic agronomique. L'objectif est ici de comprendre comment le rendement s'est élaboré à partir des différentes composantes en tenant compte des stades phénologiques de développement de la culture (Zadoks *et al.*, 1974). Les composantes de rendement du colza sont définies par : le nombre de pieds/m^2, le nombre de siliques/pieds, le nombre de grains/silique et le Poids de Mille grains (PMG). De nombreux facteurs biotiques et abiotiques peuvent impacter ces composantes du rendement.

- ***Facteurs abiotiques***

Pour effectuer son cycle, le colza a besoin d'environ 2330°J (base 0°C) et le zéro de germination du colza d'hiver est de 7°C (Merrien *et al.,* 2009). Durant l'hiver, la résistance du colza est maximale au stade 8 feuilles et le seuil létal est d'environ -18°C (CETIOM, 2013a). Pour atteindre le stade 8 feuilles, le colza nécessite au minimum 650 degrés jours (base 0°C) (Bougel *et al.,* 2010). Au printemps, il y a risque d'avortement des fleurs dès lors que le seuil de 0°C est atteint. Des températures élevées peuvent aussi être néfastes aux plants de colza notamment à l'automne où elles sont l'un des facteurs favorisant l'élongation des plants de colza et au printemps où elles peuvent conduire à la chute des boutons floraux (AgroParis Tech, 2003 ; Vogrincic *et al.,* 2011). Un manque d'eau peut impacter la culture à la levée, avec un risque d'irrégularité de celle-ci, et entre la floraison et la période du remplissage des siliques où il peut limiter le poids de mille grain. Un excès d'eau peut aussi pénaliser la culture en diminuant la croissance et la production de matières sèches racinaires (CETIOM, 2013b). Le colza est une plante considérée comme « piège à nitrates » qui a des besoins importants en azote : 6,5 kg par quintal de grain produit. Au-delà de 300 unités absorbées, l'azote n'est plus limitant (CETIOM, 2013c).

<u>Tableau 1 :</u> Objectifs de l'essai en fonction des différents piliers de la durabilité
(D'après Mortreuil, 2012)

Piliers de la durabilité	Objectifs généraux	Objectifs
Durabilité environnementale	Diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires	Réduire l'utilisation des produits phytosanitaires de 50%
	Diminuer le transfert des intrants	Réduire le transfert des produits phytosanitaires vers les eaux
		Réduire le lessivage des nitrates
		Réduire le transfert du phosphore vers les eaux de surface
	Atteindre un équilibre en phosphore	Réduire les apports en phosphore
Durabilité économique	Maintenir une rentabilité acceptable	Maintenir la production nette
		Maintenir les marges brute et directe
Durabilité sociale	Maintenir une organisation acceptable du travail	Limiter le nombre d'interventions
		Limiter le temps de travail

Cependant, une surfertilisation à l'automne provoque une augmentation du risque d'élongation et une baisse significative de la teneur en huile (Vogrincic *et al.,* 2011).

- ***Facteurs biotiques***

En Bretagne, de par notamment le climat doux et humide, de nombreuses maladies peuvent affecter le fonctionnement des plants de colza. A l'automne, le phoma peut entraîner une rupture du collet et provoquer des pertes de rendement de plus de 50 % (CETIOM, 2013d). Au printemps d'autres maladies peuvent toucher le colza. *Sclerotinia sclerotiorum* se conserve dans le sol sous forme de sclérotes. Au printemps les spores contaminent les pétales qui en tombant contaminent à leur tour les autres tissus. La nuisibilité peut aller jusqu'à 19q/ha dans les cas les plus graves (CETIOM, 2013e ; HYPP Pathologie INRA, 2013a). *Mycosphaerella brassicicola* a une fréquence moindre mais a touché la plupart des variétés en 2007 et 2008 suite à des conditions climatiques favorables : 15-20°C et forte humidité. Les lésions circulaires présentent en premier lieu sur les feuilles peuvent contaminer les siliques et engendrer une nuisibilité moyenne de 8 q/ha (CETIOM, 2013f ; Deléglise *et al.,* 2012).

De nombreux ravageurs s'attaquent au colza notamment les limaces, les charançons de la tige du colza, les méligèthes et les charançons des siliques du colza. A l'automne, les limaces sont très nuisibles en période d'émergence de la plantule car elles peuvent sectionner l'hypocotyle et limiter ainsi de façon définitive la croissance du colza (PROLEA CETIOM, 2001). Au printemps, lorsque la température est supérieure à 9°C et en l'absence de vent, les charançons de la tige du colza (*Ceuthorhynchus napi*) commencent à pondre dans la tige du colza entraînant une déformation et un éclatement de la tige (HYPP Zoologie INRA, 2013b). Les méligèthes (*Meligethes aeneus*) volent vers les crucifères cultivées à partir de 15°C. Avant la floraison, les adultes perforent les boutons floraux pour se nourrir des étamines, entraînant une stérilité et une chute prématurée des fleurs (HYPP Zoologie INRA, 2013c). L'activité du charançon des siliques du colza (*Ceuthorhynchus assimilis*) reprend aussi dès que la température atteint 15°C, avec une ponte à l'intérieur des siliques en juin. Ces piques de charançons permettent aux cécidomyies de déposer leurs œufs. L'activité larvaire de celles-ci entraîne l'éclatement des siliques et des pertes de rendements pouvant atteindre 50% (HYPP Zoologie INRA, 2013d). La culture du colza peut être qualifiée de culture étouffante, grâce à sa production massive et rapide de biomasse (Valantin-Morison *et al.*, 2008). Néanmoins certains adventices peuvent être fortement préjudiciables à la culture du colza (le gaillet, la matricaire, la ravenelle, le sysimbre, la capselle) et entraîner des pertes de rendement de plus de 50% (CETIOM, 2008).

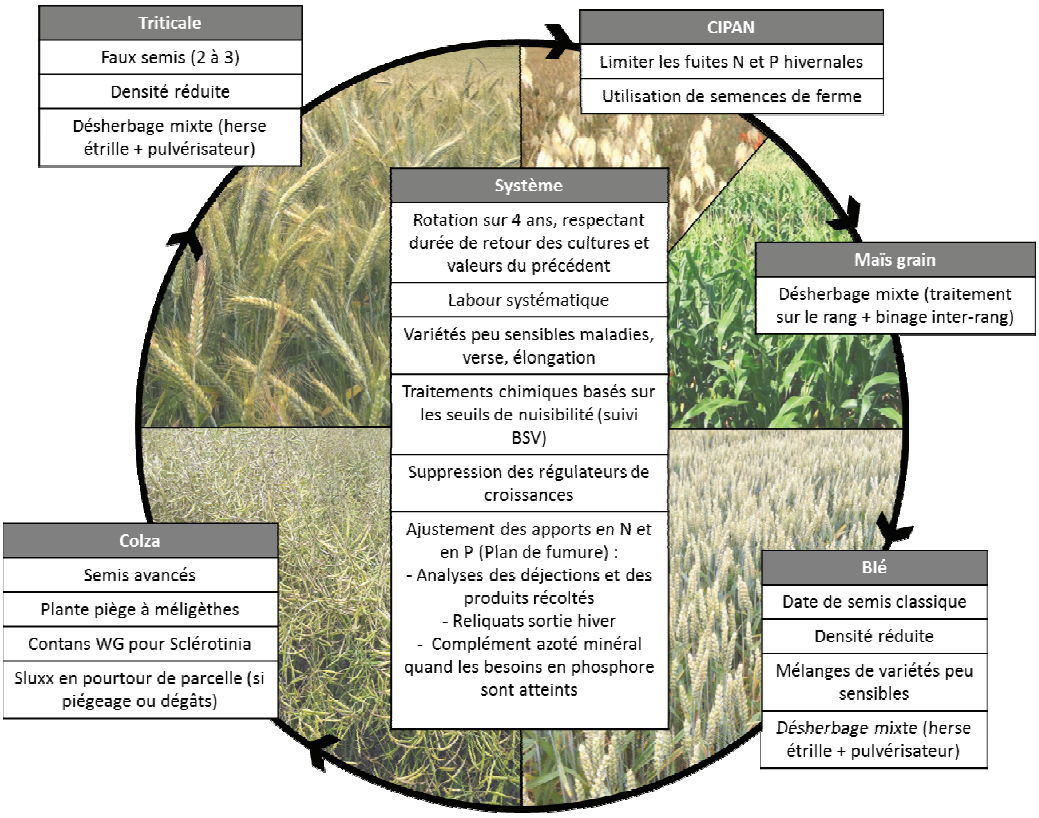
e. Dispositif « Systèmes de culture en production porcine de Crécom »

i. Objectifs et historique de l'essai

Depuis 2006, 2 systèmes d'élevages porcins sont testés sur la station de Crécom : un système sur caillebotis et un système alternatif sur paille. Pour compléter cette évaluation, un prolongement agronomique a été mis en place en 2009 sur les parcelles de l'exploitation. Cette étude s'inscrit dans un projet EXPErimentation Dephy Ecophyto et a pour but de réduire l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) de 50% par rapport à la référence régionale, de diminuer et limiter au maximum les transferts d'azote et de phosphore, tout en maintenant un niveau de rentabilité économique et de bonnes conditions de travail (Tableau 1).

Ces essais sont rattachés du Réseau Mixte Technologique (RMT) Systèmes de Culture Innovants. Ce RMT a pour objectif la mise au point de systèmes de culture innovants et durables d'un point de vue environnemental, économique et social ; dans les exploitations avec cultures assolées ou en polyculture-élevage.

<u>Figure 2</u> : Leviers agronomiques retenus dans l'essai de Crécom (D'après Mortreuil, 2012)



Pour atteindre cet objectif, il met en place un réseau de compétences dans ce domaine, développe une démarche de conception et d'évaluation de ces systèmes et fédère ainsi les différents dispositifs expérimentaux. De nombreux organismes font partie de ce RMT : INRA, Chambre d'agriculture, instituts techniques et lycées agricoles (Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2007).

La démarche de conception et d'évaluation du système de culture a été effectuée en trois étapes déjà explicitées auparavant : une étape de co-conception, une étape d'évaluation et une étape de test du système de culture prometteur. La première étape de co-conception a été effectuée en 2009 par le biais d'une démarche à dire d'experts, provenant de Chambres d'Agricultures, de l'INRA, d'Arvalis, du CETIOM et du Réseau Mixte Technologique « Systèmes de cultures innovants ». Cette étape s'appuie sur un diagnostic des systèmes de culture de la station de Crécom déterminant les atouts et contraintes de celle-ci. Puis, les stratégies agronomiques basées sur les objectifs de l'essai et les contraintes identifiées, ont été définies (Figure 2). Une évaluation a ensuite été effectuée *a priori* en 2009 par le biais de l'outil MASC DEXi (Fisson, 2009). MASC est un modèle d'évaluation multicritère mis en œuvre avec le logiciel d'aide à la décision qualitatif DEXi (Craheix *et al.,* 2012). Cet outil est basé sur un arbre de décision hiérarchisé agrégeant par des règles de décision « si alors » des indicateurs qualitatifs couvrant les trois dimensions de la durabilité. Actuellement, l'étude se situe dans sa dernière phase de test au champ. Cette partie consiste à optimiser chaque système : des mesures et observations sont effectuées au champ et permettent l'évaluation de la durabilité du système grâce à des indicateurs environnementaux, sociaux et économiques. Un diagnostic agronomique est aussi effectué chaque année. Ces résultats permettront l'ajustement de règles de décision si besoin en fonction des objectifs préalablement fixés. Un évaluation a posteriori est prévue à la fin de la première rotation (en 2014), afin de conclure sur l'atteinte ou non des objectifs fixés.

ii. Problématique et hypothèses de l'étude

La problématique de ce mémoire est la suivante : **les systèmes de culture étudiés à Crécom et les règles de décision associées permettent-ils de limiter les impacts environnementaux sans dégrader la rentabilité et les conditions de travail de l'exploitation ?**

Une première hypothèse se dégage : *les 3 systèmes de culture étudiés permettent de limiter les impacts environnementaux et de maintenir les conditions économiques et sociales de l'exploitation sur les 3 premières campagnes (2009-2012) d'une rotation de 4 ans.*

Cette hypothèse va être testée grâce aux calculs d'indicateurs des trois piliers de la durabilité : environnementale, sociale et économique. Cette phase permettra de mettre en évidence l'atteinte ou non des objectifs précédemment cités.

La seconde hypothèse portera spécifiquement sur le colza : *les règles de décisions mises en* œuvre *en 2013 sur la culture du colza permettent d'atteindre les objectifs de rendement.*

Un diagnostic agronomique est réalisé sur la campagne 2012-2013 sur la culture du colza. En effet, le colza est une des cultures n'atteignant pas encore un des objectifs de l'étude : sur les campagnes 2009-2010 et 2010-2011, la baisse de l'Indice de Fréquence de Traitement Herbicides (IFTH) n'est que de 32% par rapport à la référence régionale. Ce diagnostic permettra d'ajuster les règles de décision mises en place sur cette campagne. Un suivi du développement du colza permettra de mettre en avant les critères (stades, composantes de rendement, rendements) qui n'obtiennent pas un résultat satisfaisant et les fonctions écosystémiques qui sont en cause (facteurs biotiques et abiotiques).

<u>Tableau 2 :</u> Type d'amendements apportés sur le système de culture de Crécom, selon le système et la culture, au printemps et à l'automne.

	Système Lisier		Système Mixte		Système Fumier	
	Printemps	Automne	Printemps	Automne	Printemps	Automne
Maïs grain	LISIER		FUMIER		FUMIER	
Blé	LISIER		LISIER			
Colza		LISIER		FUMIER		FUMIER
Triticale	LISIER		LISIER			
CIPAN						

2. Matériel et méthodes

a. Présentation de l'essai

i. Contexte pédoclimatique

La majorité des sols de l'essai ont une texture limono-sableuse et reposent soit sur un substrat granitique soit sur un substrat schisteux. La réserve utile moyenne est de 134mm. Les teneurs en matière organique oscillent entre 2 et 8,8% (moyenne à 4%) et les pH sont légèrement acides (6 à 6,6). Globalement, les sols sont moyennement battants et non hydromorphes. Le climat est océanique : hivers doux et pluvieux et étés frais. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1156mm d'eau à Rostrenen avec une période plus humide d'octobre à février (129mm/mois en moyenne). La température moyenne est de 10,9°C s'étalant de 5,3°C en janvier à 17,3°c en août (Station de Rostrenen).

ii. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental comprend 3 systèmes caractérisés par des apports de fumure organique différents : fumier de porc (système « Fumier »), lisier de porc (système « Lisier) ou apports des deux types de fumure organique selon les cultures (système « Mixte ») (Tableau 2). La rotation retenue, suite à une étude sur l'amélioration environnementale des systèmes de culture en production porcine (Salaün, 2007), est de 4 ans : maïs grain/blé/colza/triticale+CIPAN. Cette rotation est plus longue que celle pratiquée couramment par les éleveurs de porcs (maïs/blé ou maïs/blé/orge). Elle offre de bons précédents pour l'ensemble des cultures et permet d'avoir deux périodes d'apports de déjections (printemps pour le maïs/céréales et automne pour le colza). Cette rotation, avec l'alternance de cultures de printemps et d'hiver et le respect des délais de retour des cultures, permet de limiter le développement de bioagresseurs (Fisson, 2009). Le dispositif a été implanté pour une durée de 8 ans et la campagne 2012-2013 bouclera la première rotation.

Les 3 systèmes étudiés couvrent une superficie proche de 8ha et sont composés de 5 parcelles pour le système « Lisier », 4 pour les systèmes « Fumier » et « Mixte ». Toutes les modalités de culture sont présentes chaque année, permettant de s'affranchir de l'effet « climat ». L'échelle de travail est la parcelle, et la taille de celles-ci (de 1ha à 3,3ha), permet de se rapprocher des conditions de travail des agriculteurs bretons. La transposition des leviers et résultats vers des exploitations agricoles est ainsi facilitée. Différents leviers sont mis en place afin de permettre une réduction des impacts environnementaux tout en préservant la rentabilité économique de l'exploitation et le temps de travail (Figure 2). Ces leviers sont réévalués chaque année et éventuellement modifiés.

b. Analyse de la durabilité des systèmes

i. Références agriculteurs

Afin de comparer les résultats de l'essai à ceux d'agriculteurs, des enquêtes ont été effectuées chez 6 agriculteurs sur la rotation 2009-2010 et chez 4 agriculteurs sur les rotations 2010-2011 et 2011-2012. Ces agriculteurs se situent tous dans un périmètre de 15km autour de l'essai et sont représentatifs des différentes conduites de culture locales. Les données récoltées vont permettre de comparer les IFT et les indicateurs économiques et sociaux des agriculteurs à ceux de l'essai.

ii. Durabilité environnementale

Afin d'évaluer la durabilité environnementale de l'essai et l'atteinte des objectifs principaux différents indicateurs majeurs ont été retenus : IFT, risque lié à l'azote et risque lié au phosphore. D'autres indicateurs secondaires ont été calculés afin de compléter l'évaluation : Quantité de Substances Actives (QSA), estimation des transferts des herbicides et calcul du bilan phosphore. Plusieurs de ces indicateurs proviennent de la méthode Territ'eau (Annexe 1), développée par la Chambre Agriculture et l'INRA (Agro-transfert Bretagne, 2013). permettant la mise en place d'un diagnostic et d'actions sur des territoires agricoles dans le but d'améliorer la maîtrise de la qualité de l'eau. Les indicateurs seront calculés sur l'ensemble des parcelles même si celles-ci ne présentent pas de risque de transfert des produits phytosanitaires ou du phosphore afin de permettre une meilleure transposition des leviers et résultats à d'autres contextes.

1. Module « produits phytosanitaires »

- *IFT*

Une baisse de 50% de l'IFT par rapport à la référence régionale est un des enjeux majeurs de l'essai. L'IFT reflète l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires, par parcelle pendant une campagne culturale. Pour chaque traitement, l'IFT est obtenu en divisant la dose appliquée par hectare par la dose homologuée par hectare. L'ensemble des traitements sur la parcelle pendant une campagne culturale est sommé. Les IFT des systèmes et des cultures seront comparés aux références de 2008 du Ministère de l'agriculture, mais aussi aux IFT des agriculteurs enquêtés.

- *QSA*

L'IFT ne reflète pas la concentration en substances actives du produit. Ainsi, pour compléter ce module, il a été choisi de calculer le QSA. Le QSA est un indicateur de pression lié aux apports de substances actives. Il correspond à la dose de produit utilisée par hectare multipliée par la dose de substances actives dans le produit. Il est calculé en sommant les apports par parcelle pour une campagne culturale. Les QSA, par culture, de l'itinéraire technique « Bas intants » de l'outil Territ'eau sont les objectifs de l'essai (Annexe 1).

- *Indicateurs de transfert des herbicides*

L'indicateur de transfert de l'outil Territ'eau estime le risque avec lequel les substances actives herbicides vont être transférées au cours d'eau (Annexe 1). La méthode Territ'eau est basée sur les critères définis par le CORPEP : le Coefficient de partage carbone organique/eau (KOC) et le temps de demi-vie (DT50). Le KOC est le coefficient de partage d'une substance active entre le carbone organique du sol et l'eau. Ainsi, plus ce coefficient est élevé, plus la substance active est liée aux particules du sol et moins elle est dissoute dans l'eau. LA DT 50, appelée aussi temps de demi-vie, évalue le temps nécessaire à la dégradation ou dissipation de 50% de la substance active dans le sol (SIRIS, 2012). Une substance active sera considérée comme à fort risque de transfert dans les cours d'eau si son KOC < 1000 cm3/g et si sa DT 50 > 8 jours. Contrairement à la méthode CORPEP, la méthode Territ'eau ne prend pas en compte les quantités de substances actives dans le calcul de cet indicateur. En effet, celles-ci sont déjà considérées lors du calcul des QSA. L'indicateur de transfert sera calculé en moyenne sur la rotation.

2. Module « azote »

L'outil Territ'eau (Annexe 1) calcule une note nitrate à la parcelle via trois composantes :

- « Sensibilité du milieu » variant en fonction de la lame drainante, estimée via une carte régionale de la lame drainante moyenne, et du type de sol (présence/absence d'hydromorphie)

- « Transfert d'azote » en fonction de la rotation, du niveau de lame drainante et du type sol (présence/absence d'hydromorphie)
- « Excédent d'azote » correspondant à l'écart entre la fertilisation pratiquée et la fertilisation conseillée sur la parcelle

La note « Nitrates » permet d'estimer la quantité d'azote lessivable par hectare par an pour chaque système.

3. Module phosphore

- *Risque lié au phosphore*

Le risque phosphore est évalué, par l'outil Territ'eau (Annexe 1), à la parcelle par deux composantes : le « transfert » et la « source ». La composante « Transfert » est obtenue par combinaison de différentes facteurs : la sensibilité à la battance de la parcelle, le % de couverture du sol en fonction du type de culture en moyenne sur la rotation et la capacité d'infiltration du sol en fonction du nombre de pratiques favorables et défavorables à celle-ci. La composante « Source » est liée : au stock de phosphore de la parcelle (obtenu par analyses en 2009) et aux risques liés aux apports de phosphore (dose apportée et modalités d'incorporation). La note « Phosphore » permet de caractériser le risque de transfert du phosphore par système.

- *Bilan phosphore*

Un bilan phosphore est réalisé sur chaque parcelle du système. Il prend en compte les entrées de phosphore via les apports de fumier et de lisier et les sorties de phosphore via les graines à la récolte.

iii. Durabilité sociale

Deux critères sont calculés pour évaluer la durabilité sociale des systèmes : le nombre d'heures de travail et le nombre d'interventions par hectare. Le premier critère se base sur le nombre d'heures effectives au champ et ne prend donc pas en compte les temps d'observation, de préparation du matériel et de transport. Les débits de chantier sont calculés à partir des références Bureau de Coordination du Machinisme Agricole (BCMA) (Van Kempen *et al.,* 2010 ; Van Kempen *et al.,* 2011 ; Van Kempen *et al.,* 2012) correspondant au matériel utilisé à Crécom pour les systèmes étudiés ou chez les agriculteurs pour la comparaison. Le nombre d'interventions complète ce premier indicateur. Les valeurs de références pour les indicateurs de durabilité sociale ont été obtenues grâce aux enquêtes effectuées chez les agriculteurs.

iv. Durabilité économique

Trois indicateurs de durabilité économique sont calculés : production nette, marge brute et marge directe à l'échelle du système de culture.

- Production nette = Rendement du produit (paille et grain) x prix de vente
- Marge brute = Production nette – CHO
- Marge directe = Marge Brute - CHM

Charges Opérationnelles (CHO) : coûts des approvisionnements (semences, engrais, produits phytosanitaires), taxes parafiscales et travaux par entreprises

Charges de Mécanisation (CHM) : coûts de carburant, entretien et amortissement du matériel

Le calcul de ces deux marges est nécessaire. En effet, la marge brute est l'un des indicateurs de référence, permettant d'apprécier la rentabilité d'une culture. Cependant, cette

marge prenant seulement en compte les intrants peut favoriser les systèmes de cultures innovants à faible consommation de produits phytosanitaires. Le calcul de la marge directe permettra de prendre en compte les frais de mécanisation souvent plus importants dans ces systèmes. La main d'œuvre n'est pas prise en compte dans le calcul de la marge directe.

Les prix de vente et les coûts d'approvisionnement correspondent à ceux de la station expérimentale de Crécom. Les charges de mécanisation sont estimées, chaque année à partir des références du BCMA (Van Kempen *et al.,* 2010 ; Van Kempen *et al.,* 2011 ; Van Kempen *et al.,* 2012).

Les références pour ces indicateurs sont :

- Production nette $_{ITK2}$ = rendements $_{station\ en\ ITK2}$ * prix de vente $_{station}$
- Production nette $_{ITK3}$ = rendements $_{objectifs\ ITK3}$ * prix de vente $_{station}$
- Marge brute $_{ITK2}$ = Production nette $_{ITK2}$ - CHO_{CER}
- Marge directe $_{ITK2}$ = Marge brute $_{ITK2}$ - CHM $_{Agriculteurs}$

Le rendement station en ITK2 correspond aux rendements visé à la station en ITK2 (« Raisonné). Les rendements objectifs en ITK3 (« Bas intrants ») correspondent aux rendements visés sur l'essai étudié. CHO_{CER} correspond aux charges opérationnelles moyennes des agriculteurs adhérents au Centre d'Economie Rurale (CER) des Côtes d'Armor. CHM $_{Agriculteurs}$ correspond aux charges de mécanisation des agriculteurs enquêtés. L'objectif de l'essai est de préserver, voire d'améliorer la marge directe comparée à une conduite ITK2.

c. Diagnostic agronomique du colza sur la campagne 2013-2013

i. Bilan hydrique

Le but est ici de quantifier l'évolution de la Réserve Hydrique du sol (RH) et le Drainage (D). Les données météorologiques (évapotranspiration de référence et pluviométrie) proviennent de la station Météo France de Kerpert située à 7 km de la station expérimentale de Crécom.

$Réserve\ Hydrique_j = Réserve\ Hydrique_{j-1} + Précipitations_j – Evapotranspiration\ Réelle_j – Drainage_j$

Les hypothèses suivantes sont posées :

- Le compartiment de sol est unique et homogène de Réserve Utile RU
- Le ruissellement, les transferts d'eau latéraux et les remontées capillaires sont négligés
- Toute l'eau du sol est facilement utilisable par la culture
- RH = RU au 1er janvier 2012

d. Suivi de la flore adventice

Développée par l'INRA, la méthode Barralis permet de suivre la flore adventice (Annexe 2). Ce suivi doit s'effectuer à différentes périodes : le jour du semis, avant le désherbage, en post désherbage et à la récolte. Seules les trois dernières notations seront effectuées dans cet essai, la notation au semis ne présentant pas d'intérêt dans le cas d'un labour. Cette méthode se base sur une notation du stade et de l'abondance des espèces rencontrées sur un parcours défini. Elle permet de définir une stratégie de désherbage, de mesurer l'efficacité de celle-ci mais aussi de connaître la pression exercée par les adventices sur la culture du colza.

<u>Tableau 3 :</u> IFT des trois systèmes (Lisier, Fumier, Mixte) de Crécom, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012). Les IFT sont comparés aux références régionales 2008 du Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt

	Bilan 2009-2012			
	Lisier	Fumier	Mixte	Région
IFT	**1,70**	**1,63**	**1,76**	4,35
IFTH	0,78	0,82	0,85	1,65
IFTHH	0,92	0,81	0,92	2,70
Diminution IFT Crécom Rotation / IFT région (en %)	**61**	**63**	**59**	
Diminution IFTH Crécom Rotation / IFTH région (en %)	53	50	49	
Diminution IFTHH Crécom Rotation / IFTHH région (en %)	66	70	66	

e. Suivi des maladies et ravageurs

Les protocoles de suivis des maladies et ravageurs sont ceux utilisés dans le cadre du Bulletin de Santé du végétal sur toutes les parcelles de l'essai. Les insectes sont comptabilités par le piégeage (cuvettes jaunes) et leur présence ou l'observation de dégâts (morsure, surface foliaire consommée) sur 20 plantes. La pression maladie est observée par la présence de celle-ci sur 20 plantes. Les observations sont hebdomadaires et se limitent aux périodes de nuisibilité des bioagresseurs (Annexe 3).

f. Composantes de rendement

4 composantes de rendement sont mesurées sur chaque parcelle de colza sur des stations représentatives de la parcelle (or PMG) : le nombre de pieds/m^2 avant la fermeture du couvert, le nombre de siliques par pieds, le nombre de grains par silique et le PMG.

g. Analyse statistique

Une ANalysis Of Variance (ANOVA) sera effectuée pour déterminer si la moyenne des différentes composantes de rendement varie significativement entre les différentes parcelles, traduisant un effet « parcelle ». Les hypothèses testées seront :

- H0 : les moyennes des parcelles sont identiques
- H1 : il existe au moins une moyenne différente de celles des autres parcelles

Suite à cette ANOVA, s'il y a un effet « parcelle », un test de Tukey peut être effectué afin de comparer les moyennes des modalités deux à deux. Les hypothèses testées sont donc :

- H0 : les deux moyennes sont identiques
- H1 : les moyennes diffèrent

Plusieurs conditions d'application de l'analyse existent et ne peuvent être testées qu'une fois l'ANOVA réalisée et les résidus obtenus : Indépendance des résidus (testée graphiquement, normalité des résidus (test de normalité de Shapiro Wilk) et homoscédasticité des résidus (test de Bartlett). Si ces conditions ne sont pas vérifiée, l'ANOVA n'est pas valable et un test non paramétrique doit être utilisé : le test de Kruskal-Wallis. L'ensemble des tests statistiques sera effectué au risque 5%.

3. Résultats

a. Evaluation de la durabilité des systèmes entre 2009 et 2012

i. Durabilité environnementale

1. Risques liés aux produits phytosanitaires

- *IFT*

Les IFT moyens sur les trois assolements des trois systèmes sont très proches : 1,63 pour le système « Fumier », 1,70 pour le système « Lisier » et 1,76 pour le système « Mixte ». L'IFT de référence pour la région Bretagne (Ministère de l'Agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt, 2013) est de 4,35 en moyenne pour une rotation « Maïs/Blé/Colza/Triticale+CIPAN ». Les IFT moyens des 3 systèmes dépassent donc bien l'objectif de réduction de 50% sur les trois années étudiées (2009-2012) (Tableau 3). Concernant les agriculteurs enquêtés, leurs IFT sont réduits en moyenne de 37% par rapport à la référence régionale.

Tableau 4 : IFT des cultures de Crécom, en moyenne sur les trois années d'études (2009-2012). Les IFT sont comparés aux références régionales 2008 du Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt

	Maïs		Blé		Colza		Triticale	
	Crécom	Région	Crécom	Région	Crécom	Région	Crécom	Région
IFTculture	**0,26**	1,66	**1,95**	4,4	**2,94**	6,92	**1,73**	4,4
IFTH culture	0,26	1,66	0,83	1,49	1,42	1,94	0,79	1,49
IFTHH culture	0,00	0	1,12	2,91	1,52	4,98	0,94	2,91
Diminution IFT Crécom / IFT région (en %)	**84**		**56**		**58**		**61**	
Diminution IFTH Crécom / IFTH région (en %)	84		44		27		47	
Diminution IFTHH Crécom / IFTHH région (en %)	-		61		70		68	

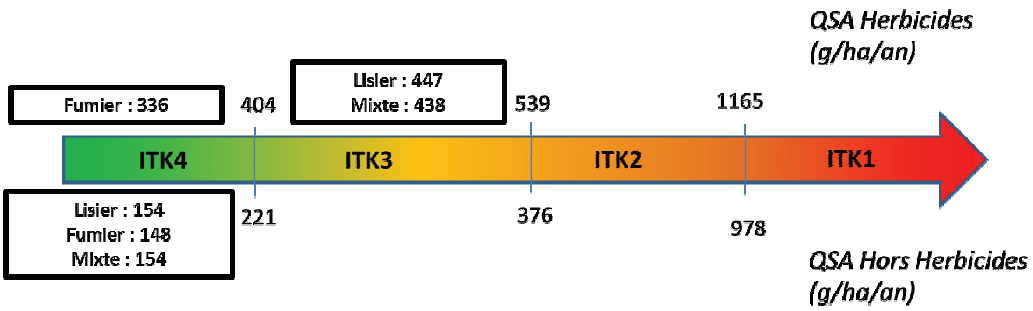


Figure 3 : QSA (en g de substances actives/ha/an) issus de produits herbicides et hors herbicides, apportés dans les trois systèmes de culture en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012)

En moyenne sur les 3 années d'étude, les Indices de Fréquence de Traitement Herbicides (IFTH) des systèmes « Fumier » et « Lisier » atteignent une réduction de 50% par rapport à la référence régionale. Le système « Mixte » n'atteint pas ce chiffre mais une réduction très proche de 49% (Tableau 3). Le Indices de Fréquence de Traitement Hors Herbicides (IFTHH) de l'ensemble des systèmes sont réduits de 50% sur ces trois assolements (Tableau 3).

Globalement, toutes les cultures atteignent une réduction de l'IFT de plus de 50%. Cependant, cette réduction est essentiellement due aux faibles valeurs de l'IFTHH (Tableau 4). Les valeurs des IFTH restent fortes pour toutes les cultures sauf le maïs. En effet, la diminution de l'IFTH de cette culture est de 85% grâce notamment à l'utilisation de la désherbineuse, avec un traitement localisé sur le rang (1/3 de la surface). Le colza est la culture ayant la baisse de l'IFTH la plus réduite actuellement (-27% sur les trois assolements). Cette faible baisse est en partie due à l'utilisation de produit de prélevée et à une application non ciblée à la flore susceptible de lever, ce qui limite la possibilité de réduction de dose.

2. QSA et transfert des substances actives

- *QSA Herbicides*

Le Quantité de Substances Actives Herbicides (QSAH) pour une rotation « Maïs/Blé/Colza/Triticale+Culture Pièges A Nitrates (CIPAN)» en conduite ITK 3 « bas intrants » est évalué à 404 g/ha/an par l'outil Territ'eau. Pour le bilan 2009-2012, seul le système «Fumier» a une QSAH inférieure à celle de l'ITK 3. Cependant, quels que soit l'année et le système de culture, les QSAH sont toujours comprises entre l'ITK 2 (539 g/ha/an) et l'ITK 3 (Figure 3). Sur la campagne 2009-2010, le système «Lisier» se démarque négativement par l'utilisation de Kalao D^+ sur triticale, produit à forte concentration en substances actives, utilisé contre les véroniques. Cependant, quel que soit le système, la majeur partie des QSAH proviennent de l'utilisation de Novall, produit de post levée précoce (de 90% pour le système «Fumier» à 74% pour le lisier), à fort grammage, utilisé à forte dose (2,5 L/ha). Sur la campagne 2010-2011, les chiffres élevés de QSAH, pour tous les systèmes, proviennent de l'utilisation de Colzor Trio, en prélevée sur Colza, visant l'élimination des graminées et des dicotylédones. Pour la campagne 2011-2012, les systèmes «Lisier» et «Mixte» ont un QSAH supérieur à celui du système «Fumier» à cause l'utilisation de Kalao D^+ sur triticale. Cependant, tout comme lors de la campagne 2009-2010, la grande majorité des QSAH proviennent de l'utilisation de Novall (81% pour le système «Fumier» et 68% pour les systèmes «Lisier» et «Mixte»).

- *Transfert des substances actives herbicides*

En moyenne sur les trois campagnes, les systèmes de culture utilisent entre 336 et 361 g de SA/ha/an à fort risque de transfert. La pression herbicides des molécules à fort risque de transfert est considérée comme moyenne par l'outil Territ'eau. 80% de ces molécules sont utilisées sur le colza : Novall et Colzor Trio.

- *QSA Hors herbicides*

Le QSAHH sur une rotation type « Maïs/Blé/Colza/Triticale+CIPAN » en conduite ITK 3 « bas intrants » est évaluée à 221g/ha/an par l'outil Territ'eau. Pour l'ensemble des systèmes, sur les trois campagnes étudiées, le QSAHH est inférieur à cette valeur (Figure 3). Cependant, on note une augmentation des valeurs de QSAHH de 48% pour les systèmes «Lisier» et «Mixte» et de 52% pour le système «Fumier» entre 2010 et 2012. Cette augmentation peut être attribuée à une pression maladie plus forte (septoriose et rouille) et un traitement fongicide supplémentaire sur le triticale.

3. Risque de lessivage des nitrates

L'outil Territ'eau estime les risques de pollution par les nitrates à la parcelle via trois composantes : la sensibilité du milieu, le type de rotation et la fertilisation. La première composante « sensibilité du milieu » estime un coefficient de lessivage en fonction du type de sol et de la lame drainante. Cette dernière étant forte (> 400mm) sur Saint-Nicolas-du-Pélem, le coefficient de lessivage est ici évalué à 1 quel que soit le type de sol. La seconde composante « type de rotation » permet d'estimer la quantité d'azote lessivée à 38.25 kg/ha/an, quantité considérée comme faible par l'outil Territ'eau. La dernière composante « fertilisation » est caractérisée par une surfertilisation nulle pour tous les systèmes. L'agrégation de ces trois composantes permet d'estimer un risque de lessivage des nitrates d'environ 40 kg/ha/an pour tous les systèmes, risque qualifié de faible par Territ'eau.

4. Risques liés au phosphore

- *Bilan phosphore*

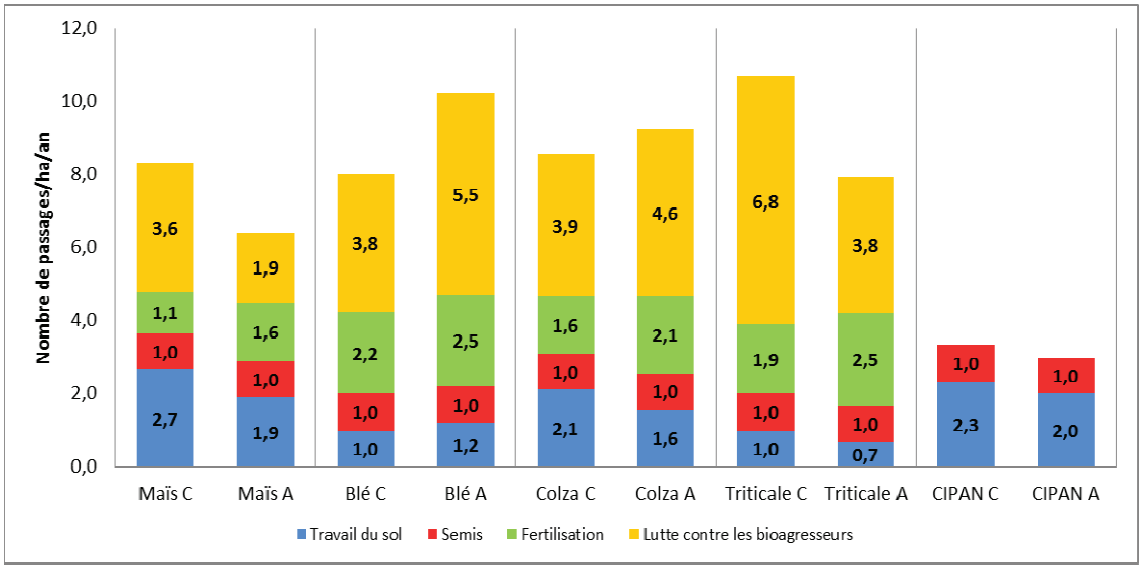
En moyenne, sur les trois années d'étude, les systèmes «Lisier» «Fumier» et «Mixte» présentent respectivement un excédent de phosphore de 21, 74, 32kg de P_2O_5/ha/an. Sur la campagne 2009-2010, un excédent global en phosphore beaucoup plus faible a pu être mis en évidence. Ceci est essentiellement dû à l'absence de fertilisation sur le maïs qui suivait exceptionnellement en 1ère année d'essai une prairie. Un fort excédent est observable sur la campagne 2010-2011 sur les systèmes «Fumier» et «Mixte» du à l'apport de fumier vieilli sur colza, plus riche en phosphore (13 kg/T contre 7kg/T en moyenne). La dernière campagne présente un excédent en phosphore assez faible du aux faibles valeurs en phosphore du fumier (6,4 kg/T) et à des analyses réalisées avant les épandages (ajustement des quantités en fonction des valeurs mesurées). Cet excédent est en partie du aux rendements objectifs non atteints sur les cultures de blé et de maïs et donc à des exportations inférieures aux prévisions.

- *Transfert du phosphore*

L'évaluation du risque lié à la pollution par le phosphore dans l'outil Territ'eau est composée de deux facteurs : le facteur « Transfert » et le facteur « Source ».

Le facteur « Transfert » est évalué par plusieurs paramètres : risque de battance, % de couverture végétale et capacité d'infiltration du sol. Le risque de battance est considéré comme moyen sur la commune de Saint-Nicolas du Pélem. Le % de couverture végétale en moyenne sur la rotation est de 41%, pourcentage pouvant être considéré comme moyen. Celui-ci est impacté par la présence dans la rotation des cultures de blé et de triticale ayant des pourcentages de couverture végétale du sol faibles (respectivement 29 et 36%). Le risque d'infiltrabilité du sol est moyen pour les trois systèmes. Cependant, les systèmes «Lisier» et «Mixte» ont des pratiques augmentant ce risque, avec l'épandage de lisier effectué pendant la période hivernale. La combinaison des trois paramètres : risque de battance, couverture végétale et capacité d'infiltration du sol donne une sensibilité au transfert du phosphore moyenne pour les trois systèmes.

Le facteur « Source » dépend de deux paramètres : le stock de phosphore dans le sol, les apports de phosphore et leur méthode d'incorporation. Les teneurs en phosphore du sol des parcelles des systèmes «Lisier» et «Fumier» sont considérées comme faibles alors que celles des parcelles du système «Mixte» sont fortes (> 600 mg de P Dyer). Les risques liés aux apports annuels de phosphore sont moyens quel que soit le système. La combinaison des paramètres du facteur « Source » donne un risque faible pour les systèmes «Lisier» et «Fumier» et un risque fort pour le système «Mixte» du à un stock de phosphore dans le sol important au début de l'essai.



<u>Figure 4 :</u> Nombre de passages par hectare et par an, en fonction de la culture et du type d'intervention, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012) sur les essais de Crécom (C) et chez les agriculteurs (A) (hors récolte)

En conclusion, le risque phosphore est considéré comme faible pour les systèmes «Lisier» et «Fumier» et fort pour le système «Mixte».

ii. Durabilité sociale

1. Nombre d'interventions

Sur les trois campagnes étudiées, il n'y pas de différence notable entre les différents systèmes. En moyenne, sur les essais de Crécom, le nombre d'interventions va de 9,7 à 9,8 interventions/ha/an. Les agriculteurs enquêtés ont un nombre d'interventions légèrement plus bas avec 9,2 interventions/ha/an.

La culture du maïs engendre un nombre d'interventions plus important sur les essais de Crécom que chez les agriculteurs (+1,9 interventions/ha/an) (Figure 4). La différence entre les deux conduites se situe essentiellement au niveau du désherbage avec 1,7 interventions/ha/an supplémentaires sur les essais de Crécom. En effet, sur ces derniers, le désherbage est à la fois mécanique et chimique (1 à 2 passages de herse étrille + désherbineuse + bineuse) alors que les agriculteurs effectuent leur désherbage en 1,9 passages en moyenne avec un pulvérisateur. L'autre différence sur cette culture se situe au niveau du travail du sol. Il s'effectue en 2 à 3 interventions sur les essais (Charrue+(Rouleau)+Outil de reprise du labour) contre 1,8 interventions en moyenne chez les agriculteurs. Ces derniers mettent en place principalement 2 types de travaux du sol avant semis : le passage d'une charrue et d'un outil de reprise de labour ; ou le passage d'un déchaumeur et d'une herse rotative.

Le nombre d'interventions sur la culture du blé est plus important chez les agriculteurs (Figure 4) car les traitements fongicides sont le plus souvent effectués en trois fois contre 1 à 2 interventions fongicides sur les parcelles de l'essai.

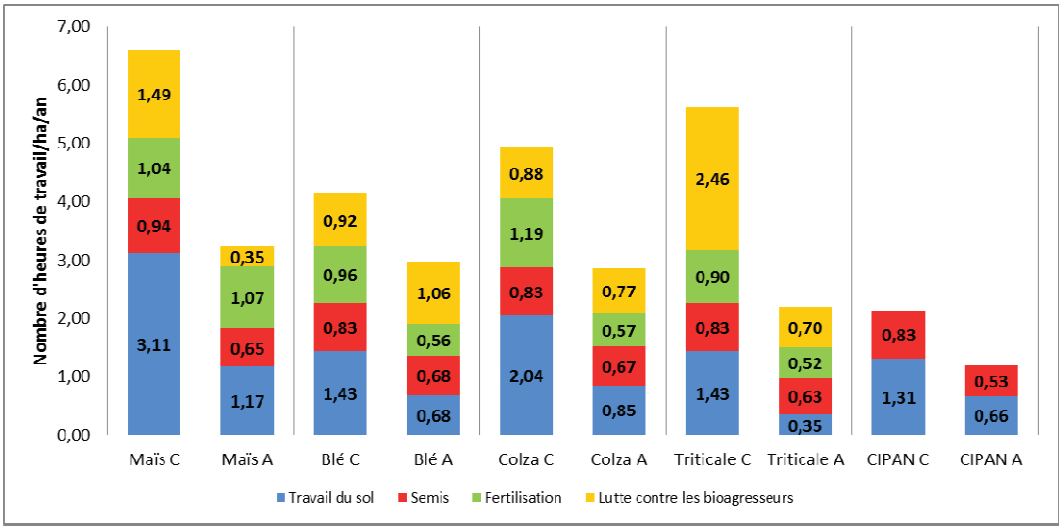
La culture du triticale se démarque, elle, par un nombre plus important d'interventions sur les essais : 10,7 interventions/ha/an contre 7,9 chez les agriculteurs (Figure 4). Cette différence est essentiellement due aux faux semis (2 à 3 passages sur l'essai).

Sur le colza, il n'y a pas de différence notable entre le nombre de passage chez les agriculteurs et sur les essais de Crécom (Figure 4).

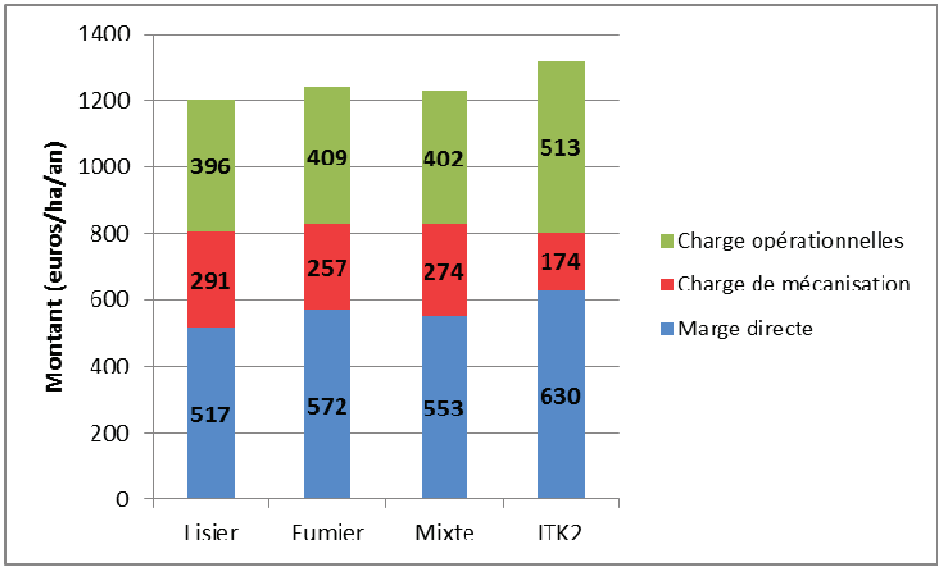
2. Temps de travail

Sur les trois années d'étude, les temps de travaux sont nettement inférieurs chez les agriculteurs. En moyenne, chez ces derniers, le temps de travail estimé par hectare est de 3,1 heures contre 5,5h pour le système « Fumier », 5,7h pour le système « Mixte » et 6,4h pour le système « Lisier ».

La différence entre les systèmes « Lisier » et « Mixte » est expliquée par l'utilisation sur maïs et colza dans le système « Mixte » d'un épandeur à fumier plus performant que la tonne à lisier utilisée dans le système « Lisier » (débit de 1,83 h/ha contre 0,70h/ha). Concernant le système « Fumier » les cultures de blé et de triticale de ce système bénéficient d'apport d'engrais sous forme minérale, forme épandue beaucoup plus rapidement : la tonne à lisier pour les céréales a un débit moyen de 0,90h/ha contre 0,20 h/ha pour l'épandeur à engrais minéral. Ainsi, le temps effectué par hectare est le même pour les 3 systèmes si le temps de fertilisation est soustrait : 4,8h/ha et à part les temps de fertilisation, il n'existe pas de différence entre les trois systèmes. Les agriculteurs enquêtés ont recours à un type de fertilisation se rapprochant du système « Fumier » : fumier et engrais minéral. Cependant, la différence de temps de travail entre ce système et ceux des agriculteurs reste élevée : 2,4h/ha en plus sur le système étudié à Crécom.



<u>Figure 5 :</u> Temps de travail par hectare et par an, en fonction de la culture et du type d'intervention, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012) sur les essais de Crécom (C) et chez les agriculteurs (A) (hors récolte)



<u>Figure 6 :</u> Charges opérationnelles, de mécanisation et marge directe des 3 systèmes de culture étudiés à Crécom sur les trois années d'étude (2009-2012) (Hors récolte).
L'ITK2 comprend la production nette estimée à Crécom en itinéraire technique « raisonné », les charges opérationnelles des agriculteurs adhérents au CER (2009-2012) et les charges de mécanisation des agriculteurs locaux (2009-2012) (Hors récolte).

Sur la culture du maïs, les essais de Crécom engendre un temps de travail supérieur de 3,3h/ha (Figure 5) essentiellement du au nombre de passages supplémentaires d'engins de désherbage mécanique alors que les agriculteurs n'utilisent que des pulvérisateurs (0,22h/ha pour un pulvérisateur contre 0,69h/ha pour une désherbineuse). Le travail du sol sur maïs nécessite aussi plus d'heures de travail sur les essais de Crécom (+1,9h/ha) (Figure 5). Ceci est du au nombre de passages supplémentaires et au type d'outils utilisés effectuant un travail du sol plus profond et ayant donc un débit de chantier plus bas (0,50h/ha pour un cover crop contre 1,43h/ha pour une charrue).

Sur la culture du blé, le nombre d'heures de travail supplémentaires (+1,20ha/ha) (Figure 5) est dû au travail du sol effectué avec une charrue sur Crécom alors que certains agriculteurs sont en semis direct. Il en est de même pour la culture du triticale. L'autre différence pour le triticale se situe au niveau de la lutte contre les adventices : 2 à 3 faux semis et 1 passage de herse étrille en plus que chez les agriculteurs. Comme expliqué précédemment le pulvérisateur a un débit horaire beaucoup plus important que les outils de travail du sol.

La différence sur colza (+2,15h/ha) (Figure 5) s'explique, elle aussi, par un travail du sol avant semis plus rapide chez les agriculteurs de 2 déchaumages ou 1 labour contre 1 déchaumage et 1 labour sur les essais. De plus, la fertilisation n'est pas la même sur les essais de Crécom (lisier ou fumier complété par de l'engrais minéral) que chez les agriculteurs (engrais minéral).

iii. Durabilité Economique

En moyenne sur les trois campagnes et les trois systèmes, deux cultures sur quatre atteignent les objectifs de rendements fixés : le colza et le triticale. Il n'existe pas de différence importante entre les trois systèmes étudiés au niveau de la production nette (-2 à -3% entre le système « Lisier » et les systèmes « Fumier » et « Mixte »). La production nette est plus faible (-4% soit -45 €/ha) sur l'ensemble des systèmes par rapport à la production nette visée (ITK3 « Bas intrants »).

Les charges opérationnelles des trois systèmes sont les mêmes. Cependant, en moyenne sur les essais, elles sont de 402 €/ha contre 513 €/ha pour celles des agriculteurs adhérents au CER (Figure 6). Cette différence est essentiellement du à des coûts de produits phytosanitaires et en fertilisation minérale plus faible sur les essais de Crécom, (respectivement de -55 €/ha et -45 €/ha) que chez les adhérents au CER. La marge brute des essais est donc légèrement supérieure à celle de l'ITK2 (Itinéraire technique en « raisonné » à Crécom) : +17 €/ha

Les trois systèmes étudiés n'ont pas les mêmes charges de mécanisation : 291 €/ha pour le système « Lisier », 257 €/ha pour le système « Fumier » et 274 €/ha pour le système « Mixte » (Figure 6). Cette différence est due aux variations de coûts des matériels utilisés lors de la fertilisation : 78,5 €/ha pour une tonne à liser, 53,90 €/ha pour un épandeur à fumier et 7,72 €/ha pour un distributeur à engrais minéral.

Les charges de mécanisation sont en moyenne de 274 €/ha sur l'ensemble des essais contre 174 €/ha pour les agriculteurs enquêtés (ITK2)(Figure 6). L'ensemble des cultures de Crécom ont des charges de mécanisation supérieures à celles des agriculteurs. L'augmentation des charges de mécanisation varie fortement selon les cultures : +41 €/ha pour le blé, + 89 €/ha pour le colza, +131 €/ha pour le maïs et le triticale.

La culture du maïs se démarque sur les essais de Crécom au niveau du travail du sol (+66 €/ha de charges de mécanisation) (Figure 7) avec l'utilisation de 3 outils contre le plus souvent 2 outils chez les agriculteurs. De plus, la charrue est utilisée systématiquement à Crécom alors que de nombreux agriculteurs n'utilisent pas cet outil très coûteux (58 €/ha) mais un déchaumeur (22 €/ha). Les coûts de désherbage sont beaucoup plus importants sur les essais (+67 €/ha). Cette valeur est due à l'utilisation de nombreux outils de désherbage

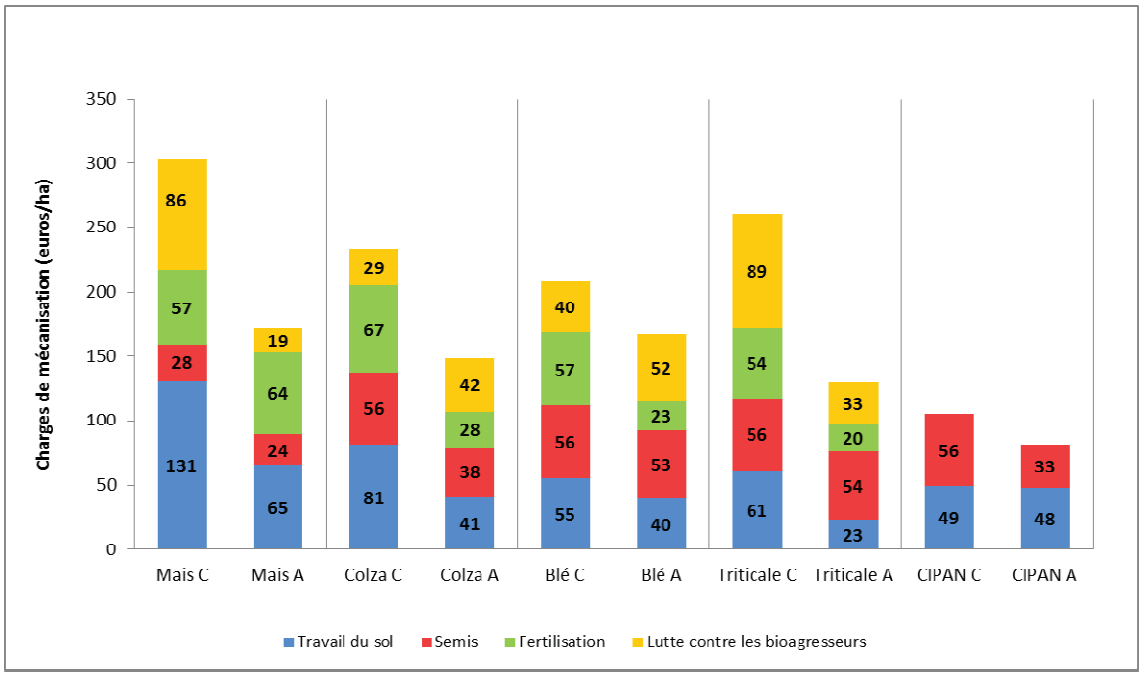


Figure 7 : Charges de mécanisation en fonction du type d'intervention et de culture, en moyenne sur les trois années d'étude (2009-2012) sur les essais de Crécom (C) et chez les agriculteurs (Hors récolte)

mécanique sur les essais : herse étrille, désherbineuse et bineuse avec un coût de 76,97 €/ha alors contre 2 passages de pulvérisateur chez les agriculteurs à un coût unitaire de 18,6 €/ha.

Pour la culture du colza, la différence est notable au niveau du travail du sol (+40 €/ha) et de la fertilisation (+39 €/ha) (Figure 7). En effet, le travail du sol de Crécom pour cette culture nécessite un déchaumeur puis une charrue, alors que les agriculteurs n'utilisent que deux déchaumeurs ou deux tillers. Comme vu précédemment pour le maïs, la charrue a un coût à l'hectare beaucoup plus élevé que le déchaumeur ou le tiller (34 €/ha). Sur les essais de Crécom, les outils de fertilisation utilisés sont la tonne à lisier ou l'épandeur à fumier, complétés par un distributeur d'engrais minéral ; alors que certains agriculteurs n'utilisent que des engrais minéraux. Le distributeur d'engrais minéral a un coût d'utilisation moindre (7 €/ha) par rapport à la tonne à lisier (78 €/ha) ou à l'épandeur à fumier (54 €/ha). Néanmoins, il est intéressant de noter que les essais de Crécom sont moins coûteux (-13 €/ha) dans la lutte contre les bioagresseurs avec 3 pulvérisations en moyenne contre 4,5 pour les agriculteurs.

Pour la culture du blé, la différence se situe au niveau de la fertilisation (+34 €/ha) (Figure 7) avec l'utilisation quasi exclusive d'un distributeur à engrais minéral sur cette culture par les agriculteurs. Cependant, au niveau de la lutte contre les bioagresseurs, comme pour la culture du colza, les essais de Crécom sont moins coûteux (-12 €/ha) avec 3 pulvérisateurs et une herse étrille en moyenne sur Crécom contre 5,5 passages de pulvérisateurs en moyenne chez les agriculteurs enquêtés (mise en œuvre d'une stratégie fongicide plus sécurisante).

Pour la culture du triticale, la différence se situe essentiellement au niveau du travail sol (+38 €/ha) (Figure 7), les agriculteurs n'utilisant pas de charrue mais des déchaumeurs ou des tillers. De plus, certains sont en semis direct. Les raisons de la différence au niveau de la fertilisation (+34 €/ha) sont comme pour le blé liées à l'utilisation d'un distributeur à engrais minéral chez les agriculteurs. La lutte contre les adventices engendre des frais importants sur Crécom (+56 €/ha) du à l'utilisation d'outils de faux semis et de désherbage mécanique comme indiqué auparavant.

b. Diagnostic agronomique du colza

L'ensemble des tests statistiques a été réalisé au risque 5%.

Dans la suite de l'étude, le système mixte sera désigné par (M), le système « Lisier » par (L) et le système « Fumier » par (F).

i. Indicateurs de croissance, de développement et d'élaboration du rendement

Le développement du colza a été similaire sur les trois parcelles. Le semis a été effectué le 5 septembre et les deux variétés implantées en mélange, Hardi (90-95%) et Es Alicia (5-10%), ont eu un comportement identique pendant toute la phase végétative : levée le 17 septembre et apparition des premières feuilles vraies le 24 septembre. Le stade B8 (8 feuilles) a été atteint fin octobre, stade permettant une bonne résistance au froid durant l'hiver. La montaison a débuté mi-janvier. Ce stade marque le début de la différence entre les deux variétés implantées, cités précédemment. Le stade « boutons accolés » est atteint par la variété Es Alicia le 19 mars et par la variété Hardi le 2 avril. De ce fait, la floraison de la variété Es Alicia a débuté début avril alors que celle de la variété Hardi a demarré mi-avril. Cependant, les variétés atteignent le stade G4 correspondant aux premières siliques bosselées au même moment : le 27 mai.

Les trois parcelles étudiées « Pouligou 10 » (M), « Nif Carrefour » (L) et « Les essais » (F) ont obtenu des rendements respectifs de 31,5q/ha, 35,4q/ha et 38,1q/ha. Les objectifs de rendement étaient fixés à 31q/ha, ceux-ci ont donc été atteints. De plus, ils dépassent

l'estimation des rendements moyens de l'année évalués au 9 août à 31q/ha pour la Bretagne (CETIOM, 2013g).

La levée de la culture sur la parcelle « Les essais » (F) est fortement inférieure à celle des autres parcelles : 22,8 plants/m^2 contre 39,3 plants/m^2 sur « Pouligou 10 » (M) et 48,3 plants/m^2 sur « Nif Carrefour » (L). Cette différence est significative (Test ANOVA, p-value =0.01). L'objectif initial de 40 à 50 plants/m^2 est atteint sur ces deux dernières parcelles. L'enracinement observé au début de l'hiver et la forme des pivots sont considérés comme bons (supérieurs à 15cm, droit).

La biomasse moyenne au début de l'hiver est de 1,3 kg de matière verte/m^2 pour la parcelle « Les essais » (F), 1,81 kg pour « Nif Carrefour » (L) et 2,32 kg pour la parcelle « Pouligou 10 » (M). Le test statistique de Tukey démontre qu'il y a une différence significative qu'entre les parcelles « Les essais » (F) et « Pouligou 10 » (M). Ces biomasse sont supérieures à 1kg de matière verte/m^2 et sont donc satisfaisantes. En effet, elles démontrent la bonne assimilation de l'azote apporté à l'implantation (Giteau JL., Communication personnelle). A la sortie de l'hiver, cette valeur a augmenté pour la parcelle « Les essais » (F) à 2,06 kg de matière verte/m^2 et la parcelle « Nif Carrefour » (L) à 2,36 kg. Elle reste stable pour la parcelle « Pouligou 10 » (M) avec 2,32 kg. Ainsi, il n'y a plus de différence entre les parcelles à la sortie de l'hiver (Test ANOVA, p-value=0,54). Les valeurs de densité (> 20 plants) et de biomasse (>1 kg/m^2) permettent d'affirmer que ces indicateurs ne devraient pas impacter la rentabilité de la culture (CETIOM, 2013h).

Le nombre de siliques au m^2 varie fortement d'une parcelle à l'autre : 9934 pour « Pouligou 10 » (M), 10 337 pour «Nif Carrefour » (L), et 16877 pour « Les essais » (F). Cette différence est confirmée par le test statistique qui démontre un effet parcelle (Test de Kruskal-Wallis, p-value =0.004). Ces valeurs supérieures à 8000 siliques/m^2 sont satisfaisantes (Raimbault J., communication personnelle). Le PMG est de 5,2g pour « Les essais » (F), 5,3 pour « Pouligou 10 » (M), 5,7 pour « Nif Carrefour » (L). Ces valeurs sont supérieures à celles de la variété Hardi lors de l'implantation du colza et peuvent donc être jugées comme bonnes.

ii. Etats culturaux influençant ces indicateurs

1. Climat

Le semis a été effectué le 5 septembre et le cumul des précipitations a été de 4mm dans les 10 jours suivants. De plus, il n'a pas plu dans les deux jours précédents le semis. La pluviométrie très faible, dans les jours précédant et suivant le semis, a pu être un facteur limitant la levée des colzas d'après l'outil DIACOL (Bougel, 2010). Il n'y a pas eu de déficit hydrique durant la campagne culturale et celle-ci a été marquée par des précipitations supérieures à la normale. Cependant, les sols des trois parcelles ne présentent pas de signe d'hydromorphie, ce qui laisse penser que les fortes précipitations n'ont pas été défavorables au colza.

Concernant les températures, la somme de température (base 0°C) pendant la phase automnale a atteint 640 degrés jours le 24 octobre, seuil permettant au colza d'atteindre le stade rosette et une bonne résistance au froid (Merrien, 2009). Des températures négatives ont été relevées à partir de mi-décembre. Le colza était alors au stade « rosette », stade de bonne résistance au froid (jusqu'à -17°C) (Merrien, 2009). Sur l'ensemble de l'hiver, la température n'est pas descendue en dessous de –6°C. Le froid hivernal n'a donc pas engendré de dégâts sur la culture. Cependant, le printemps a été froid avec des gelées matinales sur plusieurs journées du mois d'avril au moment de la floraison. A ce stade, des températures négatives ont pu provoquer un avortement des fleurs (Merrien, 2009).

2. Adventices

En hiver, les parcelles ont des densités floristiques très proches (15 à 17 plants/m^2) et il n'y a aucune différence entre leurs médianes (Test de Kruskal-Wallis, p-value =0.59).Par contre, les médiane de leur diversité floristique diffèrents (Test de Kruskal-Wallis, p-value =0.02). En effet, la parcelle « Les Essais » (F) a une diversité de 1,6 plantes différentes, 1,9 pour « Pouligou 10 » (M) et 4,5 pour « Nif Carrefour » (L). A cette date, les principales adventices sont les mourons pour les parcelles « Pouligou 10 » (M) et « Les essais » (F), et les fumeterres, ravenelles et rumex pour la parcelle «Nif Carrefour» (L), tous à un stade végétatif. Le colza est considéré comme une espèce étouffante. Les faibles densités observées et le stade peu avancé des adventices n'ont pas du concurrencer le colza. Lors des observations hebdomadaires de fin de printemps, de nombreux laiterons ont été observés dans les trois parcelles. Compte tenu du stade trop avancé du colza, aucune intervention spécifique n'a pu être réalisée. Les laiterons ont donc poursuivi leur cycle et ont donc pu concurrencer le colza. A la récolte, les densités floristiques diffèrent selon les parcelles (Test de Kruskal-Wallis, p-value =0.002) : 7,5 plants/m^2 pour « Les essais » (F) 20,4 pour « Pouligou 10 » (M), 32,9 pour « Nif Carrefour » (L). Par ailleurs, la diversité floristique n'est pas la même suivant les parcelles : 1,5 pour « Les essais » (F), 2,8 pour « Pouligou 10 » (M) et 3,5 pour « Nif Carrefour » (L). C'est essentiellement du rumex et des renoncules qui sont retrouvés sur ces parcelles à un stade végétatif et du laiteron ayant terminé son cycle. La concurrence pour le colza est estimée faible.

3. Ravageurs

Dès fin septembre, de nombreuses morsures d'altises ont été observées sur les plants de colza. Le pourcentage de plants touchés a progressivement augmenté jusqu'à atteindre 100% dans la parcelle « Les essais » (F), 60% dans « Nif Carrefour » (L) et 45% dans « Pouligou 10» (M) mi-octobre. Le seuil d'intervention (80% des pieds avec morsures) ayant été atteint, un traitement au Decis Protech a ainsi dû être déclenché. La parcelle « Les essais » (F) a donc été la seule parcelle touchée par les morsures d'altises à un seuil supérieur au seuil d'intervention.

Les populations de limaces sont apparues dans les parcelles début octobre. Au stade de sensibilité du colza (entre la levée et le stade 3-4 feuilles), il y a eu au maximum 20% de plantes avec la présence de limaces sur la parcelle « Les essais » (F), 10% sur la parcelle « Nif Carrefour » (L) et 0% sur « Pouligou 10 » (M). Un traitement contre les limaces (Sluxx) a donc été appliqué à cette date, au stade 2 feuilles du colza, en pourtour des parcelles. Suite à ce traitement, les populations de limaces ont progressé : jusqu'à 45% de plantes avec présence de limaces sur la parcelle « Les essais » (F) et 30% sur « Nif Carrefour » (L), au stade 8 feuilles vraies. Cependant, à ce stade, le colza n'est pas plus sensible aux dégâts des limaces. Il n'y a pas eu sur la parcelle « Pouligou 10 » (M) plus de 5% de plantes avec des limaces quel que soit le stade.

La levée est nettement plus faible dans la parcelle « Les essais » (F) : 48% de levée contre, 83% pour « Pouligou 10 » (M) et 100% pour « Nif Carrefour » (L). La parcelle « Les essais » (F) a été la parcelle où la présence de morsures d'altises et de limaces était la plus forte. Or les limaces sont très nuisibles en période d'émergence des plantules car elles sectionnent l'hypocotyle et stoppent ainsi de façon définitive la croissance du colza (CETIOM, 2013i). Les grosses altises consomment aussi les jeunes plants de colza qui subissent ainsi un affaiblissement générale. Ces deux ravageurs combinés ont pu nuire aux jeunes plantules de la parcelle « Les essais » (F) qui ont ainsi disparu.

A la sortie de l'hiver, de nombreuses galeries d'altises ont été observées dans les plants de colza. La parcelle « Nif Carrefour » (L) dépassait alors le seuil d'intervention avec 70% de plantes présentant au moins une galerie (20% sur « Pouligou 10 » (M), 35% sur « Les essais » (F)). Le traitement insecticide n'a pas pu être effectué en raison de conditions climatiques défavorables (chutes de neige). Suite à cela, le pourcentage de plantes présentant une galerie

n'a pas augmenté dans cette parcelle qui a été la seule parcelle a dépassé le seuil d'intervention. Les larves d'altises peuvent aller jusqu'à détruire le bourgeon terminal du colza (Diverrès, 2010). Cependant, de tels dégâts n'ont pas été observés à la sortie de l'hiver.

Les charançons des siliques ont dépassé le seuil d'intervention (1 charançon sur 2 plantes), avec 1,1 charançon/plante pour les parcelles « Les essais » (F) et « Nif Carrefour » (L) et 2,25 charançons/plante sur la parcelle « Pouligou 10 » (M) le 19 Avril lors de la formation des siliques (stade sensible). Un traitement a donc été effectué au Décis Protech sur l'ensemble des parcelles début mai. La larve de charançon consomme l'intérieur de la silique. De plus, les piqures de charançons permettent aux Cécidomyies de déposer leurs œufs dans les siliques et les larves entraînent un éclatement de celles-ci (HYPP Zoologie INRA, 2013c). Il a été observé 5% de plantes avec au moins une silique présentant des larves de cécidomyie dans la parcelle « Pouligou 10 » (M), 30% dans la parcelle « Les essais » (F) et 50% dans parcelle « Nif Carrefour » (L). Ainsi, les parcelles «Pouligou 10 » (M) et « Nif Carrefour » (L) qui présentent le nombre de silique /m^2 les plus faibles (respectivement 9934 siliques/m^2 et 10337) ont pu connaître des dégâts de cécidomyies.

Les méligèthes n'ont pas dépassé le seuil d'intervention de 3 à 9 méligèthes par plant selon le stade en 2013. Début avril, alors que la variété Hardi était à un stade de sensibilité vis à vis de ce ravageur (entre boutons accolés et boutons séparés), l'ensemble des méligèthes (0,5 méligèthe par plant) étaient observées sur la variété piège, Es Alicia, alors au stade floraison. Il n'y a donc pas eu de dégâts provoqués par les méligèthes sur cette campagne.

4. Pression maladie

La campagne 2012-2013 a été marquée par une attaque de mycosphaerella très forte avec jusqu'à 80% des pieds observés portant des tâches sur feuilles dans la parcelle « Les essais » (F), 50% des pieds dans la parcelle « Pouligou 10 » (M) et 30% des pieds dans la parcelle « Nif Carrefour » (L). La maladie a débuté fin mai au stade sensible G4. Une autre maladie a été observée sur feuilles à ce même stade : l'alternaria. Le pourcentage des plants touchés par la maladie variait selon les parcelles : 25% pour « Les essais » (F), 30% pour « Nif Carrefour » (L) et 10% pour « Pouligou 10 » (M). Ces maladies ont été observées sur les feuilles. Or, leurs nuisibilités portent essentiellement sur siliques (CETIOM, 2013f ; CETIOM. 2013j). Leur impact n'a donc pas été majeur sur la culture du colza.

5. Discussion

a. Durabilité des systèmes

Un des objectifs principal de cette étude était la baisse globale de l'IFT de –50% par rapport à la référence régionale. Sur les trois années étudiées, l'IFT moyen sur la rotation des 3 systèmes atteint bien cet objectif. Cependant, les IFTH et particulièrement celui de culture du colza reste fort, avec une diminution de seulement 27% de celui-ci par rapport à la référence régionale. Actuellement, il est difficile de limiter l'application de produits phytosanitaires sur le colza. En effet, l'essentiel des produits utilisables en désherbage sur colza sont des produits de pré-levée ou de post-levée précoce. L'application de ces produits n'est donc pas ciblée à la flore susceptible de lever ce qui limite la réduction de dose. Les solutions de post-levée sont peu nombreuses et le spectre d'action est réduit (CETIOM, 2013k). Ainsi, le désherbage mécanique apparaît comme une alternative intéressante aux produits phytosanitaires. Des essais réalisés en 2010 par la Chambre d'agriculture de Bretagne, montre qu'un écartement du semis de 50 cm au lieu de 15cm permettrait grâce à un désherbinage jusqu'à 40% de baisse de l'IFT Herbicides tout en maintenant le rendement (Giteau *et al.,* 2013). Cependant, l'utilisation d'outils mécaniques entraîne le plus souvent une augmentation du temps de travail et des charges de mécanisation supplémentaires. Actuellement, l'itinéraire technique des essais de

Crécom engendre un temps de travail supplémentaire par rapport à celui des agriculteurs locaux de 2,8 h/ha. De plus, les charges de mécanisation des essais sont 57% plus importantes que celles des agriculteurs enquêtés. Il semble donc difficile d'envisager l'utilisation supplémentaire d'outil de désherbage mécanique, coûteux en argent et en temps de travail. Par ailleurs, cet écartement supposerait un investissement supplémentaire (semoir, désherbineuse) car la station ne dispose pas de matériel pour intervenir à cette largeur.

Une autre solution est envisageable : les plantes compagnes ou les couverts associés, avec l'utilisation de plantes gélives. Le couvert ainsi créé par les plantes permet une compétition vis-à-vis des adventices (-0,6 sur l'IFT en limons argileux) et une fourniture de 30 unités d'azote au printemps dans le cas d'une légumineuse (Sauzet *et al.,* 2012). En outre, cette alternative au désherbage mécanique permettrait de diminuer les charges de mécanisation et les temps de travaux élevés dans les essais.

Les QSAH des essais ont des valeurs plus proches d'un système raisonné qu'intégré du fait de l'utilisation des produits de pré et post-levée précoce sur le colza. Le binage et l'utilisation de plantes compagnes, permettraient de limiter les QSAH, mais aussi le transfert de produits herbicides, essentiellement dus aux produits utilisés sur colza (Novall et Colzor Trio).Un des leviers pouvant engendrer une diminution de cette indicateur est l'allongement de la rotation. Actuellement, la rotation comprend 3 cultures d'hiver (colza, blé, triticale) et une culture de printemps (maïs). Une alternance plus régulière des cultures de printemps et d'hiver serait intéressante et permettrait d'éviter une spécialisation de la flore et de disposer de méthodes de contrôles plus variées (ex : solutions chimiques à modes d'action différents) (Arvalis, 2013 ; Munier-Jolain *et al.,* 2008). L'orge de printemps pourrait être une culture intéressante combinant plusieurs atouts : capacité d'étouffement forte et allègement du chantier de travail. Cette culture pourrait venir remplacer le blé car il semble important de préserver la culture du triticale. Le triticale est plus intéressant dans le cadre d'un élevage de porcs avec une richesse plus élevée en acides aminés digestibles et une production de pailles plus importante.

L'autre objectif majeur de cette étude était la diminution du risque de lessivage des nitrates. L'outil Territ'eau estimant ce risque de lessivage faible (40kg/ha/an), cet objectif est donc atteint. De plus, il semble difficile d'obtenir des valeurs plus faibles, le facteur limitant étant la sensibilité du milieu.

La limitation du transfert du phosphore est le dernier objectif majeur de l'étude. Ce risque diffèrent selon les systèmes étudiés : faible pour les systèmes «Lisier» et «Fumier» et fort pour le système «Mixte». Cependant, selon le bilan phosphore, le stock de cet élément augmente tous les ans : de 21 à 74 kg de P_2O_5/ha/an par système. L'apport de phosphore est calculé à partir des rendements objectifs des cultures. Actuellement, ces rendements objectifs ne sont pas atteints et pourraient prochainement être revus à la baisse.

Les objectifs majeurs de l'étude sont de diminuer l'IFT de 50%, de limiter le lessivage des nitrates et le transfert du phosphore. Cependant, ces résultats doivent être couplés aux indicateurs sociaux et économiques calculés. Or sur les trois années d'étude, les temps de travaux de l'essai sont très supérieurs à ceux des agriculteurs (+2,8h/ha). Plusieurs solutions sont envisageables : une diminution du nombre d'interventions où un passage en Techniques Culturales Sans Labour (TCSL). En effet, les TCSL permettent une diminution du temps de travail par rapport au labour : - 48% pour le pseudo labour en un passage, -76% pour le semis direct. Ces techniques permettraient aussi de limiter le nombre de passages et de faciliter l'organisation du travail (Bayle-Laboure, 2011). Cependant, les TCSLfont appel à l'utilisation de matériel spécifique. De plus, le non-labour n'est pas sans impact sur le stock semencier et le développement d'adventices. En effet, cette technique tend à favoriser les espèces à faible dormance et les vivaces et favorise aussi le développement de ravageurs (limaces) et de maladie (fusariose) (Chauvel, 2011). La seconde solution envisagée pour tendre à baisser les temps de travaux, mais aussi les charges de mécanisation, serait la diminution du nombre

d'interventions de désherbage mécanique, interventions coûteuses en temps de travail. Cependant, au vu des valeurs d'IFTH élevée, cette solution ne serait applicable qu'à la culture du maïs. Celle-ci a, en effet, un IFTHH très bas qui pourrait donc être légèrement plus fort tout en atteignant les objectifs globaux de 50% de réduction de l'IFT sur la rotation.

L'itinéraire technique des cultures de l'essai a été simplifié pour la campagne 2013-2014. En effet, sur la culture du colza, il n'est actuellement effectué qu'un labour au lieu d'un labour et d'un déchaumage sur les années antérieures. Sur le triticale, il n'y a pas eu pour l'instant de faux semis effectué, celui-ci est remplacé par une destruction au déchaumeur des repousses de colza. Les temps de travaux de la culture du colza passeraient de 4,94h à 4,38h/ha (2.86h/ha pour les agriculteurs) et celui du triticale de 5.62 à 4.5h/ha (2,2 h/ha pour les agriculteurs). Au niveau des charges de mécanisation, la différence entre les essais de Crécom et les agriculteurs ne serait plus que de +65 €/ha contre +85 €/ha auparavant pour le colza, et +92 €/ha contre +131 €/ha auparavant pour le triticale.

b. Diagnostic agronomique du colza

La campagne 2012-2013 a été marquée par des attaques de limaces et de grosses altises en automne et en hiver, pénalisant une des parcelles avec un taux de levée de 48%. Actuellement, la règle de décision concernant les limaces est l'utilisation de Sluxx en pourtour de parcelle s'il y a un piégeage. Cette règle de décision s'ajoute à un déchaumage pendant l'interculture qui permet exposer les œufs en surface. Cependant, suite à l'utilisation du Sluxx, les populations de limaces ont continué d'augmenter pendant plusieurs semaines. Les règles de décisions n'ont donc pas permis sur cette campagne la maîtrise des populations de limaces. Cependant, malgré la faible levée, le rendement de la parcelle « Les essais » a été important (38,1q/ha). Cette faible levée a donc été compensée par un nombre élevé de siliques au m^2.

Actuellement la date de semis préconisée, pour le colza dans l'ouest de la France est entre le 20 août et le 5 septembre (CETIOM, 2013l). Or, pour cette campagne, le semis a été réalisé le 5 septembre. Avancer la date de semis, et de ce fait obtenir un colza plus vigoureux lors d'attaques de limaces et d'altises pourrait permettre d'éviter des pertes importantes à la levée. Cependant, l'avancement des dates de semis du colza, imposerait une autre organisation du travail sur la station de Crécom. Des essais effectués par le CETIOM ont montré un possible effet perturbateur de certains couverts associés sur les insectes d'automne comme les grosses altises. (Charbonnaud, 2012). Ainsi, il pourrait être intéressant de tester l'effet de ces couverts associés sur les insectes à Crécom. La météo froide du printemps a permis d'éviter les attaques de méligèthes. Cependant, l'efficacité de la variété pièges Es Alicia a quand même pu être vérifiée, l'ensemble des méligèthes observées, lors du stade de sensibilité, se concentrant sur cette variété.

A l'automne, plusieurs facteurs ont limité l'attaque de phoma sur les plants de colza. D'une part la variété implantée Hardi, n'est que très peu sensible au phoma. D'autre part les conditions climatiques avec des températures basses n'ont pas favorisé le développement du phoma (Brun, 2013). Les parcelles ont toutes été touchées par mycosphaerella et alternaria et un traitement a été effectué. Suite à cela, les maladies n'ont pas progressé, le traitement a donc été efficace. A l'heure actuelle, il n'existe pas d'autres leviers que l'enfouissement des résidus de culture, l'allongement de la rotation ou le traitement fongicide pour la lutte contre ces maladies. De plus, la pertinence du déclenchement du traitement est difficile à juger car il n'existe pas de seuils d'intervention.

Globalement la culture du colza n'a pas été impactée par les adventices lors de cette campagne. Deux règles de décision peuvent ainsi être validées. La disponibilité de l'azote (apport déjection avant semis) a permis une forte croissance à l'automne et une forte capacité d'étouffement des adventices (Fisson, 2009). Cette capacité du colza a été complétée par l'utilisation de Novall et de Foly R en post-levée précoce. Cependant, des laiterons se sont

développés au printemps et, du fait du stade trop avancé du colza, il n'a pas été possible d'effectuer une intervention. Prochainement, de nouveaux produits devraient être mis sur le marché permettant une intervention post-levée, une application ciblée et une réduction de dose. En attendant, ces laiterons devront être gérés au niveau de la rotation, à l'interculture dans les céréales.

Des limites se sont posées lors de ces essais. Tout d'abord le nombre d'agriculteurs enquêtés est réduit : entre 4 et 6 agriculteurs chaque année. Ainsi, il serait intéressant d'augmenter le nombre d'enquêtes afin que les références soient plus représentatives. De plus, dans le cadre de l'évaluation du risque de lessivage de l'azote, il aurait été intéressant d'étudier les reliquats début drainage pour confronter ceux-ci aux résultats de l'outil Territ'eau.

Conclusion

Les objectifs définis pour les systèmes de culture testés sont : de limiter les impacts environnementaux des trois systèmes étudiés (fumier, lisier et mixte) tout en prenant en compte les dimensions économiques et sociales, avec la volonté de ne pas dégrader la rentabilité et les conditions de travail.

La première hypothèse était que les 3 systèmes de culture permettent de limiter en partie les impacts environnementaux et de maintenir les conditions économiques et sociales sur les 3 premières campagnes d'une rotation de 4 ans. Les résultats de l'analyse obtenus au terme de trois années de rotation permettent de valider partiellement la première hypothèse. En effet, les systèmes mis en place limitent bien les impacts environnementaux : leurs IFT sont réduits de 50%, il n'y a pas de risque de lessivage de l'azote et peu de risque de transfert du phosphore. Cependant, les systèmes présentent un excédent en phosphore et les IFTH, et plus particulièrement celui du colza, restent importants. De plus, les temps de travaux et les charges de mécanisation sont élevés. Dans le but de limiter l'utilisation des produits herbicides sur le colza deux solutions se profilent. Un désherbinage de cette culture pourrait être effectué, permettrait la baisse de l'IFTH mais engendrerait un temps de travail et des charges de mécanisation supplémentaires. L'utilisation de couverts associés permettrait aussi une baisse de l'IFT mais n'engendrerait pas a priori de charges de mécanisation et des temps de travaux supplémentaires. Le bilan excédentaire en phosphore est dû aux rendements en maïs grain et blé non atteints sur les dernières campagnes. Ainsi, les objectifs de rendement pourraient être revus à la baisse et le bilan phosphore tendrait à devenir équilibré. Afin de limiter les temps de travaux, des TCSL pourraient être utilisés et les itinéraires techniques simplifiés.

La seconde hypothèse portait sur la culture du colza : les règles de décision mises en œuvre en 2013 sur la culture du colza permettent d'atteindre les objectifs de rendement. Sur la campagne 2012-2013, les rendements objectifs ont été atteints sur chaque parcelle. Néanmoins, des disparités de rendements existent entre les parcelles. Afin d'améliorer les performances agronomiques du colza des améliorations pourraient être apportées aux règles de décision. La levée a été très fluctuante selon les parcelles suite à des morsures d'altises et de limaces. Une des solutions serait d'avancer les dates de semis, et d'obtenir ainsi un colza plus résistants à ces attaques. De plus, il pourrait être intéressant de tester l'effet des couverts associés sur les populations de charançons. Globlalement, les adventices n'ont pas limité le rendement lors de cette campagne mais des laiterons se sont développés au printemps et devront être gérés au niveau de l'interculture dans les céréales.

Suite à la première rotation, une évaluation des systèmes de culture sera effectuée en 2014, *a posteriori*, par le biais de l'outil d'évaluation multicritère MASC avec le logiciel DEXi. Cette évaluation permettra d'identifier les forces et les faiblesses des trois systèmes étudiés par rapport à la durabilité.

Bibliographie

Liste bibliographique

Agreste Bretagne (2012a). Présentation générale Bretagne. In : Extrait des Tableaux de l'Agriculture Bretonne 2012 - Résultats 2010, pp.8-9.

Agreste Bretagne (2012b). Agriculture et environnement – Bilan azote et phosphore. In : Extrait des Tableaux de l'Agriculture Bretonne 2012 - Résultats 2010, pp.44-45.

Aubert C., Butler F., Castillon P., Dorioz JM., Fougère M., Gascuel C., Hanocq D., Heddadj D., Levasseur P., Morel C., Raison C. (2010) Le phosphore d'origine agricole : diagnostics et solutions pour limiter les transferts vers le milieu aquatique ». CasDAR Phosphore, 21p.

Bayle-Laboure J. (2011). Comparaison de différentes techniques : TCS, labour, semis direct. La Lettre du Développement , 209, pp. 4.

Bockstaller C., Galan MB., Capitaine M., Colomb B., Mousset J., Viaux P. (2008). Comment évaluer la durabilité des systèmes en production végétale ? In : Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer. Reau.R et Doré.T. ed., Educagri éditions, Dijon, pp.29-51.

Bougel F., Philibert MC., Reau R., Sauzet G. (2010) DIACOL : Une démarche et un outil pour le colza, GUIDE A LA PARCELLE, Groupe diagnostic. ed., CETIOM, 17 p.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne. (2007). RMT « Systèmes de culture innovants » : Lauréat de l'appel à projet 2007. 2 p.

Charbonnaud J. (2012). Conduire un colza avec un couvert associé. Oléotech, 2, pp.1-12.

Chauvel B., Tschudy C., Munier-Jolain. (2011) Gestion intégrée de la flore adventice dans les systèmes de culture sans labour. *Cah Agric*, 20, 3, pp.194-203.

CETIOM. (2008) Quelles perspectives en désherbage colza. In : Rencontres Techniques Régionales du CETIOM 2008-2009.

CETIOM (2013h). Choix des cultures de remplacement des colzas non levés ou retournés au printemps 2013 dans les régions Lorraine, Bourgogne, Berry et Poitou-Charentes et ponctuellement en Pays de la Loire et Basse Normandie. OLEOmail – Zone Ouest, pp. 1-5.

Comité de bassin Loire-Bretagne (2009). Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux - Sdage - du bassin Loire-Bretagne, 2010-2015. DREAL Centre, 248p.

Craheix D., Angevin F., Bergez JE., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T. (2012) MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. Innovations Agronomiques, 20, pp. 35-48.

Deléglise A., Falchier M., Giteau JL., Le Roux L., Marceau C. Rédacteurs. (2012). Reconnaissance des principales maladies des cultures en Bretagne : Guide Pratique. Chambre régionale d'agriculture de Bretagne , 43p.

Diverrès R., De Rouvre J.,Falchier M., Le Roux L., Masson E., Thierry J., Gamon A., Loret S., Baudet JJ. Rédacteurs. (2010). Reconnaissance des ravageurs des cultures de Bretagne. Chambre régionale d'agriculture de Bretagne , 35p.

DREAL Bretagne (2012). L'eau en Bretagne - bilan 2010. Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement, 44 p.

Fisson C. (2009). Evaluation a priori de systemes de culture a bas niveau d'intrants en système spécialisé porcs-cultures a l'aide de l'outil MASC. Diplôme de Master en Systèmes de Productions Végétales Raisonnées, Université de Rennes1/Agrocampus Ouest, Rennes, 47p.

Fourrie L., Butler F., Castillon P., Hanocq D., Fougère M., Levasseur P., Gascuel C., Dorioz J.M., Morel C., Raison C., Aubert C. (2011). Le phosphore d'origine agricole : diagnostics et solutions pour limiter les transferts vers le milieu aquatique. Innovations Agronomiques, 17, pp.15-32.

Giteau JL., Cotinet P., Dupont A., Heddadj D. (2012). Concevoir des Systèmes de Culture économes en intrants : concilier durabilité économique, sociale et environnementale. Chambre d'agriculture de Bretagne, 4 p.

Giteau JL., Quere L., Guillermou A., Bilcot AT., Bruzeau C., Turlin JP., Bouille D., Boisselier C., Charter A., Cotinet P., Cottais A., Arzul JP., Gicquel F., Meallet D. , Raimbault J., Pinochet X., Valantin-Morison M. (2013). Protection intégrée du colza. Chambre d'agriculture de Bretagne, 8p.

Lucas P. (2007). Le concept de la protection intégrée des cultures. Innovations agronomiques, 1, pp.15-21.

Merrien A., Landé N. (2009). Physiologie du colza : mise en place du rendement. In : Rencontres Techniques Régionales du CETIOM 2008-2009.

Meynard JM., Doré T., Habib R. (2001). L'évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable. Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France, 87, 4, pp. 223-236.

Meynard JM. (2008). Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. In : Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer. Reau.R et Doré.T. ed., Educagri éditions, Dijon, pp.11-27.

Mortreuil C. (2012). Evaluation de la durabilité et optimisation de systèmes de cultures à bas niveau d'intrants, en production porcine en Bretagne. Diplôme de Master en Systèmes de Productions Végétales Raisonnées, Université de Rennes1/Agrocampus Ouest, Rennes, 69p.

Munier-Jolain N., Deytieux V., Guillemin JP, Granger S., Gaba S. (2008). Conception et évaluation multicritères de prototypes de systèmes de culture dans le cadre de la Protection Intégrée contre la flore adventice en grandes cultures. Innovations Agronomiques, 3, pp. 75-88.

Paboeuf F. (2011). Approche expérimentale de deux systèmes de production porcine différenciés par le mode de logement : Contribution à la recherche d'un développement durable. Doctorat Sciences agronomiques, L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), Paris, 183 p.

PROLEA CETIOM (2001). Fiche technique : lutter contre les limaces dans le colza et le tournesol. Ed., CETIOM, 4 p.

Salaün P. (2007). Caractérisation et évaluation agronomique et environnementale des systèmes de cultures en exploitations porcines. Diplôme d'ingénieur, Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers, Angers, 78p.

Sauzet G., Landé N., Van Boxsom A. (2012). Les couverts associés au colza : les résultats de la campagne – Résultats essais Cetiom 2010-2011 Berry. In : Rencontres Techniques Régionales, 20p.

Sebillote M. (1990). Système de culture : un concept opératoire pour les agronomes. In : Un point sur les systèmes de culture. Combe L., Picard D. ed., INRA Editions, Paris, pp. 165-190.

Valantin-Morison M., Guichard L., Jeuffroy M.H. (2008). Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ?. Innovations Agronomiques, 3, pp. 27-41.

Vincenot D., Normand F. (2009). Guide de la production intégrée de mangues à la Réunion. Chambre d'Agriculture de La Réunion et CIRAD, 125 p.

Vogrincic C., Duroueix F., Jouffret P., Ségura R. (2011). COLZA : Elongation automnale, que faire ? Quel risque ?. OLEOmail – Zone Sud, pp. 1-2.

Van Kempen P., Pérès JL. (2010). Coût prévisionnel indicative des matériels agricoles. Bureau de Coordination du Machinisme Agricole, 42 p.

Van Kempen P., Pérès JL. (2011). Coût prévisionnel indicative des matériels agricoles. Bureau de Coordination du Machinisme Agricole, 40 p.

Van Kempen P., Pérès JL. (2012). Coût prévisionnel indicative des matériels agricoles. Bureau de Coordination du Machinisme Agricole, 46 p.

Zadoks JC., Chang TT., Konzak CF. (1974). A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. Weed Research, 14, pp. 415-421.

Liste sitographique

AgroParis Tech (2003). Colza - Développement. https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/main/document/showinframes.php?cidReq=PHYTOTECHNIE&&curdirpath=/phytotechnie&file=/phytotechnie/index.htm (Consulté le 29/05/2013)

Agro-transfert Bretagne (2013). Territ'eau. http://agro-transfert-bretagne.univrennes1.fr/Territ_eau/ (consulté le 18/04/2013).

Arvalis (2013). Lutte contre les adventices : valoriser les rotations et les périodes de semis. http://www.arvalis-infos.fr/view.jspz;jsessionid=364B80B87668C10C9A43662FA875C21E.tomcat2?obj=arvarticle&id=11615&syndtype=null&hasCookie=false&hasRedirected=true (Consulté le 19/08/2013)

Brun H. (2013). Leptosphaeria maculans : biologie, épidémiologie. http://ephytia.inra.fr/fr/Contents/view/16280. (Consulté le 20/08/2013)

CETIOM (2013a) Dégâts de neige, gel, grêle sur colza. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/accidents-climatiques/neige-gel-grele (Consulté le 28/05/2013)

CETIOM (2013b). Dégâts liés au manque ou à l'excès d'eau sur colza. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/accidents-climatiques/manque-exces-deau (Consulté le 28/05/2013)

CETIOM (2013c). Fertilisation azotée du colza. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/fertilisation/azote (Consulté le 29/05/2013)

CETIOM (2013d). Phoma : lutte. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/maladies/phoma/lutte (Consulté le 29/05/2013)

CETIOM (2013e). Sclérotinia : lutte. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/maladies/sclerotinia/lutte (Consulté le 29/05/2013)

CETIOM (2013f). Mycosphaerella. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/maladies/mycosphaerella/ (Consulté le 29/05/2013)

CETIOM (2013g). Point colza - Des rendements très variables. http://www.cetiom.fr/espaces-regionaux/messages-techniques/regions-ouest/2013/point-colza-des-rendements-tres-variables/ (Consulté le 20/08/2013)

CETIOM (2013i). Lutter contre les limaces. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/ravageurs/limaces/lutte/ (Consulté le 20/08/2013)

CETIOM (2013j). Alternaria. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/maladies/autres-maladies/alternaria/ (Consulté le 20/08/2013)

CETIOM (2013k). Colza : date et densité de semis. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/implantation/semis-date-et-densite/ (Consulté le 20/08/2013)

CETIOM (2013k). Raisonner la lutte chimique. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/desherbage/lutte-chimique/ (Consulté le 20/08/2013)

CETIOM (2013i). Mycosphaerella. http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/maladies/autres-maladies/mycosphaerella/ (Consulté le 20/08/2013)

GNIS Pédagogie (2013). Origine et physiologie du colza. http://www.gnis-pedagogie.org/colza-origine-physiologie-plante.html (Consulté le 29/05/2013)

HYPP Pathologie INRA (2013a). Pourriture blanche. http://www7.inra.fr/hyp3/pathogene/3sclsc3.htm (consulté le 10/07/2013)

HYPP Zoologie INRA (2013b). Charançon de la tige du colza. http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3ceunap.htm (consulté le 22/07/2013)

HYPP Zoologie INRA (2013c). Méligèthe du colza. http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3melaen.htm (consulté le 22/07/2013)

HYPP Zoologie INRA (2013d). Charançon des siliques de colza. http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3ceuass.htm (consulté le 22/07/2013)

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (2011a). Agriculture durable : quelles sont les orientations de la France ?. http://www.developpement-durable.gouv.fr/Agriculture-durable-quelles-sont.html (Consulté le 29/05/2013)

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'énergie (2011b). Politique européenne et agriculture durable : quels soutiens ?. http://www.developpement-durable.gouv.fr/Politique-europeenne-et.html (Consulté le 29/05/2013)

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (2012). Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles – Présentation. http://www.idea.portea.fr/index.php?id=12 (Consulté le 17/04/2013)

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (2013). Focus n°2 : Principes de la Protection Intégrée des Cultures (PIC). http://agriculture.gouv.fr/Focus-no2-Principes-de-la (Consulté le 28/06/2013)

SIRIS (2012). SIRIS-Pesticides 2012. http://www.ineris.fr/siris-pesticides/bdd_siris_pesticides (Consulté le 16/06/2013)

Annexes

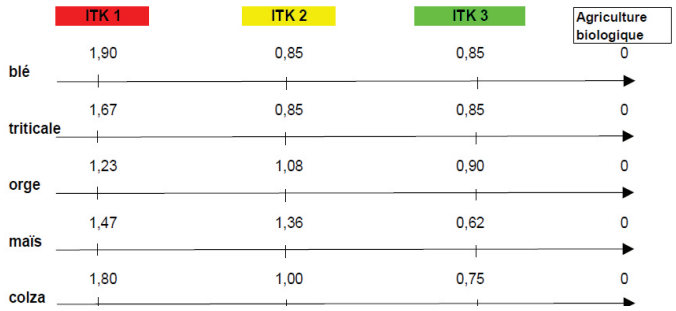
Annexe I : Calculs des indicateurs issus de l'outil Territ'eau

Source : (AgroTransfert Bretagne 2013 ; Mortreuil 2012)

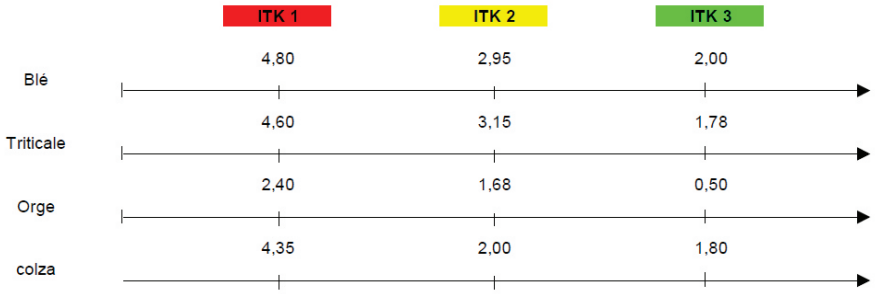
I . Module « Produits phytosanitaires ».

- *IFT*

1. Grilles des références techniques 2009 des IFT de chaque culture pour les traitements herbicides



2. Grilles des références techniques 2009 des IFT de chaque culture pour les traitements hors herbicides



- *QSA*

3. Classement des parcelles/rotation pour la pression herbicide :

Pression herbicide (gS.A./ha/an)	Très élevée	Elevée	Moyenne	Faible	Nulle
	>1000	500-1000	250-500	<250	0

4. Classement des parcelles/rotation pour la pression hors herbicide :

Pression hors herbicide (gS.A./ha/an)	Très élevée	Elevée	Moyenne	Faible	Nulle
	>1000	500-1000	250-500	<250	0

- *Transferts*

5. Classement des parcelles/rotation pour la pression herbicide à fort risque de transfert :

Pression herbicides à fort risque de transfert (gS.A./ha/an) sur les SC-PHYTO	Très élevée	Elevée	Moyenne	Faible	Nulle
	>1000	500-1000	250-500	<250	0

II. Module « Nitrates »

1. Composante *Sensibilité du milieu*

Coefficients de lessivage en fonction de la lame drainante et du type de sol

Lame drainante	Sols sains Profondeur <80 cm	Sols sains Profondeur > 80 cm	Sols hydromorphes Sols moyennement hydromorphes*	Sols hydromorphes Sols très hydromorphes
200-300 mm	0,85	0,72	0,85	1
300-400 mm	0,91	0,85	0,91	1
>400 mm	1	1	1	1

* Les parcelles drainées sont inclues dans les parcelles moyennement hydromorphes.

2. Composante *Transfert d'azote* sous la rotation en fonction de d'occupation du sol

1- Centre Bretagne: Coefficient de lessivage=1, pousse de l'herbe=zone humide, récolte maïs=tardive	
Prairie <300 UGB.JPP/ha/an jamais retournée	15-25
Prairie 9 ans < 300 UGB.JPP/ha/an / blé (système herbager)	25-35
Prairie 300-550 UGB.JPP jamais retournée	
Maïs (grain ou fourrage)/blé+cipan	
Maïs (grain ou fourrage)/blé/colza/blé+cipan	
Maïs (grain ou fourrage)/blé + cipan courte durée /orge + cipan	
Monoculture de maïs fourrage + cipan sous couvert	35-45
Prairie 300-550 UGB.JPP/ha/an retournée en prairie	
Prairie 300-550 UGB.JPP/ha/an / maïs / blé	
Maïs/blé/orge + cipan	45-55
Maïs/blé+cipan/épinard+haricot/blé/orge+cipan	55-65
Monoculture de maïs fourrage + cipan après le 10/10	
Monoculture de maïs grain + sol nu	65-75
Prairie 550-800 UGB.JPP/ha/an / maïs / blé	65-75
Prairie >800 UGB.JPP/ha/an / maïs / blé	85-95

Effet du retournement de prairies

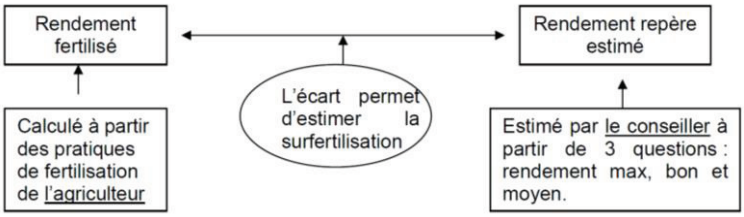
Fertilisation optimale

Surcharge azotée en prairie

	< 35 uN	35-45 uN	45-55 uN	> 55 uN
Risque TRANSFERT/rotation	très faible	faible	moyen	fort

3. Composante Excédent d'azote lié aux pratiques de fertilisation.

Calcul d'un écart entre le rendement objectif et le rendement permis par la fertilisation



Pour chaque parcelle, se positionner dans le tableau suivant. Le chiffre moyen () permet ensuite de calculer la note nitrate.

Ecart au conseil /ha/an sur la rotation	Nul ou sous-fertilisé : 0
	Faible <20 : (10)
	Moyen 20 à 40 u : (30)
	Fort > 40 u : (50)

4. Calcul de la *note Nitrates*

Lame drainante >400 mm

Risque lié au type de rotation en kg de N/ha/an		< 35 u: 30	35 à 45 u: 40	45 à 55 u: 50	55 à 65 u: 60	65 à 75 u: 70	> 75 u: 80
Ecart au conseil en kg de N/ha/an	Nulle:0	30	40	50	60	70	80
	Faible <20 : (10)	40	50	60	70	80	90
	Moyen 20 à 40 u : (30)	60	70	80	90	100	110
	Fort > 40 u : (50)	80	90	100	110	120	130

III . Module « Phosphore »

- Composante *Transfert de phosphore* en fonction des facteurs du milieu

1. Risque de battance à positionner sur la carte :

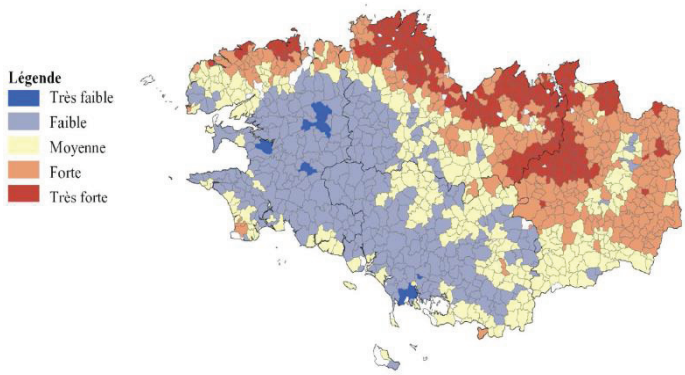


Figure 16 : Carte des classes de risque de battance de Bretagne au niveau communal par croisement de l'information texture et teneur en carbone organique de l'horizon de surface

2. Pourcentage de couverture végétale annuelle :

Pour les grandes cultures et les prairies

	Blé tendre d'hiver	Triticale ou mélange céréalier ou orge d'hiver	Colza d'hiver	Pois, féverolle, lupin	
				printemps	hiver
% couverture végétale	29	36	47	24	37
	Maïs grain + cannes broyées (suivi d'une culture de printemps)	Maïs grain + sol nu (suivi d'une culture d'hiver)	Maïs ensilage	Chanvre	
% couverture végétale	54	25	22	32	
	Prairie, luzerne, trèfle		CIPAN		
	1ère année d'implantation	en place	avant le 30 septembre	après le 30 septembre	
% couverture végétale	66	100	27	12	

Source : INDIGO revu pour la Bretagne par le pôle Agro-PV des chambres d'agriculture de Bretagne.

3. Nombre de « pratiques » favorables, ou défavorables impactant la capacité d'infiltration du sol pour chaque culture :

Sol (pratiques agricoles)	Favorable	Défavorable
Infiltration/rugosité	*Binage (bineuse, houe rotative) (1) *Pas de travail du sol (prairie, semis direct ou travail minimum sur la ligne de semis avec couvert permanent ou résidus abondants (>30% de couverture du sol) (2)	*Affinement du lit de semences (légumes) *Tamisage (pommes de terre) *Irrigation (légumes)
Tassement	*Semi avec éffaceurs de traces de roues	*Passage d'engins lourds du 1er oct-30 mars (période hivernale) non équipés de pneus basse pression (<1 bar): *épandage *ensilage *moisonneuse en maïs grain *Sur-pâturage: *pâturage hivernal (du 15 novembre au 15 février) *pression pâturage anuelle > 800 UGB.JPP/ha/an

(1) la herse étrille a un effet défavorable sur la capacité d'infiltration du sol
(2) le travail du sol pour l'implantation des inter-cultures n'est pas pris en compte

4. Evaluation du risque « Transfert » :

Pour chaque rotation, évaluer la sensibilité au « TRANSFERT » selon le tableau suivant :

Risque TRANSFERT		Sol (milieu) - Sensibilité à la battance		
% couverture végétale	Sol (pratique agricole) infiltration/tassement	faible	moyen	fort
> 60%	>=1 pratique favorable			
	]-1;1[pratique favorable			
	<=-1 pratique favorable			
]30-60] %	>=1 pratique favorable			
	]-1;1[pratique favorable			
	<=-1 pratique favorable			
<= 30%	>=1 pratique favorable			
	]-1;1[pratique favorable			
	<=-1 pratique favorable			

- Composante *Source de phosphore* en fonction des quantités de phosphore dans les sols.

1. Classement des parcelles en fonction des teneurs P Dyer du sol :
Correspondance des classes de teneur en P selon différentes méthodes de mesure

Classe de teneur en P Dyer	< 450	450-600	> 600
Classe de teneur en P Olsen	< 140	140-175	> 175
Classe de teneur en P Joret-Hebert	< 275	275-350	> 350

2. Estimer un niveau de risque pour chaque apport de P par épandage :

Risque apports de P lié aux épandages		Dose (kg P2O5/ha) pour chaque apport		
		50	50-100	>100
Modalités d'incorporation	Labour immédiat ou localisé			
	Incorporation superficielle			
	Surface			

3. Evaluer le risque lié aux apports de P :

Apports de P moyen sur la rotation = (0,3*nombre d'apports de P à risque faible + 0,6*nombre d'apports de P à risque moyen + 1 *nombre d'apports de P à risque fort)/nombre d'années de la rotation

Risque apports annuels de P (rotation)	< 0,4	[0,4-0,8[	>=0,8
	1 (faible)	2 (moyen)	3 (fort)

4. Evaluation du risque « Source » :

SOURCE DE P		Risque stock de P dans le sol (P Dyer)		
		<450	450-600	> 600
Risque apports annuels de phosphore	1 (faible)			
	2 (moyen)			
	3 (fort)			

- Evaluation du risque de Transfert total du Phosphore vers les eaux de surface :

Risque facteur SOURCE	Risque facteur TRANSFERT		
	faible	moyen	fort
faible			
moyen			
fort			

Annexe II : Méthode Barralis de suivi des adventices

Observations pour apprécier les populations d'adventices

Le suivi des adventices doit s'effectuer à 4 moments clés de la culture :

- Le jour du semis
- **15 jours** après le semis ou juste avant le désherbage
- à **la fermeture du couvert**, en post désherbage
- à **la récolte** : faire un bilan à vue depuis tracteur ou après récolte pour certaines espèces.

A chaque étape :

- noter le stade de la culture ;
- parcourir la parcelle selon un parcours prédéfini (U ou X) (le U permet (i) de rester éventuellement dans les passages de roues et donc de ne pas abîmer la culture aux stades fragiles, (ii) de ne pas doubler l'observation au milieu de parcelle, en laissant de plus grandes zones inexplorées) ;
- à 8 reprises (4 à l'aller, 4 au retour) : marcher ; noter le nom de toutes les espèces visibles autour de soi sur le parcours vers la prochaine station; s'arrêter à l'endroit choisi comme station; affecter à chaque espèce (1) une note d'abondance selon l'échelle 'Barralis' ci-dessous, (2) une note de stade mini, (3) une note de stade maxi, (4) une note de stade dominant; avancer de 10 mètres en vérifiant ces notes pour les espèces pour lesquelles on a un doute (la note d'abondance doit refléter le paysage malherbologique sur la station, mais aussi autour de la station, donc le notateur peut tenir compte des impressions qu'il avait eu sur le parcours après avoir quitté la station précédente.
- puis marcher vers la station suivante, en commençant à noter le nom des espèces qu'on rencontre, auxquelles on va affecter une note à la station suivante.
- on peut ajouter une colonne commentaire ('surtout en bordure', 'plantes marquées par l'herbicide', 'plantes chétives dominées par la culture')

Échelle d'abondance Barralis (d=densité moyenne):

- ε (1) : 1 individu vu sur le parcours
- ε (2) : 2 individus vu sur le parcours
- ε (3) : 3 individus vu sur le parcours
- ε (4) : 4 individus vu sur le parcours
- ε (5) : 5 individus vu sur le parcours
- ε (6) : 6 individus vu sur le parcours
- + : d < 0.1 plantes/m²
- 1 : 0.1 < d < 1 plantes/m²
- 2 : 1 < d < 3 plantes/m²
- 3 : 3 < d < 20 plantes/m²
- 4 : 20 < d < 50 plantes/m²
- 5 : 50 < d < 500 plantes/m²
- 6 : 500 < d

Echelle de stade (commune graminées-dicots)

- 1 : Cotylédons-coléoptile
- 2 : Plantule
- 3 : Stade végétatif
- 4 : Boutons floraux
- 5 : Epiaison
- 6 : Début floraison
- 7 : Pleine floraison
- 8 : Fin floraison
- 9 : Début fructification
- 10 : Graines formées
- 11 : Graines mures
- 12 : Graines disséminées, plante sénescente

Source :
Nicolas Munier-Jolain INRA - UMR Biologie et Gestion des Adventices
17, rue Sully BP 86510 21065 DIJON CEDEX
Tél : +33 (0)3 80 69 30 35 Fax : +33 (0)3 80 69 32 22

<u>Annexe III :</u> Protocoles de suivis des maladies et ravageurs du colza utilisés dans le cadre du Bulletin de Santé du végétal

Surveillance biologique du territoire
Protocole COLZA
Bretagne
Suivi 2012-2013

1-Choix des parcelles

Pour obtenir un état des lieux représentatif de la région, il a été décidé de privilégier des parcelles :

- avec une date de semis représentative de la région (première quinzaine de septembre)
- avec une variété de type très peu sensible au phoma (TPS ou PS en second choix)
- avec une variété de type peu sensible (ou moyennement sensible en second choix) à l'allongement automnal.

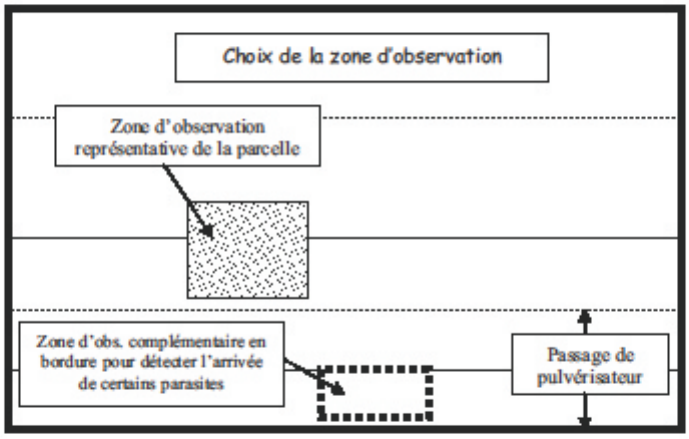
Pour connaître les caractéristiques de la variété de la parcelle choisie, une fiche est mise à disposition des observateurs sur le site www.cetiom.fr (rubrique "oléovar", thème "découvrez les variétés". Choisir « colza d'hiver - classiques » pour obtenir une fiche donnant les caractéristiques complètes (dont phoma et allongement automnal).

2-Choix de la zone d'observation

Une zone d'étude homogène et représentative de la parcelle servira de référence aux observations et à la mise en place des pièges (ex : surface de la zone : 50 m x 50 m). Cette zone d'observation sera située préférentiellement sur le second passage de pulvérisateur.

On s'attachera à conserver autant que possible l'intégrité du couvert végétal dans cette zone malgré les visites régulières.

Si la parcelle est hétérogène ou comporte deux variétés, on décrira puis on fera les observations pour une entité que l'on maintiendra durant toute la campagne.



Cette zone d'observation privilégiée sera conduite comme l'ensemble de la parcelle. Il est important de mentionner toute intervention sur la parcelle pour ne pas faire d'interprétation erronée.

Un carré témoin peut être mis en place (ne recevant aucun traitement phytosanitaire) dans la parcelle. La cuvette sera installée dans ce carré et toutes les observations visuelles seront également effectuées dans cet espace.
Il sera donc important de bien préciser si les observations sont effectuées dans une partie traitée ou non traitée.

3-Mise en place du suivi

Deux types de suivis seront réalisés : le piégeage et l'observation visuelle sur plantes.

3.1 Piégeage en cuvette

Il s'agit de dénombrer le nombre de captures dans la cuvette.

⇒ **Mise en place du piège :**

Utiliser une cuvette jaune remplie d'eau avec une goutte de mouillant (liquide vaisselle) pour faciliter les captures.
L'eau contenue dans la cuvette sera changée à chaque notation.

La cuvette sera mise en place dès le semis, dans la zone d'observation.

Remarque : Quand la pénétration dans le colza devient difficile, s'assurer que la cuvette est accessible (proximité de trace de roue...).

⇒ **Hauteur de la cuvette**

Utilisez un piquet de 2,50 m environ que vous enfoncez dans le sol.
Fixez la cuvette au piquet de telle sorte que sa hauteur soit facilement réglable.
En cours de végétation (cf. figure ci-dessous), remontez la cuvette de telle façon que le bord supérieur de la cuvette soit toujours légèrement au dessus de la végétation.

*Remarque : **Lors de l'installation de la cuvette au semis, celle-ci devra être enterrée et cela jusqu'au stade B2 (2 feuilles vraies étalées).***

⇒ **Technique d'observation**

Lorqu'il y a peu d'insectes, ceux-ci peuvent être identifiés et retirés sur place un par un.
Lorqu'ils sont trop abondants, la technique la plus simple est sans doute de filtrer le liquide sur un bas posé sur un récipient quelconque (ce récipient peut rester en permanence au pied du piquet, dans le champ d'observation. Lorsque le liquide est filtré, il peut être reversé dans la cuvette).

Refermez le bas avec les insectes en le nouant, le ramener au bureau et faire sécher les insectes sur un buvard pendant une demi-heure environ (attention : certains insectes mal noyés peuvent se "réveiller" pendant le séchage et disparaître), identifiez et comptez les.

3.2 Observations visuelles

⇒ **Principe de l'observation**

Les comptages sont réalisés systématiquement dans la zone d'observation ou la zone témoin (des notations complémentaires peuvent être faites, si besoin, sur la bordure, notamment en cas de phase d'invasion des parcelles).

Les observations sont réalisées sur un minimum de 20 plantes non choisies, réparties en 4 fois 5 plantes consécutives.

⇒ **Suivi des limaces**

Mise en place d'un piège pour dénombrer les limaces dès le semis.

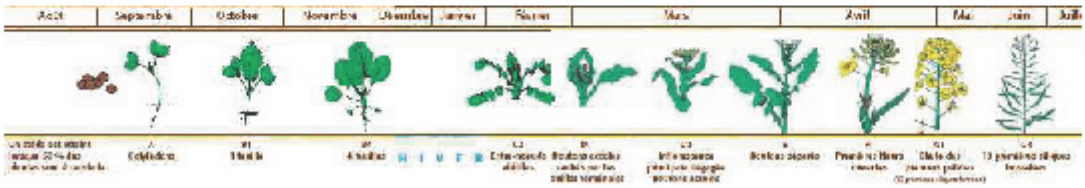
- Le type d'observation est le dénombrement de limaces présentes sous le piège chaque semaine.
- La méthode d'observation est la mise en place d'un piège dans la zone d'observation (préalablement choisie pour les autres notations) et déposer quelques granulés anti-limace. Le piège (50 * 50 cm) doit être positionné face noire contre le sol et lesté (pierre) pour qu'il soit bien en contact avec le sol.

Pour obtenir le piège, il suffit d'en faire la demande auprès d'Anthony GERARD (FEREDEC Bretagne).

4-Calendrier des observations

Pour chaque notation, renseigner le stade de la culture :

Une illustration plus précise des stades du colza est disponible sur le site du Cetiom.



Un stade est déclaré atteint lorsque 50% des plantes sont arrivées à ce stade.

Remarques :

- *Les feuilles ne sont prises en compte qu'à partir du moment où elles font une longueur de 2 cm.*
- *Il faut tenir compte des cicatrices foliaires sur le collet pour connaître le nombre de feuilles réellement produites et pour donner le stade exact de la parcelle.*
- *Il est important pour les stades de n'indiquer qu'un seul stade (exemple : B2 et non pas B2 – B3).*

Les principaux stades du colza sont les suivants :

	A	Stade cotylédonaire (pas de feuilles vraies – Seuls les cotylédons sont visibles)
Formation de la rosette	B1	1 feuille vraie étalée
	B2	2 feuilles vraies étalées
	B3	3 feuilles vraies étalées
	B4	4 feuilles vraies étalées
	Bn	n feuilles vraies étalées
Montaison	C1	Reprise de la végétation, apparition de jeunes feuilles
	C2	Entre-nœuds visibles – on voit un étranglement vert clair à la base des nouveaux pétioles. C'est la tige.
Boutons accolés	D1	Boutons accolés encore cachés par les feuilles terminales.
	D2	Inflorescence principale dégagée – Boutons accolés – Inflorescences secondaires – La tige atteint et dépasse la hauteur de 20 cm mesurée entre la base de la rosette et les bouquets floraux.
	E	Boutons séparés – Les pédoncules floraux s'allongent en commençant par ceux de la périphérie.
Floraison	F1	Premières fleurs ouvertes
	F2	Nombreuses fleurs ouvertes - allongement hampe florale
Formation des siliques	G1	Chute des premiers pétales - 10 premières silique < 2 cm
	G2	Les 10 premières siliques : de 2 à 4 cm
	G3	Les 10 premières siliques > à 4 cm
	G4	Les 10 premières siliques bosselées
	G5	Grains colorés
	R	Récolte

4.1 Observations d'automne

⇒ **Insectes à comptabiliser chaque semaine (piégeage en cuvette ou piège anti-limaces) :**
- Limaces,
- Altises des crucifères (Petites altises)
- Altises d'hiver (Grosses altises) adultes,
- Tenthrède de la rave.

⇒ **Insectes à observer chaque semaine (observations visuelles) :**
- Altises des crucifères / altises d'hiver,
- Pucerons verts du pêcher,
- Pucerons cendrés du chou,
- Larves de tenthrèdes.

⇒ **Maladies à observer toutes les semaines , uniquement sur le 1/3 supérieur :**
- Mildiou,
- Phoma,
- Pseudocercopsporella.

Une fois par campagne, observation visuelle des larves de grosses altises (altises d'hiver).

4.2 Observations de printemps

⇒ **Insectes à comptabiliser chaque semaine en fonction des périodes de vol (piégeage en cuvette) :**
- Charançons de la tige du chou,
- Charançons de la tige du colza,
- Charançons des siliques,
- Méligèthes.

⇒ **Insectes à observer chaque semaine (observations visuelles) :**
- Charançons des siliques,
- Méligèthes,
- Pucerons cendrés du chou.

⇒ **Maladies à observer toutes les semaines , uniquement sur le 1/3 supérieur :**
- Alternaria,
- Cylindrosporiose,
- Midiou,
- Mycosphaerella,
- Phoma,
- Pseudocercosporella,

⇒ **Maladie à observer toutes les semaines , sur la plante entière :**
- Sclérotinia.

5-Récapitulatif des insectes et maladies à observer

Tableau récapitulatif des insectes à observer

Les photos sont extraites du site de l'INRA (www.inra.fr/hyppz), du site du CETIOM (www.cetiom.fr), du SRAI et de la Feredec Bretagne.

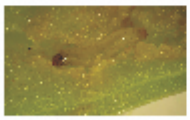
5.1 Observation à l'automne

Ravageur	Observation à réaliser	Période d'observation	Fréquence
Limaces : Limace noire Limace grise	**Piégeage** (mise en place d'un piège + anti-limace) : dénombrer le nombre de limaces présentes	Du semis jusqu'au stade B4	1 fois par semaine
Petites altises 	**Piégeage** (à l'aide de la cuvette jaune) : Nb d'adultes capturés	De la levée à B3	1 fois par semaine
	Observation visuelle (notation sur 20 plantes) : % de plantes avec morsures		
Grosses altises adultes **(altises d'hiver)** 	**Piégeage** (à l'aide de la cuvette jaune) : Nb d'adultes capturés	De la levée à rosette	1 fois par semaine
	Observation visuelle (notation sur 20 plantes) : % de plantes avec morsures	De la levée à B3 / B4	
Tenthrèdes de la rave Adulte Jeunes larves	**Piégeage** (à l'aide de la cuvette jaune) : Nb d'adultes capturés	De la levée à B6	1 fois par semaine
	Observation visuelle (notation sur 20 plantes) : % de plantes avec présence de larves (avec estimation de la surface foliaire consommée : ¼ , ½, ...)		

Pucerons verts du pêcher	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % de plantes avec présence	De la levée à cotylédons + 6 semaines	1 fois par semaine
Pucerons cendrés du chou	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % de plantes avec présence	De la levée à cotylédons + 6 semaines	1 fois par semaine

Maladie	Observation à réaliser	Période d'observation	Fréquence
Mildiou :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles	Levée à B3	1 fois par semaine
Phoma :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles	Cotylédons à rosette	1 fois par semaine
Pseudocercosporella :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles	B4 à rosette	1 fois par semaine

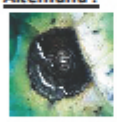
5.2 Observation pendant l'hiver

Ravageur	Observation à réaliser	Période d'observation	Fréquence
Grosses altises larves (altises d'hiver) 	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % de plantes avec au moins une larve vivante dans les galeries	Courant janvier	1 fois par campagne

5.3 Observation au printemps

Les périodes de vol pourront être précisées grâce à l'utilisation du logiciel Proplant

Ravageur	Observation à réaliser	Période d'observation	Fréquence
Charançons de la tige du chou	**Piégeage** (à l'aide de la cuvette jaune) : Nb d'adultes capturés	Reprise de végétation à boutons séparés	1 fois par semaine en période de risque climatique de vol
Charançons de la tige du colza	**Piégeage** (à l'aide de la cuvette jaune) : Nb d'adultes capturés	Reprise de végétation à boutons séparés	1 fois par semaine en période de risque climatique de vol
Pucerons cendrés du chou	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : Nb de colonies par m²	Reprise de végétation aux 10 premières siliques bosselées	1 fois par semaine
Méligèthes	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : Nb d'insectes par plante en moyenne	Boutons accolés aux premières fleurs	1 fois par semaine en période de risque climatique de vol
	Piégeage (à l'aide de la cuvette jaune) : Nb d'adultes capturés		
Charançons des siliques	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : - En bordure de parcelle : nb d'insectes par plante en moyenne - Si présence en bordure, intérieur de la parcelles : nb d'insectes par plante en moyenne	Chute des premiers pétales aux 10 premières siliques bosselées	1 fois par semaine en période de risque climatique de vol
	Piégeage (à l'aide de la cuvette jaune) : Nb d'adultes capturés		

Maladie	Observation à réaliser	Période d'observation	Fréquence
Mildiou :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles	Reprise de végétation à grains colorés	1 fois par semaine
Mycosphaerella :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles, tiges ou siliques	Reprise de végétation à grains colorés	1 fois par semaine
Cylindrosporiose :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles, tiges ou siliques	Reprise de végétation à récolte	1 fois par semaine
Phoma :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles, tiges ou siliques	Reprise de végétation à récolte	1 fois par semaine
Pseudocercosporella :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles ou siliques	Reprise de végétation à récolte	1 fois par semaine
Sclérotinia :	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes atteintes (notation sur plante entière)	Chute des premiers pétales à récolte	1 fois par semaine
Alternaria : 	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence sur feuilles, tiges ou siliques	Début de la formation des siliques à récolte	1 fois par semaine

6- Problèmes à signaler en cours de campagne

6.1 Observation à l'automne

Ravageur	Description	Période d'observation	Dégâts
Mouche du chou **Adulte** **Larve et pupe**	Adulte : - Ressemblance avec une mouche commune Larve **(observable au niveau du pivot)** : - Asticot blanchâtre à rechercher au niveau du pivot	1 à 5 feuilles et plus	Les asticots creusent des galeries ouvertes, facilement repérables sur le pivot. Les tissus attaqués, réagissent (brunissement, pourriture,...)
Charançon du bourgeon terminal : 	Adulte **(piégé dans la cuvette jaune)** : - Corps noir et brillant - Tâches dorsales blanches - Extrémité des pattes rousses - Tâches latérales rousses Larve **(observable dans les plantes)** : - Corps blanchâtre et opaque - Tête brune - Pas de pattes	4 – 5 feuilles à reprise de végétation	Les dégâts sont causés par les larves. Le bourgeon terminal est endommagé. Les colzas présentent un port buissonnant au printemps.

Maladie	Description	Période d'observation
Hernie des crucifères : 	- Excroissance irrégulières sur les racines : des galles - Dégradation du système racinaire en fin d'automne (mort possible du plant) - Difficulté de développement correct (rougissements, défaut de croissance) dans certaines zones	4 feuilles à reprise de végétation

6.2 Observation au printemps

Ravageur	Description	Période d'observation	Dégâts
Cécidomyies **Larves présentes dans une silique**	Adulte **(piégé dans la cuvette jaune)** : - Moucheron de petite taille (difficile à déterminer) Larve **(observable dans les siliques)** : - Asticot translucide - Totalement blanc en fin de vie larvaire	Chute des premiers pétales aux 10 premières siliques bosselées	Les asticots creusent des galeries ouvertes, facilement repérables sur le pivot. Les tissus attaqués, réagissent (brunissement, pourriture,...)
Baris des crucifères : **Adulte**	Adulte **(piégé dans la cuvette jaune)** : - Corps noir à reflet bleu métallique - Corps long - Tête avec rostre courbé Larve **(observable dans le pivot)** : - Dépourvues de pattes - Corps arqué et jaunâtre - Tête brune	Chute des premiers pétales à récolte	Les larves se développent à l'intérieur de la racine principale. Les dégâts sont caractéristiques : ce sont des sciures à l'intérieur du pivot.

7- La notation bilan (fin de campagne)

Pour les parcelles sur lesquelles auront lieu la notation bilan, un passage avant la fin de la culture permettra de faire un état des lieux des insectes et maladies présents dans la parcelle.

Méthode d'observation (observation sur 20 plantes) :

- Arracher 20 plantes prises au hasard dans la parcelle (4 x 5 plantes) : effectuer les notations sur toutes les parties de la plante (pivot, collet, feuilles, siliques,...)
- Couper le collet pour certaines maladies ou ravageurs
- Observer les feuilles hautes uniquement (1/3 supérieur de la plante)
- Observer toutes les marques d'insectes ou maladies facilement identifiables.

Ravageur / Maladie	Observation à réaliser	Méthode d'observation
Charançons des siliques / cécodomyies	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence de dégâts sur siliques	
Pucerons cendrés du chou	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : Nb de colonies par m^2	
Phoma	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec symptômes au collet % de section nécrosée moyenne	- Couper le collet - Déterminer le % de section nécrosée par la maladie
Autres maladies : **Alternaria** **Pseudocercosporella** **Mycosphaerella** **...**	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes avec présence de symtômes sur feuilles, sur tiges et sur siliques	
Sclérotinia	**Observation visuelle** (notation sur 20 plantes) : % des plantes atteintes	

Diplôme : Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage

Spécialité : Sciences et productions végétales

Spécialisation / option : Ingénierie des agrosystèmes

Enseignant référent : Matthieu Carof

Auteur : Guillossou Enora

Date de naissance : 05/04/1989

Nb pages : 23 Annexe(s) :16

Année de soutenance : 2013

Organisme d'accueil : Chambre régionale d'agriculture de Bretagne

Adresse : 4, avenue du Chalutier « Sans pitié » - BP 10540 – 22195 Plérin Cedex

Maître de stage : Jean-Luc Giteau

Titre français : Expérimentation et évaluation de systèmes de culture économes en intrants en production porcine en Bretagne

Titre anglais : Experimentation and evaluation of low inputs levels cropping systems in pig production in Brittany

Résumé :

Depuis 2009, trois systèmes de culture sont testés à la station expérimentale de Crécom. Ils se différencient par le type d'effluents apportés : lisier, fumier ou mixte. L'objectif est la préservation de l'environnement : réduction de l'IFT de 50%, diminution des risques de transferts de l'azote et du phosphore, sans dégradation de la rentabilité et des conditions de travail. L'évaluation de la durabilité porte sur les 3 premières campagnes de la rotation (maïs/blé/colza/triticale). Un diagnostic agronomique est effectué sur la culture du colza afin d'optimiser cette culture qui ne répondait pas aux objectifs les années précédentes. Les objectifs de réduction de 50% de l'IFT et de limitation du risque de lessivage des nitrates sont atteints mais l'IFT Herbicides est fort et le bilan phosphore n'est pas équilibré. Les conditions de travail et la rentabilité économique sont en partie préservées. Deux solutions pourraient s'appliquer à la culture du colza afin diminuer l'IFT Herbicides : le binage ou l'utilisation de couverts végétaux. Afin de diminuer les temps de travaux, des TCSL et une limitation du nombre d'interventions de désherbage mécanique pourraient être mises en place. Concernant le diagnostic agronomique du colza, les rendements ont été supérieurs aux objectifs. Les règles de décision concernant cette culture ont donc été globalement validées. Cependant, des variations de rendements ont été observées suite à des attaques de ravageurs. Les effets de l'avancement des dates de semis et des couverts associés pourraient être testés afin de limiter ces attaques.

Abstract :

Since 2009, three cropping systems have been tested at the experimental agricultural station of Crécom. The difference between these three systems is the kind of effluent used : liquid manure, fertilizer or mixed. The aim of this project is environmental protection : 50% reduction of the use of pesticides, reduction in nitrogen and phosphorus transfer risks, without deteriorating the profitability and the working conditions. The durability assessment covers the first three years of the crop rotation (corn/wheat/rapeseed/triticale). Moreover, an agronomic diagnostic of rapeseed is made in order to improve this crop which did not reach the goals during the previous years. The aims, regarding the 50% reduction of the use of pesticides and the limitation of nitrogen and phosphorus transfer risks, are reached. However, the use of herbicides is high and the phosphorus results are not balanced for all campaigns. Working conditions and economical profitability are partially preserved. Two solutions could be tested for rapeseed : the hoeing or the use of legumes with rapeseed. In order to reduce the working time, the no-till farming and a decrease in the number of mechanical interventions could be applied. As for the rapeseed agronomic diagnostic, the campaign yields were higher than expected. The decision rules for this crop have thus been entirely validated. However, yield variations were noted because of pest attacks. The effects of advancement of sowing dates and would be tested to limit these attacks.

Mots-clés : Durabilité, intrants, azote, phosphore, produits phytosanitaires, colza, production porcine

Key words : Sustainability, inputs, nitrogen, phosphorus, pesticides, rapeseed, pig production