

 <p>Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</p>	<p><b>Appel à projets de recherche</b>  <b>«Pour et Sur le Plan Ecophyto » Edition 2012</b>  Epidémiosurveillance / DEPHY / Indicateurs</p>	
<p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT</p>		

## Projet SCEP-DEPHY : Systèmes de Culture Economes et Performants du réseau DEPHY

Rapport final PSPE1

*Avril 2017*

### Sommaire

---

Fiche de synthèse .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Rapport d'activité.....	2
Rapport scientifique.....	8
Contribution au plan Ecophyto (et à l'agroécologie) .....	25

# Rapport d'activité

doit permettre de juger

- de l'exécution du projet (par tâche, par partenaire),
- des moyens (humains et techniques) effectivement mis en œuvre,
- de la réalisation des jalons et de la production des livrables annoncés,
- de la collaboration effective à l'intérieur du projet et, éventuellement, entre projets,
- des liens établis avec les acteurs du plan Ecophyto, en particulier du ou des dispositifs concernés,
- des différents produits du projet (à lister)

## Animation du projet

### Liste des réunions contribuant à l'animation du projet

<i>Date</i>	<i>thématique</i>
<i>23 avril 2013</i>	<i>Réunion de lancement du projet</i>
<i>4 septembre 2013</i>	<i>Réunion SCEP-DEPHY-CAN : Segmentation des SCEP en grandes cultures ; discussion sur les méthodes</i>
<i>14 octobre 2013</i>	<i>Réunion d'animation de la tâche 4 'Evaluation multicritère'</i>
<i>6 février 2014</i>	<i>Réunion d'animation de la tâche 4 'Evaluation multicritère'</i>
<i>été 2014</i>	<i>Comité de pilotage de la thèse de M. Lechenet</i>
<i>5-6 juin 2014</i>	<i>Séminaire d'animation des projets PSPE (St-Malo) : participation de 3 partenaires du projet SCEP-DEPHY</i>
<i>18 novembre 2014</i>	<i>Réunion d'animation de la tâche 4 'Evaluation multicritère'</i>
<i>31 mars 2015</i>	<i>Réunion plénière : Bilan d'avancement des différentes tâches</i>
<i>28 septembre 2015</i>	<i>Comité de pilotage de la thèse de M. Lechenet</i>
<i>1-2 octobre 2015</i>	<i>Séminaire d'animation des projets PSPE (St-Malo) : participation de 3 partenaires du projet SCEP-DEPHY</i>
<i>22-23 mars 2017</i>	<i>Colloque de restitution des projets PSPE : bilan de SCEP-DEPHY</i>

## Moyens humains

- *Personnel permanent*
  - *Nicolas Munier-Jolain (INRA-Dijon): animation, encadrement de la thèse de Martin Lechenet, publications scientifiques issues de la thèse, encadrement de Florent Abiven (CDD SCEP-DEPHY), participation aux séminaires et colloques PSPE, coordination des rapports*

- *Guillaume Py (Agrosolutions) : encadrement de la thèse de Martin Lechenet, publications scientifiques issues de la thèse*
- *Frédérique Angevin (INRA-Grignon): animation de la tâche 4, encadrement du stage de Corentin Losson, participation aux séminaires PSPE et aux séminaires DEPHY, interaction avec la Cellule d'Animation Nationale sur le thème de la multiperformance*
- *Nouraya Akkal (INRA-Rennes) : Adaptation et mise en œuvre des ACV, encadrement du stage et du CDD de Marine Marion-Wuillemin*
- *Mickaël Colson (INRA-Rennes) : Adaptation et mise en œuvre des ACV, encadrement du stage et du CDD de Marine Marion-Wuillemin*
- *Christian Bockstaller (INRA-Colmar) : complémentarité entre ACV et Indigo*
- *Jean-Marc Barbier (SupAgro-Montpellier) : encadrement de la thèse de Florine Mailly sur les IFT en viticulture, publication scientifique issue de la thèse*
- *Vincent Faloya (INRA-Rennes) : encadrement du stage de Claire Cros sur l'évaluation multicritère de systèmes légumiers*
- *Vianney Estorgue (CA-Finistère) : encadrement du stage de Claire Cros sur l'évaluation multicritère de systèmes légumiers*
- *Carlos Lopez (IDELE) : Appui statistique : étude des déterminants du classement SCEP en filière GCPE*
- *Marc Vachavsky (CERFRANCE) : Expertise en micro-économie*
- *Doctorants*
  - *Martin Lechenet : 'Peut-on concilier un faible usage de pesticides, une bonne performance économique et environnementale? Analyse d'un réseau national de fermes de démonstration Ecophyto'. Thèse soutenue le 21 mars 2017*
  - *Florine Mailly : 'Analyse des déterminants de la variabilité d'usage de pesticides en viticulture'. Thèse interrompue au cours de la 3<sup>ème</sup> année.*
- *CDD*
  - *Florent Abiven (sept 2013 – avril 2016) : consolidation des jeux de données (viticulture et arboriculture), repérage des SCEP en arboriculture, segmentation des IFT en viticulture*
  - *Morgane Dubuc (mars 2015- août 2015) : Evaluation multicritères de systèmes de culture viticoles et de systèmes de grandes cultures*
  - *Corentin Losson (novembre 2015- mars 2016) : Evaluation multicritère de systèmes de grandes cultures*
  - *Marine Marion-Wuillemin (nov. 2014 - juin 2015) : ACV sur systèmes de culture DEPHY*
  - *Guillaume Adeux (juin 2016-sept 2016) : élaboration d'une brochure détaillée de présentation des résultats de Guillaume Adeux.*
  - *Chloé Saglibène (oct 2016 – mars 2017) : Valorisation de la thèse de Martin Lechenet : réalisation de scénarios de transition extrapolés à l'agriculture française, réalisation de brochures de présentation des résultats, réalisation d'une interface graphique interactive web (R-Shiny)*
- *Stagiaires*

- Claire Cros (2013) : évaluation multicritère de systèmes de culture DEPHY en filière maraichage (INRA-Rennes)
- Corentin Losson (2013) : évaluation multicritère de systèmes de culture DEPHY en filière GCPE (INRA-Grignon)
- Marine Marion-Wuillemin (2014) : ACV sur systèmes de culture DEPHY (INRA-Rennes)
- S. Achbarou (2016) : ACV sur systèmes de culture légumes DEPHY (INRA-Rennes)

## Réalisation des actions

	2013	2014	2015	2016
<b>Animation et reporting</b>				
Réunions SCEP-DEPHY	■	■		
Rapports d'activité			■	■
<b>Consolidation et repérage de systèmes SCEP</b>				
Consolidation des données (Arbo & Viti)		■	■	
Repérage de systèmes SCEP (Arbo)		■	■	
<b>Analyse des systèmes ECOPHYTO en filière GCPE</b>				
Consolidation des données		■	■	
Description et représentativité des systèmes DEPHY		■		■
Identification des stratégies ECOPHYTO adaptées aux situations de production		■	■	■
Analyse des antagonismes entre IFT et productivité/rentabilité		■	■	■
Evaluation de la multiperformance et analyse des déterminants		■	■	■
Scénario de transition généralisée		■	■	■
<b>Analyse des systèmes ECOPHYTO en filière viticole</b>				
Collecte et mise en forme des données		■	■	
Analyse statistique des liens entre IFT et facteurs techniques		■	■	■
Collecte de données (matériel et décisionnel)		■	■	■
Segmentation des IFT : identification de stratégies		■	■	■
<b>Développement et mise en œuvre des ACV</b>				
Développements méthodologiques	■	■	■	
Mise en œuvre sur échantillons de systèmes DEPHY	■	■	■	
Complémentarité entre ACV et Indigo		■	■	
<b>Evaluation multicritère</b>				
Systèmes légumiers	■	■		■



- Mailly F., Hossard L., Barbier J.M., Thiollet-Scholtus M., Gary C., 2017. Quantifying the impact of crop protection practices on pesticide use in wine-growing systems. *European Journal of Agronomy*, 84, 23-34.
  - Bockstaller C., Marion-Wuillemin M., Akkal-Corfini N., Munier-Jolain N., Corson M., 2015. Assessing environmental impacts of cropping systems: comparison of an indicator-based and a life-cycle analysis-based method. 5. International Symposium for Farming Systems Design (AGRO2015) (2015/09/07-10) Montpellier (FRA).
- **Documents de communication, brochures, posters, communications orales...**
- Garcin A., Sagnes JL, Montagnon JM, Munier-Jolain N., Abiven F., 2014. Les fermes DEPHY Ecophyto, un réseau de fermes pour diminuer l'usage des produits phytosanitaires : présentation du réseau arboriculture. *InfosCTIFL* 302, p. 32-42.
  - DEPHY-FERME : Systèmes à faible usage de pesticides en grandes cultures et polyculture élevage - Stratégies agronomiques et performances économiques. Brochure préparée par Guillaume Adeux, 84 pages, à paraître
  - DEPHY-FERME : Scénario de transition vers une agriculture plus économe en pesticides et économiquement performante – filière GCPE. Brochure préparée par Chloé Saglibene, 12 pages, à paraître.
  - DEPHY-FERME : Scénario de transition vers une agriculture plus économe en pesticides et multi-performante – filière GCPE. Brochure préparée par Chloé Saglibene, 15 pages, à paraître.
  - Lechenet M., Makowski D., Py G., Dessaint F., Adeux G., Munier-Jolain (2016). Mining data from the national DEPHY FARM network : potential for Reconciling low pesticide use and high economic profitability. Communication orale au Congrès de l'ESA, Edimburgh
  - Lechenet M., Py G., Chartier N., Tresch P., Makowski D., Munier-Jolain N. (2015) Quelles combinaisons de pratiques pour optimiser la maîtrise des adventices ? Communication orale aux Rencontres 2015 sur les adventices du GIS GC HP2E et du RMT Florad.
  - Saglibene & Lechenet (2016). Scénario de transition vers une agriculture plus économe en pesticides. Poster présenté au séminaire national DEPHY 2016.
- **Logiciels et documentation associée**
- Nouvelles versions des modèles adaptés aux données disponibles dans le réseau DEPHY :
    - DEXiPM-GCPE : outil d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de culture en grandes cultures
    - DEXiPM-Viti : outil d'évaluation multicritère de la durabilité en viticulture
    - DEXiPM-FV : outil d'évaluation multicritère de la durabilité en cultures légumières
  - Plateforme web interactive de présentation de scénarios de transition à l'échelle des systèmes de culture DEPHY  
<https://dephy-gc-pe.shinyapps.io/Plateforme-SdC/>

- Plateforme web interactive de présentation de scénarios de transition à de la France entière et à l'échelle des régions  
<https://dephy-gc-pe.shinyapps.io/Plateforme-REGION/>
  
- **Rapports de stage**
  - Cros C. (2013). Utilisation du modèle DEXiPM-Field Vegetables pour l'évaluation des systèmes de culture légumes plein champ du réseau DEPHY.
  - Corentin Losson (2014). Évaluation multicritère de la durabilité de systèmes de culture économes et performants du réseau DEPHY-Ecophyto. Césure AgroParisTech, 50 pages + annexes.
  - Marion-Wuillemin M (2014) Evaluation multicritère des impacts environnementaux des systèmes de culture du réseau DEPHY par l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de Bordeaux Sciences Agro : 107 p plus annexes.
  - Achbarou, S (2016) Evaluation multicritère des impacts environnementaux des systèmes de cultures légumières en plein champs du réseau DEPHY-Fermes par l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome et Master en Management de la Sécurité Alimentaire des Villes 76 p plus annexes.

## Introduction : contexte, objectifs, état de l'art

Le projet SCEP-DEPHY (pour Système de Culture Economes et Performants du réseau DEPHY) a été proposé peu de temps après le lancement du réseau de fermes de démonstration de systèmes de culture économes en pesticides, alors que le réseau était dans sa phase active de collecte d'informations sur le détail des pratiques des agriculteurs engagés, au démarrage du dispositif. Le projet proposait d'une part de valoriser ce jeu de données probablement unique au monde, à la fois par la diversité des systèmes de culture décrits, et par l'échelle de description des pratiques, très détaillée, sur plusieurs années, et concernant chacune des différentes cultures de la rotation en cultures assolées. La valorisation proposée consistait à produire des connaissances nouvelles sur les systèmes de culture économes en pesticides : *est-il possible de réduire l'usage de pesticide sans affecter la performance économique ? Jusqu'à quel niveau ? Avec quelles conséquences environnementales ? Quelle charge de travail ? Dans quelles situations agricoles est-ce plus facile ?...*

Le projet proposait d'autre part d'accompagner le réseau DEPHY, en faisant bénéficier les acteurs du réseau des connaissances produites à mesure des travaux, mais aussi en proposant des outils adaptés utilisables par le réseau DEPHY, dans le Domaine de l'évaluation des systèmes de culture. L'équipe de l'UMR SAS à Rennes a travaillé sur l'adaptation de méthodes d'Analyse de Cycle de Vie à l'échelle du système de culture pour permettre une évaluation des impacts environnementaux des systèmes de culture DEPHY. Les méthodes d'évaluation multicritère DEXIPM ont été adaptées pour les filières Grandes Cultures, Viticulture et Production légumières/maraîchage en fonction des données disponibles collectées dans le réseau.

Le niveau d'interaction avec les acteurs du réseau DEPHY a varié en fonction des volets du projet : pour certains aspects, SCEP-DEPHY a travaillé en étroite concertation avec les Experts-Filière du réseau, en contribuant à mettre en forme les données, en proposant les analyses qui ont servi de support pour la communication 'officielle' du réseau (cas par exemple du repérage de systèmes économes et performants en arboriculture). Dans d'autre cas, SCEP-DEPHY a proposé des méthodes d'analyses alternatives à celles utilisées dans le réseau, produisant des connaissances de façon concertée mais explicitement indépendante (cas de la thèse de Martin Lechenet). Enfin, pour l'évaluation multicritère, l'interaction s'est faite en deux temps, avec dans un premier temps un travail d'adaptation des méthodes et d'application sur des échantillons de systèmes DEPHY, mené de façon indépendante, suivi d'une interaction étroite avec les Ingénieurs-Réseau DEPHY, à qui les outils ont été proposés, et qui ont été formés pour une utilisation individuelle pour l'évaluation des pratiques dans leurs groupes de fermes.

Au démarrage du projet, les connaissances disponibles sur la réduction d'usage de pesticides sont soit relativement théoriques, issues de travaux de modélisation ou de connaissances d'experts, soit issues d'expérimentations factorielles limitées à quelques éléments techniques et quelques aspects de la maîtrise des bioagresseurs, soit encore issues d'expérimentations 'Systèmes', plus intégratrices, mais dont les résultats manquent de généralité (on teste un ou quelques systèmes dans un environnement donné : quels seraient les résultats avec des options techniques légèrement différentes ? dans un contexte de production différents ?...). La force de SCEP-DEPHY, fondé sur le grand nombre et la grande diversité de systèmes de culture dans le réseau DEPHY, est de produire des connaissances génériques, sur une large gamme d'options techniques et de milieu.

Le projet SCEP-DEPHY a largement atteint ses objectifs initiaux, tant sur le plan de la production de connaissances que de l'accompagnement du réseau et de contribution à son animation. Sans vouloir

rentrer dans les détails des travaux, ce rapport décrit les faits marquants du projet en termes de méthodes, de résultats, et de contribution à la vie du réseau.

## Caractérisation du jeu de données – représentativité du réseau DEPHY

### Méthodes

La caractérisation descriptive de la diversité des contextes de production et de la diversité des pratiques, permettant d'évaluer le niveau de représentativité des fermes DEPHY, a été faite de façon détaillée principalement pour la filière Grande Cultures-Polyculture-élevage (GCPE), dans le cadre de la thèse de Martin Lechenet. Sur le plan du climat, les distributions de valeurs de variables clef (températures moyennes, nombre de jours de gel, précipitations annuelles, nombre de jours de pluie) ont été comparées entre les sites des fermes DEPHY et le maillage systématique SAFRAN de météo-France. Les fréquences des différents types de texture de sol des sites DEPHY ont été comparées avec des données Agreste. En termes de pratiques agricoles, l'assolement, le type de travail du sol, le recours à l'irrigation, le recours au désherbage mécanique, les niveaux de fertilisation minérale et organique, et le niveau d'usage de pesticides des fermes DEPHY et de statistiques nationales ont été comparés.

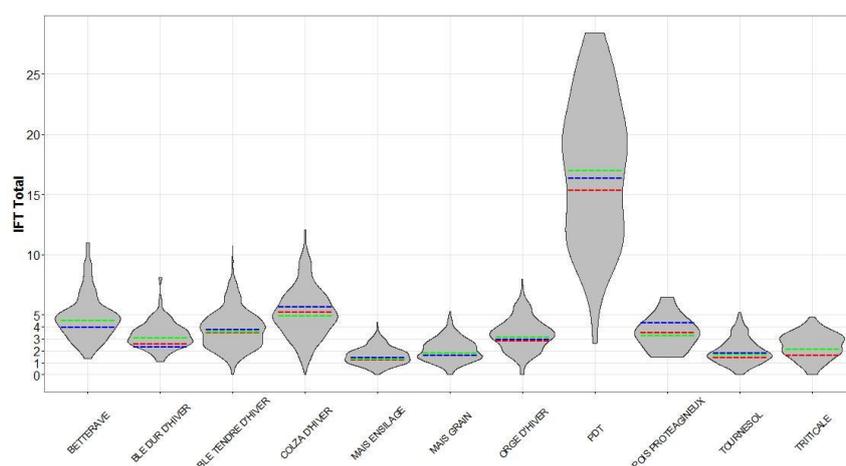


Figure 1. Distribution de l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) par culture au sein du réseau DEPHY. Les traits pointillés verts, bleus et rouges indiquent respectivement la position des moyennes DEPHY, France 2006, et France 2011. Valeurs France issues des enquêtes pratiques culturelles 2006 et 2011. (tiré de la thèse de M. Lechenet, 2017)

### Résultats

Si les fermes DEPHY n'ont pas été choisies pour leur représentativité, elles ont finalement assez représentatives de l'agriculture française, tant en terme de milieu que de pratiques. Une très large gamme de la diversité des climats est représentée. Tous les types de sols sont représentés, même si les sols argilo-limoneux sont sous-représentés, au bénéfice des sols limoneux, probablement avec le poids fort du Grand Ouest dans le réseau. Contrairement à ce qu'on pouvait penser, les systèmes de polyculture-élevage (48% du réseau DEPHY) sont plutôt sous-représentés. L'assolement DEPHY est très proche de celui de la ferme France, avec seulement une sous-représentation des prairies temporaires (mais qui correspond peut-être à un biais dans les déclarations des prairies permanentes dans les statistiques agricoles). La fréquence du recours au désherbage mécanique est légèrement plus forte dans DEPHY que pour les autres fermes, principalement en maïs, pomme de terre, tournesol, betterave. En

revanche, les niveaux moyens d'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) sont très proches entre DEPHY et les statistiques nationales (Figure 1).

## Identification des SCEP (filière arboriculture)

### Méthodes

Le projet SCEP-DEPHY a contribué à la méthode de repérage des systèmes économes en pesticides et performants sur le plan économique (SCEP) essentiellement dans la filière 'arboriculture', car la Cellule d'Animation Nationale était déjà plus avancée dans ce domaine pour la filière GCPE. Dans la filière 'arboriculture', une des difficultés provenait de l'absence d'IFTs de référence régionale externe. F. Abiven, ingénieur recruté dans le cadre du projet SCEP-DEPHY, a collaboré avec les acteurs de la filière pour centraliser les données descriptives des pratiques détaillées 'point zéro', définir des références d'IFT sur la base des distributions d'IFT au sein du réseau, en définissant des types de situation de production au regard de ces distributions, afin de ne comparer que des systèmes comparables en terme de situation de production, puis en définissant l'indicateur économique le plus pertinent pour qualifier la performance économique.

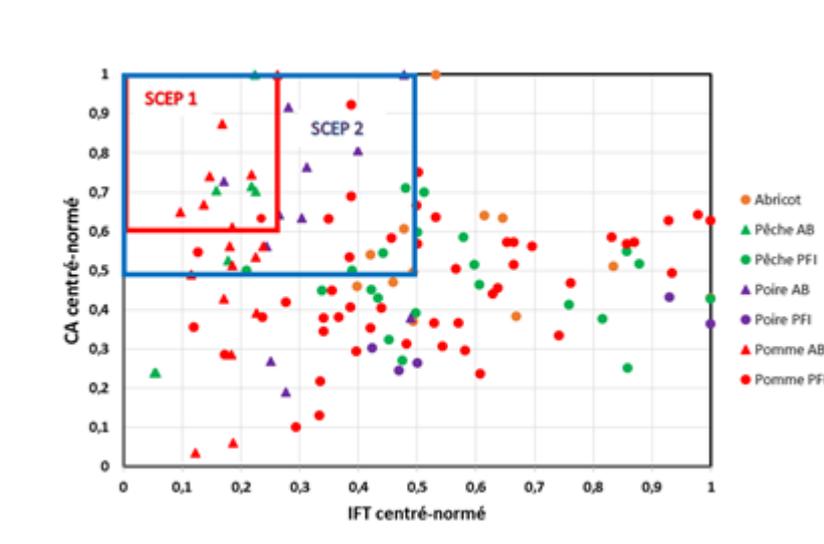


Figure 2. Repérage de systèmes de culture économes et performants (SCEP) en arboriculture, sur la base de l'IFT et du chiffre d'affaire.

### Résultats

Au final, aucune structuration régionale des niveaux d'IFT n'a pu être mise en évidence. Les types de situations de production utilisées pour la qualification à la fois du niveau d'usage de pesticides et de la performance économique sont structurés seulement par l'espèce et par le type de cahier des charges (Agriculture Biologique vs. Production Fruitière Intégrée). L'indicateur retenu pour la qualification de la performance économique est le chiffre d'affaire par hectare, tenant compte à la fois des rendements, de la qualité et du type de commercialisation (frais vs. industrie, circuit court vs. long). La règle retenue distingue les SCEP de niveau 1 (IFT inférieur au premier quartile de la situation de production, chiffre d'affaire supérieur au 3<sup>ème</sup> quartile), et SCEP de niveau 2 (IFT inférieur à la médiane de la situation de production, chiffre d'affaire supérieur à la médiane). Avec cette règle, on identifie 3% de SCEP 1 et 18% de

SCEP 2 dans la population des systèmes DEPHY au démarrage du réseau. Les SCEP sont autant des systèmes Bio que des systèmes en PFI.

Ces résultats ont alimenté un article de présentation du réseau DEPHY pour la filière 'Arboriculture', co-écrit avec les experts-filière DEPHY et les Ingénieurs Territoriaux pour la revue technique du CTIFL.

## Identification des stratégies économes en pesticides (filière GCPE)

### *Méthodes*

Le niveau d'usage de pesticides varie considérablement entre les fermes DEPHY de la filière GCPE (0 pour les systèmes bio, de 0,1 à 16,7 pour les systèmes conventionnels lors de leur entrée dans le réseau). Une part de cette variabilité provient du contexte de production, qui détermine à la fois partiellement les espèces cultivées, plus ou moins sensibles aux bioagresseurs, et le niveau de pression en bioagresseurs. Une autre part provient des choix stratégiques de l'agriculteur, qui mobilise plus ou moins les leviers techniques de gestion des bioagresseurs alternatifs aux pesticides. Martin Lechenet, dans le cadre de sa thèse SCEP-DEPHY, a testé trois hypothèses sur la base de la diversité des IFT 'Point zéro' pour la filière : (i) les stratégies de gestion économes en pesticides résultent de la combinaison de plusieurs leviers techniques contribuant à la maîtrise des bioagresseurs ; (ii) les stratégies de gestion économes en pesticides diffèrent entre les types de situation de production ; (iii) il n'y a pas qu'une seule façon de faire pour être économe en pesticide, des stratégies contrastées permettent d'atteindre un faible IFT, dans des situations de production similaires.

Pour traiter ces questions, la méthode utilisée a été de réaliser une segmentation séquentielle d'un échantillon de 1012 systèmes de culture DEPHY, dans un premier temps sur la base de variables descriptives du contexte de production, pour aboutir à une typologie de situations de production discriminant les situations à faible vs. fort IFT, dans un deuxième temps sur la base de variables descriptives des stratégies de gestion. Chaque segmentation aboutit à un arbre, les branches de l'arbre correspondant à des combinaisons de variables associées au niveau d'usage de pesticide.

Cette méthode a été appliquée dans un premier temps sur l'IFT total à l'échelle du système de culture, puis sur l'IFT blé et l'IFT maïs, pour affiner l'identification de facteurs techniques déterminants le niveau d'usage de pesticides, puis enfin sur les IFT-herbicides (système de culture, blé, maïs).

### *Résultats*

Pour expliquer la variabilité d'IFT total à l'échelle du système de culture, six types de situations de production ont été identifiées, discriminant les systèmes associés à l'élevage des systèmes sans élevage, et des situations climatiques (grossoirement séparant les régions Nord des régions Sud). Les composantes techniques définissant les 54 profils de stratégies de gestion dans les différentes situations de production expliquent 73% de la variabilité d'IFT. L'analyse permet de souligner des options techniques très fréquemment associées aux systèmes ECOPHYTO (la diversité des familles de culture, la diversité des périodes de semis, le travail du sol avec notamment le recours au labour occasionnel, la réduction des doses des traitements), et des options techniques plus occasionnellement associées aux faibles IFT (désherbage mécanique, surtout binage des cultures à fort écartement, retards de dates de semis des céréales, diversité et profils de résistance des variétés de céréales). Les résultats confirment l'hypothèse d'une diversité de stratégies ECOPHYTO en fonction du contexte de production : poids de la prairie temporaire dans les situations associées à l'élevage, poids de la diversification des cultures dans les

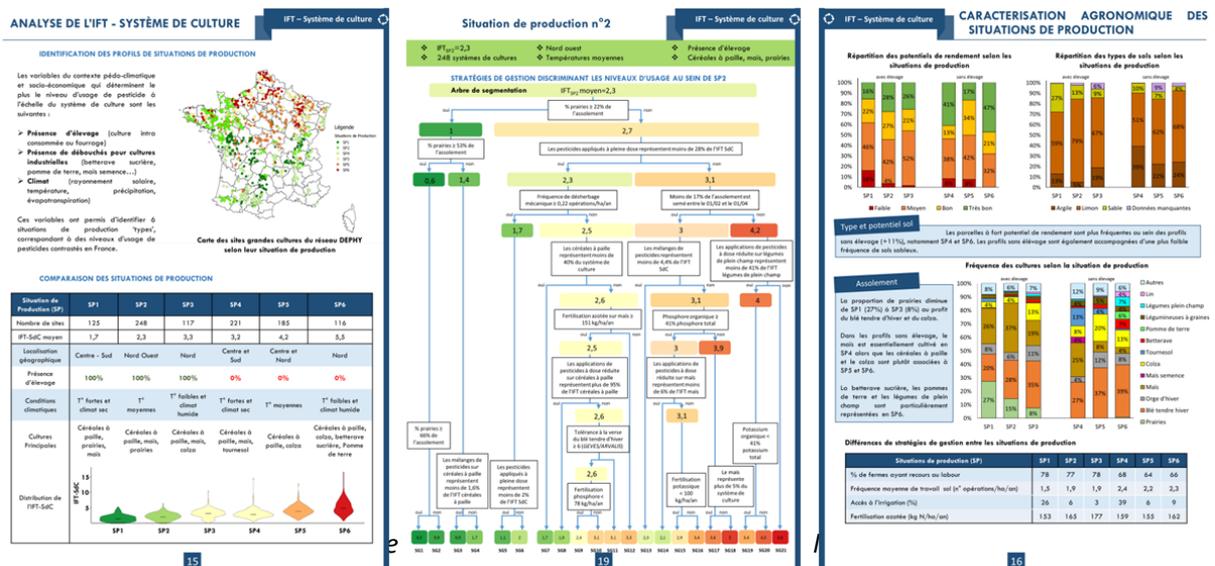
régions céréalières, poids du désherbage mécanique dans les régions dominées par la culture de maïs. Ils confirment également que des stratégies très contrastées peuvent permettre des IFT également faibles.

### Valorisation

Un article scientifique a été publié dans la revue Agricultural Systems. Une brochure de 84 pages a été préparée par Guillaume Adeux (recruté dans le cadre du projet) et est en cours de finalisation (Figure 3). Cette brochure détaille l'intégralité des résultats de cette analyse, décrit finement les caractéristiques de chaque type de stratégie de gestion dans chaque type de situation de production. Elle permettra aux agriculteurs (du réseau DEPHY et autres) de se situer en terme de situation de production et de stratégie de gestion, de vérifier que le niveau d'usage de pesticides est bien en correspondance avec celui des stratégies similaires dans le réseau DEPHY, puis d'identifier les options techniques possiblement efficaces pour réduire l'IFT, avec une quantification des gains d'IFT à en attendre. Ce type de valorisation a été testé avec succès dans le cadre d'un séminaire DEPHY de la filière GCPE (Rennes, 2016).

Les résultats spécifiques sur les IFT-Herbicides ont été présentés lors d'un colloque organisé par le GIS GC-HP2E sur la gestion des adventices.

La méthode de segmentation qui s'est avérée très efficace pour analyser la diversité des niveaux d'usage de pesticide a été transmise à la Cellule d'Animation Nationale du réseau DEPHY, qui l'a utilisée pour analyser les déterminants techniques qui permettent à un système de culture DEPHY de la filière GCPE d'être classé SCEP. Une brochure de valorisation de ce travail a également été réalisée et diffusée aux ingénieurs réseau de la filière.



*l'identification de stratégies de gestion économes en pesticides, en fonction de la situation de production (réalisation du document : Guillaume Adeux).*

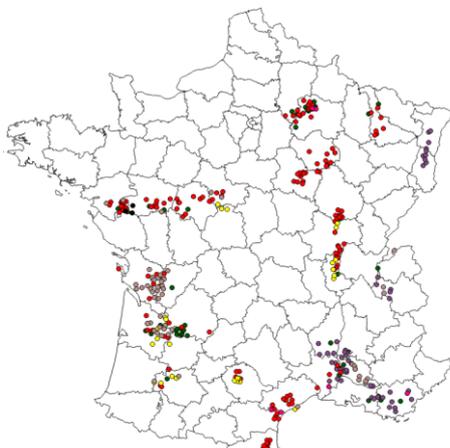
# Identification des stratégies économes en pesticides (filère Viticulture)

## *Méthodes*

La variabilité des niveaux d'usage de pesticides en viticulture a été analysée dans le cadre du projet SCEP-DEPHY de deux façons différentes : d'une part, la méthode de segmentation séquentielle des IFT en fonction de variables descriptives des situations de production, puis de variables descriptives des stratégies de gestion, testée avec succès en grandes cultures, a été adaptée aux systèmes viticoles DEPHY par F. Abiven, ingénieur recruté dans le cadre du projet ; d'autre part, la variabilité des IFT dans les données des enquêtes 'pratiques culturales' 2006 et 2010 du SCEES a été analysée avec une méthode statistique différente, basée sur une typologie a priori de stratégie de gestion, dans le cadre de la thèse de Florine Mailly.

## *Résultats*

La méthode de segmentation des IFT des systèmes viticoles DEPHY a permis d'identifier sept situations de production, structurées géographiquement, mais ne correspondant pas parfaitement aux différents vignobles (figure 3). L'analyse des stratégies de gestion met en évidence un certain nombre de leviers techniques expliquant la variabilité d'IFT : réduction de doses, nature du cépage (levier technique difficilement manipulable), désherbage mécanique, caractéristiques techniques du pulvérisateur utilisé, nombre de broyage de sarments). Dans certains cas, les interactions avec le prestige du vin peut générer des interprétations délicates. Par exemple, dans certains cas, le désherbage mécanique est associé à des IFT totaux élevés, ce qui s'interprète par le fait que les vignes avec désherbage mécanique sont, dans certains vignobles, en tendance des vignes à prestige élevé, qui tendent par ailleurs à recevoir une protection fongicide plus importante que la moyenne pour préserver le potentiel économique élevé.



*Figure 4. Cartographie des situations de production (distinguées par des couleurs) établies au regard de la distribution des IFT en viticulture (travaux de F. Abiven).*

L'analyse de la variabilité des IFT issue des enquêtes SCEES a été concentrée sur trois leviers techniques : le désherbage mécanique, le type d'enherbement, la date du premier traitement fongicide et la réduction de doses des fongicides. L'étude a mis en évidence un impact des trois leviers techniques, impact qui varie en fonction des vignobles.

## *Valorisation*

Un article scientifique (Mailly et al., 2016) a été publié dans la revue European Journal of Agronomy. Le travail sur la segmentation des IFT des vignobles DEPHY a donné lieu à plusieurs séances d'animation des

acteurs de la filière (expert filière et ingénieurs territoriaux DEPHY). La poursuite du travail dans le cadre de la Cellule d'Animation Nationale est prévue et doit déboucher sur un document de valorisation.

## Analyse des antagonismes entre IFT, productivité et rentabilité (Filière GCPE)

### *Méthodes*

L'objectif de Martin Lechenet, dans le cadre de sa thèse, a été de valoriser la diversité des fermes de démonstration DEPHY pour étudier la relation entre d'une part le niveau d'usage de pesticides, et d'autre part la productivité et la rentabilité de la ferme. La première spécificité est de travailler principalement à l'échelle du système de culture. La deuxième spécificité est de prendre en compte les caractéristiques du contexte de production de chaque ferme : type de sol, réserve utile, variables descriptives du climat local, mais aussi accès à l'irrigation, présence d'élevage sur l'exploitation, contrats de collecte de cultures industrielles à forte valeur ajoutée... Pour comparer ce qui est comparable, les rendements des différentes cultures (blé, colza, maïs...) ont été transformés en énergie récoltée, sur la base de la valeur énergétique des produits, et cumulés pour exprimer la productivité du système en MJ.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. La rentabilité est estimée par la marge, tenant compte du produit brut, des charges opérationnelles et des charges de mécanisation, sur la base d'un scénario de prix moyen pour la période 2005-2015.

Dans un premier temps, nous avons utilisé une méthode statistique spécifique pour étudier la relation entre l'IFT et la productivité ou la rentabilité, qui intègre les caractéristiques du contexte de production en co-variable, ce qui permet de ne comparer que des fermes qui sont dans des contextes de production comparables. Dans un deuxième temps, nous avons quantifié la baisse potentielle d'IFT à l'échelle du réseau, sur la base d'un scénario dans lequel chaque ferme DEPHY adopterait les pratiques (et donc les performances) d'une autre ferme DEPHY de contexte de production similaire, en choisissant celle qui a le plus faible IFT, sous condition que la marge dégagée par les nouvelles pratiques soit au moins égale à la marge initiale, pour que la transition soit acceptable par l'agriculteur. Nous avons extrapolé le scénario de transition vers des systèmes économes en pesticides à l'ensemble de l'agriculture française (filière GCPE) et évalué les conséquences que cette transition aurait, en terme de volumes de production, de répartition géographique de ces productions, et en terme de balance commerciale du pays.

### *Résultats*

A l'échelle du système de culture, on ne constate aucun antagonisme entre IFT et productivité dans 94% des situations (Figure 5A, points jaunes et verts). Pour 39% des sites (points verts), majoritairement des sites de polyculture-élevage, le fait de consommer peu de pesticides est même associé à une augmentation de la productivité. On ne constate aucun antagonisme entre IFT et rentabilité dans 78% des situations (Figure 5B, points jaunes et verts), et une tendance à une meilleure marge associée à un IFT faible pour 11% des sites, majoritairement dans le centre du pays, sur une diagonale Nord-Est / Sud-Ouest, y compris dans des régions céréalières (points verts). Les sites présentant un antagonisme entre IFT et performance (en rouge sur les cartes) sont localisés majoritairement dans le Nord de la France, dans des zones de production de cultures industrielles de type betterave ou pomme de terre, et, pour la rentabilité, dans le Sud-Ouest dans les zones de production de maïs semence. Dans ces régions, les systèmes les plus consommateurs de pesticides sont ceux qui intègrent la plus grosse proportion de ces cultures à forte valeur ajoutée, contribuant à la bonne performance économique de l'exploitation, mais également fortement dépendantes des pesticides (en particulier la pomme de terre, mais aussi dans une moindre mesure la betterave et le maïs semence). Le poids de ces cultures dans l'assolement détermine fortement la forme de la relation (positive) entre IFT et performances économiques, ce qui ne veut pas

dire qu'il n'y ait pas dans ces régions de possibilité de conduire ces cultures avec moins de pesticides, sans dégradation de la performance (cf. le cas de la betterave ci-dessous).

Le rendement du blé n'est évidemment jamais corrélé négativement au niveau d'usage de pesticides sur blé (Figure 5C, ne présentant aucun point vert). Dans 27% des cas (principalement dans le Centre-Ouest, points jaunes sur la carte), la relation IFT-rendement n'est pas significative, ce qui veut dire que les blés conduits avec peu de pesticides dans ces environnements ont des rendements équivalents aux blés à plus fort IFT. Pour les 73% de cas restant, la baisse d'IFT est associée à une baisse de rendement, non pas nécessairement du fait d'un moindre contrôle des maladies, adventices et ravageurs, mais surtout parce que les moyens alternatifs utilisés tendent à réduire le rendement potentiel : variétés tolérantes pas nécessairement localement les plus productives, retard de date de semis pour esquiver les levées d'adventices, associé à une fertilisation modérée pour limiter la progression des maladies. Cependant, le plus souvent la modération du rendement est compensée par la baisse des charges, puisque la marge calculée pour le blé (même si cet indicateur est discutable à cette échelle, ne tenant pas compte des effets des précédents culturaux) est équivalente (65% des cas) voire supérieure (24% des cas) pour les blés à faible IFT, comparés aux IFT plus forts (Figure 5D). L'antagonisme entre faible IFT et maintien de la marge à l'échelle de la seule culture de blé ne concerne que 11% des sites du réseau.

La betterave est la culture industrielle la plus représentée dans le réseau (3% de la SAU). Contrairement au cas du blé, les itinéraires techniques 'betterave' économes en pesticides ne sont jamais associés à un rendement plus faible que les autres betteraves produites dans un contexte similaire (Figure 5E), ce qui indique que les techniques alternatives (variétés résistantes aux maladies, désherbage mécanique) ne tendent pas à affecter le rendement. Dans près d'un tiers des cas, les économies de charges associées permettent même aux betteraves conduites de façon économe d'être plus rentables que les betteraves conduites de façon plus intensive. Ce résultat confirme que, même dans les régions betteravières du Nord de la France où l'on constate un antagonisme entre IFT et marge à l'échelle du système de culture, du fait du fort poids de l'assolement, des économies de pesticides restent possibles sans impacter les performances économiques, par des adaptations à l'échelle des itinéraires techniques des cultures sans changement d'assolement.

Dans le scénario de transition généralisée, une partie des fermes DEPHY ne changent rien dans leurs pratiques, car on ne trouve pas de ferme à la fois plus économes en pesticides et aussi rentable dans un contexte de production identique (soit parce qu'on est dans une zone du Nord ou du Sud-Ouest où il y a localement un antagonisme entre IFT et marge, soit parce que la ferme est déjà la plus économe dans son contexte). Pour quelques fermes, on n'a pas pu simuler de transition, car elles étaient trop isolées dans leur contexte de production. Pour toutes les autres fermes, la baisse moyenne d'IFT estimée selon ce scénario est de -42%, ce qui correspond en moyenne à -37% d'herbicides, -47% de fongicides, et -60% d'insecticides, confirmant au passage qu'il est plus difficile de baisser l'usage des herbicides que celui des fongicides et insecticides. A l'échelle de l'ensemble du réseau, compte tenu du fait que certaines fermes ne changeraient rien dans leurs pratiques, la baisse estimée est de -30%.

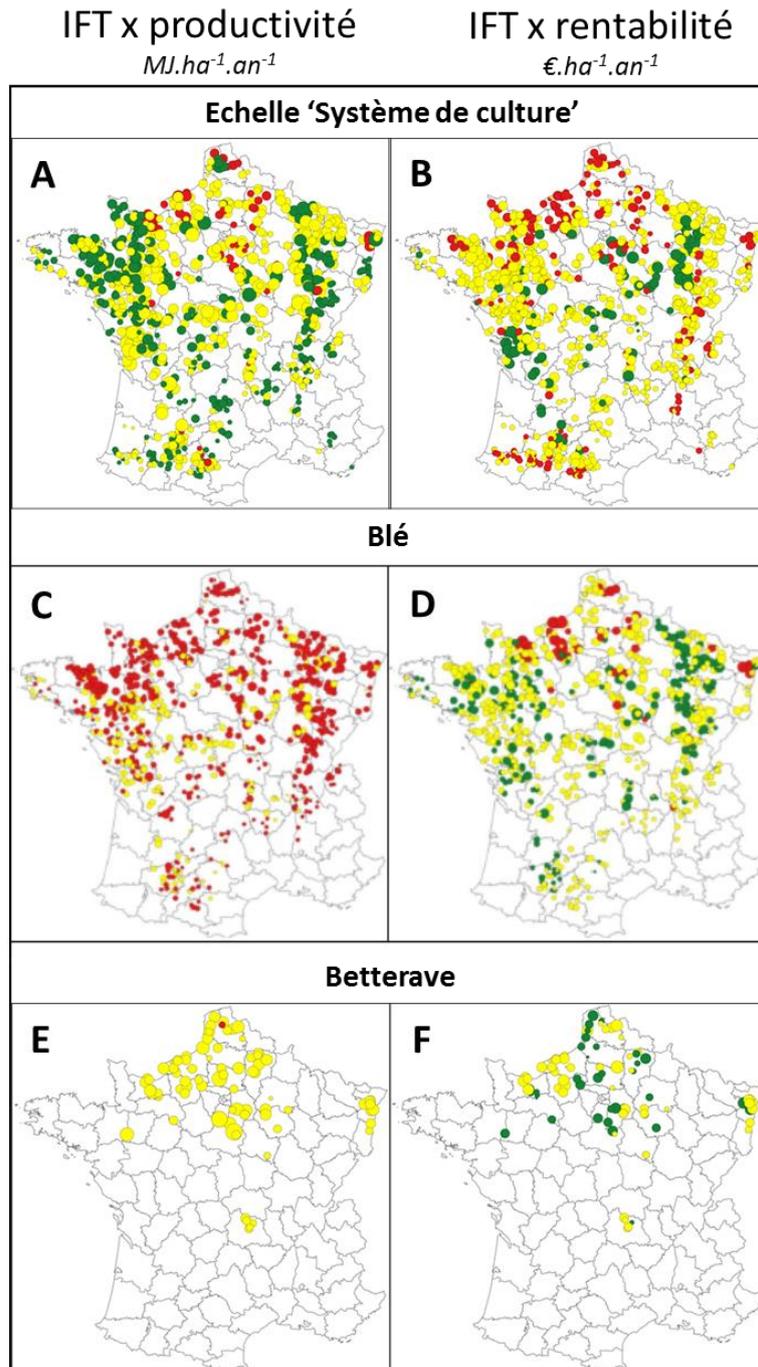


Figure 5 : Cartographie des pentes entre IFT et productivité (A, C, E), entre IFT et marge (B, D, F), estimées à l'échelle du système de culture (en haut), puis uniquement sur la culture de blé tendre d'hiver et la culture de betterave à sucre. La pente est estimée pour chaque site du réseau DEPHY, en fonction de ses caractéristiques (sol, climat, contexte socio-économique). Les points rouges et verts désignent les sites où la pente est significativement positive, et négative, respectivement. La pente est non-significativement différente de zéro pour les sites jaunes. La taille des points est proportionnelle à la précision de l'estimation de la pente

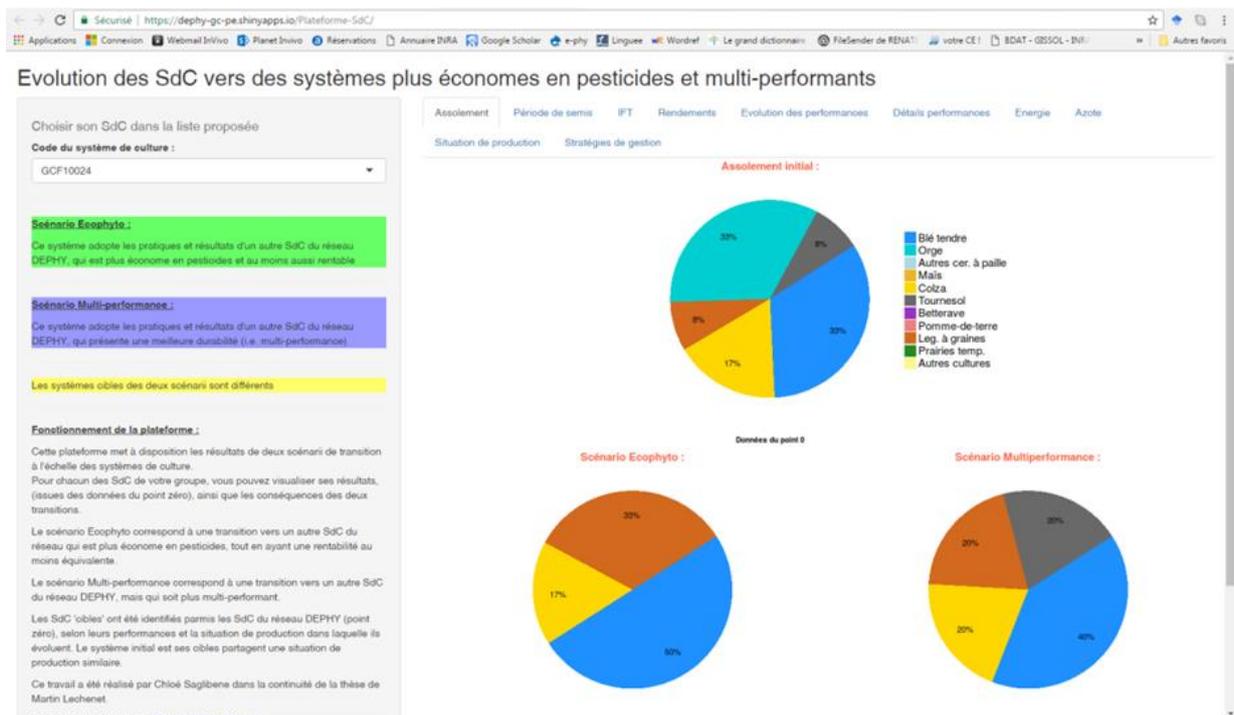
Par construction du scénario de transition, la rentabilité de chaque ferme serait soit maintenue, soit améliorée. Le volume de production global, exprimé en MJ.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> serait légèrement augmenté. Bien que ce scénario ne bouleverse pas le paysage agricole, la production serait géographiquement partiellement relocalisée, avec en tendance plus de diversité de productions dans chaque ferme et dans chaque région (par exemple, plus de blé en Alsace, plus de maïs et de légumineuses à graines en Bourgogne...). Les volumes de production de céréales à paille seraient réduits (environ 5%), à la fois du fait d'une tendance à la baisse des rendements, mais aussi parce que la tendance à la diversification serait souvent au détriment des céréales. Les volumes de production de colza seraient également réduits, alors que la quantité de protéines produite serait augmentée, contribuant à l'amélioration de l'indépendance en protéines du pays. A l'échelle du pays, la baisse d'exportation de céréales serait compensée par une baisse des importations d'énergie (liée à la baisse de la consommation des engrais de synthèse, notamment du fait d'une surface implantée en légumineuses plus importante), et surtout par la baisse des importations de tourteaux de soja. Selon ces calculs, la balance commerciale du pays serait améliorée de 700 Millions d'euros par an.

Nous avons par ailleurs testé un autre scénario de transition, dans lequel celle-ci ne serait pas pilotée par la baisse d'usage de pesticide mais par la recherche de la multiperformance. Un indicateur de multiperformance a été développé, fondé sur sept critères (rentabilité, sensibilité à la volatilité des prix, impacts pesticides, pertes d'azote, consommation d'énergie, productivité et répartition des charges de travail) et le principe de la recherche de l'efficacité maximale. Ce scénario 'Multiperformance' (chaque ferme évolue vers un système plus multiperformant dans un contexte similaire) génère des résultats finalement assez proches du scénario 'ECOPHYTO', avec une baisse globale moindre de l'usage de pesticide (-16%) et une tendance plus marquée à améliorer l'efficacité économique du travail.

### *Valorisation*

Ces résultats constituent un fait marquant du projet. Ils ont été publiés dans la revue Nature Plants en Mars 2017, repris par les médias (quotidiens nationaux, revues agricoles et scientifiques, télévisions, sites Web) et ont donné lieu à des débats animés dans la profession. Ils ont été présentés aux acteurs du réseau DEPHY, ainsi qu'au Ministre de l'Agriculture en personne. Un article en français doit sortir prochainement dans PHYTOMA, qui permettra aux débatteurs d'avoir effectivement lu le détail des méthodes et des résultats.

Les résultats ont été également présentés sous la forme d'une plate-forme Web utilisant la technologie R-Shiny pour une représentation graphique des résultats (réalisée par Chloé Saglibene, recrutée juste après la fin du projet SCEP-DEPHY pour contribuer à la valorisation de la thèse de Martin Lechenet). Ces résultats sont présentés (i) à l'échelle de la France entière (impacts du scénario de transition généralisée sur l'assolement, l'utilisation de pesticides, les volumes de production, les performances économiques, le temps de travail, l'efficacité énergétique...), à l'échelle de chaque région, et à l'échelle de chaque système de culture DEPHY : l'identification d'un système de culture DEPHY par son code donne accès à une page web présentant les caractéristiques et performances du système actuel (à l'entrée dans le réseau), ainsi que les caractéristiques et performances du système DEPHY retenu comme cible pour cette situation de production, selon le scénario 'ECOPHYTO' et le scénario 'Multiperformance' (Figure 6). Cette interface graphique est accessible par chaque ingénieur réseau DEPHY. Elle est utilisée à la fois comme outil d'animation des groupes de fermes (source d'inspiration pour les changements possibles), et comme moyen de validation des transitions envisagées pour chaque ferme dans chacun des deux scénarios. Un questionnaire a été établi pour recueillir l'avis des acteurs du réseau DEPHY dans ce sens.



(ici description de l'assolement)

## Développement et mise à l'épreuve de méthodes quantitatives d'analyse de cycle de vie à l'échelle des systèmes de culture

### Méthodes

L'analyse de cycle de vie (ACV) quantifie les impacts environnementaux d'un produit (ou d'un service) tout au long de son cycle de vie. Elle permet d'estimer les ressources utilisées et les émissions associées à la production en les agréant dans des catégories d'impact. Les impacts peuvent être exprimés avec différentes unités fonctionnelles (impact par ha, par unité de produit, ... Cf. Jolliet et al, 2013).

Nous avons choisi 53 et 58 systèmes de culture dans les filières 'grandes cultures' et 'légumes', respectivement, pour évaluation avec l'ACV. Parmi ces 53 systèmes de grandes cultures, nous en avons choisi 15 pour lesquels nous avons intégré des indicateurs Indigo® (INO3, INH3, IN2O ; Bockstaller et al, 2008) pour tester leurs capacités d'améliorer l'évaluation. Le choix des systèmes de culture était basé sur la diversité des rotations, les itinéraires techniques associés, la région, et pour les systèmes de grandes cultures seulement, leurs capacité à concilier un faible usage de pesticides avec la performance économique (classement SCEP1, SCEP2, non-SCEP, fourni par la Cellule d'Animation Nationale DEPHY).

Nous avons mis à jour les fiches d'analyse aux normes françaises de l'ACV Agri-BALYSE (modules érosion, écotoxicité humaine et aquatique...), complété les inventaires en fonction de la diversité des systèmes évalués, et nous avons adapté l'ensemble à l'échelle du système de culture. L'ACV a été appliquée aux 111 systèmes de culture, et pour les 53 systèmes de grande culture, l'analyse en composante principale et la classification ascendante hiérarchique a été utilisée pour grouper ces systèmes par la similarité de leurs impacts.

### Résultats

Les impacts d'acidification, d'eutrophisation et d'écotoxicité terrestre des systèmes de culture sont, en moyenne, liés à 90 % aux impacts directs (liés aux émissions au sein du système). Parmi les systèmes de grande culture, les différences moyennes en impact par ha entre les systèmes SCEP et non-SCEP varient selon le type de succession culturale et la catégorie d'impact, sans règle identifiée (Fig. 7). Pour les systèmes plutôt céréaliers, les SCEP génèrent moins d'eutrophisation, mais plus d'impact sur le changement climatique et une utilisation plus importante d'énergie et d'eau. Pour les systèmes avec prairies et maïs, les SCEP consomment moins d'eau. Pour les monocultures de maïs, les SCEP utilisent plus d'eau. Le groupe des SCEP1, présente le plus d'indicateurs environnementaux ayant les valeurs minimales.

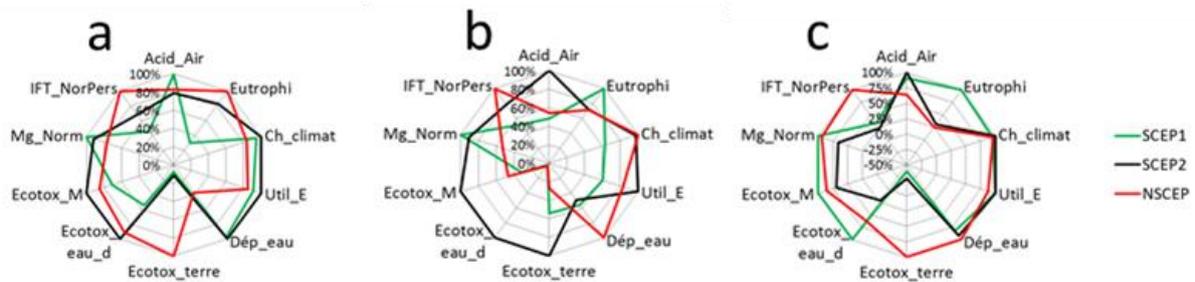


Figure 7. Comparaison des impacts environnementaux par ha, marge normée et IFT (moyennes) pour les systèmes de grandes cultures SCEP1, SCEP2, et non-SCEP pour les systèmes céréaliers (a), les systèmes avec prairies et maïs (b) et les monocultures de maïs (c). Acidification de l'air (Acid\_Air), Eutrophisation (Eutrophi), Changement climatique (Ch\_climat), Utilisation de l'énergie (Util\_E), Dépendance à l'eau (Dép\_eau), Écotoxicité terrestre (Ecotox\_terre), Écotoxicité des eaux douces (Ecotox\_eau\_d), Écotoxicité marine (Ecotox\_M), Marge brute normée (Mg\_Norm), IFT normée personnalisée (IFT\_NorPers).

L'introduction des céréales dans les systèmes légumiers peut être bénéfique pour rompre les cycles des bioagresseurs et pour améliorer la matière organique du sol. Nos résultats ont montré que les systèmes légumiers avec céréales avaient des impacts d'acidification, d'eutrophisation et de changement climatique plus importants par ha que ceux des systèmes légumiers sans céréales (Fig. 8). Les émissions au champ (effet direct) contribuent majoritairement aux impacts d'eutrophisation, tandis que les carburants et les machines contribuent majoritairement aux impacts d'acidification et de changement climatique.

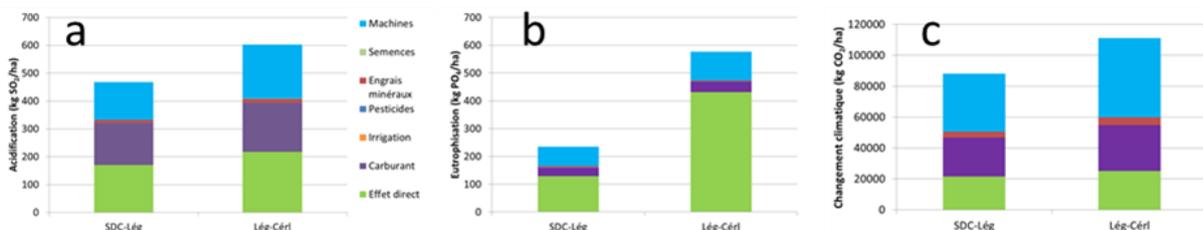


Figure 8. Comparaison des impacts moyens (a) d'acidification, (b) d'eutrophisation, et (c) de changement climatique par ha pour des systèmes de culture légumiers de plein champ avec et sans céréales.

Selon nos résultats, les émissions responsables de l'acidification de l'air, de l'eutrophisation et de l'écotoxicité terrestre sont, en moyenne, liées à 90 % aux impacts directs des systèmes de culture. L'intégration des indicateurs Indigo® dans l'ACV produit des estimations des impacts directs d'acidification

et d'eutrophisation assez similaires à ceux de l'ACV standard, en nécessitant moins de temps et données d'entrée (Fig. 9).

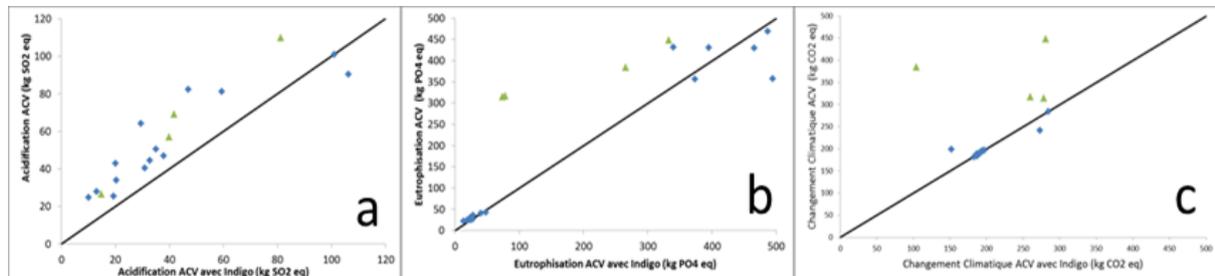


Figure 9. Comparaison des impacts directs moyens (a) d'acidification, (b) d'eutrophisation et (c) de changement climatique par ha pour des systèmes de culture légumiers de plein champ calculées par l'ACV standard vs. l'ACV avec l'intégration des indicateurs Indigo®. Des triangles verts indiquent des systèmes avec prairies. Les « root mean squared error » sont de 20, 93 and 28 kg équivalents SO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>, respectivement, par ha.

## Evaluation multicritère de systèmes de culture – Filière GCPE [primo-rédacteur : Frédérique, 1 page]

### Méthodes

Pour la filière 'Grandes cultures', l'outil DEXiPM a été adapté par l'équipe INRA Eco-Innov (Grignon), d'une part avec l'intégration de critères quantitatifs permettant une évaluation *ex post*, d'autre part avec l'intégration d'un nouveau module rendant compte des risques de lixiviation de nitrates. L'outil a été paramétré en intégrant les règles de la Cellule d'Animation Nationale DEPHY pour la qualification de la dépendance aux pesticides et de la marge standardisée et utilisé pour évaluer neuf systèmes DEPHY, tous repérés comme économes en pesticides et performants (SCEP) selon les critères CAN.

La version du modèle adaptée aux données recueillies dans le réseau DEPHY a aussi été utilisée pour évaluer des systèmes de culture innovants mis en place dans un groupe d'agriculteurs DEPHY (Point B période 2012-2015). Une première évaluation avait été réalisée sur les systèmes en place sur la période 2007-2009 (point A) à des fins de diagnostic avant re-conception des systèmes dans une optique de maîtrise de l'IFT herbicides.

### Résultats

L'évaluation multicritère avec l'outil DEXiPM permet d'illustrer le fait que le faible usage de pesticides n'est pas nécessairement associé à une bonne performance environnementale. En particulier, les systèmes dans lesquels le maïs est dominant présentent souvent de faibles IFT, mais des performances environnementales médiocres, notamment dans les domaines de la préservation de la biodiversité, de la qualité des sols et des émissions de gaz à effets de serre. Cependant, trois systèmes classés SCEP (économes en pesticides et performants du point de vue économique) présentent une bonne évaluation environnementale, et trois systèmes SCEP sont associés à une durabilité globale très bonne selon DEXiPM. La bonne évaluation environnementale est fréquemment associée à des systèmes fondés sur une rotation longue et diversifiée. Ce travail a été présenté lors du séminaire 'Grandes cultures' du réseau DEPHY en 2014, contribuant directement à l'animation du réseau DEPHY. L'outil a été proposé aux Ingénieurs

Réseau, avec la perspective d'organiser des groupes de travail d'utilisateurs de la méthode, valorisable pour l'animation des groupes de ferme, la caractérisation des trajectoires d'évolution. Il n'y a malheureusement pas eu beaucoup de candidatures pour participer à ce groupe de travail.

L'outil a été ensuite utilisé pour évaluer les conséquences en termes de durabilité de trajectoires de changement de pratiques pour les agriculteurs d'un groupe de fermes DEPHY de Normandie (Figure 10).

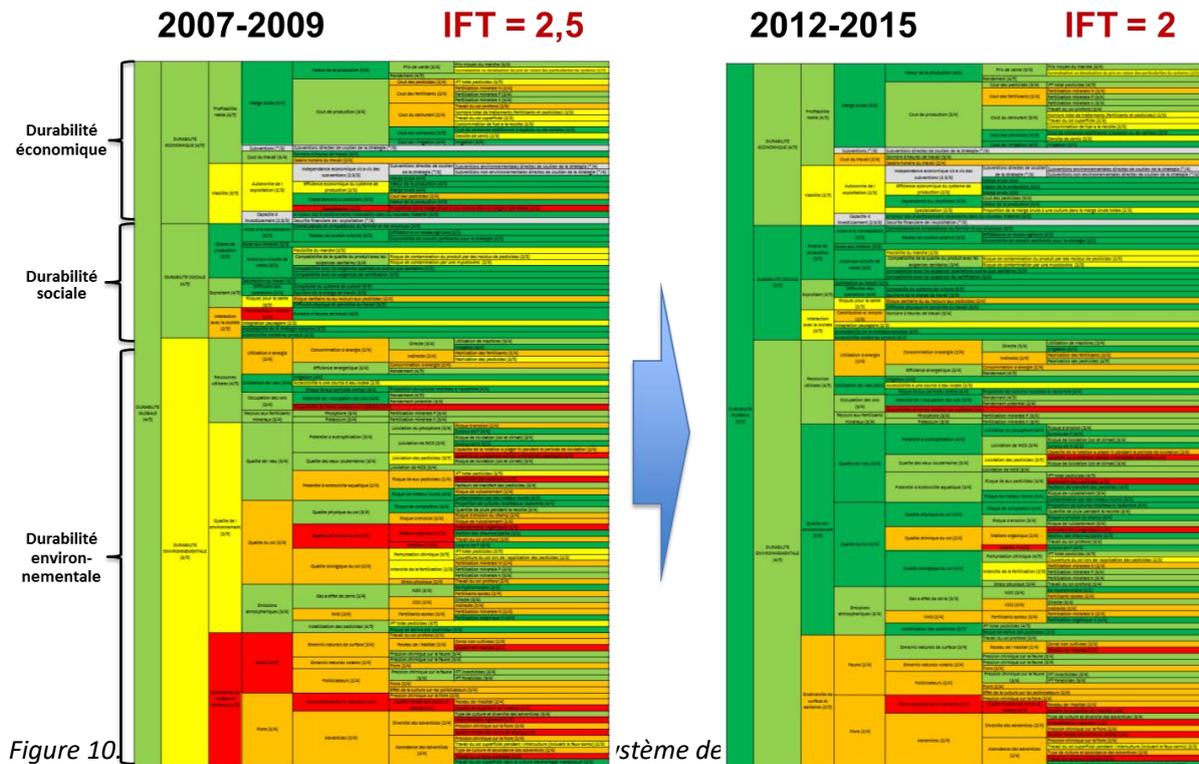


Figure 10. *ystème de pratiques par l'allongement de la rotation, la réduction de la fréquence du labour et l'introduction du binage. Des modifications modérées de pratiques améliorent l'évaluation sur les trois volets de la durabilité.*

Dans le cas présenté dans la figure 10, le système a peu évolué entre les points A et point B. En 2007-2009, la rotation intégrait 4 cultures dont le colza et le maïs et durait 6 ans : Colza – Blé – Maïs Grain – Blé – Féverole/Pois – Blé. Sur la période 2012-2015, une orge de printemps a été rajoutée après le dernier blé, permettant ainsi de rallonger légèrement la rotation mais aussi d'augmenter la part de cultures de printemps tout en diversifiant l'assolement. Les couverts à l'automne devant le maïs, la légumineuse et l'orge sont devenus systématiques au point B, permettant une meilleure couverture du sol.

Entre le point A et le point B, on observe une réduction significative de l'IFT<sub>insecticides</sub> et de l'IFT<sub>herbicides</sub> (de 0,7 à 0,2 et de 1,6 à 1,2 respectivement) permettant de réduire l'IFT total de 2,5 environ à 2. En parallèle, le labour est utilisé moins fréquemment (un labour tous les trois ans au point B). Economiquement, le système présente une meilleure résilience puisqu'il repose moins sur le blé grâce au rallongement de la rotation.

La durabilité du système s'est améliorée entre les points A et B pour les branches sociale et environnementale, avec pour cette dernière un progrès sur la qualité de l'environnement et le respect de la biodiversité (Figure 10). Par exemple, l'amélioration de la qualité de l'eau et du sol s'explique par la combinaison de trois facteurs : la réduction de l'IFT, la réduction du labour, limitant le risque érosif et le lessivage du phosphore, et une meilleure couverture des sols en période de lixiviation.

Ces résultats ont servi pour l'animation au sein de ce groupe DEPHY avec notamment une comparaison des trajectoires entre les agriculteurs et des discussions sur les pratiques « efficaces » et sur certains de leurs effets adverses (au niveau du temps de travail, par exemple). Ces évaluations ont aussi été l'occasion de réfléchir aux améliorations du modèle (et de son interface IZI Eval<sup>1</sup>) pour une utilisation « en direct » chez un agriculteur dont les systèmes sont saisis dans la base DEPHY et qui souhaiterait connaître les conséquences de ses changements de pratiques sur la durabilité globale de ses systèmes (Utilisation des sorties « tableau de bord » telle que celle présentée dans la figure 10).

## Evaluation multicritère de systèmes de culture – Filière Viticole

### *Méthodes*

Morgane Dubuc, recrutée en CDD de Mai à Juillet 2014, a utilisé la version Vigne de DEXiPM, testée l'année précédente sur les systèmes du réseau DEPHY du Sud-Bourgogne, pour caractériser les trajectoires de sept autres systèmes DEPHY de la Loire, de Savoie et du Var.

### *Résultats*

Ce travail a permis (i) de repérer des systèmes performants dans leur contexte, (ii) de déterminer leurs forces et leurs faiblesses, (iii) de mettre en évidence des leviers d'action susceptibles d'améliorer leur durabilité et (iv) de valider que les données disponibles sur les systèmes DEPHY permettent de renseigner l'outil. Ce travail a été présenté en séminaire 'Viticulture' du réseau DEPHY en novembre 2014, et a rencontré un accueil enthousiaste. De nombreux IR ont été candidats pour participer à des groupes de travail visant à mettre en œuvre la méthode sur les systèmes DEPHY qu'ils suivent. Par ailleurs, un manuel-guide d'utilisation de l'outil a été réalisé, pour aider les utilisateurs de la méthode.

## Evaluation multicritère de systèmes de culture – Filière Maraichage

### *Méthodes*

La version 'maraichage' de DEXiPM, DEXiPM-FV (pour 'Field Vegetable') a été utilisée dans le cadre du stage de fin d'études de Claire Cros, pour évaluer des systèmes de culture de la filière légumes et pour accompagner un travail de co-conception participative de systèmes. 15 systèmes légumiers de plein champ, issus de 3 groupes de ferme DEPHY, ont été sélectionnés, et évalués avec DEXiPM-FV (cf. figure 11). Les critères qualitatifs estimés par le modèle ont été confrontés à des valeurs quantitatives pour validation. Le modèle a été adapté à l'évaluation *ex post*, par l'intégration dans sa structure d'indicateurs quantitatifs pouvant remplacer des indicateurs estimés par agrégation qualitative.

### *Résultats*

Le travail de conception participative a été réalisé avec une dizaine de conseillers. Sur la base d'un système légumier à bonne performance économique mais forte dépendance aux pesticides (IFT=17.5), le système conçu avait comme objectif de permettre, selon DEXiPM-FV, de réduire de 45 % l'IFT sans dégrader les performances économiques. Par ce travail, le projet SCEP-DEPHY a ainsi contribué à l'animation de la communauté des conseillers de la filière 'légumes' dans l'Ouest de la France. Le travail

---

<sup>1</sup> <http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/Interface+IZI-EVAL/Accueil>

réalisé dans le cadre de ce stage a en outre permis de livrer un outil DEXiPM-FV en français, avec une version *ex ante* (100% qualitative) et une version *ex post* (intégrant des critères quantitatifs).

## Bilan et perspectives

Malgré des difficultés d'organisation (départ de l'INRA de Stéphane Cadoux, animateur pressenti pour l'une des tâches, abandon de la thèse de Florine Mailly), le projet SCEP DEPHY peut être considéré comme un succès, ayant produit des résultats et des outils à la hauteur de ce qui était prévu :

- **SCEP-DEPHY est un succès en matière de valorisation du réseau DEPHY**

Les connaissances produites sur les systèmes économes en pesticides, sur les options techniques qui permettent un usage modéré de pesticides, sur les liens entre le niveau d'usage de pesticides et d'autres critères de performance économique et environnementale, sont originales, utiles au débat sur le plan ECOPHYTO. Les travaux ont donné lieu à des publications dans des revues scientifiques de haut niveau. Ceci a été possible grâce aux données issues du réseau DEPHY, uniques au monde par leur échelle de description des pratiques et par le nombre et la diversité des systèmes. Les méthodes et concepts utilisés pour analyser ces données ont été également originaux et performants. En particulier, les concepts de situation de production et de stratégie de gestion, décrits comme des combinaisons de variables descriptives, se sont avérés efficaces pour analyser la diversité des IFT. La méthode de régression LASSO utilisée par Martin Lechenet, originale et astucieuse, s'est montrée très utile pour tenir compte des spécificités des situations de production dans l'analyse des performances associées aux pratiques.

- **SCEP-DEPHY est un succès en matière d'outillage du réseau DEPHY**

Le projet a permis de faire progresser le développement de méthodes d'Analyse de Cycle de Vie adaptées à l'évaluation de systèmes de culture. Ces méthodes permettent aujourd'hui de produire des indicateurs d'impact qui enrichissent l'évaluation des pratiques. Les méthodes agrégatives d'évaluation multicritère ont été adaptées pour pouvoir être utilisées par les acteurs du réseau DEPHY dans les différentes filières, et les exemples de mises en œuvre réalisées dans le cadre du projet ont montré tout l'intérêt pour le suivi des fermes DEPHY. L'utilisation d'une interface graphique Web (R-Shiny) pour la présentation des résultats a montré tout l'intérêt de ce type de technologie pour la présentation de données volumineuses comme celles produites par DEPHY. Une des recommandations de SCEP-DEPHY est d'utiliser ce type de technologie pour représenter les références issues du réseau (par exemple, distribution de performances des systèmes DEPHY filtrés par filières, régions, cultures, type de sol, type de rotation, type de travail du sol..., évolution des performances dans le temps pour des systèmes DEPHY filtrés de la même façon,...). La Cellule d'Animation Nationale DEPHY, ainsi que les Ministères pilotes du dispositif DEPHY, ont été convaincus par la démonstration permise par SCEP-DEPHY. La CAN travaille actuellement sur un projet d'interface graphique Web de valorisation des données DEPHY dans cet esprit (projet DEPHY-Graph).

- **SCEP-DEPHY est un succès en matière d'animation du réseau DEPHY**

Le projet SCEP-DEPHY a été conduit en concertation étroite avec les acteurs du réseau DEPHY. Pour certaines filières, comme l'arboriculture, SCEP-DEPHY a contribué directement à la mise en forme des données et à la définition des modes de valorisation de ces données pour la communication du réseau. Les résultats ont été présentés et discutés à plusieurs reprises en séminaires nationaux. Les outils DEXiPM ont été également présentés, et les partenaires du projet porteurs de ces outils ont

animé des séances de formation et de travail sur leur utilisation. Le nombre d'ingénieurs-réseau qui ont effectivement participé à ces séances est resté limité, ce qui constitue une déception, mais cela peut s'expliquer par la charge de travail déjà importante sur le mi-temps de ces ingénieurs (animation du groupe, accompagnement individuel et collectif du changement, collecte d'information sur les exploitations et les pratiques, saisie des informations, communication). Certains partenaires du projet experts dans l'évaluation multicritère ont participé aux travaux du groupe de travail de la CAN travaillant sur le repérage de systèmes de culture multiperformants.

Le projet ouvre de nombreuses perspectives pour poursuivre le travail :

- Il serait intéressant de généraliser aux différentes filières le travail d'analyse réalisé dans le projet sur un nombre limité de filières. L'analyse des stratégies économes en pesticides, qui a été très fructueuse en filière GCPE, a été initiée pour la filière viticole. Il serait intéressant d'utiliser les mêmes méthodes pour l'arboriculture et le maraichage.
- L'essentiel des connaissances produites dans le cadre du projet repose sur la diversité des systèmes de culture initiaux, au démarrage du projet DEPHY. Il sera intéressant d'étudier si l'analyse des trajectoires de changement de pratiques de chaque ferme DEPHY confirme les résultats de SCEP-DEPHY : Quelle est la proportion de ferme qui en baissant l'IFT arrive à maintenir, voire augmenter la productivité et la rentabilité ? Dans quels contextes de production ? Avec quels changements techniques ? Avec quels impacts sur les autres composantes de la durabilité ? Ces informations seront une autre forme de démonstration, peut-être encore plus convaincante, qu'il est possible de réduire la dépendance aux pesticides des systèmes agricoles français.
- Il est possible que le niveau d'usage de pesticide d'un agriculteur DEPHY dépende non seulement de sa stratégie de gestion locale, sur la(les) parcelle(s) concernée(s), mais aussi des pressions biotiques locales, qui peuvent dépendre elles-mêmes de caractéristiques paysagères (assolement régional, infrastructures agroécologiques et éléments semi-naturels, niveau d'utilisation des pesticides par les agriculteurs voisins...). Il serait donc utile de démarrer une étude spécifique sur les liens entre le niveau d'usage de pesticides des agriculteurs DEPHY, les caractéristiques du paysage, et les pressions biotiques locales qu'il faut caractériser (probablement en faisant le lien avec les observations du réseau de surveillance biologique du territoire, même si ce lien est délicat à établir, car l'observation d'un bioagresseur sur une parcelle donnée ne renseigne pas directement sur la pression biotique locale : il faut bien distinguer (i) la pression biotique régionale, (ii) la pression biotique locale (éventuellement affectée par des caractéristiques locales du paysage), et (iii) l'état biotique d'une parcelle, qui résulte autant de la pression biotique locale que des techniques culturales localement utilisées, par exemple le niveau de sensibilité de la variété). Par ailleurs, le niveau d'usage de pesticides peut également dépendre du niveau de tolérance de l'agriculteur aux bioagresseurs, qui n'a pas été considéré dans le cadre de SCEP-DEPHY (principalement parce que l'information n'était pas disponible à l'époque du démarrage du projet). Il serait intéressant d'évaluer le poids de cette composante décisionnelle dans les différences de recours aux pesticides.
- En terme d'outillage, il sera intéressant, dans la suite de SCEP-DEPHY, de développer (i) une interface interactive de présentation graphique des références et données du réseau DEPHY (cf. projet DEPHY-Graph mentionné plus haut) ; (ii) une connexion automatisée entre d'une part les sorties du système d'information Agrosyst, collectant toutes les données DEPHY sur les pratiques et les performances des systèmes de culture DEPHY, et d'autre part les outils DEXiPM d'évaluation multicritère, afin d'automatiser l'évaluation de la durabilité de systèmes DEPHY. Il n'y a en théorie pas d'obstacle technique majeur, mais l'équipe développant Agrosyst déjà actuellement bien occupée sur d'autres priorités.

## Contribution au plan Ecophyto (et à l'agroécologie)

---

Il s'agit de discuter des sorties opérationnelles du projet (par rapport à ce qui avait été annoncé), en distinguant :

- Ce qui a été effectivement produit et transféré (ex : un outil proposé avec un guide d'utilisation et ayant fait l'objet de formation avec des utilisateurs)
- Les sorties identifiées, produites à l'état de prototypes ayant fait l'objet de discussion avec des utilisateurs potentiels
- Les sorties projetées ou envisageables en indiquant comment une finalisation pourrait intervenir
- Les connaissances, informations et/ou recommandations que des acteurs pourront exploiter, par exemple pour faire évoluer les dispositifs, dans un cadre qu'on essaiera de préciser

Dans tous les cas, on suggérera comment « aller plus loin » et avec qui.

Inclure dans cette partie :

- Une réflexion plus large, du type contribution du projet à questions transversales traitées à St Malo 2.
- Un avis recueilli par le coordinateur auprès des gestionnaires des dispositifs

Le projet SCEP-DEPHY a incontestablement bénéficié au plan ECOPHYTO en général et au réseau DEPHY en particulier. Il a été construit en lien étroit avec la Cellule d'Animation Nationale DEPHY, avec des objectifs proches, des méthodes proches (mais parfois différentes), des données et référentiels partagés, mais avec une démarche scientifique justifiant certaines approches méthodologiques spécifiques. Nous listons ici les principaux éléments de cette contribution, déjà cités dans le rapport scientifique :

- Contribution, par l'activité médiatique autour de ses résultats, à la visibilité du réseau DEPHY, et d'une certaine manière à la justification de ses choix méthodologiques (par exemple le choix de focaliser le réseau sur le concept de système de culture). Par ailleurs, les résultats de la thèse de Martin Lechenet, conduite dans le cadre du projet, tendent également à valider le fait de piloter la transition agroécologique par la réduction d'usage de pesticides (donc à valider le choix gouvernemental du plan ECOPHYTO), puisque qu'on observe une convergence entre le niveau d'usage de pesticides et la multiperformance (selon l'indicateur de multiperformance établi dans le cadre de la thèse).
- Contribution à l'animation du réseau DEPHY :
  - Par les interactions avec la Cellule d'Animation Nationale pour la consolidation des jeux de données ;
  - Par la contribution de SCEP-DEPHY à la définition de la méthode et sa mise en œuvre pour le repérage de systèmes de culture économes en pesticides et performants économiquement dans la filière 'Arboriculture' ;
  - Par les interventions des partenaires de SCEP-DEPHY dans les différents séminaires nationaux du réseau : Martin Lechenet (trois fois), Frédérique Angevin, Morgane Dubuc, Florent Abiven ;
  - Par la formation d'ingénieurs-réseau DEPHY à l'utilisation de DEXiPM ;
  - Par la tenue d'atelier de co-conception de systèmes légumier innovants, impliquant des ingénieurs-réseau de la filière, sur la base des évaluations *ex ante* de la durabilité, dans le cadre du stage de Claire Cros sur DEXiPM-FV ;
  - Par l'organisation de réunion de travail avec l'expert-filière et les ingénieurs territoriaux DEPHY de la filière 'viticulture' sur l'interprétation des résultats des segmentations visant à caractériser les stratégies de gestion économes en pesticides, en fonction des situations de production ;

- Par l'interaction avec les ingénieurs-réseau de la filière 'Grandes Cultures & Polyculture-élevage', organisée par SCEP-DEPHY sur la base de l'interface interactive web réalisée avec la technologie R-Shiny, en vue de la validation des scénarios de transition vers des systèmes plus économes en pesticides, à l'échelle de chaque ferme DEPHY ;
- Production de ressources mobilisables par les acteurs du réseau DEPHY pour l'animation des groupes de fermes :
  - Les nouvelles versions de DEXiPM, adaptées aux filières GCPE, Viticulture et production légumière (la version pour l'arboriculture, DEXi-Fruits, ayant été développée et adaptée dans le cadre d'un autre projet), utilisables pour la caractérisation des systèmes de culture DEPHY et l'évaluation de leur durabilité ;
  - Les méthodes d'Analyse de Cycle de Vie pour l'évaluation des impacts environnementaux des systèmes de culture (bien que ces méthodes restent encore peu manipulables par les utilisateurs de terrain) ;
  - La brochure de 84 pages détaillant les stratégies de gestion identifiées dans la thèse de Martin Lechenet, qui sera prochainement disponible pour les Ingénieurs-Réseau de la filière GCPE, et utilisable pour la réflexion sur les changements de pratiques.

*« Le projet SCEP DEPHY a été remarquable par les échanges et les interactions qu'il a eu avec le réseau DEPHY. Ainsi de nombreux acteurs du réseau ont été sollicités et impliqués tout au long du projet, ce qui a permis une bonne adéquation des méthodes retenues aux contraintes du réseau, et une appropriation des résultats obtenus par les acteurs du réseau DEPHY. Les résultats du projet SCEP DEPHY ont été repris dans différentes publications dirigées par la cellule d'animation nationale, et ont été à plusieurs reprises présentés lors de séminaires nationaux du réseau (séminaires filières, ...).*

*D'une manière générale, le projet SCEP DEPHY a permis, en filière grandes cultures tout particulièrement, d'appuyer le réseau dans l'analyse et la valorisation de ses données, et ainsi d'accélérer la production de résultats diffusables et publiables par le réseau DEPHY. »*

Emeric Pillet, Chef de projet DEPHY, Avril 2017

Les recommandations du projet SCEP-DEPHY pour aller plus loin dans la valorisation et la communication du réseau DEPHY pourrait être les suivantes :

- Le projet SCEP-DEPHY, par la diversité de ses partenaires, a utilisé plusieurs méthodes d'agrégation de différents critères de performances (méthode DEXi d'agrégation qualitative, méthode 'Data Enveloppement Analysis' utilisée par Martin Lechenet, consistant à quantifier l'efficacité multicritère en fonction de la distance à la courbe enveloppe en n dimensions défini par les systèmes les plus performants). La Cellule d'Animation Nationale utilise une troisième méthode d'agrégation. Il serait intéressant d'engager un travail spécifique de comparaison des résultats de ces différentes méthodes, afin de mieux caractériser les avantages et inconvénients de chacune ;

- Deux sujets de thèses potentiellement très fructueuses sont identifiés à l'issue de SCEP-DEPHY. Il faudrait définir les conditions d'encadrement et de financements de ces deux thèses :
  - Thèse 1 : intégration des pressions biotiques locales, des caractéristiques paysagères et des niveaux de tolérance aux bioagresseurs dans l'analyse de la variabilité d'IFT ;
  - Thèse 2 : analyse des trajectoires d'évolution des pratiques et des performances des systèmes DEPHY ;
- Le projet SCEP-DEPHY a expérimenté l'utilisation d'une interface graphique web interactive pour la mise à disposition de résultats et d'information diverses, ce qui a permis d'illustrer la pertinence de ce mode de communication. Une recommandation serait donc de développer ce type de technologie pour donner un accès aux données et aux références simples issues du réseau DEPHY (accès interne des acteurs du réseau, mais aussi accès des observateurs extérieurs) ;

Enfin et pour finir, deux remarques et recommandations d'observateurs du réseau DEPHY :

- La transition agroécologique recommande de valoriser les fonctions de la biodiversité, notamment en termes de régulation biologique des bioagresseurs. Il est possible que ces régulations biologiques jouent ponctuellement un rôle non négligeable dans certains systèmes DEPHY et puissent expliquer des différences de niveau de recours aux pesticides. Mais jusqu'à présent, le réseau n'est pas organisé pour recueillir de l'information sur cette question. Une recommandation pourrait être de lancer une enquête auprès des agriculteurs du réseau pour évaluer leur perception du rôle que joue la biodiversité dans le fonctionnement des agroécosystèmes qu'ils pilotent, en particulier sur la régulation des bioagresseurs. Une telle enquête permettrait d'avoir une image plus précise de ces phénomènes à travers le regard des agriculteurs.
- Les pesticides sont souvent présentés comme un moyen de réduire les risques associés à la production agricole, parce qu'ils évitent les pertes de rendement en cas de pression biotique forte. L'aversion aux risques serait un facteur explicatif de la réticence des agriculteurs à réduire l'usage d'herbicide. Pourtant, il n'est pas exclu que les risques encourus dans des systèmes mettant en œuvre tous les principes de la Protection Intégrée soit en fait moindre que ceux qui sont associés aux systèmes à forte dépendance aux pesticides (du fait de l'efficacité des moyens préventifs, du fait de la diversification des cultures qui étale les risques, du fait de réduction des charges qui limitent la sensibilité de ces charges aux variations des prix des intrants). Il pourrait être intéressant d'utiliser le réseau DEPHY comme support d'une étude spécifique des risques effectifs et de leur perception par les agriculteurs, en lien avec le niveau de consommation en pesticides.