

Performances multicritères de systèmes viticoles à réduction drastique d'intrants dans le vignoble alsacien (PEPSVI)

Thiollet-Scholtus M.¹, Muller A.¹, Abidon C.², Audema P.³, Bailly C.³, Chaumonnot S.⁴, Grignion J.⁶, Keichinger O.⁷, Klein C.⁵, Koller R.⁸, Langenfeld A.⁹, Ley L.⁴, Lemarquis G.⁴, Nassr N.⁹, Nibaudeau R.⁵, Rabolin-Meinrad C.¹⁰, Ribeiro S.¹¹, Schneider C.¹⁰, Weissbart J.¹¹

¹ INRA, UR-0055 ASTER, F-68000 Colmar

² IFV, F-68000 Colmar

³ Chambre d'Agriculture Grand Est, F-68000 Colmar

⁴ INRA, UE-0871 SEAV, F-68000 Colmar

⁵ EPLEFPA Rouffach-Wintzenheim, F-68000 Rouffach

⁶ Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, F-49700 Doué-en-Anjou

⁷ indépendant, F-67600 Sélestat

⁸ Association pour la Relance Agronomique, F-67300 Schiltigheim

⁹ Rittmo-AgroEnvironnement, F-68000 Colmar

¹⁰ INRA, UMR-1132 LAE, F-68000 Colmar

¹¹ OPABA, F-68000 Colmar

Correspondance : marie.thiollet-scholtus@inra.fr

Résumé

Le projet DEPHY EXPE Alsace – PEPSVI (2013-2018) a permis de **co-concevoir, d'expérimenter et d'évaluer** onze systèmes viticoles innovants de par leur très faible usage d'intrants. Ces systèmes viticoles, en production **intégrée, biologique ou biodynamique**, ont intégré des innovations (i) **techniques** (ajout d'huiles essentielles au cuivre, couverture totale du sol) ; (ii) **organisationnelles** (formalisation des règles de décisions, usage d'outils d'aide à la décision) ; (iii) de **re-conception** (utilisation de variétés de vignes résistantes à l'oïdium et au mildiou). **Ces systèmes ont fait l'objet d'une évaluation multicritère** : environnementale (Indice de Fréquence des Traitements, INDIGO@-vigne, dose de cuivre), agronomique (rendement, qualité, pressions parasites, état des sols) et socio-économique (acceptabilité, pénibilité, coût de l'innovation). Les **résultats** montrent que l'IFT (hors jeunes vignes) peut être réduit entre 0 et 89% de l'IFT moyen régional, avec en moyenne, tous millésimes et tous systèmes confondus une réduction de l'IFT de 40%. Les systèmes de Châtenois et Ingersheim étant les meilleurs avec une réduction moyenne d'IFT stabilisée à 71%. Les autres intrants sont aussi beaucoup réduits.

Mots-clés : Vigne, Multi-performance, Evaluations, Co-conception, Expérimentation-système, Réduction de produits phytopharmaceutiques, Variétés résistantes, Innovations

Abstract : Multi-criteria performance of vineyard systems with drastic reduction of inputs in Alsace, France (PEPSVI)

PEPSVI research project (2013-2018) aims were to **co-design, experiment and evaluate** eleven new vine production systems. Vine productions systems were innovative because very low inputs were used. These systems were also under **Integrated or Organic or Biodynamic** certification. Systems innovations were (i) **technics** (i.e. using essential oils to reduce copper use, 100% soil cover of the field); (ii) **organizational** (i.e. new decision rules to spray, Decision Aid tools); (iii) **re-design** (resistant

grape varieties planted). Performances of the eleven new systems were evaluated about environment (Frequency Treatment Index, Copper rate), agronomy (yield, harvested berries quality, fungi damage, soil quality), social and economy. **Results** show that it is possible to have good performances of vineyard systems with a 0-89%-reduced TFI. TFI average reduction is 40% for all systems and studied years. Châtenois and Ingersheim are the most spectacular systems with a reduced TFI stabilized to 71%. Innovative systems include also drastic reduction of others vineyard inputs.

Keywords : Grapevine, Multi-performance, Assessment, Co-design, Farming system experiment, Pesticide reduction, Resistant varieties, Innovations.

1. Introduction

Le projet **PEPSVI**, conduit entre 2013 et 2018, dans le cadre du dispositif DEPHY EXPE, est une déclinaison régionale, alsacienne et viticole du plan national de réduction de l'usage des produits phytosanitaires initiée lors du Grenelle de l'Environnement.

La culture de la vigne est un des systèmes de production agricole les plus gourmands en **intrants phytopharmaceutiques**, du fait de la grande sensibilité des variétés de vignes sélectionnées, *vitis vinifera* principalement. Les **bioagresseurs** sont en effet nombreux et divers : maladies fongiques, ravageurs insectes et arthropodes, virus et bactéries. Les bioagresseurs impactent la qualité et la quantité de raisins, et aussi parfois la pérennité des ceps de vigne. Les principales **maladies** de la vigne maîtrisées par les produits phytosanitaires sont le mildiou (*Plasmopora viticola*), l'oïdium (*Erysiphe necator*), la pourriture grise (*Botrytis cinerea*) et le black-rot (*Guignardia bidwelli*) (Galet, 1977). Les **moyens de lutte** garantissant une récolte qualitative et quantitative, restent encore à ce jour dans la majorité des vignobles français les produits phytosanitaires, i.e. le cuivre, le soufre et les produits de synthèse (Pujol, 2017). L'usage des **fongicides** viticoles représente encore aujourd'hui près de 80% de l'Indice de Fréquence des Traitements (IFT). En 2013, l'**IFT-total** moyen viticole était de 14,7 pour 19 traitements effectués tous vignobles confondus et de 10,9 pour l'Alsace (AGRESTE, 2019). L'**IFT-fongicides** moyen était de 12,4 tous vignobles confondus et de 9,8 pour l'Alsace. Bien que le vignoble alsacien présente des IFT inférieurs aux moyennes nationales, il existe encore des marges de progrès pour réduire les risques d'impacts environnementaux de la viticulture. Réduire les IFT se fera en utilisant ou en re-combinant des pratiques existantes, et/ou en introduisant des innovations à l'échelle du système viticole (Metral et al., 2012).

Le **vignoble alsacien** présente des particularités à prendre en compte dans la mise en œuvre de la réduction nationale de l'usage des produits phytosanitaires. L'Alsace viticole s'étend sur environ 15 000 ha le long du versant Est du massif des Vosges, appelé **piémont** vosgien. Ce vignoble **septentrional** est sous climat à influence continentale et subit l'effet de Foehn des masses nuageuses venues de l'Atlantique. L'effet direct de ce climat est une très faible pluviométrie annuelle moyenne, allée à de grands écarts de températures entre l'hiver et l'été. Dans ces **conditions climatiques**, les **pressions** mildiou, oïdium et Botrytis sur la vigne sont inférieures aux moyennes nationales, sauf en cas de printemps ou d'été pluvieux. Les **ravageurs** ne sont pas non plus très présents, ce qui autorise une grande partie du vignoble à s'affranchir de l'usage des insecticides depuis plusieurs années. La plantation en **vignes hautes**, au départ pour limiter les dégâts de gel, devient un atout pour limiter l'accès à la vigne des formes de champignons présents au sol (i.e. par l'effet du splashing ou des nuages de poussières). L'Alsace viticole présente une grande **diversité** de nature, de profondeur et d'orientation de **sols** car située sur un champ de fracture géologique complexe faisant affleurer de nombreux étages géologiques du secondaire et du tertiaire entre massif montagneux cristallin et métamorphique et plaine alluviale quaternaire. La diversité de combinaisons pédo-climatiques qui en résulte, combinée au choix d'un mode **d'entretien du sol** réduisant l'usage des herbicides créent de

fortes disparités de disponibilité en eau pour la vigne. A cela, s'ajoutent les exigences d'un vignoble en AOP avec 9 cépages dans 3 cahiers des charges Crémant, Alsace et 51 grands crus. La revendication des AOP induit une **contrainte supplémentaire** quasi systématique en termes de qualité, de rendement de la vendange, et de conduite de la vigne. L'ensemble de ces atouts et contraintes doit être pris en compte dans la conception des systèmes viticoles innovants visant une réduction drastique d'usage d'intrants phytosanitaires.

Le travail présenté ci-après s'attachera à présenter une **diversité de cas d'études** sous cadres de **contraintes septentrionaux**, pour lesquels des réductions drastiques d'usage des produits phytosanitaires ont été **expérimentées**. Chaque cas d'étude présenté a été **co-conçu avec les viticulteurs gestionnaires des parcelles** pour le projet afin de tester des innovations ou des combinaisons d'innovations. Les innovations introduites permettront une amélioration **en efficacité**, ou en **substitution** ou en **re-conception**. Ces systèmes innovants ont été **évalués** de la façon la plus exhaustive possible des points de vue **agronomiques, pédologiques, environnementaux, sociaux et économiques**.

2. Matériel et méthodes

2.1 Les cas d'étude

Le dispositif PESVI comporte 11 systèmes répartis sur 5 sites, tous en expérimentations-systèmes. Chaque site-système innovant est nommé par sa commune et l'acronyme de son système. La référence de chaque système est le mode de conduite viticole mis en œuvre sur le reste de l'exploitation. Les dispositifs ont été mis en place chez des viticulteurs adhérents OPABA – Organisme Professionnel de l'Agriculture Biologique en Alsace (Chat & Ing), dans l'unité expérimentale INRA-SEAV (Ribeau & Wintz) et dans l'exploitation associée au lycée viticole EPLEFPA de Rouffach (Rouff) (Tableau 1).

2.1.1 Les cas d'étude de Châtenois et d'Ingersheim

Les systèmes innovants de Châtenois et d'Ingersheim ont la particularité d'avoir été mis en place chez des viticulteurs, donc d'être sous fort cadre de contrainte de rentabilité économique et sociale. Ces deux systèmes sont aussi sous très forte contrainte technique, puisqu'ils sont tous les deux certifiés AB et Biodynamie depuis plusieurs années et que cela implique une faible diversité de substances actives disponibles pour protéger la vigne des bioagresseurs. Les viticulteurs ont souhaité travailler avec l'INRA et ses partenaires pour aller encore plus loin que leurs cahiers des charges en terme de réduction des impacts environnementaux (i.e. réduire l'usage du cuivre) tout en maintenant les objectifs de productions de raisins et de vins. La particularité du système de Châtenois est le changement de destination et d'objectif de la vendange : le viticulteur est passé de coopérateur à récoltant-vinificateur à partir de la récolte 2016.

2.1.2 Les cas d'étude de Ribeauvillé, Rouffach et Wintzenheim

Les trois sites sont gérés par une unité expérimentale INRA (Ribeauvillé et Wintzenheim) et par un EPPLFPA viticole (Rouffach). Ceci amène les **avantages** suivants : (i) une **prise de risque** de perte de récolte possiblement plus importante, ou du moins à d'autres niveaux que dans le cadre d'une exploitation viticole ; (ii) la possibilité d'investissement à **long terme** (plantation de variétés de vignes résistantes sur le site de Wintzenheim) pour déployer d'autres programmes de recherche ; (iii) et enfin l'accès et le test de **prototypes** pas encore démocratisés dans les exploitations viticoles (Multiplex®, Outils d'Aide à la Décisions – OAD-, variétés résistantes, plaquettes de feuillus). Ces sites présentent aussi des **inconvenients** tels que (i) les contraintes organisationnelles (**congés, travail le week-end**), (ii) l'obligation de servir de site de démonstration pour les **apprenants** du lycée viticole et (iii) la difficulté d'évaluer la partie socio-économique.

Tableau 1 : Description des sites et systèmes Dephy Expe PEPSVI 2013-2018

Site	Chat	Ing	Ribeau		Rouff			Wintz					
Système	AB	AB	AB	PI	PI	Mild	Opti	AB	PI	RES 1	RES 2		
Propriétaire	Viticulteur	Viticulteur	INRA		EPLEFPA			INRA		INRA			
Gestionnaire	OPABA/ CRAGE	OPABA/ CRAGE	INRA		EPLEFPA			INRA		INRA			
Cépage	Riesling	Riesling	Riesling		Pinot gris			Pinot blanc		variété résistante Col_50#83			
Porte-greffe	SO4	3309	161-49		SO4			SO4					
Année de plantation	2009	1978	1997		1982			2014					
Commune	Châtenois	Ingersheim	Ribeauvillé		Rouffach			Wintzenheim					
Surface (ha)	0,25	1,6	0,18	0,18	0,40	0,40	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35 h		
Sol	Sol brun acide sablo-argileux profond sur colluvium de grès vosgien	Sol brun acide sablo-limoneux sur alluvion de rivière vosgienne à forte charge en galets	Sol brun calcaire limono-argileux profond sur loess		Sol brun calcaire limono-argileux profond sur loess			Sol brun calcique sablo-limoneux profond sur colluvion granitique et loessique					
Pente	10%	0%	15%		15%			10%					
Mode de taille	Guyot double												
Objectif de rendement	80 hL/ha (2013-2015) 60 hL/ha (2016-2018)	50 hL/ha	55 hL/ha		70 hL/ha			-	*	-	*	-	*
Cahier des charges	AB depuis 1998 Biodynamie depuis 2003	AB depuis 1994 Biodynamie depuis 2009	AB depuis 2010	PI depuis 2010	PI depuis 2000			AB	PI	PI	AB		
AOP	Crémant (2013-2015) Alsace (2014-2018)	Alsace	Alsace Grand cru		Alsace			Alsace		Vin de France			

AB : Agriculture Biologique, AOP : Appellation d'Origine Protégée, PI : Protection Intégrée ; * : pas d'objectif de rendement car ce sont des jeunes vignes et que le gestionnaire de site n'en attendait pas de raisin). Pour le site de Wintzenheim, chaque système est répété 3 fois, une répétition a un précédent jachère ; 2 répétitions ont un précédent vignes ; l'une des répétition à précédent vignes est instrumentée pour récolter des échantillons d'eaux de surface et d'eaux souterraines.

2.2 Conception des systèmes

Tous les systèmes PEPSVI ont été conçus selon un socle méthodologique commun issu du projet Casdar EcoViti porté par l'IFV (2010-2014) (Metral et al., 2015). Le cadre de contraintes de chaque système a été défini avec les gestionnaires des systèmes. Chaque système suit des règles de décisions déclenchant la mise en œuvre des pratiques viticoles (Tableau 2).

Tableau 2 : Description des stratégies pour réduire l'usage des intrants phytosanitaires.

Catégories	Site	Chat		Ing		Ribeau		Rouff		Wintz		
	Système	AB	AB	AB	PI	PI	Mild	Opti	AB	PI	RES1	RES2
Gestion des maladies	Réduction des doses de cuivre et de soufre	X	X									
	RDD Mildium® & Optidose®			X	X				X	X		
	RDD Mildium®						X					
	RDD Optidose®							X				
	2 fongicides max										X	
	zéro pesticide											X
	0 anti Botrytis	X	X							X	X	X
1/an selon pression				X	X	X	X	X				
Gestion des ravageurs	Aucun traitement insecticide											
Gestion du cavailon	Intercep	X					X	X				
	Tonte - intercep		X									
	Intercep puis paillis			X								
	Herbicide				X	X						
	Intercep puis paillis, thermique								X	X	X	X
Gestion des inter-rangs	Travail du sol enherbement naturel - tonte	X		X	X							
	Enherbement total - tonte extensive		X									
	Travail du sol enherbement semé - tonte					X	X	X				
	Travail du sol - tonte - semis d'engrais verts								X	X	X	X

Les combinaisons d'**innovations** testées dans chaque système sont présentées dans le Tableau 3. Chaque système comporte au moins une innovation, et souvent plusieurs. Les combinaisons d'innovations balayent l'ensemble de l'itinéraire technique (entretien du sol, travaux en vert, protection phytosanitaire) mais aussi l'organisation des pratiques.

Les **9 systèmes de Ribeauvillé, Rouffach et Wintzenheim** ont fait l'objet de plusieurs ateliers de conception au sein de l'INRA jusqu'à obtenir des systèmes conformes aux critères initiaux (i.e. introduction d'innovations et prise en compte de chaque cadre de contraintes). Le groupe de travail était constitué des équipes techniques INRA et EPPLEFPA en charge de la gestion des sites.

Les **2 systèmes de Chatenois et d'Ingersheim** permettent de répondre plus directement aux questions (i) de l'appropriation des résultats à venir par les viticulteurs locaux et (ii) de la prise en compte du cadre de contraintes abordé dès la conception des systèmes PEPSVI. Aussi il est apparu essentiel d'associer des viticulteurs à la fois dans la conception des prototypes mais aussi dans la conduite et le pilotage de l'expérimentation-système. Les ateliers de co-conception ont abouti aux 2 prototypes Chat_AB et Ing_AB (Figure 1). Chat_AB met en œuvre une combinaison de mesures prophylactiques pour créer un environnement défavorable à l'installation des pathogènes sur tous les organes de la vigne (Grignon et Thiollet-Scholtus, 2015) et ainsi réduire l'usage du cuivre. Ing_AB met en œuvre une combinaison de mesures réduisant drastiquement les intrants par un enherbement total de la parcelle et une réduction du cuivre.

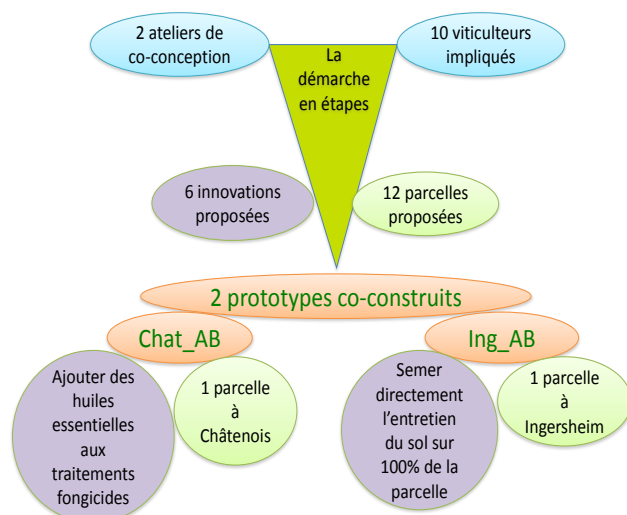


Figure 1 : Résumé de la co-conception des expérimentations-systèmes de Chat_AB et Ing_AB avec les viticulteurs OPABA (Extrait de Delière et al., 2016)

Tableau 3 : Description des innovations pour réduire l'usage des intrants phytosanitaires.

Innovations	Site	Chat				Ing				Ribeau				Rouff		Wintz	
	Système	AB	AB	AB	PI	PI	Mild	OPTi	AB	PI	RES1	RES2	RES1	RES2	RES1	RES2	
Semis d'un couvert végétal			X	X	X												
OAD et prophylaxie renforcée							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RDD "Si ... alors"				X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	
Paillis de plaquette de feuillus sur cavaillon				X	X				X							X	
Utilisation de produits phytosanitaires alternatifs			X	X	X												
Réduction des doses de cuivre par ajout d'huiles essentielles et de propolis		X															
Résistance variétale													X	X			

2.3 Evaluations des performances des systèmes

2.3.1 Evaluations environnementales

La pression d'usage des produits phytopharmaceutiques est évaluée à l'aide de l'Indice de Fréquence des Traitements (IFT) pour l'ensemble des traitements mais aussi détaillée pour les fongicides, les herbicides et les produits de bio contrôle utilisés puis comparée à la référence régionale Alsace (en 2013, IFT = 10,4) (Pujol, 2017).

L'impact environnemental des produits phytopharmaceutiques est évalué à l'aide de l'indicateur I-Phy de la méthode INDIGO®-vigne (Thiollet-Scholtus and Bockstaller, 2015). Les risques pour tous les compartiments de l'environnement sont évalués : eaux souterraines, eaux de surface, air et organismes auxiliaires. Chaque risque est noté entre 0 (risque maximal) et 10 (aucun risque). Les risques sont agrégés pour établir un risque global par système et par programme de traitements phytosanitaires.

La dose de cuivre métal utilisée par hectare et par an est aussi calculée pour chaque système et chaque année où il y a des traitements au cuivre. C'est un indicateur utile aux viticulteurs au même titre que l'IFT pour la totalité des intrants phytosanitaires utilisés.

La biodiversité floristique a été évaluée à l'aide d'observations « présence-absence » et du calcul de la richesse spécifique en espèces botaniques (Rabolin et al., 2017; Ricou et al., 2014).

2.3.2 Evaluations agronomiques

Toutes les **mesures et notations** sont faites sur 10 placettes de 10 ceps de vigne. Les moyennes et les écart-types sont ensuite calculés pour obtenir une seule valeur par système innovant et par année. Chaque année, le nombre de ceps de chaque placette est recompté afin de comptabiliser les manquants et de faire les calculs avec le bon nombre de ceps mesurés. Ces placettes ont été choisies à partir des cartes de résistivité électrique du sol pour échantillonner l'hétérogénéité intra parcellaire. Le **rendement** est calculé à partir de la mesure du poids de la vendange des placettes (en kg/cep) et rapporté à la surface (en kg/ha et/ou en hL/ha selon les cépages). **Les notations** d'intensité et de fréquence du mildiou, de l'oïdium, du black-rot, de la pourriture grise (*Botrytis cinerea*) sont faites par observation visuelle. Elles sont réalisées à plusieurs stades phénologiques de la vigne sur les feuilles mais aussi les grappes. La **vigueur** de la vigne est mesurée à l'aide du poids de bois de taille des placettes (kg/cep). L'étude fine de **l'état des sols** a été réalisée en complétant la méthode des profils culturaux (Manichon and Gautronneau, 1987) par des mesures de densité apparente. L'état des sols a été fait une fois au cours de l'expérimentation pour (i) identifier des éventuels impacts du système de conduite de la vigne sur l'état du sol et (ii) pour mettre en évidence des impacts dus à des travaux antérieurs à la mise en place du système innovant sur la parcelle. Le tassement est représenté sur les figures avec un dégradé de couleurs : du vert clair, le moins tassé au marron le plus foncé pour le tassement le plus fort. La vendange de chaque placette est vinifiée à part sur la plateforme INRA-CIVA-CRAGE-IFV de l'INRA de Colmar et des analyses **biochimiques** et **sensorielles** des vins sont effectuées et feront l'objet d'une publication détaillée ultérieure. Ici, ne seront présentés que les résultats pour le site de Wintzenheim.


2.3.3 Evaluation sociale et économique

Au cours du projet PEPSVI, une méthode d'évaluation à l'aide de tableaux de bord (SOECO) des piliers "social" et "économique" a été développée (Keichinger and Thiollet-Scholtus, 2017). La partie sociale se focalise sur le capital humain de l'entreprise avec la prise en compte des risques liés à l'usage de produits phytosanitaires, de la pénibilité au travail (travaux répétitifs, postures,...) et de la prise en compte de la sécurité au sein de l'entreprise. L'évaluation économique repose sur le calcul de la rentabilité de l'exploitation à partir d'une comptabilité analytique. L'originalité de la méthode provient de la possibilité de pouvoir évaluer l'innovation au regard de ce qui se fait habituellement sur l'exploitation et donc de connaître son niveau d'adoptabilité (socio-économique) par les viticulteurs.

3. Résultats et Discussion

Tous les systèmes innovants PEPSVI permettent d'atteindre les objectifs de réduction de l'usage de produits phytosanitaires (par rapport aux réductions visées au départ pour chaque site système), avec des IFT et des doses de cuivre métal inférieurs aux références régionales. Pour chaque site système, on présentera les mêmes résultats qui nous sont apparus comme les plus pertinents pour l'évaluation en comparaison avec des références (régionales ou non) quand celles-ci étaient disponibles : rendement, taux de sucres et vigueur de la vigne, richesse spécifique floristique et profil cultural de la parcelle et enfin IFT, I-Phy et dose de cuivre des traitements phytosanitaires (Tableau 4).

Tableau 4 : Références des indicateurs d'évaluation des sites-systèmes.

Indicateur	Code dans la figure	Choix de la référence	Commentaire
Rendement	A	Rendement maximal fixé par le cahier des charges AOC du site-système	14 117 kg/ha pour l'AOC Alsace Riesling et 8 627 kg/ha pour l'AOC Grand Cru
Vigueur de la vigne	B	Poids de bois de taille 2013 du site-système	
Profil de sol	C	Pas de Référence	Code couleur : représentation des états structuraux au regard de l'enracinement 
Intensité oïdium et Botrytis sur grappes vendangées	D	Pas de référence	
Intensité d'attaque de Mildiou	Non présenté		
Sucres et acidité totale à la vendange	E	Pas de référence acidité à la vendange Sucre : dose minimale fixée par le cahier des charges AOC du site-système	160 g/l AOC Alsace riesling 185 g/l AOC Alsace pinot gris 185 g/l AOC Grand cru 144 g/l AOC Crémant d'Alsace
Richesse spécifique floristique	F	Richesse spécifique floristique 2013 du site	
Indice de Fréquence des Traitements (IFT)	G	IFT total moyen alsacien	IFT total = 10,4
I-phy de INDIGO®-vigne	H	Seuil de la production Intégrée	I-phy = 7
Dose de cuivre	I	Dose de cuivre moyenne régionale	Dose de cuivre = 1,6kg/ha/an
Evaluation socio-économique	Non présenté		

3.1 Chat_AB : des performances satisfaisantes et stables dans le temps

Les objectifs du système Chat_AB, sont multiples : (i) réduire le **rendement** et la **vigueur** pour passer progressivement d'un rendement destiné à un cahier des charges AOC Crémant d'Alsace (plafond à 100 hL/ha/an) à un rendement destiné au cahier des charges AOC Alsace en vin tranquille de riesling (plafond à 80 hL/ha/an), (ii) maintenir la **qualité sanitaire** et l'équilibre **sucres-acidité** de la vendange du fait du changement de destination de la vendange (passage AOC Crémant à AOC Alsace), (iii) et enfin réduire l'usage du cuivre. L'exploitation étant certifiée AB et Demeter c'est sur l'usage du cuivre que portait l'innovation : réduction de 50% avec une dose de **cuivre** métal bien inférieur à 1 kg/an. Les objectifs ont été atteints et sont durables dans le temps malgré des années climatiques favorables au mildiou (Figure 2). La réduction d'usage du cuivre par ajout d'huiles essentielles d'orange douce et de pépin de pamplemousse et de propolis en très faibles quantités (respectivement 50, 100 et 50 g/ha/an), combiné à des mesures prophylactiques créant un environnement défavorable au développement des agents pathogènes est une réussite. Les indicateurs d'évaluation environnementale sont très satisfaisants : tous les ans, l'**IFT** total est très inférieur à la moyenne régionale et réduit de plus de 50% par rapport aux autres parcelles de l'exploitation. Le viticulteur n'utilise que des fongicides sauf en cas de risque de perforation des baies. Dans ce cas, il a utilisé un seul insecticide biologique 3 années sur

6. L'indicateur **I-phy** est très largement au-dessus de 7/10, seuil de la Production Intégrée et la richesse spécifique **floristique** du système est importante avec une tendance à la hausse. Enfin, l'évaluation **socio-économique** du système (uniquement pour l'année 2015) est aussi très satisfaisante car la combinaison d'innovations testées montre une très légère amélioration de l'indicateur social pour une baisse acceptable (2%) de la rentabilité économique.

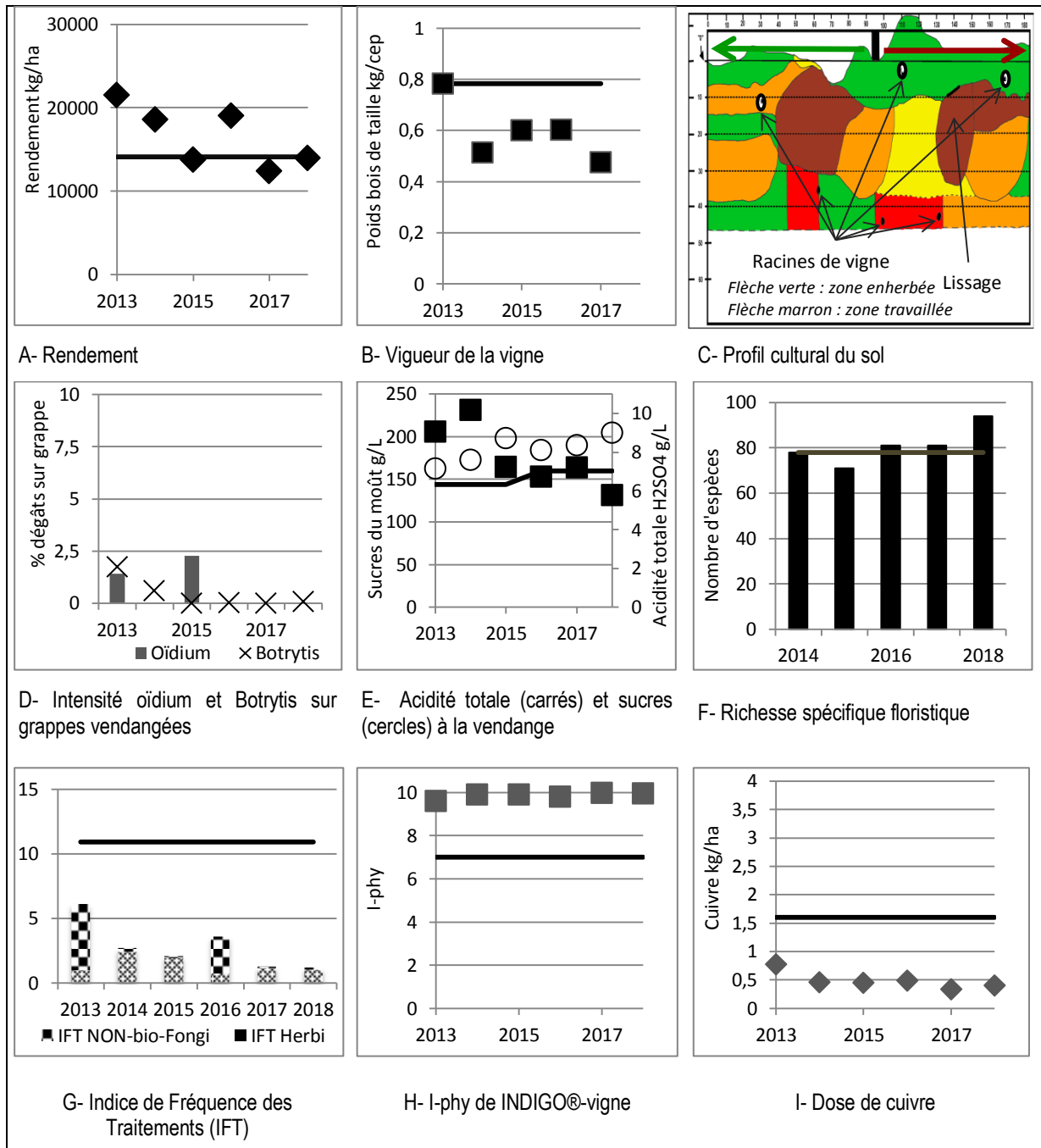


Figure 2 : Résumé des résultats d'indicateurs de performances du système Chat_AB. Les références, indiquées par un trait plein, sont respectivement le rendement de l'AOC Alsace Crémant/Riesling (A), le poids de bois taille 2013 (B), le taux sucre de l'AOP en g/l (E), la richesse floristique spécifique de 2013 (F), la référence régionale AGRESTE 2013 (G), le score I-phy (7/10) de la protection intégrée (H), et la moyenne Alsace (I).

3.2 Ing_AB : un système à continuer d'améliorer quant à la vigueur de la vigne

Les objectifs du système Ing_AB, sont de maintenir le **rendement** et la qualité des raisins (i.e. **qualité sanitaire** et équilibre **sucres-acidité** à la vendange), de limiter la concurrence hydro-azotée de **l'enherbement** vis-à-vis de la vigne et enfin de maintenir voire d'augmenter la **vigueur**, tout en étant certifié AB et Demeter et en restant en dessous d'une dose de **cuivre** métal annuelle de 1 kg/ha. Les objectifs ont été atteints et sont durables dans le temps (Figure 3) même si l'enherbement total de la parcelle a eu un peu de mal à s'implanter suite à des années très sèches.

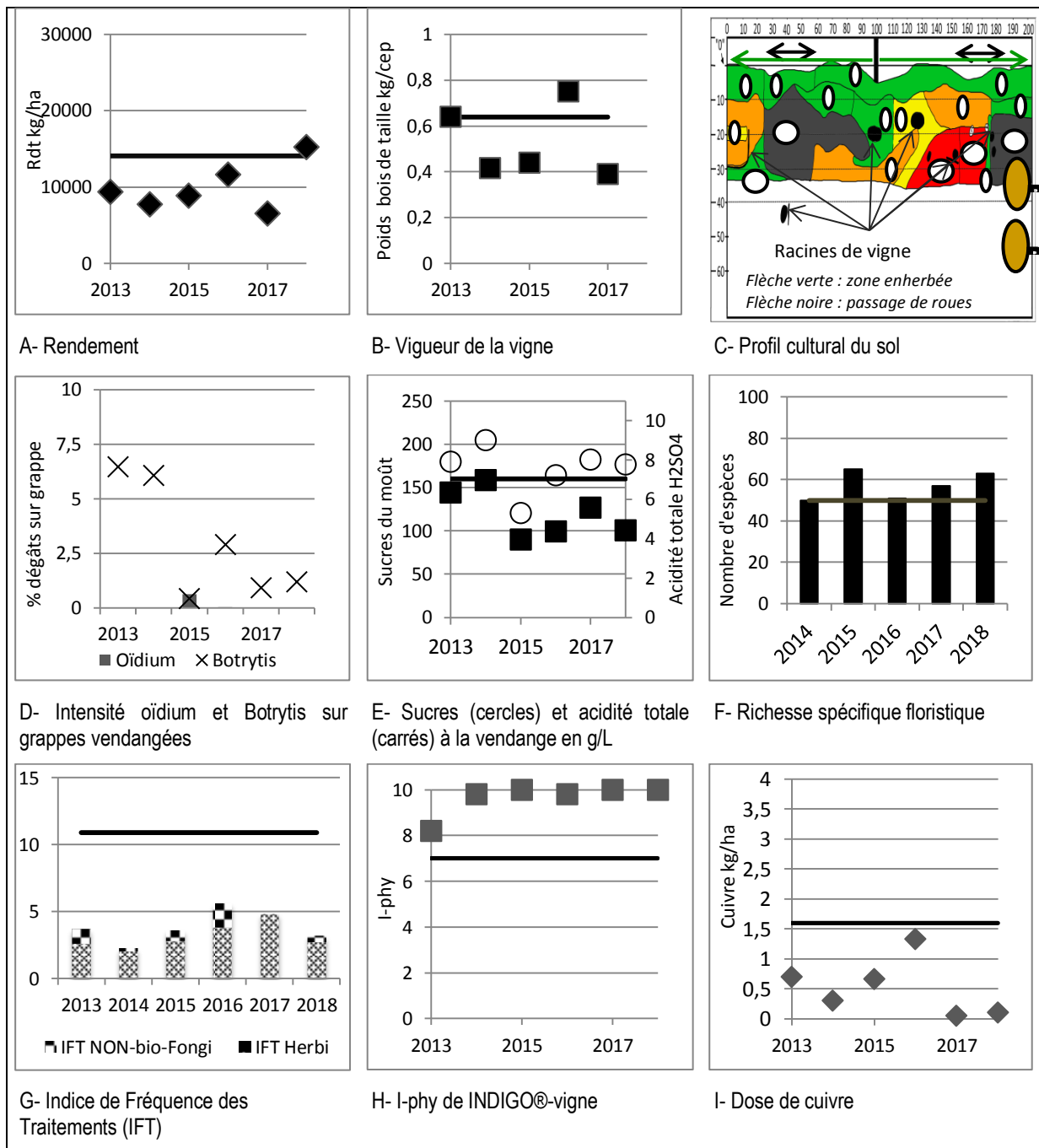


Figure 3 : Résumé des résultats d'indicateurs de performances du système Ing_AB. Les références, indiquées par un trait plein, sont respectivement le rendement de l'AOC Alsace (A), le poids de bois taille 2013 (B), le taux sucre de l'AOP en g/l (E), la richesse floristique spécifique de 2013 (F), la référence régionale AGRESTE 2013 (G), le score I-phy (7/10) de la protection intégrée (H), et la moyenne Alsace (I).

Les indicateurs d'évaluation environnementale sont très satisfaisants : l'**IFT** total est très inférieur à la moyenne régionale (toujours en dessous de 5,6, versus 10,4) avec une utilisation majoritaire de fongicides de biocontrôle (soufre) ; l'indicateur **I-phy** est toujours très largement au-dessus de 7/10, seuil de la Production Intégrée et la richesse spécifique **floristique** du système tend à augmenter au cours de l'expérimentation-système. L'évaluation **sociale** du système est satisfaisante car il n'y a aucune différence entre le système de l'exploitation et le système innovant quant à la pénibilité et quant au coût économique de l'innovation. La structure du sol est peu tassée sauf sous les passages de roues (tassements forts à très fort) malgré l'enherbement, sans que ce soit préjudiciable au développement des racines des vignes.

3.3 Rib_PI et Rib_AB : des performances stables et acceptables pouvant être améliorées

Les objectifs des deux systèmes Rib_AB et Rib_PI étaient de maintenir le **rendement** AOP Grand Cru Alsace et la qualité des raisins (i.e. **qualité sanitaire** et équilibre **sucres-acidité** à la vendange), tout en réduisant l'**usage** des fongicides de synthèse (remplacés par des produits de biocontrôle) et le **temps de travail** viticole. Les objectifs agronomiques sont très satisfaisants et durables dans le temps : **rendement** stable au niveau de l'AOP Grand Cru pendant les 6 années, taux de **sucres** satisfaisants, **pressions parasitaires** à la vendange maîtrisées et augmentation de la **vigueur** de la vigne pour les deux systèmes suite à un apport de compost (Figure 4). Les indicateurs d'évaluation environnementale sont satisfaisants : l'IFT total reste globalement inférieur à la moyenne régionale et l'effort d'usage de fongicides de biocontrôle se perçoit surtout pour le système Rib_AB ; l'indicateur I-phy est toujours très largement au-dessus de 7/10, seuil de la Production Intégrée ; la richesse spécifique floristique des deux systèmes tend à augmenter au cours de l'expérimentation-système malgré la différence d'entretien du sol ; et enfin la dose de cuivre a considérablement été réduite au cours des 6 années, tout en maintenant à un niveau très bas l'intensité d'attaque fongique à la vendange. L'évaluation socio-économique du système Rib_AB n'est pas satisfaisante car le mode d'entretien du sol induit une forte augmentation du temps de travail du tractoriste d'où un surcoût et une pénibilité des tâches accrue. Le système Rib_PI présente des tassements du sol moyen à fort généralisés sous les deux inter-rangs, tandis que le système Rib_AB présente un tassement moyen généralisé et des petites zones de tassements très forts localisées sous les passages de roues dans les deux inter-rangs.

3.4 Rouff_Mild, Rouff_Opti, Rouff_PI : des performances à consolider

Les objectifs des systèmes Rouff_Mild et Rouff_Opti étaient de maintenir le **rendement** AOP Alsace, tout en réduisant l'**usage** des herbicides, le **temps de travail** et les coûts de production. Le système Rouff_PI sert de référence au site. Les résultats agronomiques ne sont pas satisfaisants et impactent les ressources économiques et donc la pérennité des salariés. En effet, le **rendement** et la **vigueur** de la vigne des 2 systèmes désherbés mécaniquement sous le cavaillon sont inférieurs à celui de Rouff_PI, désherbés chimiquement. Cependant les OAD mis en place sont efficaces : les **intensités d'attaque** de champignons à la vendange et les taux de **sucres** sont satisfaisants sur ces deux systèmes (Figure 5).

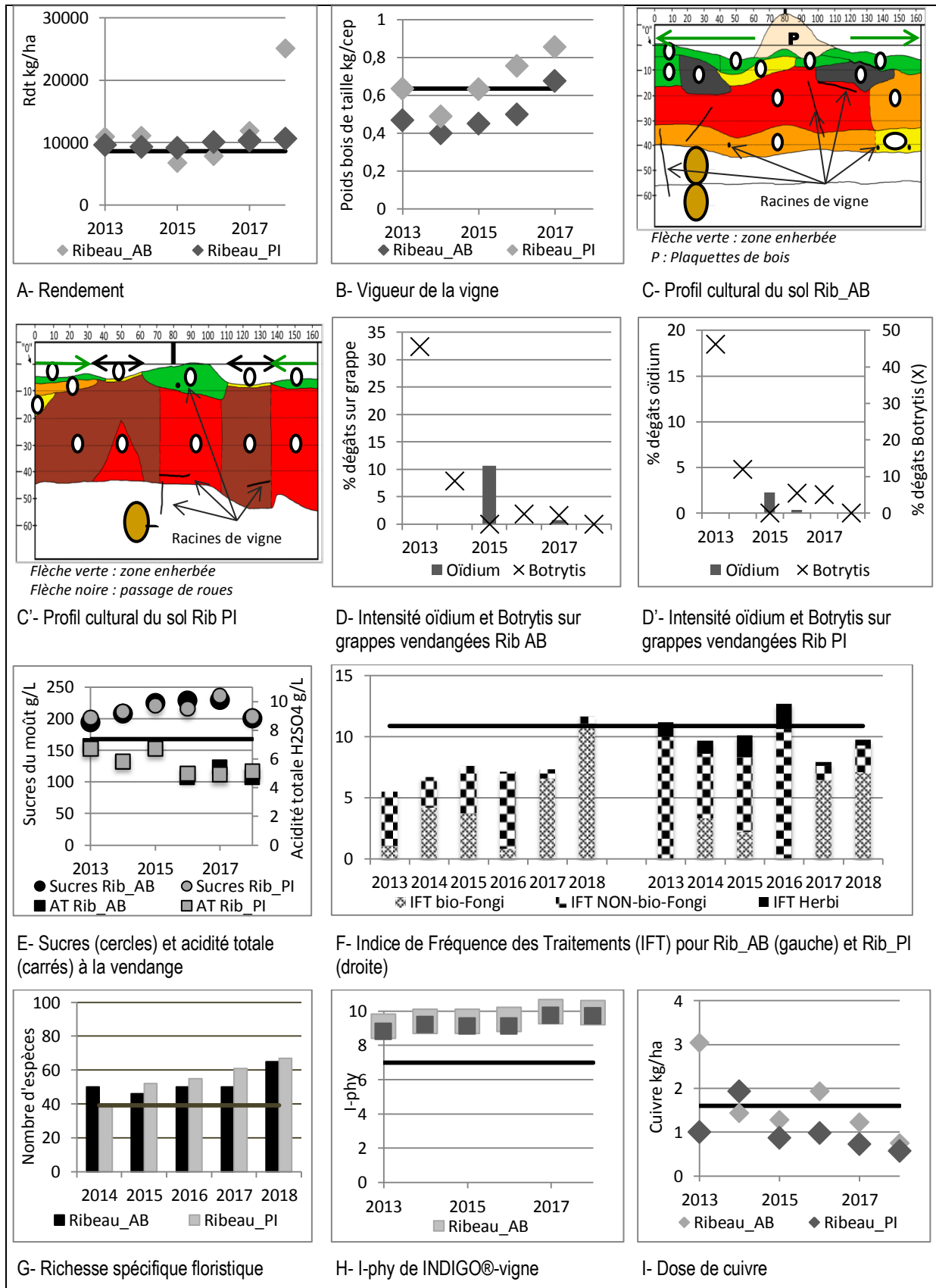


Figure 4 : Résumé des résultats d'indicateurs de performances des systèmes Rib_AB (à gauche pour l'IFT) et Rib_PI (à droite pour l'IFT). Les références, indiquées par un trait plein, sont respectivement le rendement de l'AOC Grand Cru Alsace (A), le poids de bois taille 2013 (B), le taux sucre de l'AOP en g/l (E), la référence régionale AGRESTE 2013 (F), la richesse floristique spécifique de 2013 (G), le score I-phy (7/10) de la protection intégrée (H), et la moyenne Alsace (I).

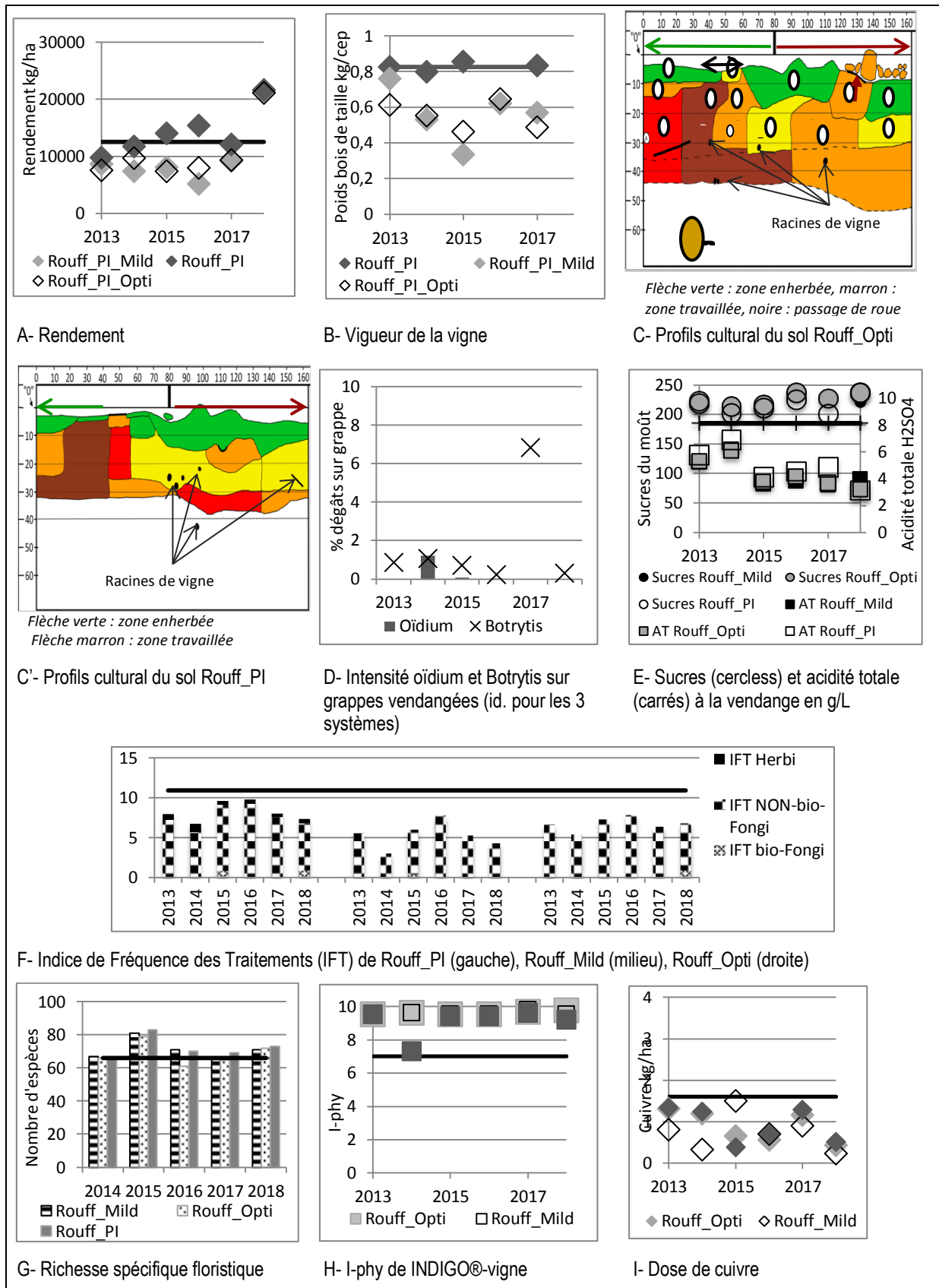


Figure 5 : Résumé des résultats d'indicateurs de performances des systèmes Rouff_Mild, Rouff_Opti et Rouff_PI. Les références, indiquées par un trait plein, sont respectivement le rendement de l'AOC Alsace (A), le poids de bois taille 2013 (B), le taux sucre de l'AOP en g/l (E), la référence régionale AGRESTE 2013 (F), la richesse floristique spécifique de 2013 (G), le score I-phy (7/10) de la protection intégrée (H), et la moyenne Alsace (I).

Les indicateurs d'évaluation environnementale sont satisfaisants : l'**IFT** total de Rouff_Mild et Rouff_Opti reste globalement inférieur à la moyenne régionale et à celui de Rouff_PI, même si l'usage de fongicides de biocontrôle est encore faible; l'indicateur **I-phy** est toujours très largement au-dessus de 7/10, sauf en 2014 pour Rouff_PI ; les doses de cuivre utilisées sont acceptables car en dessous de la moyenne régionale ; et la richesse spécifique **floristique** est stable pour les 2 systèmes au cours de l'expérimentation malgré la différence d'entretien du sol. L'évaluation **socio-économique** est insatisfaisante car le mode d'entretien du sol induit une forte augmentation du temps de travail du tractoriste, traduite par une pénibilité accrue et un surcoût. Tous les systèmes Rouff présentent de zones de tassement du **sol** moyen à faible sous les inter-rangs, mais avec un tassement fort sous les passages de roues de l'inter-rang enherbé. L'innovation est adoptable en anticipant ses impacts financier et agronomique, dus à la baisse du rendement causée par la destruction de l'enracinement superficiel de la vigne avec le changement de mode d'entretien du sol, aussi bien dans les inter-rangs que sur le cavaillon. Ceci assurera une plus grande sérénité de conditions de travail pour les salariés. En effet, l'innovation oblige à plus de flexibilité dans l'organisation du travail du fait de l'usage des OAD et surtout de l'arrêt total de l'usage des herbicides sur toute la surface de la parcelle.

3.5 Wintz_AB, Wintz_PI, Wintz_RES1, Wintz_RES2 : un dispositif à 3 répétitions validé et qui fonctionne pour le long terme

L'objectif premier du site de Wintzenheim qui était d'implanter un site instrumenté pour le suivi de la qualité des eaux issues des parcelles tout en permettant l'**expérimentation-système avec répétition à long terme** a été atteint. Les états initiaux de suivi des flux de nitrates et de pesticides sous les 4 systèmes de Wintzenheim a fait l'objet d'une première analyse (Bailly, 2017). Les échantillons d'eaux de ruissellement et de lessivage des états finaux sont en cours d'analyse. Nous disposons maintenant de 3 répétitions de 4 systèmes de conduite de la vigne, en conditions réelles pédoclimatiques et d'itinéraire technique, dont deux systèmes complètement reconçus avec la plantation de **variétés résistantes** à l'oïdium et au mildiou. Le second objectif présenté ci-dessous étant **d'acquérir des références** sur les jeunes vignes en système innovant et plantés en variétés résistantes. Les indicateurs d'évaluation environnementale sont très satisfaisants : l'**IFT** reste en dessous de la moyenne régionale avec une utilisation croissante de produits de biocontrôle ; la **biodiversité floristique** est stable malgré les perturbations engendrées par l'installation de l'instrumentation et les chantiers d'arrachage et de plantation ; les doses de **cuivre** utilisées sont toujours en dessous de la moyenne régionale. Enfin, les **rendements** et la **vigueur** de la vigne peuvent venir enrichir les bases de données de références du vignoble alsacien. Les **sols** des systèmes sont globalement faiblement ou moyennement tassés mais tous commencent à présenter des tassements aggravés sous les passages de roues. Il subsiste également des zones de fort tassement résultant des opérations avant plantation mais qui ne semblent pas avoir perturbé l'implantation des jeunes vignes (Figure 6).

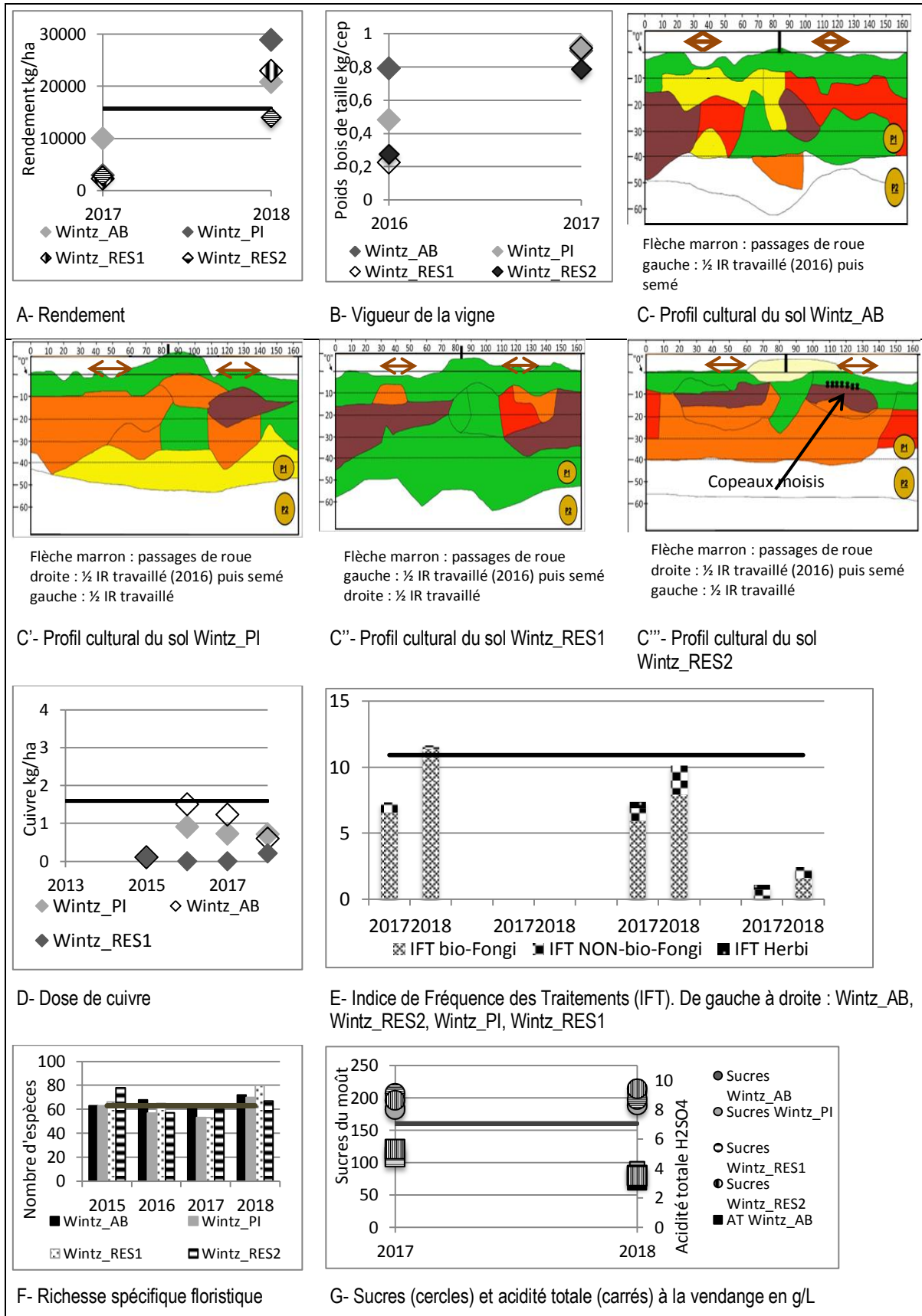


Figure 6 : Résumé des résultats d'indicateurs de performances des systèmes Wintz_AB, Wintz_PI, Wintz_RES1 et Wintz_RES2. Les références, indiquées par un trait plein, sont respectivement le rendement de l'AOC Alsace (A), le poids de bois taille 2013 (B), la moyenne Alsace (D), la référence régionale AGRESTE 2013 (E), la richesse floristique spécifique de 2013 (F), et le taux sucre de l'AOP en g/l (G).

Les 4 systèmes n'ont donné que deux récoltes (2017 et 2018), qui ont été vinifiées et évaluées favorablement par l'**analyse sensorielle** d'un panel d'experts alsaciens (Tableau 5). Les résultats des profils sensoriels des vins sont issus de 2 répétitions avec 10 juges à chaque fois. Les vins ne présentent pas de différence significative par rapport à la référence, qui était le pinot blanc vinifié par l'UE-SAV. Les quatre vins sont caractérisés par des arômes fruités, fleuris, ou minéraux. Les vins **RES1** & **RES2** sont plus longs en bouche que les vins PI et AB. Et enfin, l'acidité et la sucrosité des 4 vins ne présentent pas de différence significative. Les variétés résistantes cultivées en conditions AOC Alsace permettent donc de produire des raisins qui donnent des vins qui pourront répondre aux critères d'éligibilité des cahiers des charges AOC Alsace.

Tableau 5 : Notes de dégustation des vins 2017 des systèmes AB, PI, RES1 et RES2 de Wintzenheim. (Echelle de notation : 0= le moins bon ; 5 = le mieux).

vins 2017 Wintzenheim	AB	PI	RES1	RES2
Qualité gustative	3,6	3,7	4,4	4,3
Qualité ensemble	4	3,7	4,9	4,5
Longueur	4,1	4,3	5,5	4,8
Amertume	3,6	3,7	4,1	3,6
Sucrosité	2,5	2,7	2,9	2,6
Acidité	5,3	6,5	5,3	5,7
Intensité colorante	3,1	3,1	3,2	3,6
Intensité Aromatique	4,2	4,8	5,6	5,3
Arôme floral	4	3,4	4,4	4,6
Arôme fruité	2,6	2,9	3,1	3,9
Arôme minéral	3,5	3,5	4	3,2
Arôme végétal	2,3	3	2,7	2,5
Qualité Aromatique	4,1	3,9	5,7	4,8

3.6 Enseignements du projet, perspectives

Ce projet a permis de tester la **résilience de systèmes innovants** viticoles à très faibles intrants. Ces systèmes de production ont le mérite d'être validés sur un pas de temps long (6 années consécutives de pressions parasitaires différentes), mais ils ont aussi l'inconvénient d'être trop peu nombreux et donc de limiter leurs résultats à des études de cas. Il **reste maintenant à déployer ces systèmes** ou des variantes de ces systèmes dans la multitude des conditions pédoclimatiques que constituent les vignobles français. L'évaluation complète et fine des différents systèmes, tant agro-environnementale que socio-économique sera très utile au déploiement de ces systèmes dans d'autres conditions pédoclimatiques. PEPSVI a également permis **d'acquérir des connaissances** approfondies sur des pratiques et sur des combinaisons de pratiques viticoles, qui pourront être utilisables pour d'autres projets.

Ce projet PEPSVI a aussi permis de construire un **partenariat local très fort et pérenne** basé sur la recherche d'innovations réduisant les intrants. PEPSVI a permis **l'interconnaissance réciproque** des métiers des acteurs de la filière viticole. Les partenaires PEPSVI se retrouvent ensemble dans d'autres projets.

Les sites de Châtenois et d'Ingersheim feront encore l'objet de **visites de parcelles** pour diffuser les résultats PEPSVI en 2019. Le ressenti du collectif scientifique et technique est aussi important. Nous avons relevé un challenge indéniable : réussir à faire travailler ensemble une grande diversité de métiers et d'organismes.

Conclusion

La première et principale conclusion du projet de 6 années est que l'objectif de réduction des intrants phytosanitaires est atteint pour les 11 sites-systèmes expérimentés. Cet objectif est atteint aussi bien au niveau quantitatif que qualitatif : (i) les IFT totaux sont réduits en moyenne de 40% tous systèmes et tous millésimes confondus ; (ii) les herbicides ont pratiquement disparu des itinéraires techniques viticoles ; (iii) la part des fongicides classés bio contrôle est devenue prédominante ; (iv) les insecticides sont totalement absents des programmes de protection et (v) l'usage du cuivre a très fortement diminué et permet d'anticiper une réglementation européenne qui tend à réduire de plus en plus les doses autorisées (dernière mise à jour : limite à 4 kg/ha/an lissé sur 7 ans).

La seconde conclusion est que les systèmes chez les viticulteurs (Chat_AB et Ing_AB) ont conjointement atteint les objectifs de réduction d'usage des produits phytosanitaires tout en assurant l'atteinte des autres objectifs : (i) agronomique (i.e. rendement, qualité de la vendange, changement de destination d'AOP) ; (ii) social (i.e. acceptabilité, pénibilité et intégration des innovations dans l'entreprise) et (iii) économique (coût du changement de système de production). La troisième principale conclusion est qu'il est possible de co-concevoir, expérimenter et évaluer entre viticulteurs, enseignants et chercheurs des systèmes innovants et en rupture avec les systèmes dominants de production viticole en contexte AOP.

Enfin, PEPSVI a été aussi l'occasion de construire un dispositif expérimental pour l'avenir de la recherche en expérimentation-système viticole pour les vignobles septentrionaux, avec les 4 systèmes du site de Wintzenheim. En effet, le site de Wintzenheim est support des projets Dephy-Expe-2 lauréats SALSA et BEE (2018-2023). L'ajustement et l'amélioration des méthodes d'évaluation multicritères des systèmes innovants se poursuivront aussi dans les projets Dephy-Expe-2 lauréats DiverViti, SALSA et BEE (2018-2023) et dans des projets Biodiversité-Carola. Enfin, certaines innovations techniques et le site de Rouffach sont mobilisés dans d'autres projets (i.e. Entretien du Sol).

Enfin, l'instrumentalisation du site de Wintzenheim pour suivre les substances actives et les nitrates dans les eaux de percolation et de ruissellement est opérationnelle et disponible pour des projets à l'avenir.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des viticulteurs de l'OPABA pour leur contribution à la co-conception des systèmes viticoles innovants. Les auteurs remercient le personnel de la Station Expérimentale Agronomique et Viticole de Colmar UE-0871, INRA, F-68000 Colmar pour leur contribution à la mise en place et au suivi des expérimentations des sites de Ribeauvillé et surtout à la plantation du site de Wintzenheim. Les auteurs remercient également l'ensemble des collègues de la Chambre Régionale d'Agriculture Grand-Est Alsace, de l'EPLEFPA Rouffach-Wintzenheim les Sillons d'Alsace et des unités INRA, engagés dans le projet ayant participé aux travaux dans les parcelles et aux réflexions sur les systèmes expérimentés.

Références bibliographiques

AGRESTE, 2019. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/pratiques-culturelles/pratiques-culturelles-dans-la/>. 29/01/2019

Bailly C., 2017. Évaluation de systèmes innovants de conduite de vigne : Analyse des effets sur le sol et sur la qualité de l'eau de systèmes de conduite de vigne fortement différenciés, pour évaluer la durabilité de systèmes innovants en Alsace. ISARA-Lyon, 90p.

Delière L., Burgun X., Lafond D., Mahé H., Métral R., Serrano E., Thiollet-Scholtus M., Rougier M., Emonet E., Pillet E. 2016. Réseau DEPHY EXPE : Synthèse des résultats à mi-parcours à l'échelle nationale - filière Viticulture. Cellule d'Animation Nationale DEPHY Ecophyto, 70pp.

Galet P., 1977. Précis d'ampélographie pratique, 7e édition/Ed. Lavoisier, 300 p.

Grignon J., Thiollet-Scholtus M., 2015. Itinéraires viticoles innovants en agriculture biologique et biodynamique. Modes d'entretien du sol et protection fongique. Méthode de coconception de l'expérimentation scientifique au cœur des exploitations viticoles. RO 156, 17-18.

Keichinger O., Thiollet-Scholtus M., 2017. SOECO: Socio-economic indicators for viticulture and innovative cultural systems. OIV Sofia, Bulgaria, 29 mai-2 juin 2017.

Manichon H., Gautronneau Y. 1987. Guide méthodologique du profil culturel. ISARA, 62p.

Metral R., Lafond D., Gary C., Merot A., Metay A., Wery J. 2012. How to design and experiment new cropping systems with low pesticide inputs for perennial crops: framework development and application to vineyards. ESA2012 Helsinki, Finland, 20-24 August 2012. 978-952-10-4323-9

Metral R., Rapidel B., Delière L., Petitgenet M., Lafond D., Chevrier C., Bernard F.-M., Serrano E., Thiollet-Scholtus M., Wery J., 2015. A prototyping method for the re-design of intensive perennial systems: the case of vineyards in France. 5th Farming System Design Montpellier, France, Sept.2015.

Pujol J., 2017. Apports de produits phytosanitaires en viticulture et climat : une analyse à partir des enquêtes pratiques culturelles. DRDAF-AGRESTE, Paris, 30p.

Rabolin C., Schneider C., Thiollet-Scholtus M., Bosckstaller C., 2017. Flora richness as a trigger to maintain biodiversity in viticulture? OIV Sofia, Bulgaria, 29 mai-2 juin 2017.

Ricou C., Schneller C., Amiaud B., Plantureux S., Bockstaller C., 2014. A vegetation-based indicator to assess the pollination value of field margin flora. Ecol. indic. 45, 320-331. doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.03.022

Thiollet-Scholtus, M., and Bockstaller, C. 2015. Using indicators to assess the environmental impacts of wine growing activity: the INDIGO® method. Eur. J. Agron. 62, 13-25. DOI: 10.1016/j.eja.2014.09.001

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



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

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