

**Financement (s) :** Projet financé dans le cadre de l'APR "Pour et Sur le Plan ECOPHYTO (PSPE)", action pilotée par le ministère en charge de l'agriculture, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

### **Analyse stratégique des relations Pratiques - Environnement - Bioagresseurs - Pertes de récoltes (PEBiP)**

**Coordinateur :** François Brun, ACTA – Les Instituts Techniques Agricoles.  
francois.brun@acta.asso.fr

#### **Responsables des équipes impliquées (les principaux)**

Serge Savary, Laetitia Willocquet, Céline Jouanin, INRA AGIR  
Nathalie Verjux, ARVALIS – Institut du végétal

**Mots clés (5 maximums) :** blé, statistique, essai système, maladie, variété

#### **Résumé : 920 signes**

De nombreuses informations collectées sur les contextes, les pratiques, les contraintes abiotiques et biotiques, et l'environnement des productions végétales pourraient être valorisées pour analyser tout ou partie des relations P-E-Bi-P (pratiques - environnement - bioagresseurs - pertes de récoltes). Ce projet s'est attaché à définir une démarche générique d'analyse des relations P-E-Bi-P basée sur ce type de données. Pour beaucoup de productions végétales, il est pertinent d'envisager des syndromes de santé végétale, incluant l'ensemble des maladies. C'est le cas du blé en France. La mise en œuvre d'une stratégie d'analyse sur la base de données Blés Rustiques, qui s'apparente à un réseau d'essai équivalent à ceux menés dans Dephy Expé, nous permet d'illustrer en détail cette démarche et de quantifier les relations entre syndromes de santé végétale, climat, sensibilité des variétés et itinéraires techniques. Cette démarche peut inspirer les acteurs des réseaux Dephy pour leurs propres analyses.

#### **Contexte et objectifs**

En France, beaucoup d'informations sont collectées sur les contextes, les pratiques, les contraintes abiotiques et biotiques, et l'environnement des productions végétales. Ces données sont en première intention destinées à guider les pratiques agricoles au fur et à mesure des saisons et améliorer les performances de l'agriculture française. Il s'agit, en particulier, de gérer les risques associés aux bioagresseurs des cultures. Ces sources de données concernent l'ensemble de la diversité agroécologique française et reflètent nécessairement une grande diversité des informations concernant tout ou partie des relations P-E-Bi-P (pratiques - environnement - bioagresseurs - pertes de récoltes).

L'objectif de ce projet est d'élaborer une démarche générique d'analyse des relations P-E-Bi-P basée essentiellement sur des données déjà collectées. Nous envisageons notamment les données issues des dispositifs DEPHY (ferme et expérimentation) et du dispositif de Surveillance Biologique du Territoire, mais aussi d'autres sources de données pouvant être croisées avec ces dernières pour apporter des éléments sur les pratiques et l'environnement. Cette démarche se fondera sur le blé en France comme exemple clé.

Cette analyse des relations P-E-Bi-P doit apporter un ensemble d'informations précieuses qui, d'une manière générale, permettrait d'identifier (1) les syndromes de santé végétale (SV; dégâts occasionnés par des pathogènes et des ravageurs animaux), (2) les "situations de production" (SP) c'est-à-dire les itinéraires techniques dans des conditions climatiques et socioéconomiques données, et (3) le niveau d'association des associations SV-SP.

## Méthodes

Dans le cadre de ce projet, nous proposons la démarche d'analyse statistique suivante :

1. **La première étape** consiste à aborder le problème des grandes variances constatées dans l'intensité des maladies observées et choisir une transformation appropriée de ces données. Les distributions d'intensité des maladies sont analysées pour déterminer la catégorisation la plus pertinente.
2. **La seconde étape** est l'identification des syndromes de la santé des plantes. Pour cela, les données sur les maladies (catégorisées) des parcelles sont utilisées en considérant chacune comme une réalisation d'un ou plusieurs syndromes de maladies possibles touchant l'ensemble de la population. Une classification ascendante hiérarchique a été réalisée en utilisant le critère de Ward et la distance du  $\chi^2$ .
3. **La troisième étape** consiste à examiner les profils de sensibilité aux maladies des variétés de blé testées. La réponse de la maladie d'une variété donnée est considérée comme une fonction de son génotype et de l'année climatique, mais également de la gestion des cultures. Idéalement, cette analyse devrait être effectuée en l'absence de toute protection chimique. Une classification hiérarchique a été réalisée sur la base de la moyenne et des écarts-types des maladies sur toutes les parcelles CMGT3, avec une distance euclidienne et le critère Ward.
4. **La quatrième étape** a abordé le niveau et la force des associations entre les méta-variables générées (syndromes des maladies et groupes de variétés) et les variables individuelles (niveaux de maladie et années climatiques). Ces associations ont été évaluées avec des tests de  $\chi^2$  sur les tableaux de contingences.
5. **La cinquième étape** a abordé la nature et la variabilité des niveaux de gestion des cultures afin de mieux qualifier ce facteur dans les analyses. Une analyse en composantes principales a été réalisée, impliquant les niveaux des intrants sur les parcelles de blé des différentes années et sites.
6. **La sixième étape** a consisté à générer une vue d'ensemble des liens multiples entre les années climatiques et les niveaux de la maladie, les variétés et les groupes de variétés, et la gestion des cultures à l'aide d'une analyse des correspondances multiples. Cette étape permet de rassembler les résultats intermédiaires des étapes précédentes. Une analyse des facteurs de risque impliquant des régressions logistiques est proposée dans cette dernière étape. La probabilité d'apparition d'épidémies de maladies a été considérée comme le résultat d'une série de facteurs prédictifs : années climatiques, la gestion des cultures et des groupes de variétés.

Nous avons choisi de mettre en œuvre notre approche sur les données issues du réseau expérimental « blés rustiques » mené par Arvalis, l'INRA et différentes chambre d'agriculture entre 2003 et 2010 sur une grande partie de l'ouest et du centre de la France. Ces essais visent à évaluer le comportement de variétés présentant différents profils de résistances aux maladies du point de vue de leurs performances et des maladies foliaires les affectant dans des itinéraires techniques contrastés correspondant à des niveaux d'intrants (azote et produits phytosanitaires) variés (CMGT1 très intensif avec un fort niveau d'intrant à CMGT4 avec un niveau réduit d'intrant ) et une large gamme de variétés. Le raisonnement des niveaux d'intensification est basée sur CMGT2, qui représente les recommandations actuelles pour les performances à haut rendement adaptées à chaque situation pédoclimatique.

## Principaux résultats obtenus et applications envisageables, lien au plan Écophyto

### Groupes de variétés par analyse de classification hiérarchique sur CMGT3 (étape 3)

Le groupe A, composé de 16 variétés, correspond à des niveaux de maladie modérément bas en général, sauf pour YR (niveaux modérés). Le groupe B, avec 12 variétés, correspond à des niveaux modérément faibles de BR, YR et FHB et à des niveaux modérés de PM et de STB. Le groupe C, avec 17 variétés, correspond à des niveaux comparativement plus élevés de BR, YR, FHB et STB, et des niveaux modérés de PM.

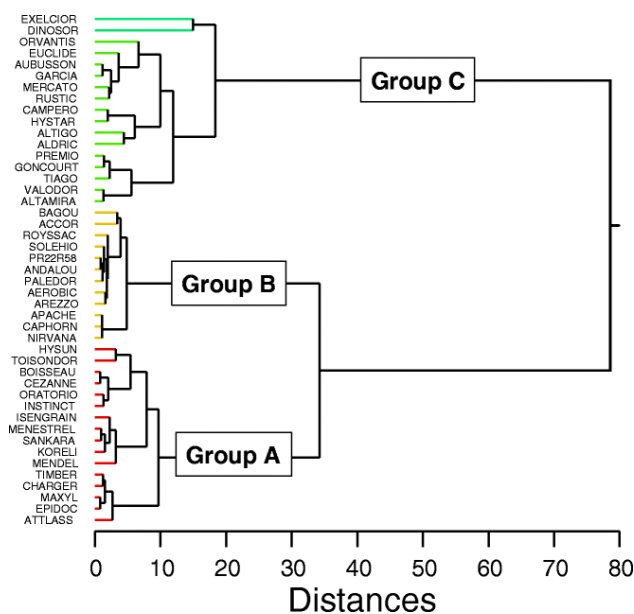


Figure 1. Analyse hiérarchique des variétés de blé basée sur les intensités de maladie observées.

#### Analyse des facteurs de risque (étape 6)

Les régressions logistiques (tableau 1) fournissent des estimations quantitatives de la contribution des années climatiques, des groupes de variétés et de la gestion des cultures à la probabilité d'épidémies pour chacune des cinq maladies considérées.

Disease	Likelihood ratio <sup>a</sup>		Area under ROC curve <sup>b</sup>	Parameter statistics by component (year, variety group, crop management)				
	LR	P		Parameter <sup>c</sup>	Estimate <sup>d</sup>	SE	P	Odds ratio
BR brown rust <i>n</i> = 670 epidemics	1383.779	<0.001	0.902	Constant	-1.925	0.317	<0.001	-
				VARGROUP-A	-0.272	0.147	0.064	0.762
				VARGROUP-B	-0.391	0.147	0.008	0.676
				CMGT1	-1.568	0.460	0.001	0.208
				CMGT2	-1.972	0.207	<0.001	0.139
				CMGT3	-1.143	0.194	<0.001	0.319
				Year 2003	2.984	0.415	<0.001	19.760
				Year 2004	NA <sup>(1)</sup>	NA <sup>(1)</sup>	NA <sup>(1)</sup>	NA <sup>(1)</sup>
				Year 2005	1.694	0.331	<0.001	5.442
				Year 2006	0.366	0.395	0.353	1.442
				Year 2007	4.556	0.336	<0.001	95.215
Year 2008	-0.541	0.397	0.173	0.582				
Year 2009	1.442	0.355	<0.001	4.227				
YR yellow rust <i>n</i> = 55 epidemics	152.943	<0.001	0.907	Constant	-3.719	0.732	<0.001	-
				VARGROUP-A	0.760	0.305	0.012	2.140
				VARGROUP-B	-1.217	0.631	0.054	0.296
				CMGT1	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>
				CMGT2	-2.928	0.481	<0.001	0.054
				CMGT3	-1.475	0.351	<0.001	0.229
				Year 2003	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>
				Year 2004	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>
				Year 2005	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>
				Year 2006	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>	NA <sup>(2)</sup>
				Year 2007	1.694	0.803	0.035	5.442
Year 2008	2.051	0.749	0.006	7.777				
Year 2009	0.228	1.016	0.823	1.256				

Table 1. Extrait des régressions logistiques de l'apparition des épidémies pour les différentes maladies de blé (BR, YR) avec les années, les groupes de variétés et les niveaux de gestion des cultures.

Par exemple, dans le cas de la rouille brune (BR), les années 2003, 2005, 2007 et 2009 (année 2010 : référence) sont positivement et significativement associées à la probabilité d'avoir des épidémies. En particulier, les *odds ratios* très importants obtenus pour les années 2003 et 2007 indiquent leur forte association avec les épidémies. Les groupes de variétés A et B (C : référence) sont significativement associés aux non-épidémies de BR, et CMGT1-3 (CMGT4 : référence) sont également significativement associés aux non-épidémies. Les autres régressions logistiques peuvent être interprétées de la même manière. Dans le cas de la rouille jaune (YR), les années climatiques 2007 et 2008 et le groupe de variétés A sont significativement associés aux épidémies, tandis que les niveaux 2 et 3 de gestion des cultures sont associés à des situations non épidémiques.

### **Conclusions et Perspectives : 1070 signes**

Les conclusions indiquent, par ordre décroissant d'importance, les effets du climat, puis des variétés, et enfin celui des pratiques.

La démarche mise en œuvre sur le réseau blé rustique, qui constitue un réseau DEPHY EXPE avant l'heure, est détaillée et peut servir de guide d'analyse à certains porteurs de ces réseaux d'expérimentation qui ont des objectifs et dispositifs très similaires, mais aussi pour alimenter les réflexions lors de la construction des dispositifs expérimentaux testés dans le cadre du dispositif expérimentation, puis de leur analyse.

Cette démarche doit permettre d'enrichir les analyses dans le cadre des réseaux DEPHY en fournissant une information complémentaire à celle fournie actuellement, pour les acteurs des réseaux fermes pour les accompagner dans leur modification de pratique dans le but de réduire les intrants phytosanitaires.

Nous sommes à la disposition des acteurs des réseaux DEPHY pour les accompagner dans l'appropriation de la démarche.

### **Références bibliographiques : (productions scientifiques du projet et documents de transfert) 5 maximums : 780 signes**

- Savary, S., Jouanin, C., Félix, I., Gourdain, E., Piraux, F., Willocquet, L., Brun, F., 2016. Assessing plant health in a network of experiments on hardy winter wheat varieties in France: multivariate and risk factor analyses. *European Journal of Plant Pathology* 146(4): 757-778.
- Savary, S., Jouanin, C., Félix, I., Gourdain, E., Piraux, F., Willocquet, L., Brun, F., 2016. Assessing plant health in a network of experiments on hardy winter wheat varieties in France: patterns of disease-climate associations. *European Journal of Plant Pathology* 146(4): 741-755.