

Quelle sélection fruitière pour une production durable, à faible niveau d'intrants ? Méthodologie pour un réseau de sélection variétale décentralisée

Brun L.¹, Warlop F.², Mercier V.¹, Broquaire J.M.³, Clauzel G.¹, Gomez C.⁴, Parveaud C.E.⁴, Audergon J.M.⁵

¹ : INRA UERI - Domaine de Gotheron – 26230 St Marcel les Valence

² : Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB) – Site Agroparc – BP1222 – 84914 Avignon cedex 9

³ : SICA CENTREX - Chemin du Mas Faivre - 66440 Torreilles

⁴ : GRAB – Domaine de Gotheron – 26230 St Marcel les Valence

⁵ : INRA UR1052 – UGAFL - Domaine St Maurice BP94 – 84143 Montfavet cedex

Correspondance : Jean-Marc.Audergon@avignon.inra.fr

Résumé :

L'arboriculture française se développe sur près de 140 000 ha (soit 1% de la SAU). Largement conduite dans un contexte non limitant en intrants, elle a peu investi l'étude du comportement sous faible niveau d'intrant et est clairement insuffisamment préparée aux enjeux portés par Ecophyto 2018. Le projet que nous avons conduit visait à appréhender les bases méthodologiques d'une expérimentation sous utilisation réduite de pesticides, afin de cribler au mieux les ressources génétiques en vue de leur utilisation postérieure. Développé sur abricotier dans le cadre d'un dispositif multisite, reposant sur des vergers pièges en randomisation totale, ils ont permis i) de vérifier, comme cela avait déjà pu être fait sur pommier, que les traitements réalisés en conventionnel masquaient des maladies dont on n'aurait pas *a priori* soupçonné l'existence en verger (tavelure, ...), et de préciser leurs modalités d'observation, ii) de mettre en évidence une variabilité génétique très large au sein des ressources « abricotier » et donc de démontrer l'importance du fond génétique dans l'aptitude à une culture sous faible niveau d'intrant, et, son impact potentiel dans les stratégies d'amélioration mises en œuvre, et iii) de démontrer au plan de la méthodologie d'expérimentation que l'étude de la sensibilité à des maladies conduisant au dépérissement du verger (Chancre bactérien, ESFY...), ne pouvait pas être raisonnablement conduite dans des vergers sous faibles niveaux d'intrants, sauf à prendre le risque d'avoir des dispositifs incomplets et inexploitable très rapidement, que le choix de dispositifs en blocs répétés s'avérait une solution pratique et efficiente pour appréhender les effets attendus et la nécessité de dispositifs multilocaux et pluriannuels.

Mots-clés : Verger fruitier – Faibles intrants – Méthodologie d'expérimentation – Dispositifs expérimentaux – Ressources génétiques

Abstract: Which fruit selection for a sustainable agriculture with low inputs? Methodology for a decentralized plant breeding network

In France, fruit production is cultivated on 140 thousand hectares, mainly conducted on intensive training system. Very few elements are available on low input training systems while they have to integrate the global rule under the frame of Ecophyto 2018. In order to evaluate if another system of cultivation is possible, a project was developed to highlight the main factors to be integrated in low input training system. A low input multilocal experimental design has thus been investigated on apricot in two main regions of production: Rhone valley and Roussillon. A set of 9 common cultivars with 20 replications each, planted in a complete single-tree randomization design was established.

As already observed in apple orchard, a larger set of diseases has been observed in our experimental plots by comparison with conventional training orchards. A large genetic variability was evidenced among the observed cultivars, but if some of them expressed components of resistance against the observed diseases no one appeared widely resistant to all the diseases. Taking in consideration the longevity of the orchard, a huge concern exists with the tested germplasm because the observed dieback was in between 10 and 80% of the trees according to the cultivars after only 6 years of observation. On the methodological point of view, a clear optimization of the experimental design is expected on the base of the observed results.

Keywords: Perennial Fruit orchard – Low input – Apricot – Methodology - Experimental design – Genetic resources evaluation

Introduction

En France, la filière Fruit, d'une importance certes réduite par rapport aux autres filières agricoles, représente 1 à 2% de la SAU, et recouvre près de 4% des produits en valeur. Elle participe fortement à l'aménagement paysager des territoires et à leur développement économique et social dans la mesure où elle est adossée à une activité générant beaucoup d'emplois.

Concernée autant que les autres filières par la démarche collective Ecophyto 2018, la filière Fruit s'interroge sur son aptitude à potentiellement atteindre les objectifs de réduction de 50% des intrants phytosanitaires quand les travaux de sélection variétale ont jusqu'alors été conduits en conditions non-limitantes. Au plan expérimental, deux questions émergent rapidement :

- les conditions actuelles d'expérimentation sont-elles de nature à intégrer un objectif de production sous faibles intrants ?
- les bases génétiques aujourd'hui utilisées sont-elles de nature à permettre d'atteindre les objectifs attendus ?

Pour répondre à ces questions, un projet a été développé sur les espèces pommier et abricotier choisies comme modèles, afin d'évaluer, sur une base génétique large, et si possible représentative, comment mettre en place et suivre des expérimentations sous faibles intrants, et d'identifier parmi les cultivars en émergence si certains pouvaient présenter un intérêt économique. Le dispositif abricotier, mis en place préalablement au projet, a été exploité pour répondre aux questions posées.

A titre préliminaire, il convient de préciser que par opposition à des espèces comme le pêcher et le pommier, l'abricotier est une espèce en expansion, qui ne requiert pas de couverture phytosanitaire continue lorsqu'elle est conduite en conventionnel, même si elle est sensible à un ensemble de maladies fongiques ou bactériennes pouvant conduire à la mortalité des arbres. Ainsi, elle nécessite presque exclusivement des applications fongicides au moment de la floraison pour enrayer une sensibilité au monilia sur fleurs. Toutefois, l'extrême sensibilité à certaines maladies, comme le chancre bactérien, ou l'ECA, qui ne peuvent pas être contrôlées dans certaines situations, rend la culture fragile dans les zones à risque. En outre, nous manquons de références sur le comportement variétal sous faibles intrants ce qui permettrait de progresser dans le choix variétal et dans le raisonnement de la protection fongicide en fonction des spécificités du terroir concerné.

Matériels et méthodes

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental mobilisé repose sur deux vergers implantés sur 2 sites représentatifs de la variabilité des zones de production françaises de l'espèce :

- l'INRA-UERI Gotheron à Saint-Marcel-lès-Valence (Drôme), situé dans la zone septentrionale française de production d'abricots,
- la SICA Centrex à Torreilles (Pyrénées Orientales), située dans la zone méridionale de production d'abricots.

Les parcelles ont été installées en 2006 suivant des dispositifs en randomisation totale mono-arbre à raison de 20 répétitions par variété, afin d'intégrer la variabilité spatiale des dégâts de bioagresseurs au sein des parcelles expérimentales (Brun et al., 1997).

Matériel végétal

Pour des raisons d'adaptation au sol et au terroir, les arbres ont été greffés sur porte-greffe semis de pêcher GF305 pour Gotheron et sur porte-greffe semis de prunier Myrobolan pour le site de Torreilles.

Le choix variétal a été réalisé de manière à intégrer des variétés représentatives de chaque zone de culture, des variétés émergentes et des ressources génétiques. Sur Gotheron, 16 variétés ont été étudiées ; sur Torreilles, 12 variétés et un ensemble de 9 variétés communes a été implanté afin d'aborder les interactions Génotypes x Environnement (GxE) (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des variétés observées dans chacun des sites

Variétés	UERI Gotheron (St Marcel les Valence 26230)	SICA CENTREX (Torreilles 66440)
Communes	A1814 Hargrand A2914 Bergarouge® Avirine A2892 Orangered® Bhart A2928 Early blush® Ruthbart A3845 Vertige A2669 TomCot® Toyaco A2821 Frisson A2490 Tardif de Tain A660 Bergeron	
Spécifiques	A2137 Bakour (*)	A2458 Royal Roussillon
	A1343 Canino (*)	A2358 Hélène du Roussillon® Avieara
	A2184 Goldrich	A3948 Soledane
	A2241 Malice® Avikot	
	A1352 Polonais	
	A4034 (*)	
	A4025 Candide (*)	

(*) variétés plantées à l'œil dormant donc présentant un retard de végétation d'un an

Conditions de culture

Les deux parcelles ont été conduites de manière conventionnelle, mais aucun fongicide et aucun insecticide n'a été appliqué sur ces parcelles de 2006 à 2011.

Observations

Les observations des maladies ont été basées sur des notations individuelles de chacun des arbres de la parcelle suivant la charte présentée dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Observations réalisées au cours des 6 années de suivi

<i>Notation</i>	<i>Type d'observation</i>	
Monilia sur fleur	% rameaux secs (*)	
Chancre bactérien	notation précoce (0-9) mortalité de charpentières	
Eca	présence/absence	validation PCR
Tavelure	% fruits à la récolte (50 fruits/arbres)	
Rouille	échelle 0-5	
Oidium	% fruits à la récolte (50 fruits/arbres)	
Sharka	présence/absence	
Production	poids total (kg)	
(*) code de notation issu du projet CTPS Monilia		

Analyses statistiques

Les données ont fait l'objet d'analyses de co-variance et de tests de comparaison multiples de moyennes appliqués soit sur le dispositif initial en randomisation totale soit sur un dispositif blocs redessiné à partir du dispositif initial.

Résultats & Discussion

Situation générale

Une vue générale des informations collectées sur l'ensemble du dispositif (Tableau 3) montre : (1) la présence d'un ensemble de parasites de qualité et de maladies de quarantaine en verger (*), (2) un cortège phytoparasitaire plus large qu'observé dans le cadre de vergers conventionnels, (3) l'émergence de maladies masquées en verger comme la tavelure, (4) des expressions variables selon les sites et les années (Lichou et al., 2001).

Tableau 3 : Vue synthétique des observations effectuées sur le dispositif au cours du temps sur les 2 sites

Lieu	Années	Monilia sur fleurs	Chancre bactérien	Eca (*)	Tavelure	Rouille	Oidium	Sharka(*)	Production
Gotheron	2006		abs	abs				abs	
	2007	oui	abs	abs				abs	
	2008	oui	abs	abs	abs	oui	abs	oui	
	2009	oui	oui	oui	oui	oui	oui	abs	oui
	2010	oui	oui	oui	oui	oui	oui	abs	oui
	2011	oui	oui	oui	oui	oui	oui	abs	oui
Torreilles	2006		abs	abs				abs	
	2007		abs	abs				abs	
	2008	abs	abs	abs	abs	oui	abs	abs	
	2009	abs	abs	oui	abs	oui	abs	abs	
	2010	abs	abs	oui	abs	oui	abs	abs	
	2011		abs	oui	abs		abs	abs	

(*) maladie de quarantaine

Approche Méthodologique

Interactions Génotype x Environnement

Un examen plus ciblé des données recueillies fait clairement apparaître l'existence d'interactions Génotype x Environnement pour chacune des maladies observées, le site de Torreilles étant concerné par moins de maladies que celui de Gotheron, mais les maladies présentes (Rouille, ECA) s'expriment plus fortement qu'à Gotheron. Les conséquences de ces interactions vont ainsi se décliner au cas par cas selon les maladies (i) en terme de nature, et de localisation des dispositifs expérimentaux, et/ou (ii) en terme de modalité d'observations et de nombre de répétitions à mobiliser. Pour illustrer la démarche et les résultats, nous nous appuyerons sur un sous-ensemble des données recueillies étant entendu que la démarche d'ensemble devra concerner toutes les maladies observées.

Exemple 1 – Sensibilité de l'abricotier au monilia sur fleurs – Des interactions Génotype x Environnement importantes – Vers la mise en œuvre de tests contrôlés

Le monilia sur fleur est la principale cause d'irrégularité de production de l'espèce au niveau international. Il doit être contrôlé sous réserve de conduire à une destruction des fleurs, des rameaux et par conséquent de la production. La maladie est due principalement à des attaques de *Monilia laxa* dont le développement dépend du potentiel inoculum autant que des conditions d'humectation.

Les résultats obtenus ont parfaitement mis en évidence l'existence d'interactions GxE. La maladie, régulièrement observée dans la vallée du Rhône depuis les premières floraisons, n'a eu un impact limité dans les PO qu'à la dernière année d'observation. Comme rapporté précédemment (Mercier et al, 2008a,b, 2011), les différences observées sont très étroitement liées à la variété et aux conditions climatiques au moment de la floraison (pluviométrie et taux d'humectation). Une observation, une année donnée, de la sensibilité variétale ne sera donc pas représentative de son comportement. Des observations pluriannuelles parce qu'elles vont potentiellement couvrir des conditions d'humectation différentes vont permettre d'approcher les sensibilités variétales relatives. Toutefois, les interprétations devront systématiquement être relativisées aux conditions d'environnement. Dans ces conditions, des différences de sensibilité variétales avérées ont été mises en évidence, elles permettent l'élaboration d'une échelle de sensibilité :

Bakour << Malice® Avikot << Orangered® Bhart << Bergeron << Bergarouge® Avirine.

Une source de moindre sensibilité a ainsi été mise en évidence avec la variété Bakour quand la plupart des variétés actuelles sont sensibles à très sensibles.

De manière complémentaire, des tests sur organes détachés ont été mis en œuvre. Ils ont non seulement permis de valider l'existence des différences de comportement mais aussi de mettre en évidence l'existence vraisemblable de deux composantes complémentaires de résistance à la maladie, une première concernant la sensibilité des fleurs, une seconde intégrant la sensibilité des rameaux.

Sur ces bases, il semble compliqué d'évaluer objectivement une sensibilité variétale en verger, sauf à des fins de validation. Par contre, la mise en œuvre de tests en conditions contrôlées devient un enjeu important ainsi que la décomposition des mécanismes génétiques associés.

Exemple 2 – Sensibilité de l'abricotier à la rouille – Des interactions Génotype x Site limitées – Vers une exploitation de dispositifs en verger

La rouille, maladie cryptogamique due à deux champignons du genre *Tranzschelia*, *T. pruni spinosae* et *T. discolor*, se développe sur les feuilles des arbres en été. En cas d'attaques sévères ou de sensibilités variétales exacerbées, elle provoque un jaunissement puis la chute prématurée du feuillage, ce qui empêche la mise en réserve et un bon aoûtement du bois. Il en découle un risque induit d'alternance de

production l'année suivante. Une couverture phytosanitaire est donc indispensable en cas de risque avéré.

Dans les conditions expérimentales, la maladie a été observée de manière systématique sur les deux sites de Gotheron et de Torreilles. L'analyse des données a permis de démontrer l'absence d'effet de foyer (faible effet des voisins sur la sensibilité observée), et une interaction génotype x site limitée. Par contre, comme précisé dans le Tableau 4, de grandes différences de sensibilité variétale ont été observées sur les deux sites, avec des classements équivalents.

Tableau 4 : Classement des sensibilités variétales à la rouille sur les sites de Gotheron et Torreilles suite au test de comparaison multiple de moyenne de Newman & Keuls ($p=0,95$)

Rouille	Gotheron				Torreilles						
	Moyenne 2008-2009	Groupes homogènes				Moyenne 2008-2010	Groupes homogènes				
Hargrand	1.11	A				2.25	B				
Orangered® Bhart (cov)	1.35	A	B			1.43	A				
Early Blush® Ruthbart (cov)	1.58		B			2.59		B	C		
Vertige (cov)	2.00			C		2.80			C		
Bergarouge® Avirine (cov)	2.05			C	D	2.48		B	C		
Tom Cot® Toyaco (cov)	2.75					3.79				D	
Frisson (cov)	3.06					3.78				D	
Tardif de Tain (cov)	3.47					4.52					E
Bergeron	4.39					4.89					F

La variabilité génétique observée présente un intérêt évident, et mériterait d'être valorisée lors de l'exploitation de la diversité disponible. Au plan expérimental, la mise en œuvre de procédures d'évaluation dans un système de bloc randomisé en présence de variétés références choisies de manière à couvrir l'échelle de sensibilité devrait objectivement répondre à la caractérisation de la sensibilité.

Exemple 3 – Sensibilité au chancre bactérien (notation globale de sensibilité) – Interaction Génotype x Site – Vers une évaluation en verger sous conditions d'inoculation contrôlée

Le chancre bactérien, première cause de mortalité de l'abricotier en Rhône-Alpes, a notamment été responsable de mesures de calamités agricoles deux fois au cours des 10 dernières années. Provoquée par des bactéries glaçogènes du genre *Pseudomonas sp.*, la maladie induit des chutes de bourgeons, des dessèchements de rameaux qui peuvent aller jusqu'à la mortalité des arbres lors d'attaques sévères.

Le dispositif mis en place a permis :

- de vérifier l'extrême sensibilisation à la maladie en Rhône-Alpes alors que la maladie n'a pas été observée en Roussillon, ce qui rend compte d'une interaction G x Site très hautement significative,
- de vérifier l'importance des conditions climatiques annuelles sur l'expression de la maladie (comme cela avait été précédemment démontré par Vigouroux et Prunier, les années à hiver froid et humide favorisent l'expression de la maladie) (Prunier et al. 2005),
- de démontrer l'existence de différences majeures de comportement variétal (Tableau 5),
- de montrer l'absence d'effet de foyer prononcé dans le dispositif.

Tableau 5 : Classement des sensibilités variétales au Chancre bactérien, observées au cours des années 2009 et 2010 sur le site de Gotheron – Notation des symptômes précoces (échelle 0-9) - Résultats issus du test de comparaison multiple de moyenne (p=0,95)

Chancre Bactérien	Notation 2009			Notation 2010		
	Moyenne	Groupes		Moyenne	Groupes	
Cultivars expé.n°1						
Frisson (cov)	8,9		F	7,90		D E
Early Blush® Ruthbhart (cov)	7,8		E F	8,50		E
Goldrich	7,8		E F	7,10		D E
Polonais	7,4		E	6,10		C D
Bergarouge® Avirine (cov)	8,5		E F	4,70	B	C
Bergeron	8,3		E F	4,50	B	C
Tardif de Tain (cov)	8,3		E F	3,90	B	
Malice® Avikot (cov)	5,5		D	3,40	B	
Hargrand	4,1		C	0,90	A	
Vertige (cov)	3,7		C	1,00	A	
TomCot® Toyaco (cov)	2,4		B	1,50	A	
Orangered® Bhart (cov)	1,1	A		1,20	A	
Cultivars expé. n°2						
A4034	2,3	A		4,90		C
Canino	1,4	A		2,40		B
Candide (cov)	1	A		2,20		B
Bakour	0,7	A		0,01	A	

Les résultats relatifs à la sensibilité, scindés en deux car les arbres en essais sont issus de deux séquences de plantation, démontrent l'existence d'une source d'une résistance, la variété Tunisienne Bakour dont la caractéristique est de ne pas présenter de dégâts de Chancre Bactérien en zone sensibilisante et sans traitement, sauf à la marge. Elle traduit l'extrême fragilité des variétés actuellement cultivées et notamment la sensibilité du fond génétique européen continental auquel est rattachée la variété Bergeron (principale variété cultivée en France) et une grande partie du fond génétique américain d'où proviennent des variétés comme Early Blush® Ruthbart et Goldrich.

La variabilité génétique observée présente donc un intérêt majeur pour le producteur et le sélectionneur. Au regard des observations effectuées, la mise en place d'un dispositif d'évaluation en zone sensibilisante, en bloc randomisé, en présence de variétés références devrait permettre de caractériser la sensibilité variétale. Une inoculation systématique devrait permettre de maîtriser les interactions génotype x années.

Méthodologie d'expérimentation - Conséquences des travaux réalisés sur les dispositifs expérimentaux à mobiliser

Au-delà de l'analyse globale des données, les informations issues du dispositif initial permettent d'envisager une optimisation des méthodes d'expérimentation.

Exemple 1 – Sensibilité au Chancre bactérien (nombre total de charpentières coupées de 2009 à 2011) – impact du dispositif expérimental

Sur la base du critère intégrateur, nombre de charpentières malades, donc coupées, (sur la période 2009-2011), une analyse de covariance a été mise en œuvre. La covariable utilisée était les performances observées sur les 8 plus proches voisins, sachant que le dispositif avait été planté avec une distance équivalente entre et sur le rang de plantation afin de ne pas générer d'effet rang et ainsi permettre une estimation de l'impact des plus proches voisins. Ce choix permettait donc de prendre en

compte l'existence potentielle d'un effet de foyer. En outre, nous nous sommes intéressés à la nature du dispositif mobilisé en comparant le dispositif initial en randomisation totale avec un dispositif en quatre blocs randomisés dessinés sur le cadre initial. L'objet de l'analyse étant alors d'évaluer la pertinence d'un dispositif en randomisation totale beaucoup plus lourd à gérer et à analyser par rapport aux dispositifs traditionnellement mobilisés sur les espèces fruitières.

Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau 6. Nous avons choisi comme variables de décision, la part de la variance résiduelle expliquée, les valeurs du test F lié aux effets des variétés, les valeurs du test F lié au facteur bloc et à la covariable, le nombre et la nature des groupes issus du test de comparaison multiple de moyenne de Newman et Keuls.

Tableau 6 : Analyse comparative d'indicateurs de performance destinés à ajuster les dispositifs expérimentaux – test de l'impact de l'effet bloc versus effet des plus proches voisins.

	Variance résiduelle	F variété	F bloc ou covariable	N&K nb groupes
ADV Dispositif bloc	7.07	12.32	5.49	3
ADV Dispositif randomisé	7.33	12.59	6.54	3

Effets hautement significatifs (P<0.01)

Effets significatifs (P<0.05)

Les résultats montrent :

- une variance résiduelle légèrement plus faible dans le cas du dispositif bloc par rapport à celle observée dans le cas du dispositif randomisé,
- l'existence d'une régionalisation (effet significatif de la covariable) mais dont l'effet reste faible au regard de l'effet variété,
- une séparation des variétés en 3 groupes équivalents lors du test de comparaison multiple de moyennes.

Sous réserve que nous n'ayons pas de biais expérimental, l'analyse plus fine des effets observés montre une variance résiduelle légèrement plus faible dans le cas d'une analyse en dispositif bloc par comparaison à une analyse en dispositif randomisé. Nous pouvons estimer *a posteriori* qu'il existait des hétérogénéités de milieu dans le dispositif initial qu'une analyse en bloc a mieux intégrées. Par conséquent, nous pouvons raisonnablement imaginer que l'effet de foyer (régionalisation) mis en évidence dans le cas de l'analyse en dispositif randomisé, résulte d'un effet du milieu dont l'effet s'étend au-delà des proches voisins pour adresser *a minima* le bloc qui a été redessiné, au détriment d'une interaction étroite liée au voisinage proche. Ce résultat, qui est cohérent avec les travaux d'épidémiologie réalisés par Prunier et al. (2005), nous conduit à privilégier dorénavant un dispositif bloc randomisé, moins lourd à gérer et à analyser que la randomisation totale, tout aussi pertinent et discriminant.

Cette analyse devra néanmoins être mise en œuvre au cas par cas pour toutes les variables étudiées.

Exemple 2 : Chancre bactérien (% charpentières coupées de 2009 à 2011) – recherche du nombre de répétitions optimum

Le dispositif expérimental mobilisé comptait 20 répétitions par cultivar analysé. Ce nombre important est bien plus élevé que celui pratiqué couramment en expérimentation fruitière. Toutefois, il offre la possibilité par ré-échantillonnage d'évaluer le nombre optimum de répétitions à mobiliser. Nous avons donc procédé à la comparaison de 4 situations contrastées comportant 5, 10, 15 et 20 répétitions,

définies après tirage aléatoire. Les critères d'aide à la décision mobilisés sont la variance résiduelle, la valeur du Test F lié à la variété et le nombre de groupes homogènes issus du test de Newman et Keuls.

Tableau 7 : Evolution de la précision de l'estimation de la sensibilité variétale en fonction du nombre de répétitions

Nb de répétitions	Variance résiduelle	F variété	N&K nb. groupes
5	0,092	5,32	2
10	0,104	10,07	4
15	0,092	17,08	5
20*	0,107	16,82	5
* nb initial d'arbres plantés			
effets très hautements significatifs			

Les résultats synthétisés dans le tableau 7 traduisent :

- l'absence de différence de variance résiduelle
- une très forte dégradation de la valeur de F avec la diminution du nombre de répétitions
- une réduction drastique du nombre de groupes homogènes donc une détérioration du pouvoir résolutif avec la réduction du nombre de répétitions.

Par conséquent dans notre exemple, précision et discrimination se stabilisent avec 15 répétitions, une approximation reste possible avec 10 répétitions, mais elle est fortement altérée avec 5 répétitions.

Comme précédemment cette analyse devra néanmoins être mise en œuvre au cas par cas pour toutes les variables étudiées.

Analyse synthétique – Variabilité génétique

De manière à formuler une analyse globale du jeu de données analysé, nous avons procédé à un classement variétal pour chaque maladie observée, qui a été synthétisé sous forme d'un code couleur. Puis, nous avons accompagné le classement des mortalités observées en verger afin d'intégrer l'empreinte verger durable vers laquelle nous souhaitons nous engager. Les résultats sont synthétisés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Représentation synthétique des performances variétales observées sous faible niveau d'intrants.

Variétés	Monilia sur fleur	Tavelure	Rouille	Oidium	Chancre bactérien	ECA	Sharka	Mortalité en verger			
								CB	ECA	Sharka	%
Bakour								0	3	0	14
Bergeron								14	2	0	80
Bergarouge								3	0	0	15
Candide								3	2	0	25
Canino								1	2	0	15
Early Blush								5	2	0	35
Frison								17	0	0	85
Goldrich								0	2	0	10
Hargrand								2	7	0	45
Malice								3	3	0	30
Orangered								2	4	0	30
Polonais								11	1	0	63
Tardif deTain								8	0	1	47
TomCot								2	7	0	45
Vertige								1	5	0	30
A4034								5	2	0	35
Echelle de sensibilité :								77	42	1	
	Résistant						Très sensible	Données UERI Gotheron			

Les résultats montrent :

- une grande diversité génétique dans les comportements observés, sauf dans le cas de l'Enroulement chlorotique pour lequel aucune résistance n'a manifestement été mise en évidence,
- aucune variété ne cumule les caractères d'intérêt recherché,
- aucun lien évident ne semble lier les comportements observés et la structure phylogénétique de l'espèce (Bourguiba et al., 2011),
- un impact économique majeur du choix variétal sur la viabilité du verger (6^{ème} feuille).

Conclusions et Perspectives

Au terme de l'essai, il aura clairement été démontré l'existence de grands facteurs de fragilité de la production dans un contexte de production d'abricots sans intrants phytosanitaires, et par conséquent **l'impossibilité de s'engager de manière durable dans cette voie sans ajuster les variétés pressenties.**

Il existe malgré tout une variabilité génétique intéressante à caractériser et à mobiliser dans la mesure où des sources de résistance sont présentes dans les ressources génétiques, même si elles ne sont pour l'heure pas cumulées. Notons toutefois que les traitements contre le vecteur de l'ECA (*Cacopsylla pruni*) devront inévitablement être mis en œuvre pour assurer la longévité du verger en l'absence de stratégie de protection génétique possible. De manière complémentaire, il est important de constater que les fonds génétiques actuellement mobilisés sont très sensibles aux bioagresseurs. Il y a donc deux enjeux émergents :

- ⇒ la nécessité de **mieux connaître les qualités des géniteurs** pour optimiser la durabilité de la démarche d'amélioration
- ⇒ la nécessité de **mieux connaître les comportements variétaux** pour ajuster les systèmes de culture

L'analyse du dispositif étudié conduit au constat suivant : Il est pratiquement impossible d'évaluer la rusticité variétale (adaptation à un système sous faible niveau d'intrants) dans le cadre des dispositifs actuels de la Charte Nationale d'Expérimentation Fruitière. Par contre, trois éléments ressortent de l'analyse :

- le dispositif mobilisé s'est avéré pertinent pour éclairer la méthodologie d'expérimentation et inapproprié pour une évaluation sous Faibles Intrants en raison notamment des mortalités observées, de la taille de la lourdeur et des coûts générés par un tel dispositif,
- la pertinence d'un verger piège est démontrée car il permet de mesurer des facteurs de risque, de les hiérarchiser, d'approcher les interactions entre les agents pathogènes et de contribuer à la définition d'idéotypes. L'association de variétés références destinées à standardiser les informations recueillies représente un enjeu dans un contexte de prise en compte des interactions GxE,
- une dissection de la sensibilité variétale aux bioagresseurs est particulièrement intéressante pour bien appréhender de manière comparative les diverses sensibilités variétales et potentiellement identifier les composantes impliquées.

Dans un tel contexte une organisation possible de l'expérimentation variétale pourrait être basée :

- sur la mobilisation de sites pilotes sur lesquels décortiquer les points critiques et la méthodologie,

- sur des sites ateliers représentatifs de la culture, afin d'étudier la sensibilité individuelle aux bioagresseurs selon des protocoles standardisés, calés sur des variétés de référence, et intégrant des dispositifs pertinents et un nombre de répétitions approprié,
- sur la mise en place de vergers pièges, composés de variétés de référence, de variétés émergentes et/ou de géniteurs, implantés dans des sites représentatifs afin de valider les comportements attendus et d'appréhender les interactions

Par-delà ces considérations directement issues de l'expérimentation mise en œuvre, des enjeux complémentaires à caractère scientifique et technique méritent d'être identifiés de manière prospective. Ils concernent le maintien et la maîtrise des ressources génétiques, les modalités d'une intégration multicaractères et une anticipation collective sur l'émergence de risques (parasites nouveaux, changement climatique, ...).

Références bibliographiques

Bourguiba H., Khadari B., Krichen L., Trifi-Farah N., Mamouni A., Trabelsi S., D'Onofrio C., Egea-Caballero J., Asma B., and Audergon JM., 2011. Genetic diversity analysis of Mediterranean apricot geographic groups. XV International Symposium on Apricot Breeding and Culture. ISHS Erevan 20-24 June 2011.

Brun L.A., Sounigo O., Coulibaly N. & Cilas C., 1997. Methods of analysis for studying cocoa (*Theobroma cacao* L.) susceptibility to mirids. *Euphytica* 94, 349-359.

Lichou J., Mandrin J.F., Breniaux D., 2001. Protection intégrée des fruits à noyaux. Ed. Ctifl, 271 p.

Mercier V., Gomez C., Warlop F., Clauzel G., Brun L., Broquaire J.M., Gilles F., Audergon J.M., 2008a. Gamme variétale d'abricotiers : évaluation de la sensibilité au monilia. *L'Arboriculture Fruitière* 626-627, 20-23.

Mercier V., Brun L., Clauzel G., Warlop F., Gomez C., Audergon J.M., Broquaire J.M., 2008b. Evaluation de la sensibilité au monilia d'une gamme variétale d'abricotiers. *Rencontres Phytosanitaires Fruits à noyaux*, 23-24 janvier 2008, CTIFL-Balandran, Bellegarde, France.

Prunier J.P., Jullian J.P., Minodier R., Clauzel G., 2005. L'abricotier. Une stratégie pour éviter les dégâts du Chancre Bactérien. *INRA mensuel* 123, 18-22.