

18

Mélanger les variétés pour construire des peuplements plus résistants aux bioagresseurs

Tiphaine Vidal, Arnaud Gauffreteau,
Jérôme Enjalbert et Frédéric Suffert

La diversification des cultures au sein des systèmes agricoles est une des grandes voies envisagées pour valoriser durablement la résistance génétique aux maladies dans les agroécosystèmes. Elle intervient à différentes échelles spatiotemporelles (chapitres 15 et 16) et peut impliquer une seule ou plusieurs espèces cultivées (diversification intra ou interspécifique). Les « mélanges variétaux », également appelés « associations variétales », correspondent à une diversification intraspécifique à l'échelle de la parcelle. La sélection pour la résistance aux maladies repose généralement sur le cumul de différentes sources de résistances (pyramidage de gènes) dans une même variété (chapitres 12 et 16), mais ce processus est long et complexe. Les mélanges variétaux permettent d'assembler autrement différentes résistances, complémentaires, et d'adapter cette combinaison au complexe parasitaire local de façon plus souple et moins coûteuse, en utilisant des variétés disponibles. La composition des mélanges peut en outre être modifiée chaque année, par exemple pour tenir compte de l'évolution des populations de bioagresseurs (chapitre 11). Du point de vue de sa mise en application, cette pratique est directement mobilisable à l'échelle de l'exploitation. Il est cependant important de noter qu'une association peut être d'autant plus efficace pour limiter le développement de bioagresseurs qu'elle est utilisée à l'échelle d'un territoire (chapitre 16).

Les mélanges variétaux comme pratique de diversification

En pratique, il existe différentes approches de diversification intraparcelle : les mélanges variétaux (plusieurs variétés cultivées simultanément dans une même parcelle), les multilignées¹ et les variétés populations et les associations interspécifiques (plusieurs espèces cultivées simultanément dans une même parcelle). L'ensemble de ces pratiques présente un intérêt pour limiter l'impact des maladies au travers de mécanismes communs. Les multilignées sont des associations de génotypes ne différant que par un seul ou quelques gènes de résistance. Elles permettent de créer une hétérogénéité fonctionnelle ciblée (par exemple pour des résistances complémentaires vis-à-vis d'une ou plusieurs maladies) tout en bénéficiant d'un couvert assez homogène, intéressant d'un point de vue agronomique. Les variétés populations possèdent un niveau d'hétérogénéité variable. Les variétés anciennes ou traditionnelles ont souvent un niveau d'hétérogénéité supérieur à celui des variétés modernes (illustration chapitre 23). Dans une association interspécifique, les différentes espèces sont en général affectées par des agents pathogènes distincts et constituent ainsi des barrières à la transmission les unes vis-à-vis des autres. La structure d'un couvert associé peut être très différente de celle de cultures pures, ce qui peut également jouer sur le développement des maladies via le microclimat. D'autres effets, plus complexes, peuvent aussi influencer sur le développement des maladies et sur les attaques des ravageurs : allélopathie, émission de composés volatils, etc. Ce chapitre traite des mélanges variétaux *sensu stricto*.

Ces mélanges ont été étudiés et sont utilisés en pratique pour un grand nombre d'espèces. Des recherches expérimentales ont principalement porté sur les céréales à paille (blé, orge, avoine, riz) et d'autres grandes cultures (soja, sorgho, colza, coton, maïs; Smithson et Lenné, 1996). Les associations variétales concernent également certaines cultures pérennes, telles que le café, la banane, le saule, ou le pommier (Parisi *et al.*, 2015). L'utilisation de la variabilité intraspécifique, sous une forme empirique, remonte à la domestication des plantes. Les variétés anciennes ou « de pays » sont elles-mêmes des populations ayant un niveau de diversité génétique plus ou moins élevé (chapitre 23). Dans les années 1980, cette pratique culturale a suscité un fort intérêt en tant que moyen de gestion des maladies, notamment sous la forme du mélange variétal et de la multilignée, des approches largement documentées dans la littérature scientifique (Borg *et al.*, 2018; Mundt, 2002; Finckh *et al.*, 2000). En pratique, les mélanges de céréales à paille ont été utilisés à de large échelle en ex-RDA, en Chine et aux États-Unis. Ils connaissent actuellement un regain d'intérêt en France : depuis 2018, les surfaces de blé en mélange sont supérieures à celle de la variété la plus cultivée (chapitre 13). Cela s'explique par leur capacité de résistance aux attaques de bioagresseurs, à la verse (effondrement des plantes dû notamment à un vent fort) et par leur stabilité de rendement (encadré 18.1).

¹ Lignées ne différant que par leurs gènes de résistance.

18. Mélanger les variétés pour construire des peuplements plus résistants aux bioagresseurs

Encadré 18.1. Pourquoi les agriculteurs mélangent-ils différentes variétés dans leurs parcelles ?

Dans le cadre du projet ANR Wheatamix, des enquêtes réalisées auprès de 58 agriculteurs français pratiquant les associations variétales et une analyse des discussions sur les mélanges sur des forums agricoles (ACE – Agriculture convivialité environnement –, Agricoool et Agriavis) ont montré que leurs principales attentes sont une stabilisation de la production dans un contexte de moindre utilisation d'intrants et la simplification de la gestion des variétés et des interventions à l'échelle de l'exploitation (Hazard *et al.*, 2016).

Les associations variétales sont principalement utilisées pour réguler les maladies. Les agriculteurs observent moins de maladies dans leurs parcelles et une progression plus lente dans le couvert. Cela leur permet de traiter à plus faible dose, moins souvent, dans une plage de temps élargie et des conditions climatiques favorables. La stabilisation du rendement est aussi assurée par la possibilité de semer davantage de variétés au sein de l'exploitation, sans complexifier la gestion (semis, traitements, récolte, stockage) dès lors que le nombre de mélanges utilisés reste limité. Les agriculteurs enquêtés cultivent ainsi entre un et quatre mélanges de deux à quatre variétés par exploitation, soit au total entre deux et seize variétés, des effectifs largement supérieurs à ceux observés chez des agriculteurs cultivant des variétés pures. Par ailleurs, les agriculteurs observent que les mélanges se comportent souvent mieux dans les situations marquées par des stress précoces (gel, sécheresse, attaques de ravageurs). Enfin, cette pratique leur permet de valoriser des variétés difficilement cultivables en culture pure, car sensibles à certaines maladies ou à la verse. Ainsi, les agriculteurs ne mélangent pas des variétés pour « produire plus », mais plutôt pour « ne pas produire moins » et élargir la gamme de variétés dans leur exploitation. Ce constat invite à repenser les critères d'évaluation des mélanges variétaux. En effet, dans la littérature scientifique et technique, les mélanges sont généralement évalués pour leur capacité à produire plus que la moyenne des variétés pures qui les constituent, alors qu'un agriculteur ne cherche pas nécessairement cette plus-value et qu'il ne serait pas enclin à cultiver autant de variétés en culture pure.

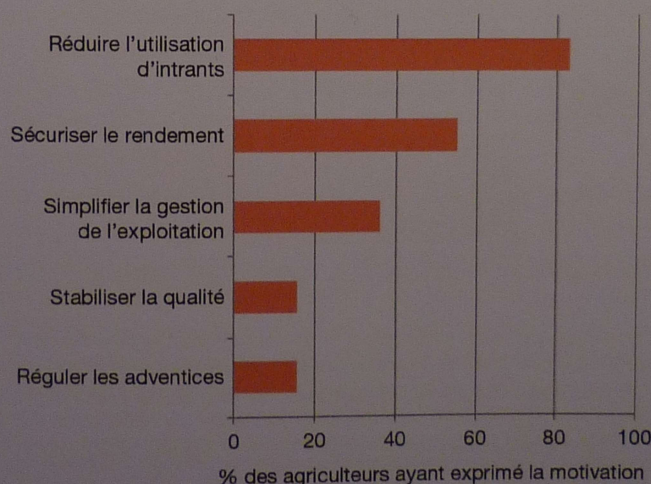


Figure 18.1. Résultats des enquêtes réalisées auprès de 58 agriculteurs dans le cadre du projet ANR Wheatamix.

Les mélanges variétaux permettent de combiner différentes sources de résistances et de limiter le niveau général d'une ou plusieurs maladies. Un objectif ciblé peut être de protéger une variété d'intérêt agronomique supérieure mais sensible à une maladie, en l'associant avec une variété plus résistante de moindre intérêt

agronomique. Cela a par exemple été le cas en Chine avec la culture associée d'un riz gluant traditionnel et d'un riz hybride moderne, sur de grandes surfaces (Zhu *et al.*, 2005).

Les dynamiques épidémiques dans les mélanges variétaux

Les épidémies résultent d'une interaction entre une plante hôte, un agent pathogène, un environnement et des pratiques agronomiques. Une particularité des mélanges variétaux est l'hétérogénéité « maîtrisée » du peuplement végétal hôte. Cette hétérogénéité conduit à des modifications des propriétés du système et de son fonctionnement, ainsi qu'à la mobilisation d'un certain nombre de mécanismes qui limitent l'impact des maladies et contribuent à stabiliser l'évolution des populations pathogènes (figure 18.2).

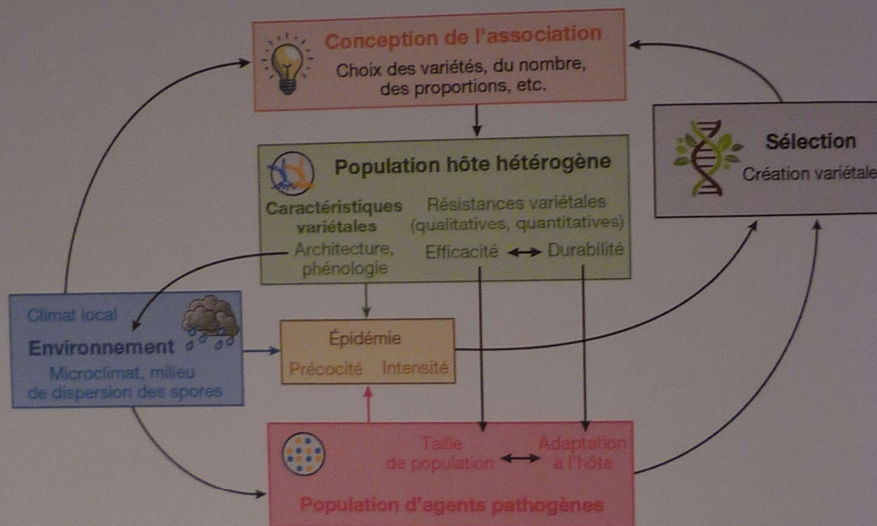


Figure 18.2. Facteurs affectant l'efficacité et la durabilité des résistances dans une association variétale.

La conception du peuplement hôte hétérogène tient compte de l'environnement et du contexte épidémiologique local (par exemple, des maladies les plus problématiques). L'architecture du couvert influence le microclimat (humidité et température) et l'intensité des contaminations secondaires (dispersion de spores), moteur du développement épidémique. Les résistances des variétés déterminent les interactions avec la population pathogène. Sur le moyen terme, la sélection variétale adapte les variétés créées au contexte épidémiologique.

Des effets variables sur le développement des maladies

L'efficacité des mélanges variétaux pour contrôler les maladies est variable. Une méta-analyse portant sur la rouille jaune du blé (Huang *et al.*, 2011) rapporte que 83 % des 161 mélanges testés ont une sévérité inférieure à la moyenne des cultures pures. La réduction du niveau de maladie, même si elle est fréquente, n'est donc

pas systématique. Les raisons de cette variabilité sont multiples. La réduction des maladies constatée dans les mélanges variétaux s'explique par un certain nombre de mécanismes connus à partir desquels il est possible d'établir des règles de conception. Certains facteurs, identifiés mais non contrôlables, peuvent également être pris en compte : localement, on peut par exemple orienter la conception en intégrant les caractéristiques des maladies les plus problématiques, par exemple taille et spectre de virulence de la population pathogène. L'expérience montre cependant qu'un mélange variétal peut s'avérer inefficace en cas de très forte pression parasitaire.

Les mécanismes explicatifs de l'efficacité des mélanges variétaux pour ralentir les épidémies

Lorsque l'on associe une variété résistante à une variété sensible, à densité de plantes égales, différents mécanismes contribuent à réduire la production d'inoculum et donc à ralentir les épidémies (chapitre 15). Les plantes d'une même variété étant en moyenne plus éloignées les unes des autres, la probabilité de transfert de propagules infectieuses (spores) d'une plante sensible à l'autre diminue : c'est l'effet de dilution. Par ailleurs, entre les plantes sensibles s'interposent des plantes résistantes qui interceptent des spores, mais ne sont que peu ou pas infectées. La présence de ces plantes résistantes génère ainsi un effet barrière. L'intensité de cet effet dépend de la proportion et de l'architecture de chacune des variétés. Les effets barrière peuvent par exemple être modulés par un contraste de hauteur entre variétés (Vidal *et al.*, 2018). Associer des plantes ayant une architecture contrastée (différences de hauteur ou de densité, par exemple) peut également conduire à des modifications du microclimat. Ainsi, une meilleure circulation d'air dans un couvert associé a réduit l'humidité et le développement de la pyriculariose du riz, causée par *Magnaporthe grisea* (Zhu *et al.*, 2005), en comparaison avec des cultures pures.

Dans une association variétale, une variété donnée est exposée à des individus pathogènes virulents et avirulents, les individus avirulents étant produits sur d'autres variétés. Or, il est connu que la tentative d'infection par une souche avirulente peut activer les réactions immunitaires de la plante, qui sont alors en partie au moins efficaces contre les individus virulents : on parle d'effet de prémunition. Il s'agit là d'un troisième effet explicatif de la capacité des mélanges variétaux à réduire le développement des épidémies (Mundt, 2002 ; Lannou *et al.*, 1995).

Impact des mélanges variétaux sur l'évolution des populations pathogènes

Si une association variétale permet de limiter la sévérité d'une épidémie, elle peut aussi avoir un impact significatif sur la structure génétique de la population pathogène. Un risque important est l'apparition de « super-pathotypes », capables d'infecter l'ensemble des variétés du mélange. L'apparition et la généralisation de tels pathotypes seraient un problème pour l'efficacité des mélanges eux-mêmes, mais aussi parce que cela contribuerait à augmenter la complexité des associations de virulences dans la population pathogène.

Les débats sur cette question reposent fortement sur la notion de coût de la virulence (chapitre 11). D'autres effets interviennent cependant. Notamment, la sélection pour les caractères quantitatifs d'agressivité est susceptible de produire une sélection disruptive en faveur des pathotypes les plus simples (Villaréal et Lannou, 2000; Cowger et Mundt, 2002a). D'autres approches suggèrent que le risque de sélection de pathotypes multivirulents par les mélanges variétaux est limité (chapitre 17). Cette question n'est pas close, notamment du fait du peu d'observations empiriques, mais il est probable qu'une gestion dynamique, au cours des années, de la composition des mélanges soit un facteur de stabilisation des populations pathogènes tout en contribuant à réduire les épidémies (chapitres 15 et 16).

Les mélanges de variété pourraient également ralentir la sélection pour de nouvelles virulences. Dans une culture pure d'une variété porteuse d'un gène majeur, seuls les individus virulents, capables d'attaquer cette variété, se développent. La culture pure est alors un support privilégié de multiplication des individus virulents, qui augmentent en fréquence dans la population pathogène. Dans les mélanges, des individus avirulents peuvent subsister si la variété porteuse du gène est associée à une variété non porteuse. Des travaux conduits à INRAE Grignon ont montré que ce type de mélange peut moduler l'augmentation de fréquence d'individus virulents entre le début et la fin d'une épidémie, selon la proportion de variété porteuse du gène de résistance dans le mélange (Orellana *et al.*, 2019).

Les facteurs qui modulent l'effet des mélanges sur les épidémies

La surface génotypique unitaire (SGU, *genotype unit area* en anglais) est un concept clé pour comprendre l'efficacité des mélanges variétaux (Garrett et Mundt, 1999). Elle correspond à la surface occupée par des tissus hôtes génétiquement homogènes. Il dépend de la taille de la plante, mais aussi de l'agencement spatial des plantes au sein du peuplement. Par exemple, si les variétés sont semées de manière aléatoire, la SGU correspond à la surface d'une seule plante, alors que si les variétés sont disposées en rang, elle correspond à la surface occupée par un rang. Les effets attendus d'une association par rapport à une culture pure sont d'autant plus importants que la SGU est petite (Garret et Mundt, 1999). Cette relation s'explique en grande partie par l'effet du gradient de dispersion (chapitre 15) de l'agent pathogène, considéré relativement à la SGU. Ainsi, si l'essentiel des propagules infectieuses se dispersent majoritairement à courte distance une grande partie d'entre elles restent sur la même SGU, produisant un effet d'autocontamination qui contribue à intensifier localement l'épidémie (Lannou *et al.*, 2008). On attend dans ce cas un faible effet du mélange variétal sur l'épidémie. En revanche, si le ratio « surface génotypique unitaire/distance de dispersion » est plus petit, une partie plus importante des propagules infectieuses est dispersée au-delà de la plante source (allocontamination) et subit les effets dilution et barrière qui ralentissent l'épidémie.

Comme expliqué plus haut, les mécanismes impliqués dans la diminution de la sévérité d'une maladie dans les mélanges variétaux reposent largement sur une réduction des quantités de propagules infectieuses (effet dilution, effet barrière). Outre les paramètres de dispersion, ces effets dépendent de différentes variables du cycle de vie des agents pathogènes, ce qui contribue à expliquer que les associations ont des effets différents selon les maladies. Plus la période de latence (temps entre l'infection et la production de nouvelles spores) est courte, plus le nombre de cycles infectieux sera élevé au cours d'une épidémie et plus les effets attendus des associations variétales seront prononcés.

Une fluctuation de l'efficacité des associations découle également de l'intensité des épidémies et des pressions d'inoculum locales, mais il est difficile de dégager une règle générale. Gigot *et al.* (2013) ont observé peu d'effets avec une pression faible (peu de maladies), les meilleurs résultats ayant été obtenus avec une pression intermédiaire, tandis que les mélanges variétaux n'ont pas permis de maîtriser les épidémies dans le cas d'une pression forte. Cowger et Mundt (2002b) ont observé un effet négatif pour une épidémie d'intensité intermédiaire, neutre pour une intensité faible et positif pour une épidémie sévère. Borg *et al.* (2018) et Reiss et Drinkwater (2018) mentionnent de meilleurs effets des associations lorsque la pression de maladie est élevée. D'une manière générale, les effets des associations tendent à augmenter avec le nombre de cycles infectieux, qui amplifient les effets de réduction.

Mobiliser les connaissances pour accroître l'efficacité des mélanges variétaux

Les critères de conception des mélanges variétaux

Augmenter le nombre de variétés au sein d'un mélange permet de renforcer la complémentarité entre variétés et de lisser ses performances (encadré 18.1). Cependant, les interactions entre plantes dans ce type de peuplement hétérogène sont potentiellement plus complexes et moins prévisibles que dans un couvert génétiquement homogène. L'efficacité d'un mélange n'est pas systématiquement corrélée au nombre de variétés utilisées (Vidal *et al.*, 2020). Les cas les plus favorables correspondent sans doute à des associations où les nouvelles variétés apportent un avantage particulier au mélange, notamment si leur résistance est complète ou très élevée. Le choix des variétés à associer est un point essentiel. Les critères à considérer incluent la complémentarité des résistances (pour les résistances qualitatives), afin qu'elles permettent de gérer différents pathotypes pour un agent pathogène donné (ce qui suppose de les connaître, donc de réaliser une forme d'épidémiosurveillance), voire différents agents pathogènes. Le contraste du niveau de résistance des différentes variétés (pour les résistances quantitatives) et la sensibilité moyenne des variétés (en culture pure) sont également des critères importants. D'une manière générale, il est préférable d'éviter les variétés très sensibles. Bien sûr, le niveau de résistance d'une variété dépend

de la composition de la population d'agent pathogène à un temps et un endroit donné, et il peut être pertinent de faire varier la composition du mélange en fonction des évolutions constatées dans la population pathogène. On considère souvent qu'il faut éviter d'inclure plus d'un tiers de variétés sensibles. Cette proportion peut être augmentée dans le cas où les variétés en question ne sont que moyennement sensibles. La proportion de plantes sensibles est d'une manière générale un critère robuste de conception des mélanges (Vidal *et al.*, 2020) et a un impact important sur la sévérité de maladie attendue ou observée (Mundt, 2002). Elle peut être modulée en jouant sur les proportions sensible/résistante ou sur le nombre de variétés.

La moyenne des performances en culture pure des variétés composant le mélange (pondérée par leur proportion) peut être un bon point de départ pour anticiper la performance d'une association. Par exemple, pour obtenir un rendement élevé, il sera judicieux d'associer des variétés ayant un rendement élevé en culture pure. La même démarche peut être appliquée pour la qualité de grain. Un contraste sur des critères agronomiques (comme la hauteur ou la précocité) peut compliquer la gestion en pratique (par exemple la récolte ou le choix de la date des opérations culturales). Il peut également modifier les proportions des variétés par rapport au semis du fait d'une compétition entre ces variétés. Cependant, cela ne donne pas nécessairement lieu à une perte de rendement par rapport à la moyenne des variétés pures (Vidal *et al.*, 2020). Un tel contraste agronomique entre variétés peut même parfois constituer un levier intéressant, comme déjà mentionné, par exemple en modifiant le microclimat ou en augmentant les effets barrière (Vidal *et al.*, 2018; Zhu *et al.*, 2005).

Enfin, les seuils de déclenchement des traitements phytosanitaires appliqués en variétés pures ne sont pas forcément optimaux pour les mélanges du fait de leur résistance aux maladies. Ce dernier aspect est encore peu exploré, les avertissements agricoles étant établis pour la culture de variétés pures. On pourrait en première approche envisager de traiter les mélanges comme des variétés à résistance quantitative.

Évaluer l'aptitude des variétés au mélange

Étant donné le nombre extrêmement élevé de combinaisons possibles, une évaluation agronomique de tous les mélanges variétaux possibles n'est pas réalisable. Il est cependant important de pouvoir identifier des combinaisons performantes de variétés parmi ces multiples possibilités. Deux approches complémentaires sont disponibles : une approche « statistique », inspirée de la sélection des hybrides, et une approche « mécaniste », qui puise dans l'agronomie et l'écologie des communautés.

Face à l'impossibilité de tester toutes les combinaisons d'hybrides, les généticiens ont défini des aptitudes générales et spécifiques à la combinaison. Transposées aux mélanges variétaux, ces méthodes permettent d'estimer l'aptitude générale

(*general mixing ability*, GMA) et spécifique (*specific mixing habilité*, SMA) au mélange pour des panels de variétés, en observant la performance de différents mélanges binaires. La GMA correspond à la performance moyenne d'une variété en mélange et la SMA correspond à l'écart entre performance observée d'un mélange et sa performance attendue sur la base des GMA des variétés mélangées (Forst *et al.*, 2019). Ces indicateurs peuvent être calculés pour différents indicateurs de performance, le plus fréquent étant le rendement.

Des méthodes développées récemment permettent l'estimation des GMA/SMA lorsque seule une partie des mélanges possibles est testée, à partir d'associations à deux composantes ou plus (Forst *et al.*, 2019). Ces approches appliquées au rendement du blé ont permis de montrer un effet prépondérant de la GMA par rapport à la SMA, certaines variétés étant donc mieux adaptées que d'autres à la culture en mélange.

Si GMA et SMA ont été principalement estimées sur le rendement, elles peuvent également être utilisées pour d'autres dimensions de la performance variétale. Ainsi, GMA et SMA ont été estimées sur des caractéristiques de résistance aux maladies par Knott et Mundt (1990). Ces auteurs montrent que la SMA est plus explicative de la résistance du mélange à la maladie que d'autres variables, ce qui reflète les processus listés ci-dessus.

Une autre stratégie consiste à rechercher directement des traits impliqués dans l'aptitude au mélange. Les plantes d'une association variétale peuvent interagir de multiples façons au cours de leur développement, dans des relations de compétition, de complémentarité ou de synergie dans l'utilisation des ressources : lumière, eau, éléments minéraux. Ainsi, les différences de hauteurs et de précocité entre variétés associées sont particulièrement importantes pour la compétition pour la lumière. L'architecture racinaire joue de manière similaire sur la compétition pour l'eau ou les éléments minéraux. Concernant le contrôle des maladies, les traits à considérer sont les caractères de résistance, mais également l'ensemble des traits architecturaux ou physiologiques (hauteur, dimensions et inclinaisons foliaires, phénologie, etc.) qui ont un impact sur la dynamique épidémique (Vidal *et al.*, 2017). Par exemple, des travaux sur la pyriculariose du riz ont suggéré que des mécanismes encore très peu étudiés, impliquant une communication par différentes voies entre plantes, pourraient induire l'immunité chez les plantes sensibles et contribuer à la réduction du niveau de maladie dans des associations variétales ou d'espèces (Pélissier *et al.*, 2020). Les liens entre les caractéristiques variétales et le fonctionnement du mélange sont donc particulièrement complexes.

Sélectionner des variétés pour leur utilisation en associations

Jusqu'à présent, les mélanges variétaux sont créés par assemblage de variétés commerciales, qui ont été sélectionnées pour leur valeur en culture pure. Mettre en œuvre une sélection basée sur l'aptitude au mélange *sensu stricto* est complexe et, à notre connaissance, n'a jamais fait l'objet de programme dédié. La progression

de cette pratique pourrait cependant amener certains sélectionneurs à se positionner sur de tels programmes. Deux types d'approches sont possibles : une sélection sur la base de performances évaluées sur des mélanges et une sélection focalisée sur des caractères impliqués dans la performance en mélange.

La sélection basée sur la performance de l'association (*trait blind*) cible l'aptitude au mélange d'une variété, sur la base de la performance mesurée sur un nombre restreint d'associations. La méthode de sélection est alors très dépendante de la partition GMA/SMA. Plus la GMA est forte, plus il est simple de sélectionner les meilleures lignées, en utilisant par exemple une ou deux variétés de références (appelées « testeurs ») dans différents assemblages. D'un autre côté, plus la SMA est forte, plus il est nécessaire de rechercher les associations spécifiques (Forst *et al.*, 2019). Différents schémas de sélection sont alors envisageables, en fonction de la définition de groupes génétiques ayant les meilleures aptitudes au mélange, avec des stratégies se rapprochant des méthodes de sélection pour des mélanges d'espèce (Sampoux *et al.*, 2020). Ces approches peuvent se focaliser sur la résistance aux maladies.

La sélection basée sur la connaissance des traits d'interaction (*trait based*) peut être utilisée lorsque les mécanismes qui pilotent la performance des mélanges sont connus. Il est alors possible de proposer des associations optimisées, par une approche d'idéotypage² appliquée aux mélanges. Cela permet de rechercher une forte ou faible hétérogénéité pour un trait donné, suivant les mécanismes à mobiliser. Le processus d'idéotypage, préalable à la mise en œuvre de sélection, reste complexe dans le cas des mélanges, mais peut s'appuyer sur des modèles écophysiologiques.

La sélection participative est une sélection réalisée par des agriculteurs qui adaptent des populations, c'est-à-dire un ensemble d'individus génétiquement distincts, à leurs conditions de culture (Van Frank *et al.*, 2020). Les agriculteurs sélectionnent pendant le cycle de culture une population de plantes conformes à leurs attentes, puis les ressemblent. Ils les échangent par ailleurs avec d'autres agriculteurs dans les réseaux de semences paysannes. Que ce soit sur des mélanges ou sur des populations composites, ces pratiques de sélection en peuplements hétérogènes favorisent les interactions entre plantes, notamment des effets positifs attendus tels que la complémentarité entre différents génotypes. Elles permettent de sélectionner des aptitudes au mélange qui par définition ne s'expriment pas dans la sélection généalogique classique. Cette sélection décentralisée permet également d'adapter des variétés à des populations pathogènes spécifiques de certains terroirs ou systèmes de culture innovants mais marginaux. Enfin, lors de l'émergence d'un problème parasitaire, cette sélection permet de cribler de très nombreux individus et d'identifier très rapidement de nouvelles sources de résistance. De plus, ces réseaux ont le potentiel de maintenir des populations hôtes hétérogènes sur de nombreuses années, avec un effet stabilisateur sur l'évolution de la

² Principe consistant à rechercher un phénotype idéal – ou idéotype – selon certains critères.

population pathogène. Ainsi, le développement de variétés-populations locales via des échanges de semences entre paysans a permis l'émergence d'une grande diversité génétique chez le riz, avec un contrôle durable de la pyriculariose, dans une zone de production du Yunnan, en Chine (chapitre 23).

Conclusion

La production de connaissances sur le comportement des mélanges variétaux et les mécanismes impliqués a permis de produire un certain nombre de règles d'assemblage. Les associations constituent un système complexe, ce qui génère des contraintes spécifiques, mais aussi des leviers potentiels liés à l'hétérogénéité modulable du peuplement hôte. Au-delà de la production de connaissances, le partage de savoirs d'origine et de nature diverses semble essentiel. Des outils adaptés et accessibles sont utiles pour synthétiser et rendre actionnables ces connaissances et aider à la conception et à l'évaluation des mélanges. Une adaptation des méthodes de sélection est nécessaire pour les mélanges afin de répondre à des contraintes différentes des cultures pures. Pour que les mélanges soient efficaces, répondent aux attentes et contraintes des agriculteurs et se développent, la mobilisation de différentes disciplines scientifiques ainsi que des différents acteurs d'une filière semble donc essentielle.