



Plant Health  
Institute  
Montpellier



## Offre de thèse 2025-2028

### ReGeNeR : Mieux cibler la Résilience variétale grâce au phénotypage digital et à la sélection GéNomique chez les PRunus

La résilience apparaît comme un nouvel objectif de sélection pour faire face aux enjeux de durabilité et de soutenabilité de la filière arboricole. Accéder à résilience nécessite d'étudier des « biomarqueurs » reflétant l'état de l'arbre au cours du temps, et caractérisant les impacts causés par les bioagresseurs. Le but de ce projet est d'identifier ces biomarqueurs chez les fruitiers, de les transformer grâce à des indicateurs en variables de résilience, et de les employer en prédiction génomique. Il s'agira d'abord d'alimenter une base de données de caractérisation des sensibilités aux bioagresseurs observés sur des core-collections d'abricotier et de pêcher menées en conditions de bas-intrants phytosanitaires à travers différents sites. Ce suivi permettra de tester différents biomarqueurs (croissance et production) en ayant recours à des outils de mesures innovants tels que les dendromètres et l'imagerie par drone, et de mettre en place les méthodes d'analyse adaptées pour leur étude, notamment par les statistiques fonctionnelles. Les différentes variables de résilience seront exploitées individuellement ou conjointement en prédiction génomique, en utilisant des modèles multitrait et multienvironnement. La sélection phénotypique sera également explorée. Les résultats de prédiction seront complétés par une analyse des schémas de sélection chez les deux espèces pour identifier la meilleure méthode permettant de sélectionner rapidement la résilience en préservant la diversité génétique sur le long terme. Ce travail de thèse contribuera à mieux armer les sélectionneurs pour répondre aux évolutions de la législation européenne en matière de certification variétale.

Encadrantes :

- Morgane ROTH - chargée de recherche au GAFL
- Bénédicte QUILOT - directrice de recherche au GAFL et directrice de l'unité
- Fabienne Ribeyre - directrice de recherche à PHIM

#### Liste de 5 publications récentes du (des) responsable(s) de la thèse, en rapport avec le projet proposé

Serrie M., Segura V., Blanc A., Brun L., Dlahah N., Gilles F., Heurtevin L., Le-Pans M., Signoret V., Viret S., Audergon J.-M., **Quilot B.**, **Roth M.**, Investigating the genetic architecture of biotic stress response in stone fruit tree orchards under natural infections with a multi-environment GWAS approach - en cours de soumission

**Serrie, M., Ribeyre, F., Brun, L., Audergon, J. M., Quilot, B., & Roth, M.** (2024). Dare to be resilient: the key to future pesticide-free orchards?. *Journal of Experimental Botany*, *erae150*.

Triki, H.E.M., **Ribeyre, F.**, Pinard, F., and Jaeger, M. (2023). Coupling Plant Growth Models and Pest and Disease Models: An Interaction Structure Proposal, MIMIC. *Plant Phenomics* 5.

**Roth, M.**, Beugnot, A., Mary-Huard, T., Moreau, L., Charcosset, A., & Fiévet, J. B. (2022). Improving genomic predictions with inbreeding and nonadditive effects in two admixed maize hybrid populations in single and multi-environment contexts. *Genetics*, 220(4), iyac018.

Della Sala, P., Cilas, C., Gimeno, T.E., Wohl, S., Opoku, S.Y., Găinușă-Bogdan, A., and **Ribeyre, F.** (2021). Assessment of atmospheric and soil water stress impact on a tropical crop: the case of *Theobroma cacao* under Harmattan conditions in eastern Ghana. *Agric. For. Meteorol.* 311, 108670.

## Enjeux scientifiques et socio-économiques auxquels répond le projet

### **Faire de la résilience une priorité pour la durabilité et la soutenabilité de l'arboriculture**

Malgré les projections d'INRAE pour une agriculture sans pesticides d'ici 2050 (Mora et al., 2023), la dépendance aux pesticides persiste chez les fruitiers par manque de variétés résistantes ou tolérantes aux bioagresseurs et/ou de leviers agronomiques efficaces. Pour inciter concrètement les sélectionneurs à fournir des variétés répondant à cet enjeu, la commission européenne est en réflexion pour mettre en place une évaluation de la valeur de soutenabilité et de durabilité (« value for common use and durability ») lors de l'inscription au catalogue, dont les critères s'apparenteront à la valeur agronomique, technologique et environnementale (VATE). Ceci nécessitera une adaptation des modes de sélection et une mobilisation de la diversité génétique qu'il est primordial d'anticiper, notamment car la sélection actuelle se fait sous itinéraire conventionnel. Les futures cibles de sélection devront prendre en compte à la fois la multiplicité des maladies et ravageurs et l'effet de leur cumul sur ces cultures pérennes, année après année, faisant ainsi appel au concept de résilience.

### **Relever les défis méthodologiques pour quantifier la résilience chez les arbres**

La capacité de résilience est perçue comme une clé de voute de l'agriculture du futur mais derrière ce terme consensuel se cachent de nombreux défis : qu'appelle-t-on la résilience ? Comment la mesure-t-on ? La filière animale a pris cette question à bras le corps depuis la fin des années 1990 (Bisset and Morris, 1996) notamment pour sélectionner des animaux dits résilients : nécessitant moins de soins, moins sensibles aux maladies passagères, et/ou mieux adaptés à des climats extrêmes (Nel et al., 2023) — mais également en réduisant leur impact environnemental, par exemple en ciblant la réduction d'émission de méthane ou l'efficacité alimentaire chez les bovins (<https://smarterproject.eu> , <http://www.resilientdairy.ca> ). Cette stratégie en sélection animale peut se transposer aux arbres fruitiers pour plusieurs raisons : (i) les espèces subissent des agressions biotiques/abiotiques année après année, (ii) la phase juvénile est longue et déterminante pour une production durable de l'animal/plante, (iii) les filières de production respectives sont encore très dépendantes des produits phytopharmaceutiques/antibiotiques.

### **Exploiter les ressources génétiques disponibles pour sélectionner la résilience chez les fruitiers**

Au-delà des méthodes, un enjeu majeur réside dans la mobilisation d'une diversité suffisante pour pouvoir sélectionner la résilience en ayant recours à la fois aux pools sauvage et cultivé hébergés par INRAE au sein des CRBs et travaillés expérimentalement sous forme de core-collections. Le potentiel adaptatif de l'abricotier et du pêcher, espèces ciblées dans ce projet, doit être exploité au-delà du spectre des gènes de résistance en exploitant les mécanismes de résilience et en trouvant rapidement les meilleures combinaisons de gènes pour aller vers une immunité variétale plus durable. Ceci offre aussi des perspectives pour éclairer le chemin évolutif des Prunus qui regroupe des espèces proches aux génomes synténiques.

### **Proposer des outils aux obtenteurs pour accélérer la sélection de variétés de fruitiers résilients**

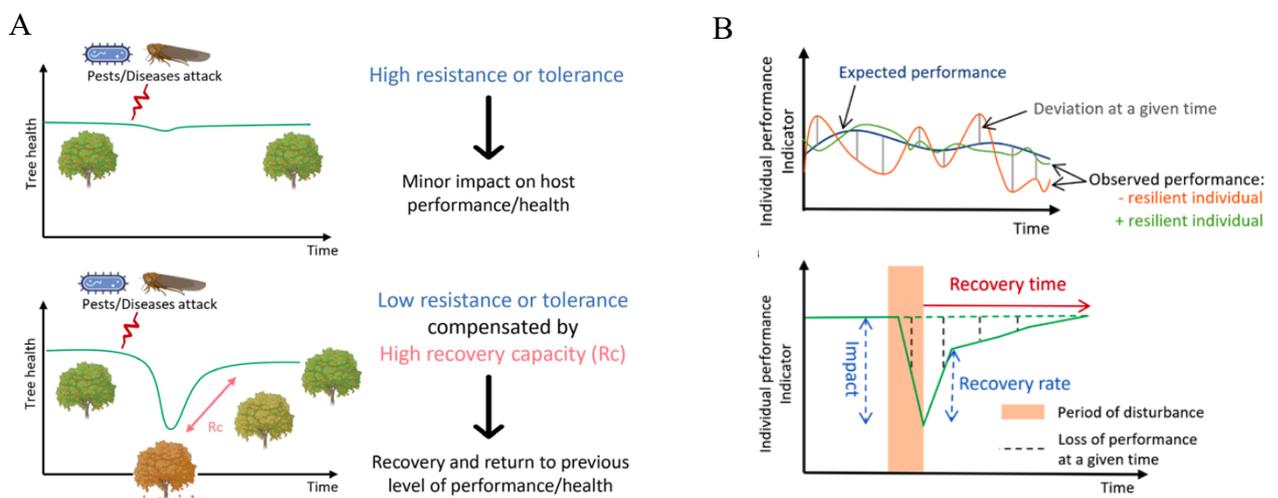
La création variétale en arboriculture repose essentiellement sur une sélection phénotypique en conditions non-limitantes selon un mode très traditionnel. Malgré une volonté affichée de s'emparer de nouvelles méthodes, telles que la sélection assistée par marqueurs, le faible nombre d'acteurs, la petite taille des entreprises et une filière fragile justifient une réticence à investir dans l'innovation. Il est primordial d'apporter un panel d'outils permettant d'améliorer à la fois le phénotypage en conditions de bas-intrants et le criblage génétique précoce des populations de sélection pour des traits liés à la résilience. En particulier, la sélection génomique est en développement chez quelques espèces fruitières mais nous manquons de résultats pour convaincre de son utilisation et ainsi passer du stade de prédiction génomique au stade de sélection génomique. La sélection phénotypique apparaît également comme une approche à considérer pour envisager une réduction des coûts de prédiction en ayant recours à la spectrométrie infra-rouge à la place du génotypage.

## État de l'art scientifique

Comme en témoignent les grandes cultures, la sélection végétale fait le pari de combiner sélection génomique et phénotypage haut débit pour augmenter les gains génétiques. Nous souhaitons appliquer cette stratégie ambitieuse aux arbres fruitiers dans le cadre précis de la résilience biotique telle que définie récemment par notre équipe.

### De la sémantique de la résilience à ses applications concrètes aux espèces fruitières

La résilience est un concept transdisciplinaire appliqué à des domaines aussi divers que la physique, la psychologie, ou l'écologie, l'idée commune étant de mesurer l'état d'un objet ou d'un système au cours du temps, avant, pendant et après perturbation. Depuis l'article fondateur de Holling en 1973 définissant la résilience écologique, la recherche sur les animaux d'élevage et les espèces forestières a fait évoluer la définition et les méthodes associées à la résilience. S'appuyant sur ces acquis, notre équipe a récemment mis en lumière l'importance de la résilience pour la sélection fruitière (Serrie et al., 2024). En focalisant sur la résilience biotique, nous soulignons l'importance de considérer à la fois des individus robustes (ne subissant pas de perte de performance) et des individus capables de récupérer rapidement après une dégradation de performance due aux attaques multiples de bioagresseurs (Fig. 1A). Ce travail de synthèse met en avant des méthodes clé pour accéder aux traits de résilience. Les biomarqueurs sont des variables qui renseignent sur l'état général de l'individu (parfois appelées variables de fonctionnement ou de performance). Pour estimer des traits de résilience (futurs cibles de sélection), il est nécessaire de combiner des variables de **résistance**, **tolérance et récupération** à l'aide de mesures longitudinales (mesures répétées dans le temps sur les mêmes individus) servant de biomarqueurs. De ces variables sont déduits des indicateurs de résilience tels que la variance des déviations (Berghof et al., 2019) ou le taux de récupération (Lloret et al., 2011, Fig. 1B).



### **Quantification de la résilience chez les animaux et les plantes : besoins expérimentaux**

De nombreux biomarqueurs de résilience ont été proposés dans le monde animal (production de lait, prise alimentaire, gain de poids, nombre de pas, dosages sanguins) dont ont été extraites des variables de résilience aux héritabilités entre 0.09 à 0.71 (Bai and Plastow, 2022). Chez les arbres fruitiers des biomarqueurs liés à des variables de rendement (fleur, fruit) et de vigueur (biomasse), sont encore à identifier et à tester. Nous avons mis en place des méthodes pour accéder à des traits de résilience l'aide de mesures manuelles de croissance des rameaux qui sont prometteuses mais leur débit est insuffisant (Serrie *et al.* in prep). Un suivi beaucoup plus fin peut être réalisé à l'aide de dendromètres qui mesurent la croissance et la contraction des tiges ou troncs au micron près toutes les 15 minutes, et permettent d'accéder à des variables de résilience via le calcul d'indicateurs (ex. chez la lavande sous contrainte hydrique, Lamacque *et al.*, 2020). L'utilisation de dendromètres à des fins d'étude de la résilience biotique est une approche prometteuse et originale encore inexplorée chez les ligneux. Du point de vue du matériel végétal, les dispositifs de core-collections sont préconisés pour maximiser la variance phénotypique et génétique. À ce titre nous continuerons d'étudier les deux core-collections d'abricotier et de pêcher cultivés, mais **nous irons plus loin en mobilisant une core-collection d'abricotiers sauvages** pour explorer plus largement le potentiel adaptatif de l'espèce *P. armeniaca* (Groppi *et al.*, 2021).

### **Les apports du phénotypage digital pour capturer des biomarqueurs de résilience**

Mesurer des biomarqueurs à des fins d'études génétiques nécessite du phénotypage haut-débit pour recueillir suffisamment de données dans le temps (variables longitudinales) sur une diversité génétique suffisante (ici, core-collections). Or les coûts et la maintenance des dendromètres ne nous permettent pas encore de les déployer à grande échelle. Le phénotypage digital se développant en arboriculture et viticulture (projet Agroécologie et Numérique AgroEcoPhen, Tache 2), nous profiterons de cette dynamique pour explorer de nouvelles variables de vigueur impossibles à quantifier à l'œil nu. En effet, le recours à différents capteurs (RGB, LiDAR, multispectral) et vecteurs (phénomobiles, systèmes piétons, drones) permet d'ores et déjà de mesurer de potentiels biomarqueurs de résilience tels que la hauteur des arbres (Zarco-Tejada *et al.*, 2014), le volume de bois (chez la vigne : Chedid *et al.*, 2023) et des indices de santé du végétal (Huang *et al.*, 2024).

### **Génétique quantitative et méthodologie de sélection pour des variétés résilientes**

Les travaux engagés sur la résilience biotique dans l'équipe ont mobilisé l'approche d'association pangénomique chez l'abricotier et le pêcher et ont démontré la complexité des traits de résilience dans leur ensemble. Seules certaines composantes ont une architecture mono- ou oligogénique (par exemple la tolérance à la cloque, Serrie *et al.* soumis), illustrant le fait que chez les *Prunus* les résistances monogéniques sont rares. De récents travaux de simulation chez les ruminants ouvrent des perspectives de sélection génomique de la résilience (Ghaderi Zefreh *et al.*, 2023) et il est aujourd'hui possible d'exploiter pleinement le potentiel des données multi-trait et multi-environnement avec des modèles adaptés (de Oliveira *et al.*, 2020). Il apparaît donc primordial d'envisager la sélection génomique pour les traits de résilience, venant compléter les approches déjà engagées en matière de sélection assistée par marqueurs (ex. Roch *et al.* 2015). Les premiers résultats du projet CASDAR RésiDiv (2023-26) montrent une corrélation forte entre vigueur et résilience. La vigueur, ainsi que d'autres biomarqueurs candidats (floribondité, charge en fruits) sont étroitement liés à des traits de fitness, et donc potentiellement sensibles à la consanguinité. Des modèles intégrant des proxy de la consanguinité, pourraient permettre d'améliorer les prédictions tout en apportant des connaissances sur le rôle des effets non-additifs dans la résilience (Roth *et al.*, 2022).

## Questions de recherche

- Quelles variables longitudinales (biomarqueurs) et quelles variables dérivées permettent au mieux de refléter la résilience des Prunus en conditions de bas intrants phytosanitaires à l'échelle intra et inter-annuelle ?
- Dans quelle mesure la sélection génomique (ou phénotypique) et le phénotypage haut débit peuvent contribuer à sélectionner des variétés dites résilientes chez l'abricotier et le pêcher? Avec quels outils, modèles et positionnement dans le schéma de sélection ?
- L'approche méthodologique est-elle similaire entre abricotier et pêcher, qui sont proches apparentés, et plus largement transférable aux arbres fruitiers ?

## Hypothèses de travail

- La résilience est un trait intégratif qui se décompose en variables de tolérance, résistance et récupération
- Il existe une variance génétique suffisante pour les traits de résilience dans les espèces ciblées
- Le recours à des mesures cinétiques de biomarqueurs de résilience permet de mettre en évidence des profils résilients
- Combiner phénotypage haut débit et prédiction génomique ou phénotypique est une approche pertinente pour une sélection rapide et efficace de variétés résilientes

## Matériel et méthodes envisagés

*Matériel végétal* — Les core-collections multisites d'abricotier (150 individus) et de pêcher (192 individus) sont déjà implantées pour les deux espèces (années de plantation allant de 2018 à 2022) sur 2 et 5 sites respectivement et les accessions sont toutes séquencées ou génotypées. Vient s'ajouter à ce dispositif une core-collection d'abricotiers sauvages (123 individus, tous séquencés) pertinente pour son potentiel de résilience (plantée en hiver 2022-23). Ces vergers sont conduits en bas intrants phytosanitaires.

*Phénotypage* — Trois types de biomarqueurs de résilience, la densité de floraison, la charge en fruits et la vigueur, seront évalués par le biais de différents traits. Les relevés visuels et manuels seront accompagnés de mesures instrumentées pour suivre l'état général de l'arbre : (i) la contraction et la croissance journalières des rameaux et charpentières sera suivie par la pose sur certains génotypes de dendromètres, (ii) l'évolution de la biomasse (canopée, volume de bois) et de la hauteur des arbres par LiDAR et imagerie RGB à l'aide de drones. Le traitement des images sera réalisé par la société Hiphen. Selon l'avancée du projet RésiDiv, nous évaluerons la possibilité d'utiliser la perche LITERAL (système piéton) pour mesurer les 3 types de biomarqueurs. Pour l'ensemble des parcelles, nous appliquerons des protocoles d'observation de routine pour les traits de phénologie et de dégâts de maladies et ravageurs, observés sur des cinétiques intra-annuelles. Caractériser ces symptômes (date, nature, intensité/fréquence dans l'arbre) permettra de placer les différentes perturbations le long de la cinétique des biomarqueurs (variables longitudinales) de manière à quantifier les impacts et les récupérations.

*Modélisation de variables de résilience* — L'obtention de variables de résilience sera basée sur la transformation des dynamiques de biomarqueurs en indicateurs tels que proposés dans Serrie et al. 2024 et Serrie et al. in prep. Nous ferons aussi appel aux statistiques fonctionnelles, particulièrement bien adaptées à l'analyse de données continues et temporelles, pour tenter de capturer plus précisément les dynamiques des mesures dendrométriques et de les relier aux impacts des attaques de maladies et ravageurs.

*Prédictions génomiques et méthodologie de sélection* — Des modèles de prédiction génomique seront testés avec pour objectif de prendre en compte l'architecture des traits :

- Comparaison de modèles GBLUP combinant des effets additifs et non-additifs (Roth et al., 2022)
- Comparaison de modèles de l'alphabet Bayes et BLUP pour prendre en compte la distribution des effets des marqueurs (Meher et al., 2022)
- Les modèles seront comparés à des modèles standard employés en sélection phénotypique (Robert et al. 2022).

Les travaux engagés sur la définition d'index de résilience adaptés à des idéotypes régionaux basés sur la hiérarchisation des traits et le calcul des prévalences des stress biotiques par site (Serrie et al. in prep) seront

poursuivis. Le·la doctorant·e poussera la réflexion plus loin, notamment en projetant un schéma de sélection visant à combiner des haplotypes favorables sur le long terme tout en préservant la diversité génétique (Villiers et al., 2024; Werner et al., 2020).

## Programme des recherches

### **Coordonner l'alimentation d'une base de données pour le phénotypage intégratif de la résilience**

Le·la doctorant·e devra participer au phénotypage visuel/manuel des core-collections et coordonner les campagnes d'acquisition de données sur l'ensemble des 7 vergers ciblés. Il·elle devra assurer la mise à jour de la base de données initiée en 2021, des protocoles de notation employés, et le suivi des carnets de bord. Le phénotypage par drone sera coordonné via les projets en cours mais les traits produits seront intégrés à la base de données par le·la doctorant·e.

*Livrables : base de données, ontogénie et métadonnées associées et protocoles de notations/mesures*

### **Établir une méthodologie pour l'exploitation des biomarqueurs de résilience**

En tant que composantes de résilience, les dégâts causés par les bioagresseurs observés en routine (maximum et aire sous la courbe de dégâts) seront analysés d'abord indépendamment. Ils serviront également d'indicateurs de perturbation de l'état de l'arbre, tel que mesuré par les biomarqueurs. Il s'agira ici d'explorer le potentiel de chaque biomarqueur, mesuré de manière classique ou digitale, pour refléter la résilience en s'appuyant sur des outils statistiques.

*Livrables : hiérarchisation des biomarqueurs et choix des analyses et scripts adossés*

### **Comparer les méthodes de prédiction génomique et phénotypique pour cibler au mieux la résilience**

Le·la doctorante devra identifier les modèles et les scénarios de prédiction (simple/multi-trait, simple/multi-environnement) les mieux adaptés pour prédire le potentiel de résilience des accessions des core-collections. Il·elle s'appuyera sur des analyses préliminaires visant à caractériser les composantes de variances et les corrélations entre traits et à travers les environnements. Plusieurs index de sélection multitrait seront proposés comme critères de sélection adaptés à différents contextes sanitaires selon les régions étudiées et seront testés dans les prédictions.

*Livrables : précisions de prédiction à travers les modèles et scénarios, scripts adossés*

### **Préconiser des méthodes de sélection adaptées aux objectifs de résilience**

Une proposition de schéma de sélection sera faite, visant à intégrer le phénotypage bas-intrant et les index de résilience et la prédiction génomique, avec une projection long terme pour optimiser la gestion de la population d'amélioration.

*Livrables : proposition de plusieurs schémas de sélections, fiche prospective pour la filière de sélection arboricole*

## Calendrier

Année 1 : Phénotypage intégratif des core-collections, identification des profils de résilience, analyses de prédiction génomique multienvironnement et multitrait avec données 2021-25, comparaison avec l'approche GWAS, article 1

Année 2 : Phénotypage intégratif des core-collections, analyses de profils dendrométriques et analyses de prédiction génomique multienvironnement et multitrait en intégrant les nouvelles données, articles 1 et 2

Année 3 : Élaboration de différentes méthodologies de sélection pour la résilience, consolidation des profils de résilience présents dans les collections pour le pre-breeding, écriture article 3

## Compétences développées dans la thèse

**Scientifiques et techniques** : phénotypage classique et digital, diversité génétique chez les Prunus, phytopathologie, gestion de jeux de données, statistiques fonctionnelles, génétique quantitative et méthodologie de sélection, bioinformatique

**Compétences générales** : communication orale, rédaction scientifique et vulgarisation, compréhension des enjeux filières productions végétales, gestion de projet et travail d'équipe, esprit analytique et synthétique, encadrement de personnels (stagiaires)

## Compétences recherchées chez le candidat

**Scientifiques et techniques** : de solides connaissances en génétique quantitative et méthodologie de sélection, de bonnes bases en bioinformatique, statistiques, agronomie. Les connaissances phytopathologie, en écophysiologie, et en arboriculture sont un plus. L'anglais parlé et écrit est requis.

**Plus généralement** : capacité à s'intégrer dans une équipe, curiosité/goût pour le travail de terrain et l'observation du végétal, sens de l'initiative, goût pour la communication écrite et orale, esprit de synthèse, persévérance.

## Nombreux réseaux et projet en lien avec ReGeNeR

- Réseau R2D2 INRAE sur les méthodes et impacts de la sélection génomique chez les animaux et les plantes
- Réseau Resi<sup>3</sup> financé par le métaprogramme CLIMAE : « RESeau Interdisciplinaire pour l'intégration des RESistances et des RESiliences aux stress chez les plantes pérennes » (2024-25)
- Projets Européens : HORIZON : INNOBREED (2023-28) et FRUITDIV (2024-29) – BNP Paribas : PROJET FRUIT RESCUE (2023-28)
- Casdar RésiDiv faisant intervenir les Stations expérimentales régionales, le CTIFL, et une entreprise de phénotypage digital

## Références

- Bai, X., and Plastow, G.S. (2022). Breeding for disease resilience: opportunities to manage polymicrobial challenge and improve commercial performance in the pig industry. *CABI Agric. Biosci.* **3**, 1–17.
- Berghof, T.V.L., Poppe, M., and Mulder, H.A. (2019). Opportunities to improve resilience in animal breeding programs. *Front. Genet.* **10**, 1–15.
- Bisset, S.A., and Morris, C.A. (1996). Feasibility and implications of breeding sheep for resilience to nematode challenge. *Int. J. Parasitol.* **26**, 857–868.
- Chedid, E., Avia, K., Dumas, V., Ley, L., Reibel, N., Butterlin, G., Soma, M., Lopez-Lozano, R., Baret, F., Merdinoglu, D., et al. (2023). LiDAR Is Effective in Characterizing Vine Growth and Detecting Associated Genetic Loci. *Plant Phenomics*.
- Ghaderi Zefreh, M., Doeschl-Wilson, A.B., Riggio, V., Matika, O., and Pong-Wong, R. (2023). Exploring the value of genomic predictions to simultaneously improve production potential and resilience of farmed animals. *Front. Genet.* **14**, 1–13.
- Groppi, A., Liu, S., Cornille, A., Decroocq, S., Bui, Q.T., Tricon, D., Cruaud, C., Arribat, S., Belser, C., Marande, W., et al. (2021). Population genomics of apricots unravels domestication history and adaptive events. *Nat. Commun.* **12**, 1–16.
- Holling, C.S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **4**, 1–23.
- Huang, Y., Li, D., Liu, X., and Ren, Z. (2024). Monitoring canopy SPAD based on UAV and multispectral imaging over fruit tree growth stages and species. *Front. Plant Sci.* **15**.
- Lamacque, L., Charrier, G., dos Santos Farnese, F., Lemaire, B., Améglie, T., and Herbette, S. (2020). Drought-induced mortality: Branch diameter variation reveals a point of no recovery in lavender species. *Plant*

Physiol. 183, 1638–1649.

- Lloret, F., Keeling, E.G., and Sala, A. (2011). Components of tree resilience: Effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos* 120, 1909–1920.
- Meher, P.K., Rustgi, S., and Kumar, A. (2022). Performance of Bayesian and BLUP alphabets for genomic prediction: analysis, comparison and results. *Heredity (Edinb)*. 128, 519–530.
- Mora, O., Berne, J., Drouet, J., Mouël, C.L., Meunier, C., and Forslund, A. (2023). European Chemical Pesticide-Free Agriculture in 2050.
- Nel, C.L., Van Der Werf, J.H.J., Rauw, W.M., and Cloete, S.W.P. (2023). Challenges and strategies for genetic selection of sheep better adapted to harsh environments. *Anim. Front.* 13, 43–52.
- de Oliveira, A.A., Resende, M.F.R., Ferrão, L.F.V., Amadeu, R.R., Guimarães, L.J.M., Guimarães, C.T., Pastina, M.M., and Margarido, G.R.A. (2020). Genomic prediction applied to multiple traits and environments in second season maize hybrids. *Heredity (Edinb)*. 125, 60–72.
- Guillaume Roch, Jean Marc Audergon, Thierry T. Candresse, Véronique Decroocq, David Tricon, et al.. "Aramis®" strategy: a durable manner to develop a sharka resistant apricot cultivar. 16. International Symposium on Apricot Breeding and Culture, International Society for Horticultural Science (ISHS). INT., Jun 2015, Shenyang, China. 298 p. (hal-02744190)
- Robert, P., Brault, C., Rincet, R., & Segura, V. (2022). Phenomic selection: A new and efficient alternative to genomic selection. *Genomic prediction of complex traits: Methods and protocols*, 397-420.
- Roth, M., Beugnot, A., Mary-Huard, T., Moreau, L., Charcosset, A., and Fiévet, J.B. (2022). Improving genomic predictions with inbreeding and nonadditive effects in two admixed maize hybrid populations in single and multienvironment contexts. *Genetics* iyac018.
- Serrie, M., Ribeyre, F., Brun, L., Audergon, J.-M., Quilot, B., and Roth, M. (2024). Dare to be resilient: the key to future pesticide-free orchards? *J. Exp. Bot.*
- Villiers, K., Voss-Fels, K.P., Dinglasan, E., Jacobs, B., Hickey, L., and Hayes, B.J. (2024). Evolutionary computing to assemble standing genetic diversity and achieve long-term genetic gain. *Plant Genome* 17, 1–18.
- Werner, C., Gaynor, R.C., Sargent, D., Lillo, A., Gorjanc, G., and Hickey, J. (2020). Genomic selection strategies for clonally propagated crops.
- Zarco-Tejada, P.J., Diaz-Varela, R., Angileri, V., and Loudjani, P. (2014). Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. *Eur. J. Agron.*