



**HAL**  
open science

# PROJET CASDAR : Caractérisation des Ressources Génétiques Prunus pour les stress Biotiques et Abiotiques

Bénédicte Quilot-Turion

► **To cite this version:**

Bénédicte Quilot-Turion. PROJET CASDAR : Caractérisation des Ressources Génétiques Prunus pour les stress Biotiques et Abiotiques. inrae. 2022. hal-04172261

**HAL Id: hal-04172261**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04172261v1>**

Submitted on 27 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

# Rapport Final

---

## PROJET CASDAR : Caractérisation des Ressources Génétiques Prunus pour les stress Biotiques et Abiotiques

Acronyme : **CaRessPrunus**

### Participants :

- **INRAE**
  - **Centre de recherche PACA**
    - Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes (UR1052)
      - Bénédicte QUILOT-TURION - Christophe TUERO - Véronique SIGNORET - Naïma DLALAH
      - Jean-Marc AUDERGON - Alain BLANC - Jean LEONETTI - Eric MARTIN
    - UERI Gotheron
      - Laurent BRUN - Freddy COMBE
      - Avec l'appui scientifique ECODEV
        - Claire LAMINE
  - **Centre de Bordeaux Nouvelle Aquitaine**
    - BFP - A3C
      - Elisabeth DIRLEWANGER - José QUERO-GARCIA - Teresa BARENECHE
    - UE Arboricole - CRB Prunus
      - Marie-Laure GREIL - Marine DELMAS
- **CEP Innovation**
  - Elina GRILLET - David RAY - Christelle Pitiot - Guy CLAUZEL - Guillaume ROCH

# Rapport Final

---

## PROJET CASDAR : Caractérisation des Ressources Génétiques Prunus pour les stress Biotiques et Abiotiques

Acronyme : **CaResPrunus**

---

**MOTS CLES** (5 au maximum) : Pêcher – Cerisier – Abricotier – Phénologie – Bioagresseurs

---

### 1. CONTEXTE

L'arboriculture française<sup>1</sup> est en crise<sup>2</sup> et l'analyse du secteur fait apparaître des facteurs de fragilité structuraux : balkanisation des modèles, visions spécialisées et compartimentées qui n'intègrent pas l'organisation des exploitations et la durabilité des modèles socio-économiques sous-jacents. Les professionnels s'accordent aujourd'hui à considérer que le maintien et le devenir de la filière sera lié au renforcement de la compétitivité du secteur, et notamment à l'aptitude de la filière à intégrer des acquis de la recherche<sup>3</sup>. D'ores et déjà des efforts considérables ont été déployés dans le cadre du programme Ecophyto pour maximiser le transfert de ces acquis via les itinéraires techniques de production pour les amener sur des chemins d'impact avec des résultats très probants. Mais dans un contexte mondialisé, la vulnérabilité des cultures pérennes aux **changements climatiques**, et aux **bioagresseurs** impose de prendre en compte ces nouveaux facteurs de risques non intégrés dans les variétés actuellement déployées et qui seuls permettront d'adresser les enjeux de durabilité économique, environnementale et sociale attendus.

### 2. PROJET

Le projet **CaResPrunus** qui porte sur les *Prunus* cultivés (pêcher, cerisier et abricotier), adresse ces questions en les abordant sous l'angle génétique qui complète les approches aujourd'hui prise en compte dans les programmes Ecophyto Déphy et Fermes. Il vise la caractérisation des **ressources génétiques** disponibles pour les stress abiotiques (en lien avec les perspectives de changement climatique) et pour les stress biotiques (hors maladies de quarantaine déjà travaillées par ailleurs). Cette caractérisation 'multi-traités' des ressources génétiques s'inscrit dans une démarche à moyen terme de caractérisation des ressources disponibles et à long terme d'optimisation des programmes d'amélioration et de sélection des arbres fruitiers pour des écosystèmes résilients. Elle intègre aussi un enjeu du plan SPAD2 destiné à objectiver l'émergence d'une VATE<sup>4</sup> chez les espèces fruitières.

Le projet CaResPrunus est structuré en 4 actions complémentaires (Figure O.1) destinées :

- à identifier, avec les acteurs de la filière, les enjeux liés aux caractères ciblés (indicateurs, priorisation, méthodologie de caractérisation) – (Action 1),
- à caractériser les traits liés aux stress abiotiques (Action 2), avec une cible prioritaire la phénologie (dormance, floraison, maturité, sénescence) comprenant tout d'abord une caractérisation de traits identifiés comme importants suite à l'action 1 et une analyse plus fine de la dormance déjà initiée sur un sous-ensemble du matériel étudié dans ce projet (notamment sur le cerisier comme espèce modèle),

---

<sup>1</sup> 1% de la SAU, 4% des exploitations agricoles, 5% de la valeur agricole, 21% de l'emploi agricole, 30% des emplois saisonniers (Hochard 2014),

<sup>2</sup> réduction de 33% des surfaces cultivées en 20 ans (200 000 ha à 134 000 ha), de 15% de la production, d'une réduction du nombre d'exploitations, et d'une intensification de la production (sources SCEES 2010)

<sup>3</sup> ESCo Fruits & Légumes 2010 – EUFRIN 2011 - GEFEL 2012 – GIS Fruits 2012 - FAO 2014 - Hochard 2014

<sup>4</sup> VATE : Valeur Agronomique Technologique et Environnementale

- à caractériser les traits liés aux stress biotiques (Action 3) (hors maladies de quarantaine travaillées par ailleurs), avec deux approches complémentaires :
  - o une approche ciblée sur les traits précisément identifiés dans l'action 1,
  - o et une approche plus intégratrice destinée à évaluer le comportement de matériels sous faibles intrants phytosanitaires afin d'appréhender les risques spécifiquement induits par la réduction drastique de la protection phytosanitaire dans le cadre de dispositifs expérimentaux mis en place dans le cadre du projet,
- à profiter des données de marquage moléculaire disponibles pour identifier les déterminants génétiques et moléculaires des traits associés (Action 4).

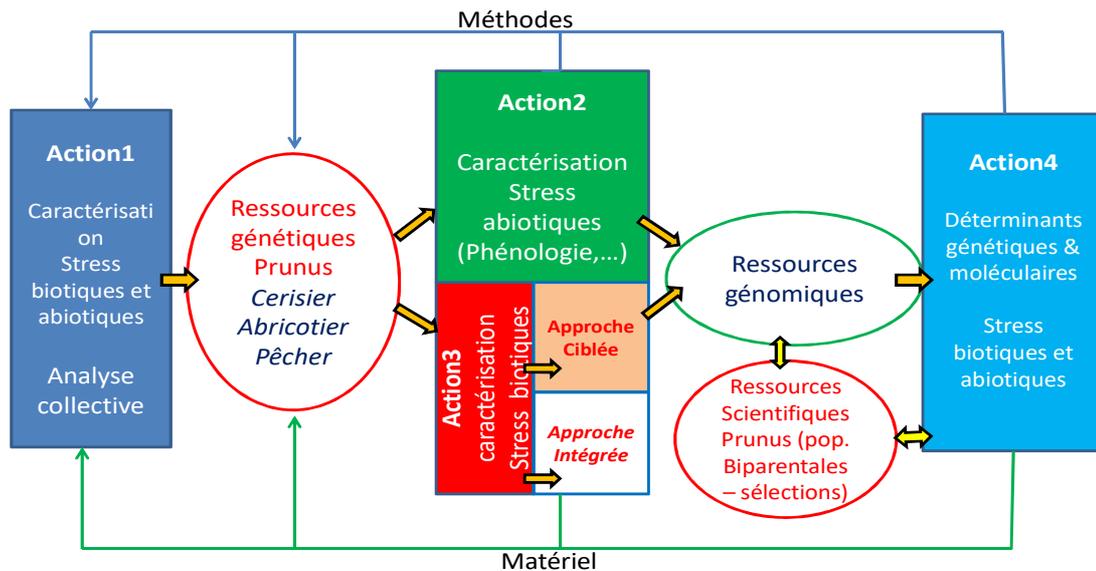


Figure O.1 – Structuration générale du projet *CaResPrunus*

Il a reposé sur la participation de 5 partenaires

- Les unités de recherche
  - o INRAE GAFL en charge des programmes Pêcher et Abricotier
  - o INRAE UMR BFP équipe A3C en charge du programme cerisier
  - o INRAE ECODEV en appui de la démarche multi-acteur déployée pour mettre en œuvre l'action 1
- Les unités expérimentales
  - o INRAE UE Arboricole de Toulence en charge du Centre de Ressources Biologiques Prunus
  - o INRAE UERI de Gotheron en charge du développement de la méthodologie d'évaluation des variétés sous faibles niveaux d'intrants phytosanitaires
- CEP Innovation en charge de la préparation des dispositifs d'évaluation sous faibles intrants phytosanitaires, et ensuite de la mobilisation des résultats dans le cadre du programme de breeding déployé sous convention INRAE-CEP innovation.

Il s'appuie sur les ressources génétiques maintenues dans le cadre du CRB Prunus sur 2 sites expérimentaux : les sites de Toulence et Bourran (Nouvelle Aquitaine) pour les espèces cerisier et pêcher et le site d'Avignon-Bellegarde (PACA-Occitanie) pour les espèces abricotier et pêcher. Un bilan des ressources génétiques mobilisées est présenté dans le tableau O.I.

Tableau 0.1 – Ressources génétiques et génomiques mobilisées par le projet CaResPrunus

Espèce	Site	Collection RG		Core-collection	Nb accessions génotypés
		Nb accessions	Surfaces	Nb accessions	
Pêcher	Avignon	110	0,5ha	150	110 (puce 9k)
	Toulon	592	2ha		240 (puce 9k)
Cerisier	Bourran	495	2,5ha	160	200 (puce6k)
Abricotier	Avignon	653	3ha	150	96 (séquençage illumina)

### 3. RESULTATS

#### Action 1 – Caractérisation des Stress Biotiques et Abiotiques – Analyse collective

Contexte

Au cours du projet *Prunus* (Lamine et al, 2015, 2016), une approche participative multi-acteurs réunissant en Région Auvergne-Rhône-Alpes des producteurs, des techniciens de développement et d'expérimentation, et des chercheurs a permis de partager une analyse socio-historique portant sur l'évolution des productions fruitières en Rhône-Alpes, puis ensuite d'analyser collectivement les enjeux portés par la filière abricot. Au terme de la démarche, les caractères d'intérêt pour la **filiale abricot en Rhône-Alpes** ont été précisés, et leur importance relative dans des circuits de commercialisation longue distance (conventionnels) pour des variétés à maturité précoce ou à maturité tardive ont été définis par comparaison avec les attendus pour des variétés destinés à des circuits courts de commercialisation.

Le choix du test de ces hypothèses (circuit long vs circuit court) avait été discuté avec les participants aux ateliers afin de cerner le poids relatif de facteurs aujourd'hui déterminants dans la commercialisation des fruits d'été en intégrant le fait que des variétés à maturité précoce interceptent moins de contraintes biotiques et abiotiques que des variétés à maturité tardive.

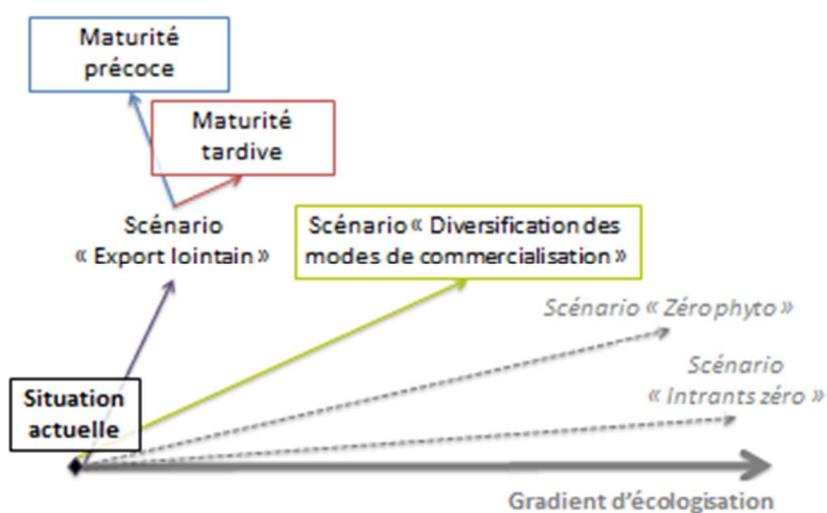


Figure I.1 - Scénarios étudiés dans le cadre du projet Prunus

Tableau I.1 - Critères consensus retenus pour caractériser le comportement des variétés d'abricotier dans le cadre des ateliers de co-conception (Projet Prunus)

Critère	
Arbre	Vitesse de mise à fruit
	Productivité
	Longévité
	Régularité de production
	PG compatibilité greffage
	Port
	Résistance bioagresseurs
	Aptitude culture bas-intrants
Fleurs	Fertilité
	Floribondité
	Anomalies
Fruits	Couleur
	Régularité calibre
	Texture
	Arômes
	Jutosité
	Propriétés nutritionnelles
	Fermeté
	Saveur (sucre/acide)
	Conservation
	Non-climactérique
	Sensibilité manipulation

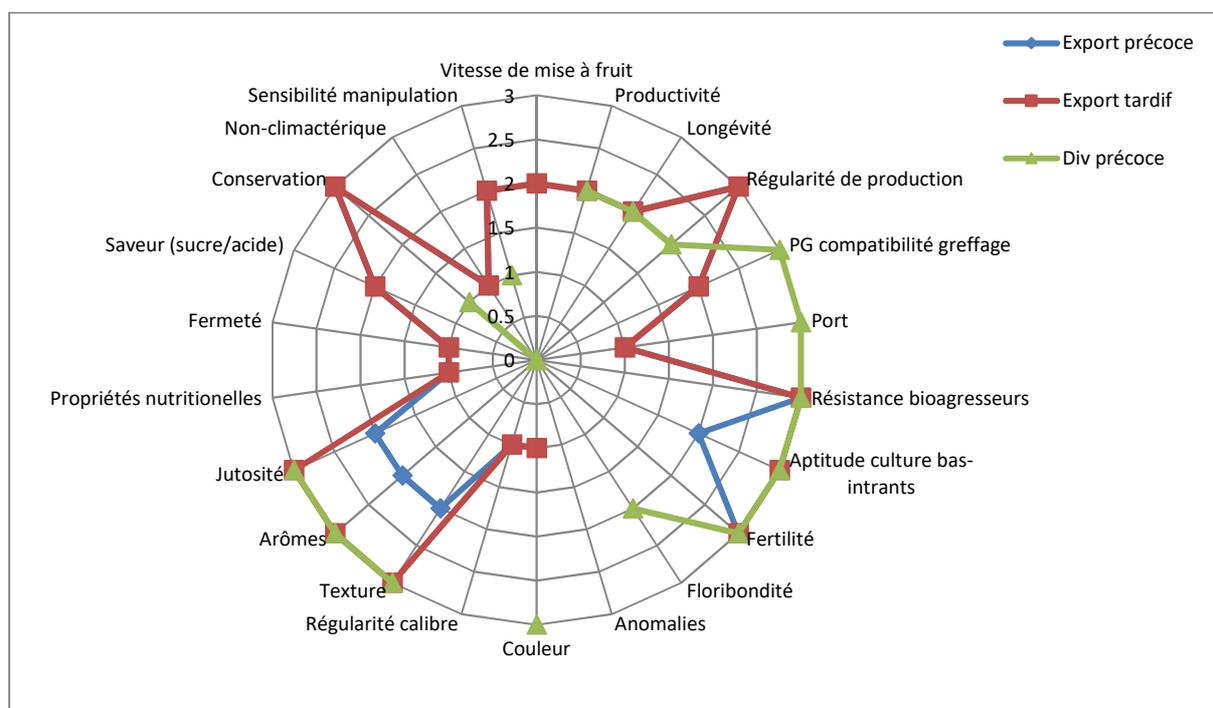


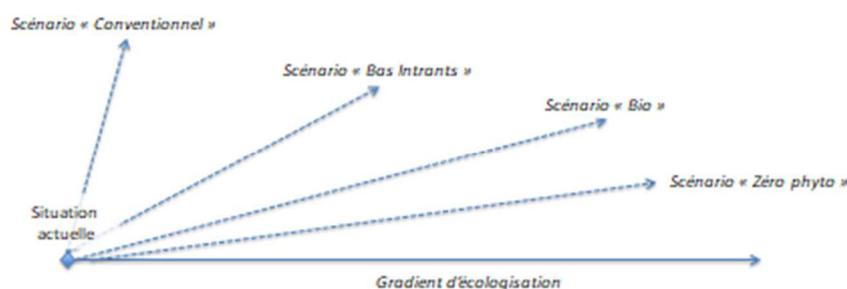
Figure I.2 - Idéotypes cultureux résultant de la pondération relative des critères choisis en fonction des scénarios (Projet Prunus)

Les principaux acquis synthétisés dans le tableau I.1 et les Figures I.1 et I.2. traduisent le fait que le pool des caractères observés reste stable quel que soit le scénario, mais les scénarios se différencient par des pondérations de traits différentes (à titre d'exemple : la qualité des fruits est moins importante pour des variétés précoces qu'elle ne l'est pour des variétés tardives dans un système conventionnel mais elle est majeure pour un circuit court et la sensibilité aux bioagresseurs est plus prégnante en circuit court et pour les variétés tardives en circuit conventionnel pour des raisons sommes-toutes différentes et complémentaires, faibles résidus phytosanitaires attendus en circuits courts et obligation de minimiser les pertes post-récoltes en circuit conventionnel).

Dans le cadre du projet **CaRessPrunus** cette approche a été complétée déclinée au cours de 2 séquences indépendantes et complémentaires.

- Lors d'une **première séquence** nous avons proposé un atelier de travail collectif « **Idéotypage abricotier** » dans le cadre d'une journée technique de la **Commission sanitaire de la SEFRA**, le 31 Janvier 2018. La commission réunissait les techniciens d'expérimentations SEFRA, GRAB-ITAB et Chambre d'Agriculture, les techniciens d'OP et des producteurs représentatifs de la Région Rhône-Alpes.
  - o Après avoir présenté les éléments de contexte, nous avons invité les experts à identifier les traits les plus importants pour les producteurs à l'échelle régionale puis à procéder à leur hiérarchisation selon 4 scénarios d'écologisation contrastés en production et en sélection : un scénario ancré sur un système de Production Fruitière Intégrée (PFI) (Figure I.3), un scénario répondant à une stratégie de faibles intrants phytosanitaires, un scénario déployé dans le cadre d'une production en Agriculture Biologique (AB) et un scénario visant Zéro Résidus de pesticides à la récolte. Chaque scénario a été confié à un atelier particulier et les participants se sont positionnés librement dans l'atelier de leur choix.

#### Dans une approche de sélection



#### Dans une approche de production

Figure I.3 - Scénarios d'écologisation des vergers étudiés pour l'abricotier en Rhône-Alpes

- o Les résultats issus de cette séance de travail collectifs ont montré :
  - Qu'il était compliqué pour des techniciens, pourtant avertis de l'exercice et experts de la culture, de gérer simultanément un positionnement d'appui à la sélection et à la production, nous avons donc été conduits à supprimer le scénario qui ciblait le Zéro résidus, pour concentrer la discussion sur les scénarios autour des systèmes PFI, Faibles intrants et AB qui, de manière prospective, portaient les mêmes exigences (même si leur positionnement dans le temps et donc l'aptitude à la transition restait sous cette hypothèse hors du jeu)

- Une convergence des traits d'intérêt entre acteurs de la filière quel que soit leur positionnement et quel que soit les scénarios (Annexe I - tableau I)
- Des signatures (profils de traits) clairement dépendant des scénarios (Figure I.4) avec des exigences communes (qualité, productivité, résistance à la sharka à l'ECA et la bactériose) et d'autres spécifiques (regroupement de la récolte, qualité gustative précoce, sensibilité épidermique pour le PFI, sensibilité au monilia en faibles intrants et AB), sensibilité à la rouille en AB)

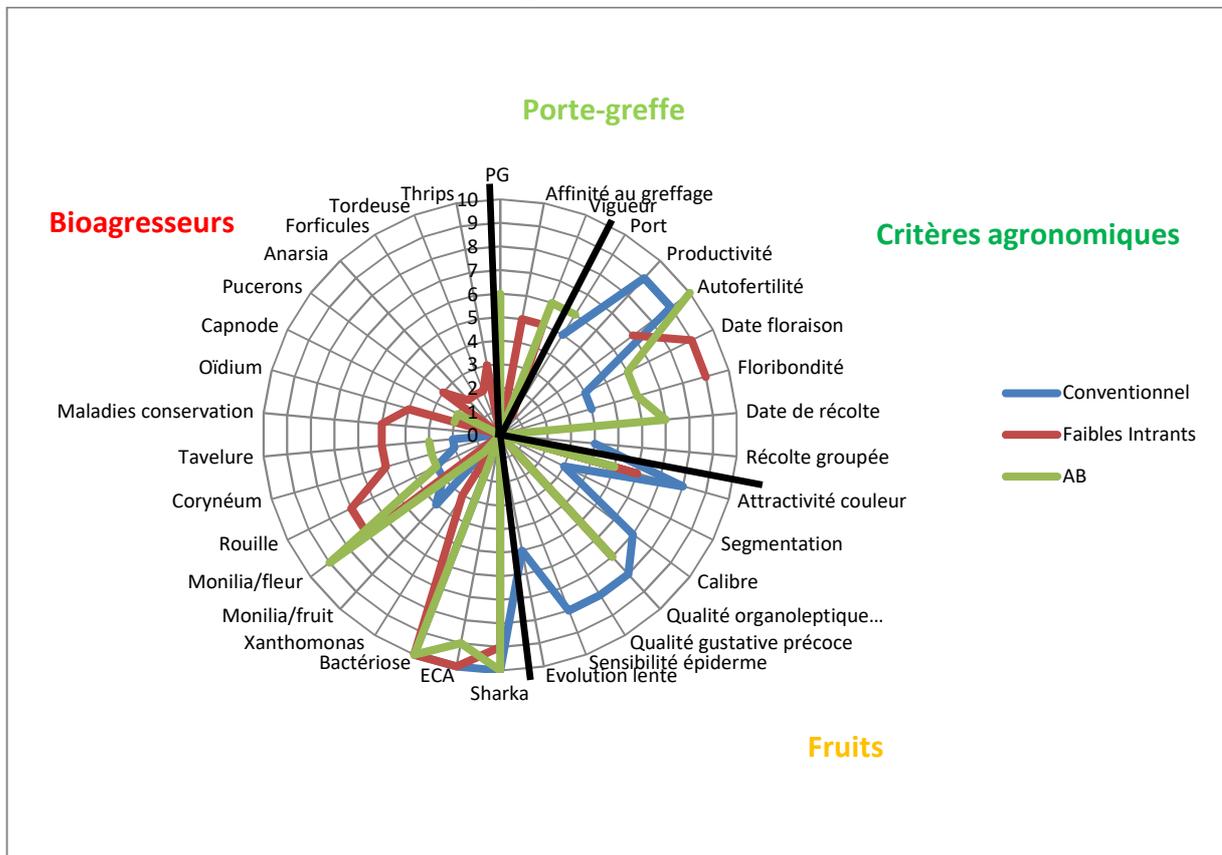
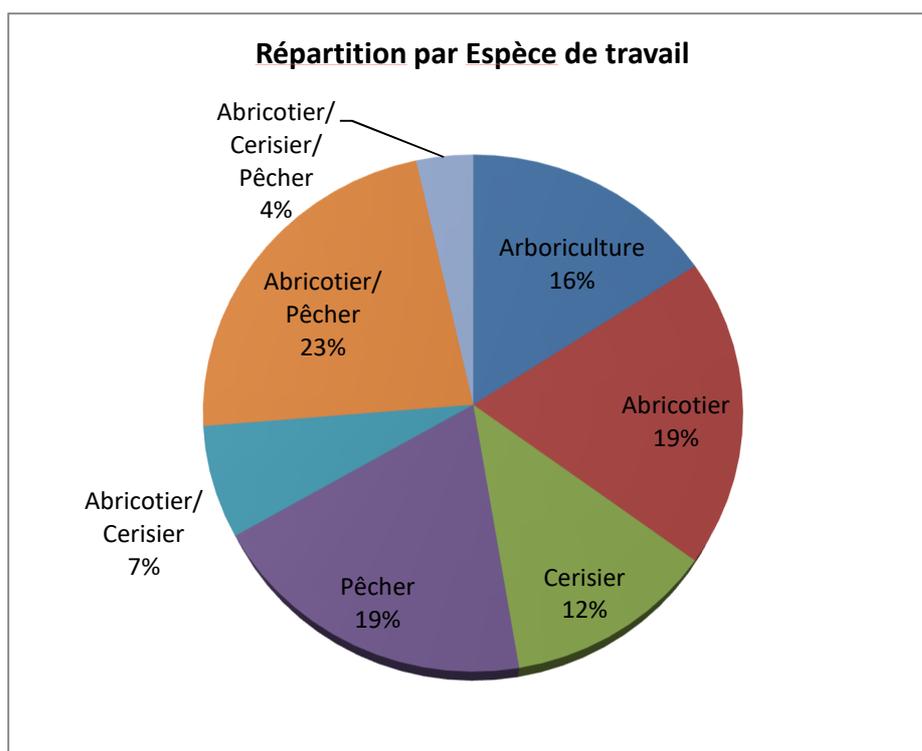


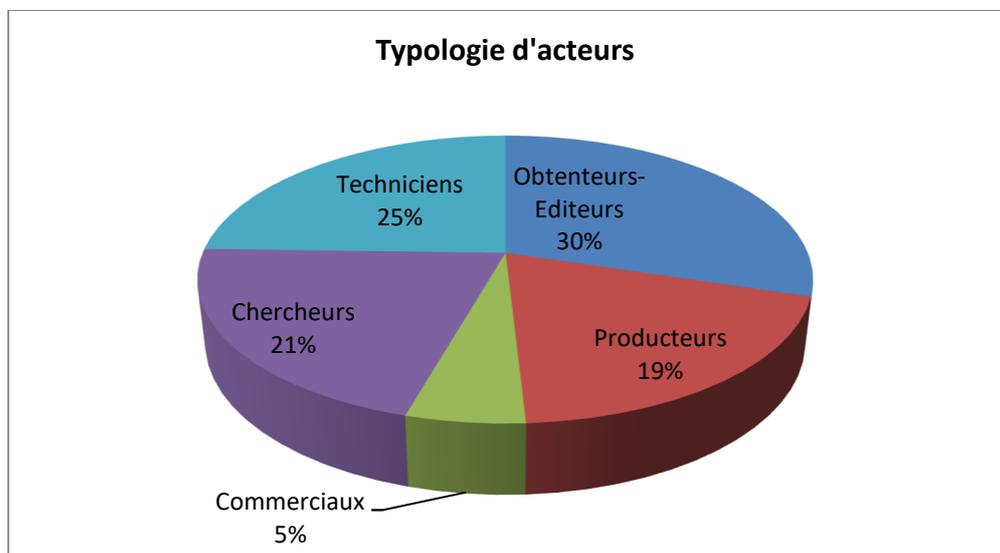
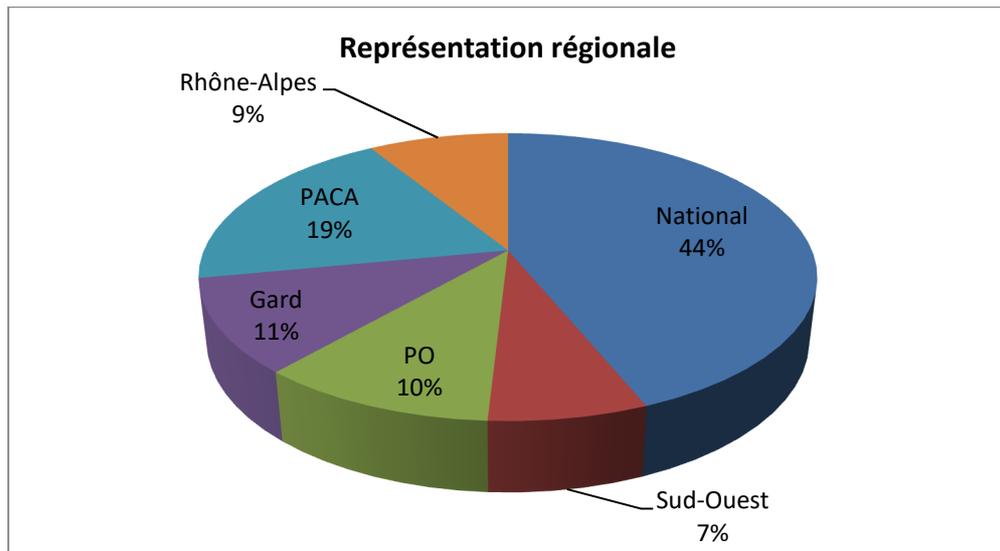
Figure I.4 - Abricotier Rhône-Alpes - Idéotypes culturaux attendus selon 3 scénarios d'écologisation des pratiques (PFI, Faibles Intrants phytosanitaires, AB)

- Des transferts recherche - développement intégrés par les acteurs de la filière plus rapides que la vitesse effective de prise en compte par Breeding dans les variétés nouvelles. A titre d'exemple, les techniciens et les professionnels considèrent qu'à partir du moment où la résistance à la sharka est aujourd'hui contrôlable génétiquement chez l'abricotier, elle doit faire partie d'un paquet de base requis dans les variétés mises à disposition des professionnels. Cette attitude pointe le besoin d'une communication dédiée aux modalités de transfert en direction des techniciens et des obtenteurs - éditeurs afin d'une part d'assurer objectivement les transferts de méthodes de caractérisation en direction des Utilisateurs (techniciens et Obtenteurs-Editeurs) et d'autre part bien informer sur les délais de mise à disposition du matériel intégrant les caractères attendus en fonction des temps de sélection.
- D'un idéotypage culturel à un idéotype variétal, les acquis récents issus des travaux conduits dans le cadre des programmes EcoPhyto notamment Déphy, traduisent les capacités d'adaptation des itinéraires techniques de production, leur interaction avec les éléments d'idéotypage culturaux portent pour une grande partie sur la productivité et sur

la régularité de production, l'ensemble des autres traits reposant sur les caractéristiques variétales des accessions.

- Lors d'une **deuxième séquence** préparée avec les partenaires des **filières abricot, cerise et pêche à l'échelle nationale**, (techniciens d'expérimentation, et AOP)
  - o Nous avons établi une mailing list regroupant les acteurs nationaux significatifs. Notre choix s'était porté sur l'ensemble des acteurs impliqués dans la création et l'évaluation du matériel fruitier (techniciens du Ctifl, des Stations Régionales, du GRAB, de l'ITAB), les Obtenteurs français, les Editeurs, les représentants professionnels (issus des différentes AOP), les pépiniéristes (CEP), les gestionnaires des réseaux Ecophyto ferme, les partenaires du réseau Déphy Ecophyto et les techniciens et chercheurs INRA qui possèdent une expertise reconnue des espèces travaillées.
  - o Nous avons réunis 57 personnes le 23 Janvier 2019 au CTIFL Centre de Balandran au printemps pour une journée de travail collectif où, à dire d'experts filière, nous pouvons estimer que la plupart des acteurs du développement étaient présents ou représentés, ainsi que l'ensemble des Editeurs - Obtenteurs et dans une moindre mesure des représentants des producteurs aux sensibilités différentes et issus des 3 grandes Régions de production pour les 3 espèces considérées. Les figures I.5abc délivrent une représentation synthétique des acteurs présents au séminaire.





*Figures 1.5abc - Représentation synthétique des acteurs ayant participé au séminaire (a - selon leur espèce de travail, b - selon leur origine géographique, c - selon leur activité professionnelle)*

- Après leur avoir présenté la démarche de travail et l'approche mobilisée, les participants ont été répartis en fonction de leurs centres d'intérêt en 9 ateliers (4 ateliers pêcheur, 3 abricotier, 2 cerisier) en veillant à la mixité des familles professionnelles au sein de chaque atelier (chercheurs, techniciens, éditeurs, obtenteurs et producteurs de différentes régions et inscrits dans des systèmes de production diversifiés.
  - La première séquence de travail a été consacrée à l'identification des caractères d'intérêt pour les différents acteurs, elle a été suivie d'une phase de mise en commun et de discussion.
  - La deuxième séquence de travail a été consacrée à la hiérarchisation des caractères au sein des ateliers en fonction de 4 scénarios d'écologisation des vergers (PFI, Faibles intrants, Zéro résidus et AB).

- Les résultats issus de ces séances de travail (Annexe I - Fichiers I.1, I.2, I.3) ont permis
  - d'élargir la vision globale des caractères d'intérêt agronomiques actuels et prospectifs au sein de chaque filière produit. Les synthèses par espèces ont ainsi permis de recenser 82 caractères d'intérêt chez abricotier 75 chez le cerisier et 108 chez le pêcher (Tableau I.2).

Tableau I. - Nombre de caractères d'intérêt recensé par espèce chez la variété et le porte-greffe

Nb de caractères recensés	Abricotier	Cerisier	Pêcher
Variété	68	52	77
Porte-greffe	14	23	31

- d'illustrer et de traduire la complexité des représentations et des attentes filières autour des idéotypes cultureux (Figure I.5). Les attendus sont multiples et complexes, pas toujours faciles à appréhender de manière objective, et intègrent des signaux à bas bruits, comme l'impact des résidus à la récolte, qui requièrent aujourd'hui une attention particulièrement soutenue.

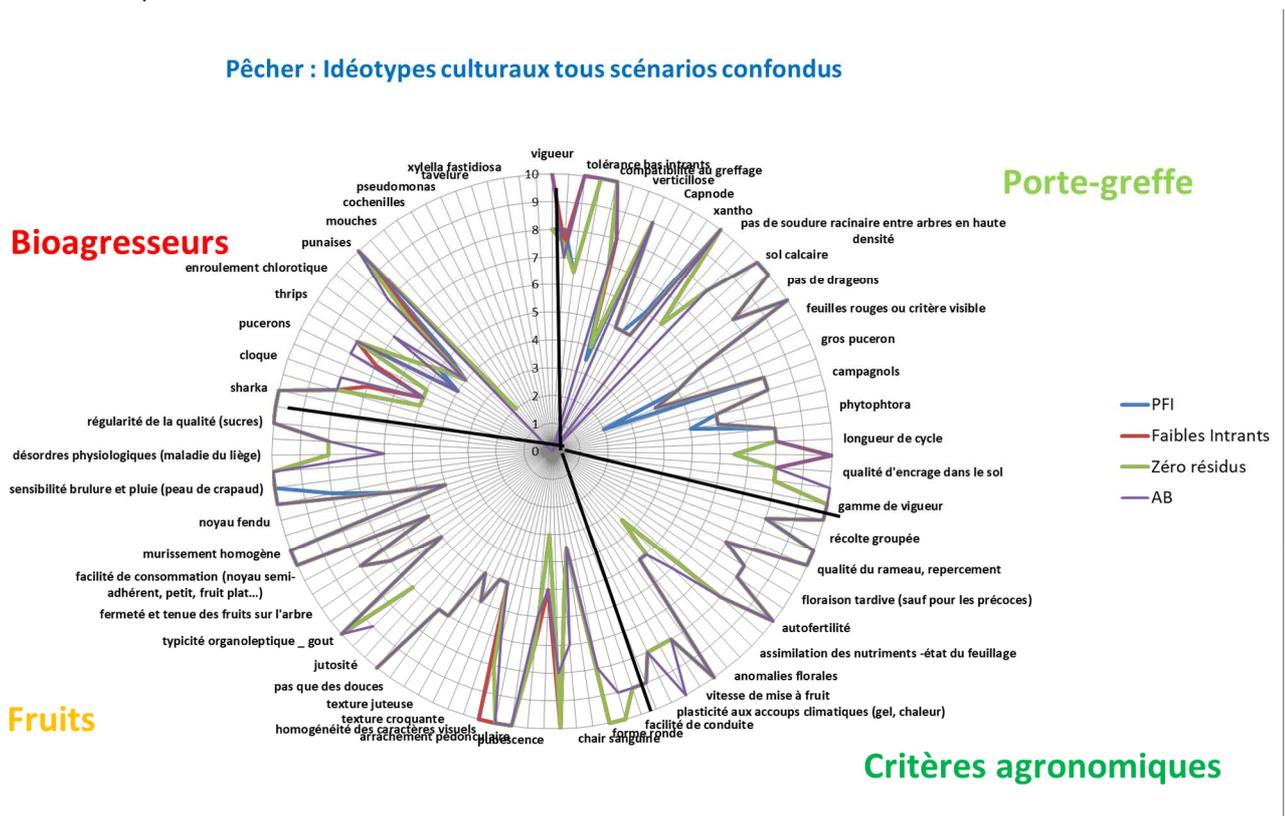


Figure I.6 - Illustration des Idéotypes cultureux attendus chez le pêcher selon les 4 scénarios d'écologisation proposés.

(Pour chacun des critères retenus par les participants, leur importance relative est exprimée sur une échelle de 0 à 10)

- de produire et mettre en débat les caractères d'intérêt entre acteurs de la filière qui jusqu'alors les prenaient en compte de manière indépendante.
- Les résultats n'ont malheureusement pas permis d'aboutir à la déclinaison synthétique et pratique d'idéotypes variétaux car, à l'issue des ateliers, nous avons demandé un retour

individualisé des éléments de priorisation afin de simplifier et objectiver les critères. Or l'enquête, relancée 3 fois et élargie à l'ensemble des professionnels recensés, n'a permis d'obtenir qu'une dizaine de retours, empêchant la mise en œuvre d'analyses complètes des jeux de données dans leur diversité. On regrettera ne n'avoir pu aller plus avant, tout en constatant a posteriori qu'une possibilité eut été de dédier un stagiaire à la collecte individualisée de ces informations afin de poursuivre la démarche pour extraire des caractères observés les éléments susceptibles d'être pris en compte par les techniques culturales et ceux attendus de manière constitutive dans la variété.

- Discussion

- Notre ambition était d'associer l'ensemble des acteurs impliqués dans l'élaboration, l'évaluation du matériel végétal et/ou dans l'évaluation des systèmes de culture afin de les amener à partager une (des) vision(s) stratégique(s) sur l'évolution de la culture en partageant leurs expertises.
- Les discussions conduites sur l'abricotier à l'échelle régionale en Rhône-Alpes ont parfaitement répondu aux attentes, et elles ont été confortées par les ateliers de co-construction nationaux au CTIFL de Balandran. Elles permettent aujourd'hui, en adossement sur les résultats des projets Dephy Expé Capred et Mirad, de faire la part des leviers agrotechniques, des leviers génétiques, et donc de prioriser les traits dont les seuls leviers restent du domaine génétique, pour autant que de la diversité existe. Le cas notamment de l'Enroulement Chlorotique de l'Abricotier (maladie à phytoplasme) reste complexe car les leviers agrotechniques mobilisés sont inopérant, nous ne possédons pas de source de résistance (tolérance) génétique à disposition, or la réglementation phytosanitaire devrait rendre compliquée la prévention des risques par traitement des vecteurs...
- Les acteurs ont parfaitement joué le jeu des ateliers et les discussions ont été extrêmement riches. Il pourra être intéressant de conforter l'état d'esprit de ces rencontres car il n'existe pas aujourd'hui d'arène permettant de tels niveaux d'échanges. Les échanges engagés sur pêcher et cerisier ont permis d'initier le parcours de partage des enjeux. Ce parcours collectif s'il s'avère plus simple avec ces deux espèces en raison de potentiels adaptatifs plus larges que chez l'abricotier, le fait d'agréger des expertises reconnues s'est avéré très riche et devra être entretenu car il amène l'ensemble des acteurs des filières à des réflexions et positionnements stratégiques d'intérêt majeur.
- Sans attendre une généralité des résultats, les approches ont permis de porter un regard convergent sur 3 espèces proches et de mesurer la distance entre elles et notamment de mieux cerner les priorités des unes et des autres. On perçoit notamment que les priorités sont liées aux points de verrouillage en lien avec à la biologie et à la physiologie propres à chacune des espèces. A titre d'exemple si l'Enroulement Chlorotique est le point chaud pour l'abricotier, *Drosophyla suzuki* reste la pierre d'achoppement du cerisier et le monilia sur fruit celle du pêcher en circuit conventionnel. Mais on perçoit aussi que de telles arènes d'échange permettent de relativiser des perceptions immédiates portées dans l'urgence par les professionnels et les techniciens de développement, de problématiques de fond portées par la recherche, dont le poids relatif des dimensions agroécologiques et climatiques.

- Éléments de synthèse et points saillants

- Apports méthodologiques - sur la conduite des ateliers de co-construction et d'idéotypage

Les 3 initiatives ont fait appel à des organisations et des acteurs différents, il était donc intéressant d'évaluer l'intérêt relatif des différentes modalités testées.

- Acteurs impliqués et constitution des groupes :
  - Constitution des groupes : Le fait de mettre ensemble des acteurs issus de positionnements filière différents (production, conseil, expérimentation, recherche,...) a clairement été un point fort qui a renforcé la plus-value en favorisant des échanges destinés à éclairer et expliciter les propositions, et à mettre en perspective des visions globales partagées.
  - Modalité d'assignation des participants dans les groupes et scénarisation : 2 configurations ont été testées
    - Tous les groupes travaillent tous les scénarios proposés, l'approche est intéressante mais elle requiert une période de partage d'un socle commun préalable afin que chacun accepte les positions des autres, et de cette manière accepte de regarder avec bienveillance les propositions. Cette position a été adoptée dans le cadre du projet Prunus et dans le cadre du séminaire, mais il est impératif d'aménager un temps collectif relativement long d'analyse rétrospective préalable.
    - Les groupes travaillent le scénario qui leur semble le plus pertinent ou ils se sentent le plus à l'aise, cette approche maximise l'effet expertise et sous réserve d'avoir des groupes équilibrés couvrant bien les différents éléments de scénarisation attendus, elle permet de délivrer une image contrastée des scénarios. Cette approche a été mobilisée très efficacement sur abricotier avec la commission phytosanitaire. Elle est adaptée à une discussion sans travail préalable, mais elle risque de rester verrouillée sur des acquis et laisse peu de place aux signaux à bas bruits.
  - Taille des groupes : des groupes de 5 à 10 personnes permettent des échanges constructifs, ils requièrent néanmoins la présence de modérateurs qui vont distribuer la parole et veiller à ce que tous puissent s'exprimer et d'une personne qui va collecter et synthétiser les propos du groupe (secrétaire).
- Questions posées et scénarios testés :
  - Ne pas négliger le temps préalable à la mise en place des ateliers. Il est impératif que les participants aient bien compris l'enjeu et la (ou les) question(s) posées afin que la discussion puisse ensuite être engagée sur des bases claires.
  - L'approche est mobilisable pour tester différents scénarios, ils auront un support professionnels que si et seulement si ils rencontrent des problématiques qui les interrogent... Le temps de leur définition et le temps de partage préalable aux travaux en ateliers ne doivent être minimisés.
- Partage des informations, harmonisation et simplification des jeux de données
  - Même si des ateliers sont constitués autour de modérateurs choisis, il est indispensable de prévoir un temps d'harmonisation des travaux issus des ateliers avec les modérateurs, et, selon la configuration un temps de restitution collectif. Ce temps ne doit pas être négligé.

- C'est aussi un moment très important destiné à partager les regards des différents ateliers donc à accroître la diversité et la pluralité des visions, c'est de cette diversité que vont sortir les signaux à bas bruits...
- Mise à l'épreuve des scénarios
  - Nous nous sommes interrogés sur la mise à l'épreuve statistique des résultats issus des démarches de scénarisation, et donc sur la robustesse des informations recueillies. Potentiellement nous pourrions mobiliser les données individualisées des participants, mais elles résultent d'un travail collectif et ce sont les données des ateliers qui représentent de fait l'unité de référence. La comparaison des ateliers est effectivement possible, mais nous nous trouvons rapidement verrouillés par les participants qui en fait ne sont pas si nombreux sur nos filières, il faut en être conscient...
  - Un point important doit être souligné, au-delà de la lecture de priorisations collectives, c'est la diversité des réponses qu'il faut absolument ne pas perdre...
- Apports scientifiques et techniques
  - D'une vision ciblée à une approche intégrée : longtemps cantonné à des contributions destinées à résoudre des questions ponctuelles, la démarche de co-construction engagée permet à chacun des acteurs, dont les acteurs de la recherche, de partager une vision globale et les arbres de décision portés par les professionnels
  - D'un idéotype culturel à la construction d'idéotypes variétaux :
    - les démarches engagées ont permis aux chercheurs et aux techniciens d'acquérir et valider des éléments d'une approche intégrée multicaractères que les producteurs vivent dans leur décisions au jour le jour. Elles contribuent à assoir des éléments de priorisation sur la réalité des cultures.
    - La mise en relation des éléments de priorisation, des connaissances génétiques et des possibilités de résolution par l'intermédiaire de pratiques appropriées (cf travaux Déphy Ecophyto) fournit les clés d'une approche globale multicaractères destinée à gérer durablement
- Apports logistiques
  - La mise en œuvre des ateliers de co-construction n'est pas simple et quelques éléments doivent être présents à l'esprit
    - La présence des producteurs n'est possible qu'en phase hivernale, il est très compliqué de les mobiliser en période de végétation
    - Le couplage à des réunions existantes est intéressant sous réserve que les choses aient été préparées à l'amont et qu'il y ait une cohérence avec le sujet traité par ailleurs,
  - L'intérêt des ateliers réside fortement dans la constitution d'une vision partagée, il faut laisser le temps de la discussion et aménager des moments de convivialité qui permettent ces échanges de manière informelle autour de sujets qui diffèrent sensiblement de ceux traités par ailleurs qui généralement ciblent les urgences.

- Analyse synthétique de la démarche d'idéotypage (SWOT)

<p><b>Forces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégration des acteurs représentatifs des filières (vision globale)</li> <li>- Rencontre et partage d'enjeux entre les acteurs filières au cœur des réflexions collectives Ecophyto (Ferme-Dephy) et évaluateurs de matériel végétal</li> <li>- Caractérisation relative des idéotypes culturels et variétaux</li> <li>- Identification croisée et partagée des priorités</li> <li>- Constitution d'une vision stratégique et identification de priorités</li> <li>-</li> </ul>	<p><b>Opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Partage d'enjeux prospectifs,</li> <li>- Ouverture de champs de discussion et de perspectives de collaboration alors que la situation présente est plus individualisée</li> <li>-</li> </ul>
<p><b>Faiblesses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verrouillage des acteurs autour de leurs pratiques (mais c'est aussi un atout car ça permet de les porter à connaissance du collectif de manière ouverte)</li> <li>- Le raisonnement à l'échelle macro (tout <i>Prunus</i>, toutes régions) conduit à extraire les points les plus explicatifs et sort de l'analyse les informations à bas bruit</li> <li>- Le nombre d'acteurs par filière produit est faible, et leur poids individuel est déterminant</li> </ul>	<p><b>Limites</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La représentativité des acteurs de la filière. Il est impératif d'être vigilant sur la mobilisation des acteurs pertinents</li> </ul>

- Travaux complémentaires : Journées d'intercalibration

- o Le projet CaRessPrunus a intégré des approches d'intercalibration organisées- pour la phénologie en lien avec le SOERE Tempo et l'observatoire Divae, pour chacune des espèces
- o Il a permis d'initier et développer, des protocoles de suivi de vergers d'abricotiers (et aujourd'hui abricotier et pêcher) sous faibles niveaux d'intrants. Inscrits dans une démarche de progrès continu avec analyse rétrospective annuelle et conduits en collaboration avec les techniciens du GRCETA de Basse Durance qui accompagnent le suivi technique des Unité Expérimentales INRAE, ils nous permettent actuellement de mettre en œuvre des process de suivi et d'observation, caractérisation indispensable au déploiement d'essais de comportements sous faibles intrants phytosanitaires (Annexe III - Protocole abricotier actualisé).

## **Action 2 – Caractérisation des Stress Abiotiques**

### Contexte

Dans le passé, l'observation de l'évolution des stades phénologiques (débourrement, floraison, maturation ...) sur différentes espèces a permis de mesurer l'ampleur du changement climatique (Menzel et al, 2006). La phénologie est ainsi le premier indicateur biologique du changement climatique et un des principaux caractères-clé de la capacité d'adaptation des espèces à ces changements. Les modifications observées génèrent des inquiétudes concernant leurs conséquences à moyen terme, sur la croissance des plantes, sur l'élaboration du rendement et / ou sur la qualité des fruits (Brisson et Levrault, 2010). Dans ce contexte, les espèces pérennes (espèces forestières, fruitières et vigne) apparaissent particulièrement vulnérables, car leur gestion et adaptation doivent être anticipées longtemps à l'avance. Optimiser l'adaptation représente déjà un enjeu crucial et prégnant pour ces espèces, ce qui explique l'intérêt de cette caractérisation dans *CaResPrunus*.

### Contenu

Les actions déployées vont répondre à 2 objectifs, d'une part l'acquisition de données de manière comparable et harmonisée sur l'ensemble des matériels en collection, suivie de leur analyse critique, d'autre part la recherche des déterminants génétiques et physiologiques sous-jacents et notamment la ceux liés à la dormance. Cette dernière est inaccessible par des mesures directes 'moyen débit', il est donc proposé d'en étudier les composantes sur le modèle cerisier et de valider ensuite, dans la mesure du possible, les méthodes et les marqueurs liés chez le pêcher et l'abricotier.

#### **Sous-action 2.1 – Etude de la Phénologie : caractérisation des collections pour des caractères clés**

Sur la base des protocoles d'observation (Bonhomme et al, 2015) et des essais d'intercalibration conduits sur l'observatoire PerPhéClim, les arbres en collection ont été phénotypés pour l'ensemble des variables (floraison (date, qualité), nouaison, maturité, sénescence (introduite en cours de projet via une démarche d'intercalibration) sur les 2 sites (Avignon, Toulonne) au cours des 3 années du projet par les partenaires P1a et P2b.

#### **Sous-Action 2.1 - Etude de la phénologie - Abricotier**

Comme convenu les collections de ressources génétiques réunies sur le domaine de l'Amarine dans les parcelles AF-AC-AV5 ont fait l'objet de suivis annuels systématiques pour les variables de phénologie. La floraison a été systématiquement observée et seul un sous ensemble de variétés en collection de référence a été suivi pour la date de maturité en raison de pratiques de taille de conservation qui ne favorisent pas la mise à fruit (car elle serait préjudiciable à la longévité des arbres et demanderaient des traitements phytosanitaires récurrents).

Une synthèse partielle des informations est reportée ci-après afin de rendre compte de la diversité phénotypique observée en collection (Figures II.1.1 - II.1.2).

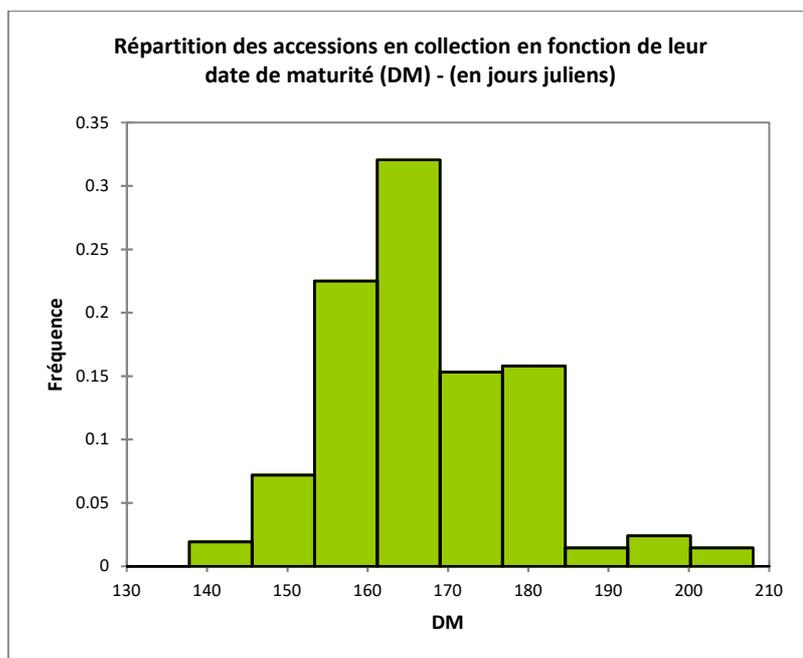


Figure II.1.1 - Répartition des accessions d'abricotier en collection à l'Amarine (30) fonction de leur date de maturité (DM) exprimée en Jours julien (données 2017-2018-2019)

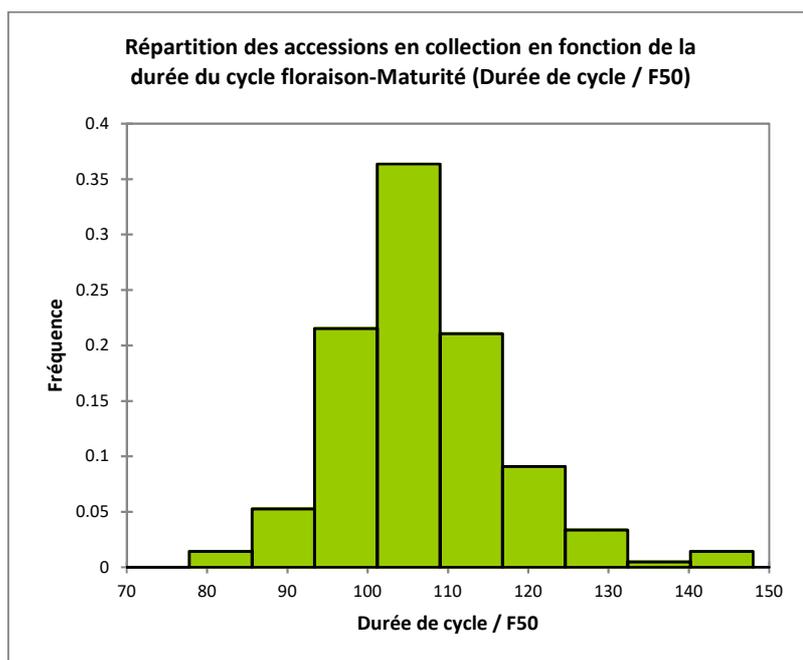


Figure II.1.2 - Répartition des accessions d'abricotier en collection à l'Amarine (30) en fonction de la durée du cycle Floraison (F50) - Maturité (données 2017-2018-2019)

Outre l'étendue de la diversité génétique, la relation entre les caractères : date de floraison, date de maturité et durée de cycle végétatif, a été étudiée. Une synthèse est représentée dans le tableau II.1.1. En première intention elle traduit le fait que la date de maturité est faiblement influencée par la date de floraison mais fortement corrélées à la durée du cycle végétatif, ce résultat est particulièrement intéressant dans une logique de gestion de programmes de breeding pour l'élargissement du calendrier variétal.

Tableau II.1.1. - Relation entre les variables de phénologie chez l'abricotier en collection à l'Amarine - Matrice de corrélation entre Date de floraison (selon les stades phénologiques), date de maturité (DM) et la durée du cycle végétatif.

Relation entre variable de phénologie	C	D	F1	F50	F100	DM	Durée de cycle / F1	Durée de cycle / F50	Durée de cycle / F100
C	1	0,394	0,586	0,554	0,551	0,287	0,117	0,125	0,118
D	0,394	1	0,669	0,635	0,607	0,278	0,079	0,088	0,097
F1	0,586	0,669	1	0,957	0,916	0,402	0,105	0,115	0,127
F50	0,554	0,635	0,957	1	0,956	0,390	0,106	0,088	0,103
F100	0,551	0,607	0,916	0,956	1	0,361	0,088	0,071	0,058
DM	0,287	0,278	0,402	0,390	0,361	1	0,953	0,952	0,932
Durée de cycle / F1	0,117	0,079	0,105	0,106	0,088	0,953	1	0,995	0,970
Durée de cycle / F50	0,125	0,088	0,115	0,088	0,071	0,952	0,995	1	0,974
Durée de cycle / F100	0,118	0,097	0,127	0,103	0,058	0,932	0,970	0,974	1

Les données de phénologie ont été complétées par des informations destinées à accéder à la régularité de production chez l'abricotier (Floribondité et Qualité de la floraison appréhendée par l'importance des nécroses de bourgeons). Les résultats observés traduisent que près de la moitié des variétés n'ont pas une floribondité suffisantes (Figure II.1.3) pour accéder à la régularité de production attendue, et que les risques d'anomalies florales (Figure II.1.4) concernent les ¾ des variétés en collection, ce qui renforce la vigilance à porter à ce caractère en sélection et lors de l'évaluation variétale.

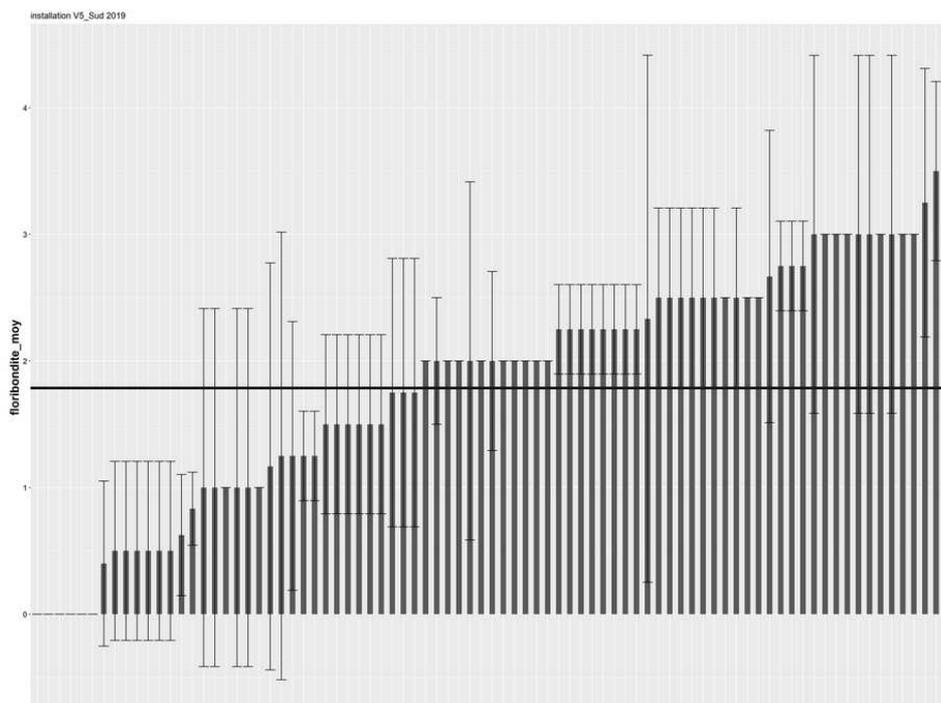


Figure II.1.3 - Distribution des moyennes par accession ( $n \geq 2$ ) des notes de Floribondité pour la parcelle 2019\_V5\_Sud . La droite horizontale représente la moyenne générale.

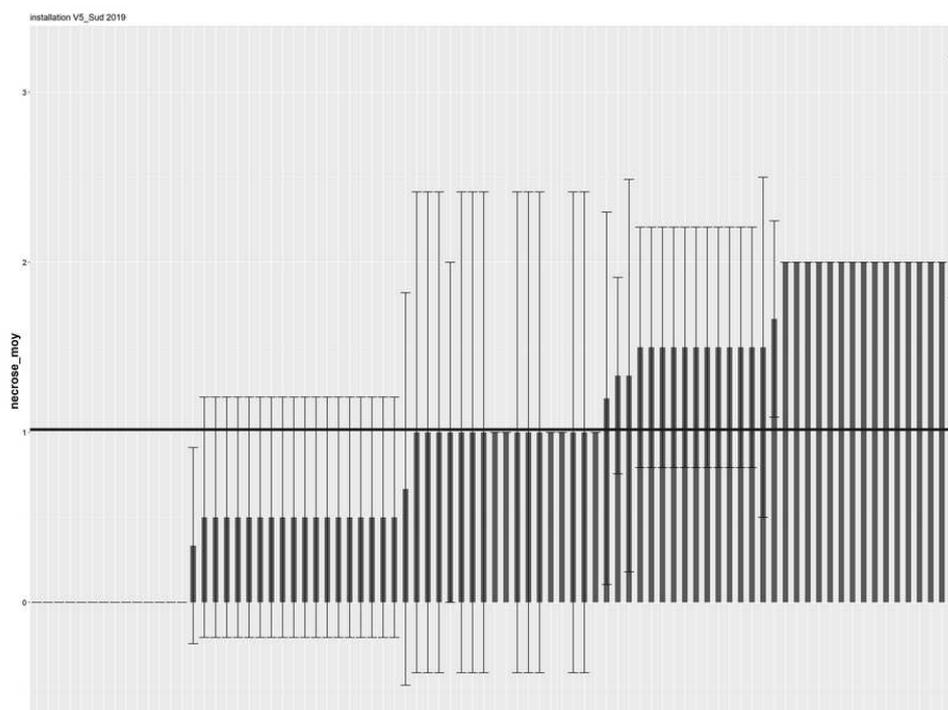


Figure II.1.4 - Distribution des moyennes par accession ( $n \geq 2$ ) des notes de nécrose pour la parcelle 2019\_V5\_Sud . (0= absence de nécrose, 1 : présence de nécroses mais impact limité, 2 = nécroses impactant fortement la production - La droite horizontale représente la moyenne générale).

### Sous-action 2.1 – Etude de la Phénologie - Cerisier

Collections Cerisier : Environ 160 accessions

Principaux caractères étudiés :

Les dates de début de floraison et de fin de floraison ainsi que la floribondité et la date de maturité ont été évaluées en 2017, 2018 et 2019. La nouaison n'a pas pu être étudiée. Les premiers essais pour l'évaluation la sénescence initiés en 2017 (élaboration d'un nouveau mode opératoire : annexe 2), ont été poursuivis en 2018 et 2019 (Figure II.1.5), les résultats sont prometteurs une large variabilité pour ce caractère a été observée dans les collections de cerisier.

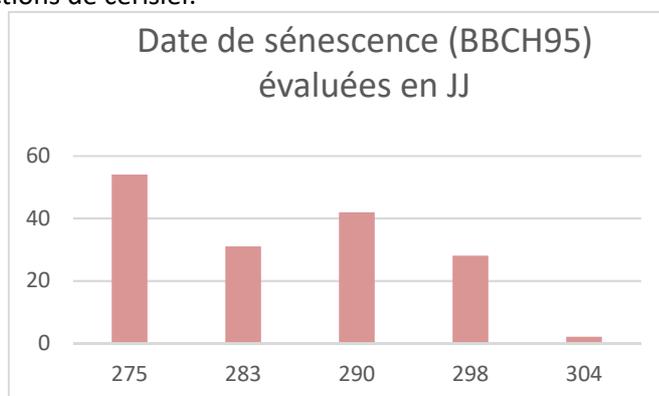


Figure II.1.5. Distribution de la date de sénescence dans la collection cerisier en 2019

### **Sous-action 2.2 – Etude de la dormance et définition de marqueurs associés**

Les travaux conduits dans la sous-action 2.1 ont été complétés en 2019 sur des variétés témoins par des travaux sur l'estimation de la dormance en lien avec les besoins en froid et en chaleur. Les variétés choisies sont les suivantes : Cristobalina, Saint Georges, Garnet, Bigarreau Hatif Burlat, Regina, Duroni 3, représentant la gamme de précocité de floraison (de très précoce à très tardive)

De la collection Principaux caractères étudiés :

Date de levée de dormance (DLD), Début de Floraison (DDFlo), Besoins en froid exprimés en Portions de froid (Modèle dynamique), Besoins en chaud (exprimés en unités de chaleur nécessaires pour la floraison/100). Les différentes variables pour les variétés étudiées sont présentées en figure II.2.1.

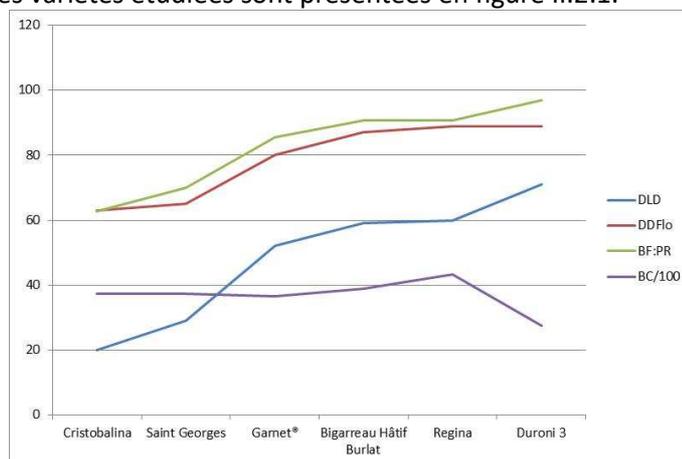


Figure II.2.1 : DLD, Date de début de Floraison, Portions de froid et Besoins en Chaleur de 6 variétés témoins ordonnées de la plus précoce à la plus tardive

#### **Synthèse :**

- Les observations annuelles de la phénologie (floraison et maturité) ont été assurées sur les collections et sur les observatoires PerPhéClim d'Avignon et Toulonne (Années 1-2-3). Un protocole de caractérisation de la sénescence a été développé dans le cadre du SOERE TEMPO (observatoire Divae) (Annexe II), il a été validé dans les collections de référence CaRessPrunus.
- L'examen critique des données collectées traduit l'existence d'une diversité phénotypique et génétique particulièrement large chez les trois espèces.
- Le développement de méthodologies de caractérisation de la physiologie de la floraison et notamment de l'estimation des besoins en froid et en chaleur s'est poursuivi. Toutefois les avancées ne permettent pas encore de transfert aisé des acquis obtenus sur le cerisier comme espèce modèle aux autres *Prunus*.

## Action 3 – Caractérisation des Stress biotiques

### Contexte

Les travaux conduits dans le cadre du GIS Fruit groupe de travail Médiéval axe thématique Bioagresseurs ont démontré l'étendue des complexes plantes x bioagresseurs présents chez les *Prunus* (<https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Actions-transversales/Rapport-Evaluation-du-materiel-vegetal-fruitier>).

Dans une logique qui vise à couvrir les risques phytosanitaires pour réduire au maximum le nombre de traitements, il s'agit de contrôler les maladies et ravageurs d'importance économique avérée et d'anticiper les risques d'émergences, ré-émergences, voire ceux induits par des évolutions de pratiques.

Le projet *CaResPrunus* s'attache à répondre aux deux questions à travers les sous-actions 3.1 et 3.2.

### Sous-action 3.1 – Approche ciblée

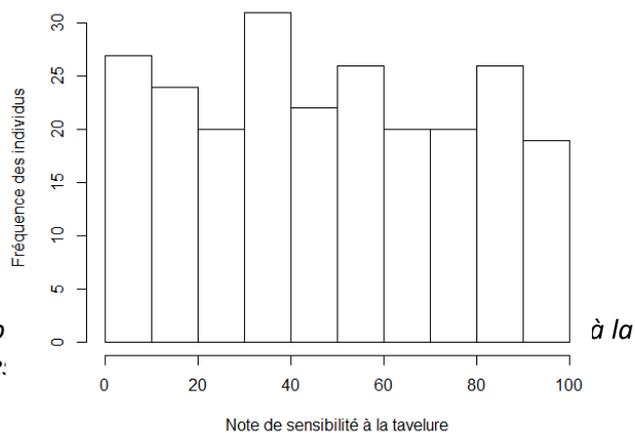
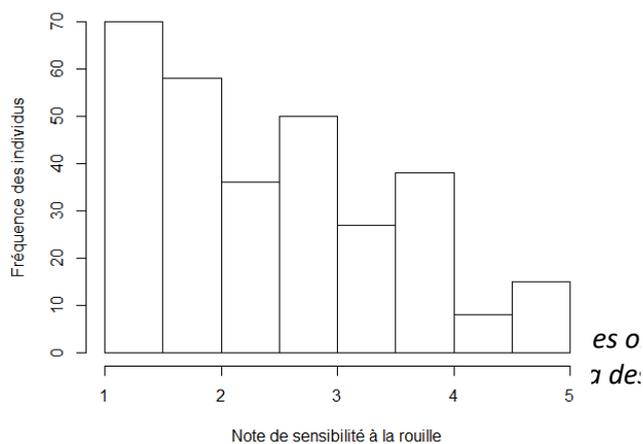
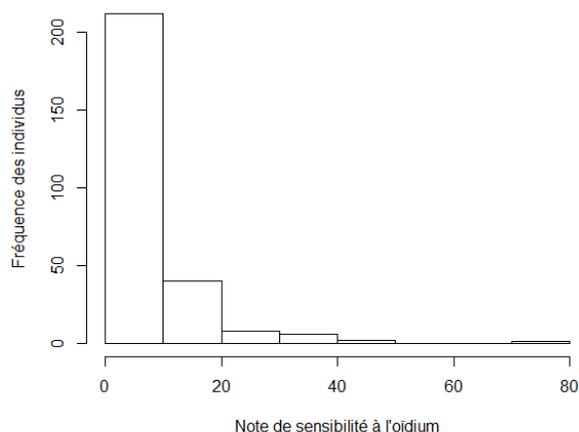
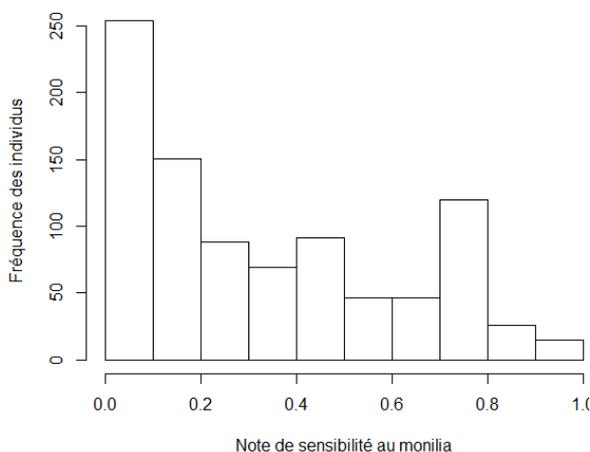
Sur la base des méthodologies développées à des fins de recherche, une caractérisation des couples plante x pathogène a été abordée sur des collections variétales et dans le cadre de populations hybrides en ségrégation. Ces approches ont été déployées sur pêcher et abricotier.

#### Ss-action 3.1.1 - Approche ciblée - Abricotier

##### Approches conduites sur populations biparentales

Elles ont principalement porté sur le suivi de 3 descendance

- descendance BerBa (INRAE Gotheron - 270 hybrides) conduite sous faibles intrants phytosanitaires (zéro traitements hormis la protection contre le vecteur de l'ECA). La cible principale du suivi était la sensibilité aux bioagresseurs avec la sensibilité au monilia sur fleurs (observées sur 6 années) et la sensibilité à l'oïdium, à la rouille et à la tavelure (observées sur 2 années).
  - o Les résultats résumés dans les figures jointes rendent compte du fait que la population est en ségrégation (Figure III.1.1).



Les effets génétiques sont associés à des QTLs significatifs dont la localisation est précisée dans le tableau III.1.1. En dehors de la sensibilité à la tavelure, des QTLs ont été observés pour tous les caractères sur au moins une des deux cartes génétiques. La densification des régions est en cours afin de permettre leur utilisation à des fins de sélection.

Tableau III.1.1 - Tableau synthétiques de localisation des QTLs identifiés pour les caractères de sensibilité au *Monilia*, à l'oïdium et à la rouille dans la descendance Bergeron x Bakour.

Variable	Carte génétique	Groupe de liaison	Position (cM)	Marqueur	LOD score	Intervalle de confiance	Variance expliquée (%)	Allèle de résistance
<b>Monilia</b>	Bergeron	1	156,0	Sp474	14,02	147,6-167,3	29,62	A
	Bakour	1	199,2	Sp744	3,55	191,0-199,2	9,10	H
		3	71,0	ssrPaCITA4	4,69	66,4-81,2	9,62	A
<b>Oïdium</b>	Bergeron							
	Bakour	6	71.0	Sp620	3.33	68.0-87.0	9.42	A
<b>Rouille</b>	Bergeron	4	46.4	Sp502	6.82	42.0-48.0	17.55	A
	Bakour	4	126.2	Sp596	5.10	122.0-136.0	12.26	A
<b>Tavelure</b>								

- Descendances 1731x3902 et 1729 x 3902 - INRAE Amarine, suivies sous faibles intrants phytosanitaires et observées selon le processus défini en collaboration avec l'UERI de Gotheron (Annexe 3) développé. Deux descendances hybrides associant résistance à la sharka + autofertilité, et tolérance au *Monilia* sur fleurs ont été étudiées. Les meilleures sélections 4 accessions sont actuellement en cours de validation.
- Descendance Bergeron x Orangered - INRAE Amarine - Cette descendance qui associe 2 caractères d'inadaptation (non induction florale et présence d'anomalies florales) observés en zone chaude a été phénotypée durant 2 ans pour la vigueur et la floribondité. La descendance en ségrégation pour les deux caractères devrait prochainement être mobilisée dans une approche de cartographie génétique afin d'en identifier les déterminants génétiques.

#### **Approches conduites sur les collections de Ressources Génétiques (INRAE Amarine)**

Nous disposons sur le Domaine INRAE de l'Amarine de collections de ressources génétiques qui ont été conduites en absence de traitement phytosanitaires afin de mettre en évidence des sources potentielle de résistance et/ou moindre sensibilité. Il s'agissait d'une copie de la collection de Ressources Génétiques en fin de cycle de conservation, pour laquelle nous avons levé les interventions phytosanitaires, ce qui nous donnait la possibilité d'accéder à la diversité de comportements variétaux vis-à-vis des bioagresseurs, diversité qui était masquée jusqu'alors par les traitements phytosanitaires.

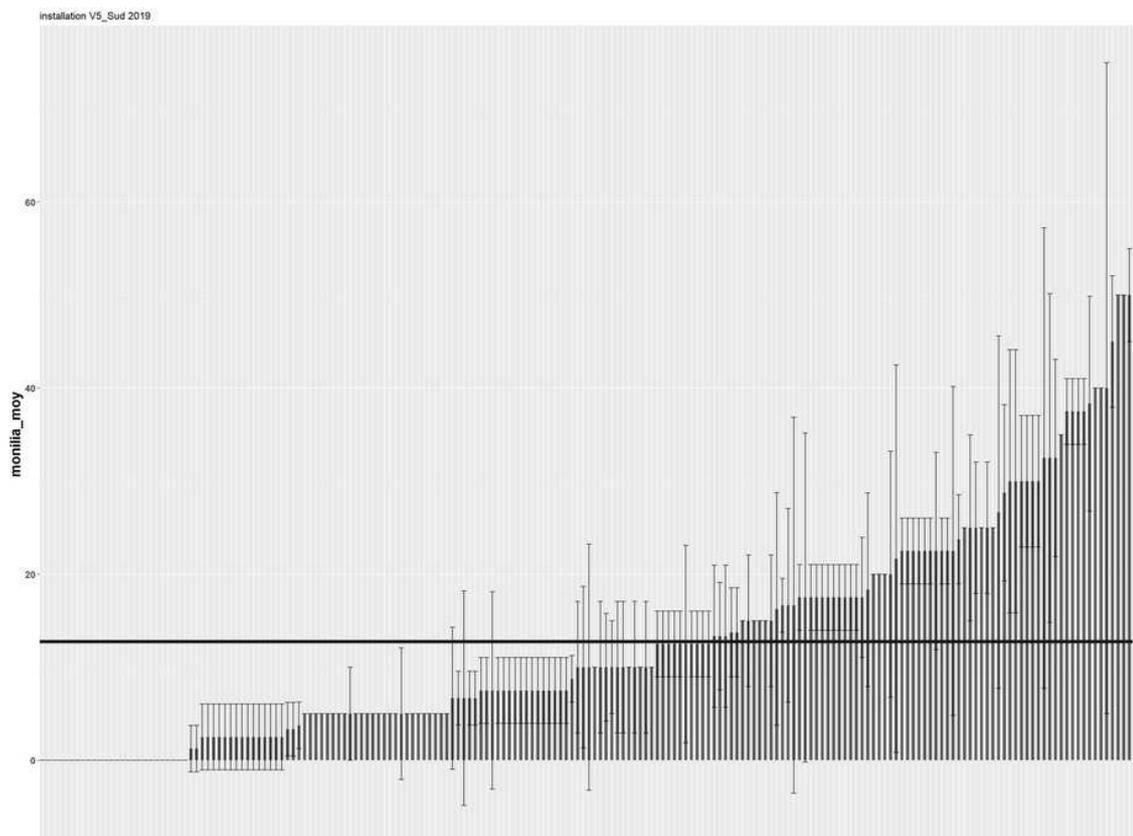


Figure III.1.2 - Distribution des moyennes par accession ( $n \geq 2$ ) des notes de monilia en collection pour la parcelle 2019\_AV5\_Sud . La droite horizontale représente la moyenne générale

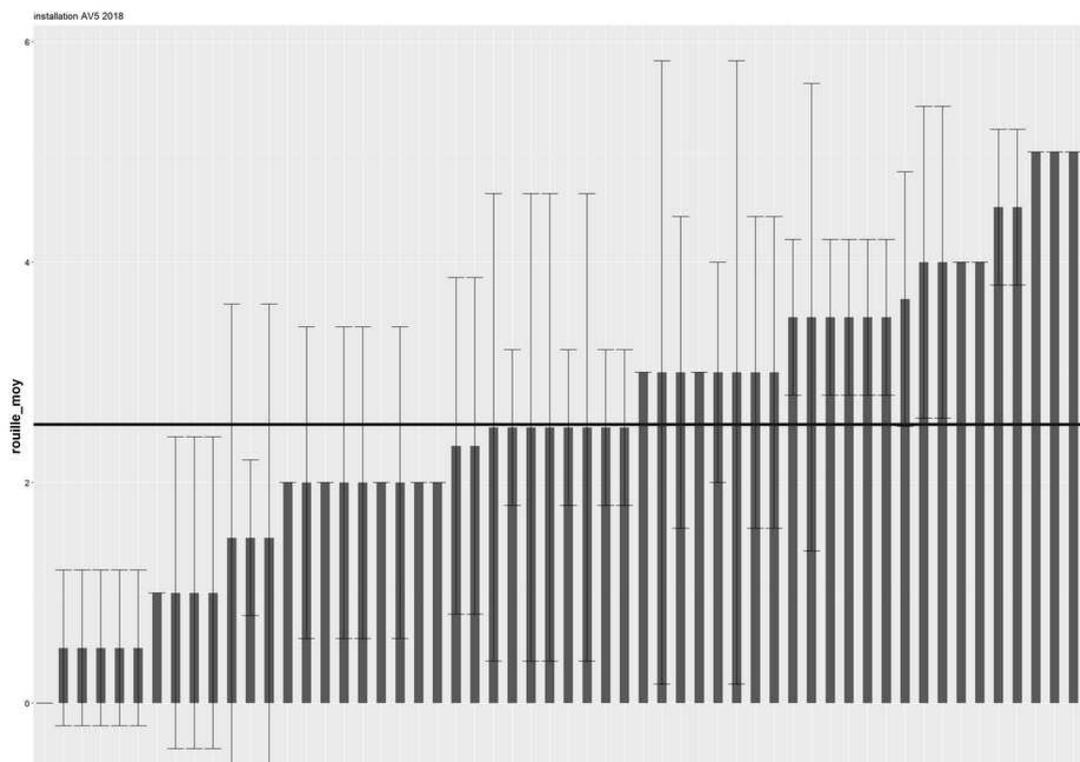


Figure III.1.3 - Distribution des moyennes par accession ( $n \geq 2$ ) des notes de rouille en collection pour la parcelle 2019\_AV5\_Sud . La droite horizontale représente la moyenne générale

Les résultats obtenus sur 250 accessions, sont synthétisés pour 2 caractères importants la sensibilité au monilia sur fleurs (Figure III.1.2) et à la rouille (Figure III.1.3). Dans chacun des cas on notera l'existence d'une diversité de comportement qu'il convient de mettre en regard des conditions climatiques qui modulent leurs expressions. Toutefois, aucune variété en collection n'a réuni les moindres sensibilités espérées, il convient donc d'envisager la recombinaison des variétés comportant les moindres sensibilités pour produire des progéniteurs à mobiliser en breeding.

### *Ss-action 3.1.2 – Approche ciblée - Pêcher*

Plusieurs populations hybrides et la core-collection ont fait l'objet de suivis d'observations des symptômes de différentes maladies. Pour la core-collection, constituée dans le cadre du projet, ce sont les toutes premières données récoltées sur la 1ère parcelle plantée, comme sauvegarde, sur le domaine INRAE des Garrigues, Avignon. Les observations ont porté sur les bioagresseurs suivants : Oïdium, Cloque, Tâches bactériennes à Pseudomonas, Puceron vert et Monilia sur fruits.

#### **Oïdium**

Cette année encore, les conditions naturelles en verger n'ont pas permis de réaliser des notations oïdium sur la **population d'autofécondation de la variété Malo Konaré** (plus de 800 individus implantés sur le domaine INRAE de l'Amarine). Malgré l'installation de rampes d'arrosage dans le verger pour augmenter l'humidité dans le verger, seuls 2 individus ont montré des symptômes sur fruits.

De même, la pression d'inoculum dans la parcelle où est implantée la **core-collection** (parcelle des Garrigues) a été faible. Seules 15 accessions ont présenté des symptômes de faible intensité.

Par contre en serre nous avons pu obtenir une forte pression d'oïdium grâce à des conditions spéciales d'irrigation et un arrosage du sol deux fois par jour, permettant de maintenir l'humidité à 80%. En outre, nous avons favorisé la circulation de l'air pour favoriser la propagation des spores aériennes entre plantes.

Nous avons ainsi pu phénotyper 2 populations :

- la population F2 interspécifique pêcher-amandier **HbDelcid<sup>2</sup>**. A deux dates, en mai et juin, 60 individus, ont été notés soit résistants (note=1) soit sensibles (note=0), sur la base d'observations de 3 ou 4 plantes par individu (Figure III.1.2.1). Le génotypage avec le marqueur *Vr3* lié à la résistance à l'oïdium de l'amandier Texas a permis de conclure que ce locus n'est pas impliqué dans la résistance portée par Delcid.

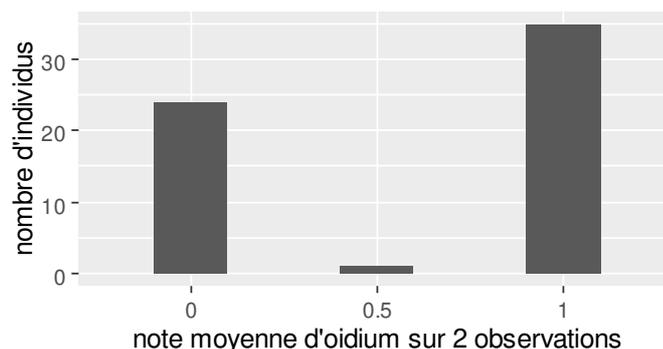


Figure III.1.2.1 - Résultats des notations oïdium réalisées sur la population HbDelcid<sup>2</sup> en serre

- la **core-collection pêcher**: 214 accessions ont été phénotypées à deux dates différentes pour la présence d'oïdium sur feuilles et fruits. Pour 61 accessions, le phénotypage n'a pas été possible. Pour 81 et 72 accessions, 1 et 2 plantes ont été observées respectivement. La répartition entre résistants et sensibles est à peu près équivalente (Figure III.1.2.2). Ces résultats font état de différences de comportement qui devront être confrontées aux observations réalisées ultérieurement en vergers.

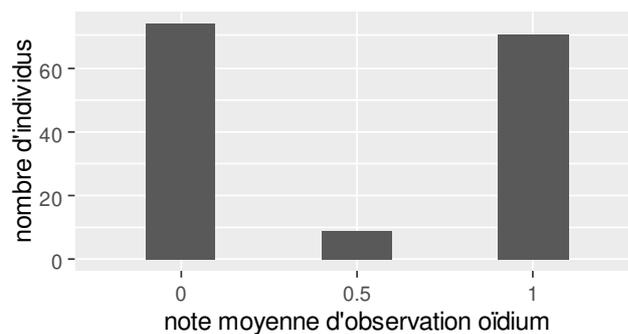


Figure III.1.2.2 - Résultats des notations oïdium réalisées sur la core-collection pêcher en tunnel

Les facteurs de résistance de ces deux populations sont possiblement différents de Vr1, Vr2.

### Cloque

La pression cloque dans le verger de l'Amarine a permis, pour la 2<sup>nd</sup>e année, de réaliser une notation de **784 individus de la population Malo Konaré<sup>2</sup>**, de 0, sans symptôme, à 4 pour les plus touchés (Figure III.1.2.3). Les 2 notations effectuées en mai 2019 sont bien corrélées (0.72) mais les corrélations sont faibles (0.18 et 0.27), bien que très significatives, entre les notations 2018 et 2019.

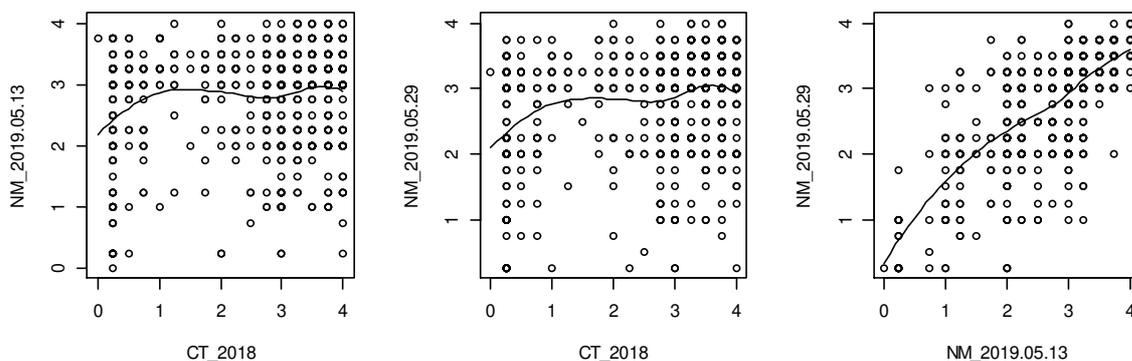


Figure III.1.2.3. - Résultats des notations réalisées sur la population MaloKonaré<sup>2</sup> (domaine INRAE Amarine)

De même la **core-collection pêcher** a pu être phénotypée sur la parcelle des Garrigues à 2 dates au printemps (Figure III.1.2.4). Cependant, une forte proportion d'individus n'a pas présenté de symptômes (>60% avec une note=0). L'absence d'évolution de la maladie entre le 23 mai et le 14 juin, suggère que la période de sensibilité était passée.

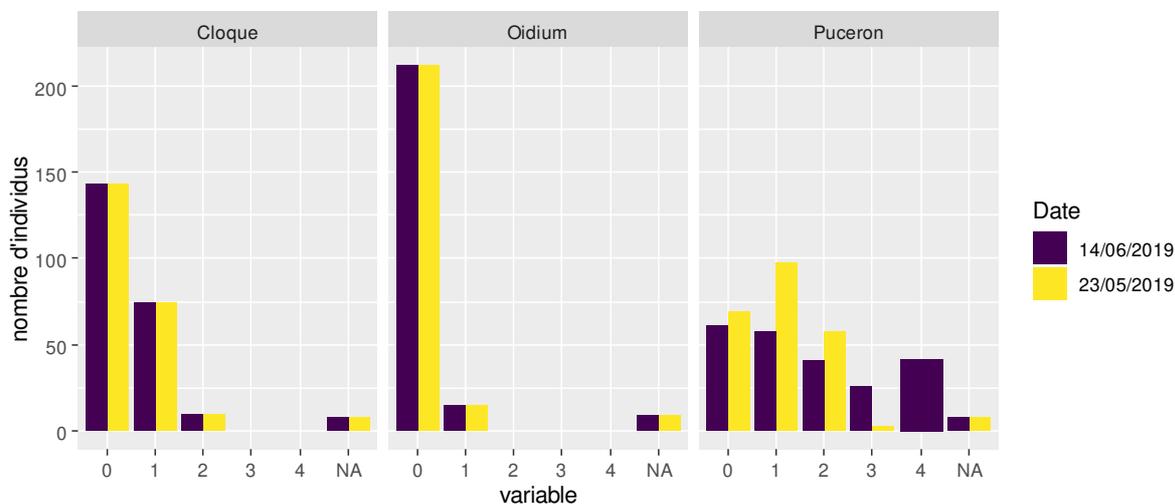


Figure III.1.2.4. - Résultats des notations réalisées sur la core-collection pêcher (domaine INRAE des Garrigues, Avignon)

### **Puceron vert**

En même temps que les notations cloque, une notation puceron a été réalisée sur la **core-collection** aux Garrigues. La majorité des arbres étaient faiblement à moyennement attaqués et ils l'étaient plus fortement le 14 juin que le 23 mai (plus de notes 3 et 4).

### ***Xanthomonas pruni*, maladie des taches bactériennes**

Les populations **Zéphir x SCo8-26008** et **Zéphir x Loring** plantées dans une parcelle à la SEFRA en zone où la pression *Xanthomonas pruni* est importante n'ont pas montré de symptômes. Après génotypage, il s'est avéré que Loring et Zéphir sont homozygotes pour l'allèle de résistance majeure (LG1). Aussi tous les individus des 2 populations sont porteurs de cet allèle. Ceux avec le meilleur potentiel agronomique (observations été 2019) ont été sélectionnés et utilisés en croisements début 2020 pour associer différents allèles de résistance aux 2 loci (LG1 et LG6).

### ***Monilinia laxa* et *fructicola***

Nous avons poursuivi les expérimentations visant à analyser l'effet de composés phénoliques de surface des fruits sur des composantes de pathogénicité des champignons *Monilinia laxa* et *fructicola* : pourcentage de germination et sporulation, croissance mycélienne, expression de gènes...

#### *Sous-action 3.2 – Approche intégrée*

Cette sous-action conduite pour les 3 espèces visait à mettre en place des core-collections d'environ 150 accessions par espèce, choisies pour maximiser la diversité génétique et la variabilité phénotypique (notamment en ce qui concerne la sensibilité aux bioagresseurs). Ces core-collections préparées ont pour le comportement des accessions sous des intrants phytosanitaires réduits. devrait permettre de mieux maîtriser la culture sous faibles intrants en même temps que de rechercher des accessions résilientes susceptibles d'être mobilisées comme géniteurs.

Les core-collections ont été constituées par les équipes de recherche du GAFL (abricotier et pêcher) et BFP - A3C (cerisier). Elles ont été greffées par le partenaire CEP Innovation, mise en place et leur suivie a été engagé. Le bilan du dispositif expérimental mis en place est résumé dans le tableau III-2.1.

*Tableau III.2.1 - Etat des dispositifs core-collection implantés dans le cadre du projet CaResPrunus avec l'appui de CEP innovation pour étudier les comportements sous faibles niveaux d'intrants phytosanitaires.*

Espèce	Site	Accessions (nb)	Plantation (Année)	Suivi	Dispositif	Génotypage
Abricotier	GAFL Avignon (Insect-proof)	168	2018	Sauvegarde	2 arbres par accessions	100K SNP (issus de resé- quença- ge avec aligne- ment sur gé- nome abricot- tier Marouch V3)
	AHM Amarine	168	2018	Faibles intrants phytosanitaires	Blocs complets randomisés (5) monoarbre	
	UERI Gotheron	168	2018 (greffage en place)	Faibles intrants phytosanitaires	Blocs complets randomisés (5) monoarbre	
	WBF Agroscope	150	2019 (en cours d'installation)	Faibles intrants phytosanitaires	Blocs complets randomisés (3) monoarbre	
Pêcher	AHM Garrigues	200	2018	Faibles intrants phytosanitaires	2 arbres par accessions	Puce 18k SNP (Rosbreed)
	SEFRA Etoile	200	2019	Faibles intrants phytosanitaires	Blocs complets randomisés (3) monoarbre	
	CENTREX Torreilles	200	2019	Faibles intrants phytosanitaires	Blocs complets randomisés (3) monoarbre	

	AHM Amarine	200	2022 (à venir)	Faibles intrants phytosanitaires	Blocs complets randomisés (3) monoarbre	
Cerisier	UE Arbo Toulenn	100	2020	Conventionnel - suivi agronomique	Blocs complets randomisés (3) monoarbre	Puce 6K SNP (RosBreed)
	UE Arbo Toulenn	100	2020	PFI	Blocs complets randomisés (2) monoarbre	
	UE Arbo Toulenn	100	2020	Zéro Phytosanitaires	Blocs complets randomisés (2) monoarbre	

### *Ss-action 3.2.1 – Approche intégrée - Abricotier*

#### **Définition, multiplication et caractérisation de la core-collection abricotier**

La core-collection abricotier a été établie à l'issue de l'analyse de diversité conduite sur la base du polymorphisme génétique (SSR) au niveau du Bassin Méditerranéen (Bourguiba et al, 2012) puis à l'échelle mondiale (Bourguiba et al, 2020). Elle a été complétée par la mise en regard de la variabilité phénotypique observée pour des traits d'intérêt (phénologie, qualité des fruits et sensibilité aux bioagresseurs (sharka, chancre bactérien, monilia, rouille et coryneum). Un ensemble de 150 accessions (porté au final à 168 accessions) a été identifié en faisant attention d'une part à couvrir les 4 phylums identifiés et d'autre part à se doter de passerelles entre phylums par la complémentation des phyllogroupes avec des hybrides entre groupes.

L'établissement des core-collections a été réalisé en 3 étapes :

- une première étape (2018) a consisté en la mise en place et au greffage *in situ* de la core-collection située à l'UERI de Gotheron. Ce premier dispositif a permis de caler avec l'équipe Idéotype de Gotheron la méthodologie de phénotypage sous faibles niveaux d'intrants phytosanitaires qui allait être déployée sur les autres sites (Annexe 3),
- une deuxième étape a consisté en la préparation en pépinière de la core-collection destinée au domaine de l'Amarine à Bellegarde (30), cette collection complétée en 2019 et 2020 arrive en production. *(Il avait été envisagé, et initié, la mise en place d'une collection sur le site de la SICA CENTREX site dont l'intérêt résidait dans sa localisation méridionale, mais des difficultés de reprise dans un sol compliqué et la submersion de la parcelle suite à des inondations ont conduit à son élimination).*
- la troisième étape a consisté en l'établissement d'une copie de la core-collection pour suivi dans le Valais Suisse, cette collection a été préparée en 2019, elle est en fin d'installation.

Les 3 core-collections couvrent un gradient climatique large, de la zone méditerranéenne à une zone continentale qui devrait permettre de rendre compte des problématiques d'adaptations cruciales pour cette espèce.

Les accessions de la core-collection ont été reséquencées dans le cadre de différents projets, durant le projet CaResPrunus, elles auront été alignées sur un génome de référence abricotier en cours de construction (Groppi et al, 2021), ce qui a ouvert la possibilité de l'extraction d'un sous-ensemble de 100K SNP polymorphes couvrant l'ensemble du génome. Le set de SNP devrait permettre de développer une approche de GWAS pour les caractères observés.

De manière préliminaire, les observations et analyses préliminaires obtenus dans le cadre de core-collection observée sur le site de l'UERI Gotheron sont présentés figure III.2.1. Ils illustrent une diversité génétique large, notamment en ce qui concerne la phénologie et la sensibilité aux bioagresseurs, diversité qui offre potentiellement des possibilités d'exploitation génétique, sous réserve de la caractérisation des déterminants génétiques et moléculaires associés.

*Notons de manière complémentaire que la mise en œuvre de systèmes de cultures sous très faibles intrants Phytosanitaires nous a permis de mettre en évidence de déploiement d'une « nouvelle maladie » en verger d'abricotier : la cloque (Figure III.2.2). Observée pour la première fois sur le site de Gotheron dans le verger*

hybride où l'approche a été initiée en 2019, elle s'est étendue sur une grande partie du dispositif et rend compte de différences variétales dont des déterminants et l'impact devront être suivis.

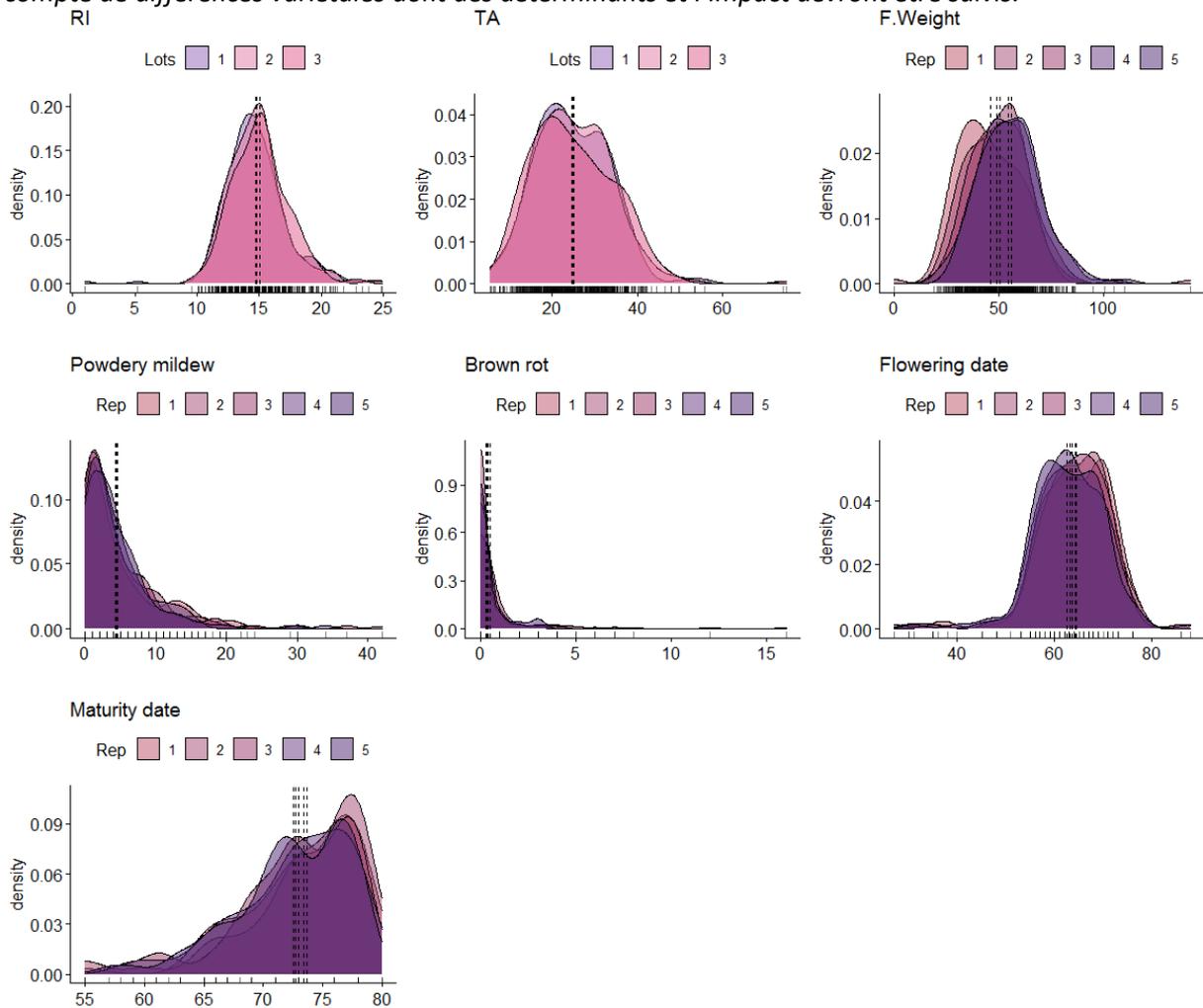


Figure III.2.1 - Représentation préliminaire de la diversité observée sur 7 des caractères observés dans la core-collection de Gotheron. (Les distributions concernant le poids moyen des fruits, la phénologie (date de floraison, date de maturité) et la sensibilité à l'oïdium et à la rouille ont été établies indépendamment pour chacun des 5 blocs du dispositif - les distributions relatives aux critères de qualité (IR : Indice de réfraction, AT : acidité titrable) ont été évaluées sur 3 répétitions indépendantes)



Figure III.2.2 - Emergence de la Cloque en vergers d'abricotier conduits sous faibles intrants phytosanitaires

### Ss-action 3.2.2 – Approche intégrée - Cerisier

#### Définition de la core-collection cerisier :

Pour le cerisier, la core-collection a été définie en se basant sur les données de génotypage (Puce 6K SNP du projet RosBreed) et sur la connaissance du matériel qu'avait l'équipe A3C. Pour réaliser la core-collection, la fonction « maximum length sub tree » du logiciel DARwin 6.0.010 a été utilisée comme décrit dans Campoy et al, 2016. La Figure 3 présente la core collection qui est constituée de 100 accessions.

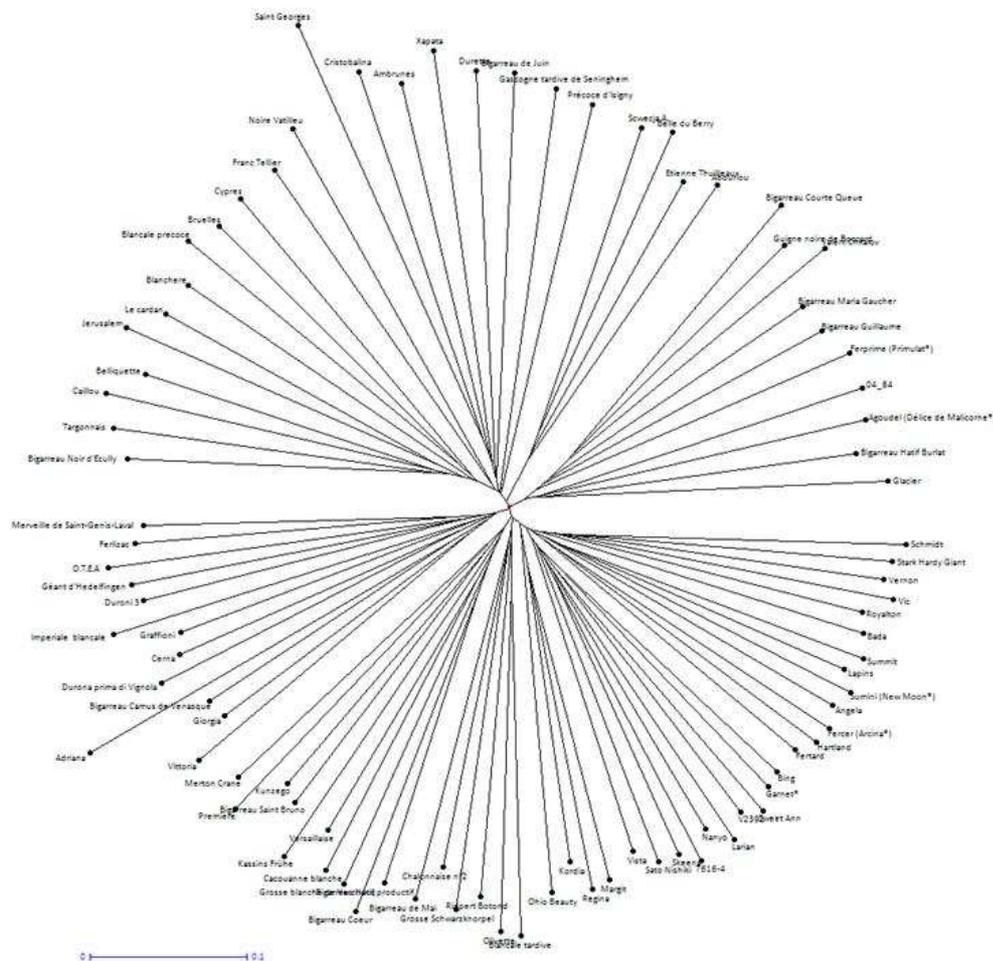


Figure III.2.2. - Core-collection de Cerisier

#### Core collection cerisier : dispositif expérimental

La core-collection n'a pu être greffée à la date prévue (campagne 2017-2018) suite à un problème technique (incendie du frigo de stockage de la pépinière en charge des greffages). La core collection a finalement été greffée fin 2018 puis plantée à Toulence en février 2020. Deux types d'essais ont été implantés.

- Le premier, conduit de façon conventionnelle, a un double objectif : 1) mettre à disposition des géniteurs pour le programme d'innovation variétale dans des approches de pre-breeding ; 2) permettre le phénotypage de cette core collection dans les conditions spécifiques de Toulence pour les principaux caractères d'intérêt agronomique étudiés au sein de l'équipe A3C. Il s'agit d'un essai avec 3 blocs complets randomisés et avec un greffage sur le porte-greffe MaxMa60. L
- e deuxième vise plus spécifiquement à évaluer la tolérance/résistance des différents génotypes aux principales maladies fongiques et bactériennes qui affectent la culture du cerisier, à savoir le monilia, la cylindrosporiose et le chancre bactérien. Pour ce faire, l'essai a été divisé en deux parties, chacune avec deux blocs complets randomisés. Dans le premier sous-essai, nous réaliserons les traitements phytosanitaires habituels (conduite intermédiaire entre l'agriculture raisonnée ou PFI et l'agriculture bio) alors que dans le deuxième aucun traitement ne sera effectué. De cette façon, nous pourrions évaluer différents niveaux de tolérance/susceptibilité en fonction de la pression microbienne.

### *Ss-action 3.2.3 – Approche intégrée - Pêcher*

#### **Définition, multiplication et caractérisation d'une core-collection pêcher**

La core-collection de pêcher définie en première année de projet a été multipliée par greffage. Un premier exemplaire a été planté début 2018 sur le domaine INRAE des Garrigues, Avignon, pour sauvegarde locale. Le travail de multiplication effectué en 2018 nous a permis de prévoir la plantation en double exemplaire, sur 2 sites aux conditions pédo-climatiques très contrastées. Ils seront conduits en bas intrants phytosanitaires de façon à noter le comportement des accessions face à divers bioagresseurs et évaluer la résilience pluri-annuelle.

Les deux autres plantations ont eu lieu en février 2019 à la SICA Centrex (Pyrénées-Orientales) et à la SEFRA (Drôme). Un exemplaire greffé d'environ 200 accessions a été planté ainsi qu'une série de 200 porte-greffes. Les greffages en place du 2<sup>nd</sup> exemplaire ont été réalisés en avril 2019, des compléments de greffage en juin et des remplacements d'arbres en décembre.

En 2020 nous entrons donc dans la 1<sup>ere</sup> année de notations multi-agresseurs sur ces 2 sites.

Une pépinière de 600 PG a été plantée début 2020 pour constituer un dispositif supplémentaire complet (2 exemplaires par accession) à implanter dans les costières du Gard et ainsi compléter la diversité pédo-climatique. Le greffage en 3 à 4 exemplaires, selon les accessions, était prévu au printemps et sera décalé en fin d'été 2020.

Par ailleurs, nous avons réalisé un génotypage dense de **la core-collection pêcher** avec la puce 18k SNP développée dans le cadre du projet américain RoseBreed. Un jeu de marqueurs de 16038 SNP est donc disponible, pour mettre en œuvre des analyses de génétique d'association multi-trait et multi-site avec les données de phénotypage en cours d'acquisition.

#### **Synthèse :**

##### **- Approches ciblées**

- Sur la base des descendances hybrides en cours d'étude et des collections variétales disponibles, l'analyse de la diversité et la recherche des déterminants génétiques des caractères de sensibilité aux bioagresseurs ont été engagés et/ou poursuivis chez les espèces
  - pêcher (oïdium, puceron vert, cloque, tâches bactériennes et monilia sur fruits),
  - et abricotier (chancre bactérien<sup>5</sup>, monilia sur fleur, rouille, oïdium sur fruit, tavelure, coryneum).
- Des géniteurs de résistance ont été identifiés et caractérisés pour la résistance à l'oïdium, au puceron vert et aux tâches bactériennes chez le pêcher et pour la résistance au monilia sur fleurs, à la rouille et à l'oïdium chez l'abricotier.
- Des méthodes d'évaluation objectivées ont été développées mais leur transfert n'est pas encore possible sans accompagnement. Néanmoins dans le cadre des relations avec les stations Régionales d'Expérimentation, des transferts accompagnés ont été engagés.

##### **- Approche intégrée :**

- Les core-collections destinées à prendre en compte la sensibilité aux bioagresseurs dans leur diversité ont été mises en place et les premières données recueillies.
- Une réflexion collective a été mise en place pour accompagner le suivi de ces dispositifs expérimentaux (règles de décision pour un suivi sous faible intrants phytosanitaires, modalités d'observation des maladies et ravageurs). Un protocole est aujourd'hui disponible. Il est actualisé annuellement sur la base des résultats obtenus (Annexe III).

Les résultats obtenus sont donc conformes aux attendus.

---

<sup>5</sup> non présenté car développé dans les projets CasDar Résibac et Chababri, les résultats sont en cours de validation sur l'ensemble des ressources génétiques

## **Action 4 – Déterminismes génétiques et moléculaires**

### Contexte

Les partenaires du projet possèdent des données génotypiques issus de génotypages à grande profondeur portant sur une partie des variétés en collection (projets FruitBreedomics (pêcher) et ABRIWG (abricotier)). Ils détiennent aussi des ressources scientifiques complémentaires aux ressources génétiques ciblées dont des populations biparentales phénotypées pour des traits d'intérêt (Annexe IV - Tableau IV.1.1). Ces deux éléments de base ont été mobilisés pour appréhender les déterminants moléculaires des caractères d'intérêt et ainsi caractériser et/ou prédire la valeur des variétés ou hybrides en cours d'évaluation.

Conformément aux attendus les équipes de recherche impliquées dans les activités de marquage moléculaire sur abricotier, cerisier et pêcher ont dressé un état des lieux des marqueurs disponibles. Puis elles ont développé des marqueurs en lien avec les caractères d'intérêt ciblés dans les programmes de recherche conduits jusqu'à présent :

- chez le pêcher, la résistance à l'oïdium, à la cloque, au puceron vert et au monilia sur fruits avec une approche ancrée sur l'étude de populations biparentales, complétée par l'étude variétés en collection,
- chez le cerisier, la phénologie en lien avec les besoins en froid avec une approche basée sur l'étude de populations biparentales, complétée par l'étude variétés en collection
- chez l'abricotier, la phénologie, la résistance à la sharka, au monilia sur fleur, au chancre bactérien, à la rouille et à l'oïdium avec une approche associant très étroitement l'étude de populations biparentales ciblées et le suivi de la collection de ressources génétiques.

- *Ss-action 4.1 – Déterminismes génétiques et moléculaires*
  - o *4.1.1 - chez le Pêcher*

Des travaux antérieurs sur des populations biparentales ont permis le développement de marqueurs moléculaires, mais le développement de nouveaux marqueurs se poursuit. Les 850 individus de la population Malo Konaré<sup>2</sup> ont été analysés avec de nouveaux marqueurs pour réduire la zone de *Vr1* (résistance à l'oïdium), actuellement à 100 000pb. Des données de phénotypage complémentaires sont nécessaires pour progresser et obtenir des marqueurs utilisables dans une démarche de Sélection Assistée par Marqueurs (SAM).

Le projet ReXapPech (CASDAR 2018) a permis d'adapter des marqueurs pour caractériser les variétés de pêcher vis-à-vis de leurs réactions à *Xanthomonas arboricola* CV *pruni*. D'autres marqueurs sont en cours de développement pour la résistance à la cloque provenant d'une part de Malo Konaré et d'autre part de *P. davidiana*.

Pour compléter la caractérisation, des marqueurs moléculaires des types de fruits ont été développés à partir des données de la littérature, pour les caractères pêche versus nectarine, couleur de chair jaune ou blanche et caractère plat du fruit. Plus que la caractérisation du phénotype, facile à vue d'œil, ces marqueurs permettent de savoir si les accessions sont hétérozygotes ou homozygotes pour les différents allèles. Cette information est importante à prendre en compte dans les plans de croisements pour créer facilement des gammes de fruits (pêches, nectarines, blanches, jaunes, plats) à partir de géniteurs résistants.

**La core-collection pêcher** a été génotypée avec les marqueurs liés :

- à la résistance au puceron vert : SNP SP949

- à la résistance aux nématodes: *Rmia* : SP092 et absence/présence transposon
- à la résistance à *Xanthomonas cv pruni*
- au caractère nectarine/pêche
- au caractère couleur de la chair
- au caractère fruit plat

Le tableau IV.1.2 (Annexe IV) rassemble les caractères pour lesquels des marqueurs sont disponibles (validés sur une collection) ou en cours de développement (tests sur collection en cours) pour les espèces pêche et abricotier.

#### *Ss-action 4.1.1 – Déterminismes génétiques et moléculaires Abricotier*

Chez l'abricotier, les travaux se sont focalisés

- sur la caractérisation des ressources génétiques et leur structuration phylogénétique.
  - o Ils ont donné lieu à une publication (Bourguiba et al, 2020)<sup>6</sup> qui a permis de mettre en évidence l'existence de 4 phyllogroupes qui structurent particulièrement la diversité génétique patrimoniale. De manière complémentaire une caractérisation de la diversité moderne mondiale a été travaillée par comparaison avec la diversité patrimoniale avec le Geves.
- sur le volet génétique et amélioration, le développement de marqueurs utilisables en Sélection assistée pour les caractères de
  - o résistance au chancre bactérien, le réalignement des données de séquences sur le nouveau génome abricotier devrait permettre de conforter les candidats mis en évidence dans le cadre de la thèse de M. Omrani, et une expérimentation de validation (inoculation contrôlée de la core-collection) est actuellement en cours
  - o résistance au monilia sur fleurs, où les travaux de recherche sur la résistance ont bénéficié d'un apport très intéressant sur la modélisation des risques conduit par l'équipe de l'UERI Gotheron (Tresson et al., 2020). Ils nous permettent de revisiter les données génétiques
  - o résistance à la rouille.

Pour ces 3 caractères, les marqueurs liés aux QTLs identifiés sur la population Biparentale Berba sont en cours de densification et les analyses en GWAS vont être prochainement lancées.

Sur la collection de Ressources génétiques, les marqueurs liés à PPVres (composante principale de la résistance de l'abricotier à la sharka) ont été déployés ainsi que le marqueur associé au caractère d'autofertilité.

- *Ss-action 4.1.1 – Déterminismes génétiques et moléculaires Cerisier*

##### **1-1 Marqueurs KASP liés à la date de floraison**

Un ensemble de 9 marqueurs KASP, localisés dans la zone du QTL identifié sur le groupe de liaison 4 du cerisier pour la date de floraison, a été testé sur 1400 individus de la descendance Regina x Garnet (RxG) (Tableau IV.1.1, Figure IV.1.1). Ces marqueurs ont été développés soit à partir de marqueurs SNP de la puce 6K, soit à partir des analyses GBS réalisées sur 115 individus RxG. Ils permettent tous de distinguer les hybrides

---

<sup>6</sup> Bourguiba Hedia, Scotti Ivan, Sauvage Christopher, Zhebentyayeva Tetyana, Ledbetter Craig, Krška Boris, Remay Arnaud, Claudio D'Onofrio, Hiroyuki Iketani, Danilo Christen, Lamia Krichen, Neila Trifi-Farah, Weisheng Liu, Guillaume Roch, et Jean-Marc Audergon. 2020. « Genetic Structure of a Worldwide Germplasm Collection of *Prunus Armeniaca* L. Reveals Three Major Diffusion Routes for Varieties Coming From the Species' Center of Origin ». *Frontiers in Plant Science* 11 (mai): 638. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00638>

précoces et tardifs au sein de cette descendance. En revanche, ces marqueurs ne permettent pas de faire cette distinction pour les accessions de la collection de ressources génétiques.

Tableau IV.1.1 - Origine, position sur le génome de Regina (chromosome 4) et effet de l'allèle de chaque marqueur KASP

KASP	Source	Position sur le génome Regina V1 ( <a href="https://doi.org/10.15454/KEW474">https://doi.org/10.15454/KEW474</a> , Portail Data INRAE)	Génotype	Floraison 2019 (moyenne) en jours Julien	Nombre ind RxG
KASP1	6K	10158777 - 10158919	A	88,5	654
			B	92,0	722
KASP2	GBS	10089554 - 10089576	A	88,5	664
			B	92,0	720
KASP3	RNAseq	9935378 - 9935402	A	88,4	662
			B	92,0	724
KASP3.1	RNAseq	9889765 - 9889788	A	88,5	666
			B	92,0	720
KASP3.2	RNAseq	9780309 - 9780338	A	88,5	664
			B	92,0	717
KASP4	GBS	9726833 - 9726861	A	88,5	658
			B	92,0	719
KASP5	RNAseq	9456017 - 9456041	A	88,5	657
			B	92,0	718
KASP6	GBS	9270591 - 9270615	A	88,5	662
			B	91,9	726
KASP7	RNAseq	9268775 - 9268799	A	88,5	661
			B	91,9	724

A)

B)

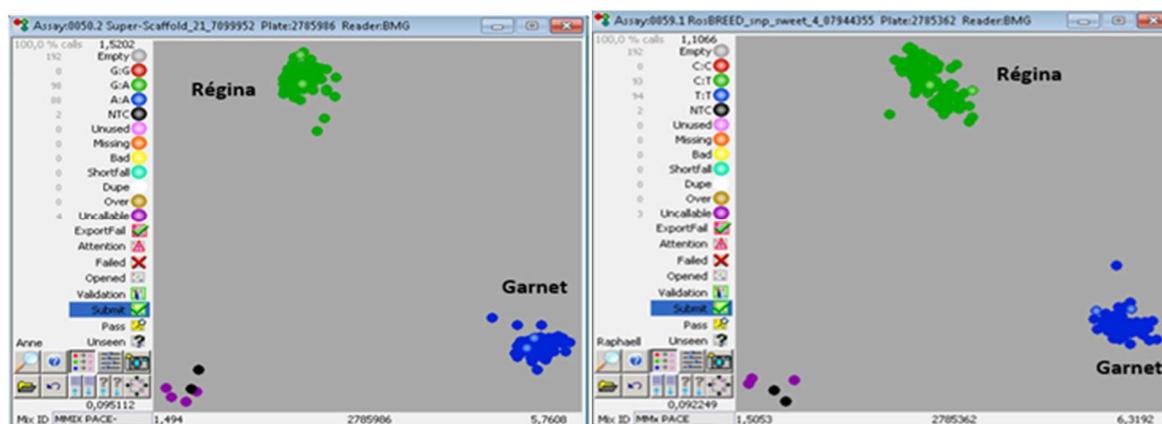


Figure IV.1.1 - Profil des marqueurs KASP : A) KASP 1, B) KASP 6, en vert individus hétérozygotes comme Regina et en bleu individus homozygotes (comme Garnet)

## 1-2 Marqueurs liés à la qualité du fruit : poids du fruit, tolérance à l'éclatement, fermeté

### Poids du fruit

Un marqueur KASP, localisé sur le groupe de liaison 2 (2-poids-16-17-18) permet de distinguer les trois génotypes (homozygotes pour chaque allèle et hétérozygote), chacun des groupes comprenant soit des gros fruits, soit des petits ou un mélange (hétérozygote) ceci a été observé sur des individus de la descendance RxG mais également sur des accessions de la collection de ressources génétiques (Figure IV.1.2 A)

## Fermeté

Un marqueur KASP localisé sur le groupe de liaison 5 (5-ferm-19-20-21) permet de distinguer les individus de faible fermeté (hétérozygotes) des individus fermes (homozygotes) de la descendance RxG, ce marqueur n'a pas pu être validé dans la collection de ressources génétiques (Figure IV.1.2 B).

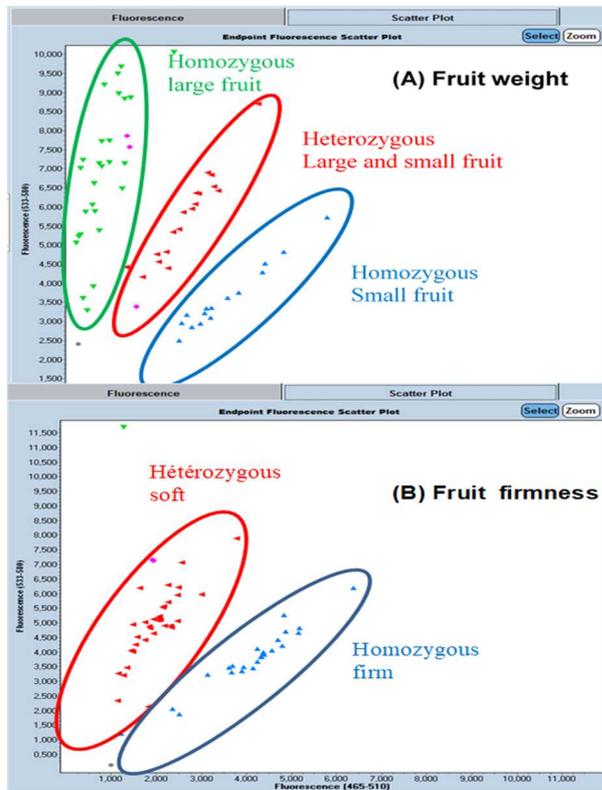


Figure IV.1.2 - Fluorescence des fluorophores FAM et HEX de 30 individus RxG et de 30 individus de la collection avec (A) marqueur KASP sur le groupe de liaison 2 pour le poids du fruit (B) marqueur KASP sur le groupe de liaison 5 pour la fermeté du fruit.

- Génotypage de la core collection avec des marqueurs identifiés suite à une analyse de QTL sur des populations- Validation des marqueurs détectés dans les régions des QTL

Ce génotypage est prévu dans le cadre de la thèse de Camille Branchereau pour les marqueurs KASP liés à la date de floraison

- Génotypage des populations bi-parentales avec des marqueurs identifiés suite à l'analyse GWAS – Validation des marqueurs détectés par GWAS

Une analyse de génétique d'association (GWAS) est en cours sur 115 individus de la collection de ressources génétiques cerisier à partir de données de séquençage (GBS- Genome By Sequencing) et de données phénotypiques obtenues sur un ensemble de caractères liés à la phénologie et à la qualité du fruit. Plusieurs associations SNP/caractère ont été identifiées. La localisation de ces SNP dans les régions des QTL sera vérifiée.

- *Ss-action 4.2 – Approches translationnelles - ou quelle transférabilité des marqueurs développés aux espèces voisines ?*

L'objectif de cette action était de chercher à tirer le meilleur parti des informations acquises afin d'évaluer les possibilités de valorisation des résultats obtenus sur les autres espèces.

Dit autrement il s'agissait de tester la robustesse des marqueurs sur d'autres fonds génétiques et d'évaluer leur portabilité.

Cette étape de validation des marqueurs n'a pas encore été initiée chez le pêcher et chez le cerisier mais elle a été engagée chez l'abricotier. Partant des SNPs utilisés pour cibler

- les caractères doux et plat de la pêche

- la sensibilité à l'oïdium et au puceron vert chez le pêcher
- le poids du fruit chez la cerise
- et l'époque de floraison chez le cerisier

Nous avons, en partant des informations disponibles en collection, défini des sous-ensembles de variétés aux comportements contrastés et a priori homologues des traits observés chez les deux espèces. L'objectif était d'obtenir une dizaine d'accessions contrastées par traits.

Sur la base de séquences d'amorces mises à notre disposition leur génotypage a été réalisé malheureusement aucun des candidats n'a réagi dans le sens escompté.

### **Synthèse :**

La liste des marqueurs moléculaires et des gènes candidats associés aux caractères d'intérêt a été établie et actualisée au cours du projet.

La recherche de marqueurs sous-jacents aux QTLs d'intérêt est en cours par densification des régions correspondantes. Le polymorphisme observé au sein des collections de ressources génétiques a été initié pour des traits d'intérêt : sharka et autofertilité chez l'abricotier, tâches bactériennes chez le pêcher, taille du fruit chez le cerisier.

La transportabilité des marqueurs liés aux traits d'intérêt a été engagée sans succès.

L'identification de variétés d'intérêt à des fins de Prébreeding pour des caractères incluant adaptation et moindre sensibilité aux bioagresseurs a été engagée.

## Caractérisation des ressources Génétiques Prunus pour les stress Biotiques et Abiotiques

### *CaRessPrunus*

**Organisme chef de file : INRA**

**Chef de projet : Jean-Marc Audergon**

**Partenaires :**

- INRA Centre PACA : UR GAFL, UERI Gotheron, Ecodev
  - INRA Centre de Bordeaux : UMR BFP-A3C, UEA Toulonne CRB Prunus
  - CEP Innovation
- 

**Résumé :**

Le projet *CaRessPrunus* vise la caractérisation des **ressources génétiques** disponibles en collection dans une approche **multicaractères** ciblée sur la **phénologie** (dormance, floraison, maturité, sénescence) et la sensibilité aux **bioagresseurs** (hors maladies de quarantaine travaillées par ailleurs). Il concerne les espèces pêcher, cerisier et abricotier. Il s'appuie sur les ressources génétiques détenues par l'INRA.

*CaRessPrunus* était structuré en 4 actions complémentaires :

- Action 1 - L'identification dans une approche multi-acteurs des enjeux liés aux caractères ciblés (nature et identification des indicateurs, priorisation, méthodologie de caractérisation, démarches d'intercalibration),
- Action 2 - La caractérisation de la phénologie des variétés en collections et dans une moindre mesure l'approche de la dormance,
- Action 3 – La caractérisation des variétés en collection pour la sensibilité aux bioagresseurs. Deux approches complémentaires ont été mobilisées : une approche ciblée sur les traits reconnus comme importants pour les filières, et une approche plus intégratrice destinés à mettre en place puis évaluer le comportement de core-collections sous faibles intrants phytosanitaires (dispositifs expérimentaux mis en place dans le cadre du projet),
- Action 4 – L'identification des déterminants génétiques et moléculaires des traits associés.

*CaRessPrunus* a permis

- de recenser les besoins exprimés par les 3 filières produits
- de caractériser la diversité génétique en collection pour leur phénologie avec un focus sur la floraison. Une approche plus fine des mécanismes impliqués dans la levée de dormance (besoins en froids et besoins en chaleur) a été conduite sur cerisier.
- de caractériser la diversité génétique pour la sensibilité à des bioagresseurs listés par la filière (oïdium, puceron vert, cloque tâches bactériennes et monilia sur fruit pour le pêcher, chancre bactérien, monilia sur fleurs, rouille et oïdium sur fruit pour l'abricotier)
- de mettre en place des collections variétales (11) destinée à capter la sensibilité aux bioagresseurs dans des systèmes de culture sous faibles niveaux d'intrants phytosanitaires. Ces systèmes de culture ayant d'ores et déjà permis de capter l'existence (émergence) d'un bioagresseur jusqu'alors certainement couvert par le calendrier conventionnel de traitement (la cloque de l'abricotier)
- de développer des marqueurs moléculaires pour assister le diagnostic
- d'identifier des ressources génétiques porteuses des caractères recherchés
- et d'engager l'élaboration de prototypes cumulant des traits d'intérêt.

## Annexe I - Action 1

- **A - Atelier de co-conception d'idéotypes culturels « Abricotier » élaborés dans le cadre de la Commission Phytosanitaire de la SEFRA - (31 Janvier 2018)**

Tableau I. - Bilan des caractères recensés et des pondérations affectées à chacun des caractères par les différents groupes établis en fonction des affinités et de l'expertise de chacun des participants.

Caractère d'intérêt remontés par les groupes	Scénario d'écologisation choisi		
	Note Conventionnel	Note Faibles Intrants	Note AB
PG peu attractif campagnols	1		
PG moins exigeant en eau	1		6
Affinité au greffage	0	5	
Vigueur		5	6
Port	5	1	6
Mise à fruit	3		
Productivité	9		
Type de fructification	5		6
Autofertilité	9	7	10
Besoins en froid	4	8	6
Date floraison	4	9	6
Etalement floraison			6
Floribondité	4	9	6
Date de récolte			7
Récolte groupée	4		
Bicolore blushé sur fond orangé	8	6	1
Rouge ou blanc.	3		
Attractivité			5
Calibre	7		
Acidité ( <i>faible</i> )	8	5	5
IR ( <i>élevé</i> )	8	7	7
Jutosité ( <i>présence</i> )	8		5
Arômes ( <i>présence</i> )	5		5
Texture	8	6	7
Epiderme résistant	8		
Evolution lente	5		
Sharka	10	9	10
ECA	10	10	9
Bactériose	10	10	10
Xanthomonas		3	0
Xylella fastidiosa			
Monilia/fruit	4		1
Monilia/fleur	3	7	9
Rouille	3	7	3
Corynéum	2	5	3
Tavelure	2	5	3
Maladies conservation		5	
Oïdium	0	4	2

Drosophila	0		
Cecidomie	0		
Capnode	0		2
Pucerons	0	3	0
Anarsia		2	0
Forficules		2	
Tordeuse		2	0
Thrips		3	
Halyomorpha halys			

- **B - Séminaire Idéotypage 23 Janvier 2019 CTIFL Centre de Balandran (Fichiers Excel Idéotypages)**
  - o Idéotypage priorisation critères Pêcher 23I2019 Ateliers1-2-3-4.xls
  - o Idéotypage priorisation critères Cerisier 23I2019 Ateliers1-2.xls
  - o Idéotypage priorisation critères Abricotier 23I2019 Ateliers1-2-3.xls

Les fichiers sont constitués sur une même base avec des onglets présentant :

- les résultats par ateliers (séquence 1 identification des traits, séquence2 priorisation des traits par scénario),
- les résultats des différents ateliers
- les traits harmonisés pour en permettre une représentation simplifiée

## Annexe II : Action 2 – Caractérisation des Stress Abiotiques

 <b>BFP-A3C</b>	<b>Mode opératoire</b>	Réf :
	<b>Projet scientifique de l'Equipe A3C</b>	Version 1
	<b>Suivi de la Sénescence</b>	Date : 13/09/2017 Page 38/1

### 1. Objet et domaine d'application

Il s'agit du suivi de la sénescence du Cerisier dans le cadre du projet scientifique fédérateur d'A3C.

### 2. Liste de diffusion et si nécessaire niveau de confidentialité

**A3C- UEA**

### 3. Principe de la méthode

Dans le cadre du projet d'unité, il est prévu d'étudier finement la sénescence des cerisiers.

La méthode consiste à relever les différentes dates de sénescence :

- au moins 10% des feuilles sont colorées (non vertes) (stade BBCH 92)
- au moins 50% des feuilles sont colorées (non vertes) ou tombées (stade BBCH 95)
- fin de la chute des feuilles (stade BBCH97)

### 4. Contraintes de la méthode

Afin d'assurer la qualité des notations, il faut programmer :

- 2 à 3 passages par semaine pour le suivi des cerisiers.

### 5. Contenu du mode opératoire

Date d'observation :			
Nom de l'accession:			
Code de l'accession:			
Localisation: Parcelle, Rang, Place			
Stade Phénologique	Critère	Définition	Stade
Sénescence	Date	Début de la décoloration des feuilles Au moins 10% des feuilles sont colorées (non vertes)	BBCH92
	Date	Au moins 50% des feuilles sont colorées (non vertes) ou tombées	BBCH95
	Date	Fin de la chute des feuilles	BBCH97

*La date de sénescence est considérée atteinte pour un arbre, lorsque 50% de ses feuilles ne sont plus fonctionnelles, c'est-à-dire elles sont colorées et/ou tombées.*

Les notations seront réalisées avec un appareil permettant la saisie directe relié au logiciel ADONIS, ou bien une fiche de suivi de sénescence qui permet d'enregistrer les notations sur papier, puis *via* un ordinateur. La liste des arbres à suivre est pré-remplie dans la fiche et les arbres sont triés par parcelle et par rang. Notation d'un seul individu.

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom :	T. Barreneche	Groupe de travail Phénotypage	Scientifiques d'A3C

## Annexe III : Action 3 – Caractérisation des Stress biotiques

### Echange sur la « Méthodologie de phénotypage sous bas-intrants phytosanitaire »

#### Stratégies phytosanitaires et méthodes de phénotypage pour l'évaluation de descendances **et collections** d'abricotiers cumulant des caractères d'intérêts dans un contexte de culture sous bas-intrants phytosanitaires

Réunion du 12 janvier 2016 à Gotheron

Présents : Jean-Marc Audergon, Alain Blanc, Laurent Brun, Guy Clauzel, Freddy Combe, Frédéric Gilles (en visio), Christophe Gros, Guillaume Roch.

Réunion du 05 décembre 2016 à Gotheron

Présents : Jean-Marc Audergon, Alain Blanc, Laurent Brun, Guy Clauzel, Freddy Combe, Christophe Gros, Guillaume Roch, Joël Chadoeuf, Pedro Asencio (de 9h30 à 11h00), Simon Ruzand.

Réunion du 29 novembre 2017 à Gotheron

Présents : Jean-Marc Audergon, Alain Blanc, Laurent Brun, Guy Clauzel, Freddy Combe, Christophe Gros, Guillaume Roch, Jean Leonetti, Eric Martin, Frédéric Gilles (en visio), Simon Ruzand.

Réunion du 03 janvier 2020 à Gotheron

Présents : Jean-Marc Audergon, Typhaine Briand, Guillaume Roch, Guy Clauzel, Laurent Brun, Freddy Combe, Julie Robin

Réunion du 07 janvier 2021 en visioconf

Présents : Jean-Marc Audergon, Typhaine Briand, Morgane Roth, Alain Blanc, Jean Léonetti, Guillaume Roch, Guy Clauzel, Laurent Brun, Freddy Combe,

#### **1-) Rappel du contexte**

Le programme de création variétale abricotier de l'INRA se recentre sur du « pré-breeding ». Ainsi la recherche de géniteurs cumulant des caractères d'intérêts pour la création de variétés adaptées à une production sous bas-intrants phytosanitaires devient une priorité. Les caractères de résistance à la sharka et d'autofertilité sont déjà pris en compte (SAM possible et utilisée depuis 5 ans). La moindre sensibilité au chancre bactérien (*Pseudomonas*) et aux monilioses sur fleurs (*M. laxa* et *M. fructicola*) sont des caractères importants à prendre en compte, sans négliger les maladies qui peuvent s'exprimer dès que la protection phytosanitaire fongicide est allégée (Tavelure, Oïdium, Rouille). L'objectif poursuivi n'est pas d'intégrer « pas-à-pas » ces différents caractères, mais d'essayer de les cumuler en réalisant des croisements *ad hoc*, puis d'évaluer les descendances sur ces caractères.

La discussion a essentiellement concerné l'évaluation de descendances d'abricotiers. L'évaluation de collections de ressources génétiques sera réalisée sur le même protocole. Le dispositif Core collection installé à Gotheron entre en 3<sup>ième</sup> feuille en 2020, il commencera donc à être phénotypé.

#### **2-) Règles de décisions phytosanitaires**

La règle générale tend vers l'absence de protection phytosanitaire, cependant :

\*La protection contre le psylle vecteur de l'ECA est maintenue pour éviter de « perdre » un nombre trop important d'arbres. Elle est réalisée dès la première feuille. Le choix d'une stratégie essentiellement insecticide (1 à 2 insecticides à positionner en fonction des avertissements du réseau de suivi du retour des psylles) est préféré à celui d'une stratégie à base de barrière physique (argiles) pour éviter des interactions possibles argiles x développement des maladies. **De plus, des remontées terrain récentes interpellent sur le niveau de protection apporté par les argiles. Faible efficacité confirmée en 2017.**

\*La protection fongicide contre le monilia à la fleur (en 2<sup>ième</sup> feuille) et contre la rouille (en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ième</sup> feuille) est maintenue pour permettre l'installation de l'arbre. A partir de la 3<sup>ième</sup> feuille, aucune application fongicide ne sera réalisée sur l'ensemble de la saison (cuivre compris) pour mettre le développement de l'ensemble des maladies. **Cependant, si le mois de juin est pluvieux, et pour éviter une défoliation importante et précoce due à la rouille, une application fongicide pourra être maintenue en juin en 3<sup>ième</sup> feuille contre la rouille.**

\*Les années où des inoculations artificielles de chancre bactérien seront réalisées, la protection fongicide contre le monilia (2 fongicides en encadrement floraison, plus si floraison étalée) **pourra être** maintenue pour éviter le dessèchement de rameaux par le monilia et permettre une bonne lecture des symptômes de chancre bactérien issus de cette inoculation. **Une discussion s'engage sur l'intérêt de phénotyper le monilia en 2017 sur les croisements CHB 15 qui ont été inoculés par le CHB fin 2016. Dans ce cas de figure, il ne faudrait pas réaliser la protection fongicide contre le monilia sur fleur. Il faudrait alors enlever tous les bourgeons floraux sur les rameaux inoculés pour éviter le développement du monilia sur ces rameaux. Le groupe attend l'avis de Mariem et des collègues bactériologistes de la patho pour décider sur cet aspect. En 2017, il n'y a pas eu de protection monilia sur les populations interconnectées, mais des suppressions de fleurs ont été réalisées sur les branches inoculées avec le Chancre Bactérien.**

En 2018, sur Gotheron

- Populations interconnectées, pas d'inoculation CB, pas de traitement pour observer le monilia
- Bergeval x Bakour (CHB2013), inoculation CB réalisée sur les arbres, pas de traitement prévu mais gestion des fleurs sur les rameaux inoculés
- Orangered x Bakour (CHB2016), inoculation CB réalisée sur une partie des arbres, pas de traitement prévu mais gestion des fleurs sur les rameaux inoculés

En 2018, sur Amarine

- Descendances dérivées de Bakour, de Ouardi et Sayeb, pas de traitement pour observer le monilia
- Collection AJnord, Amarine C, pas de traitement pour observer le monilia

\*Core collection en 2020 à Gotheron est en 3<sup>ème</sup> feuille donc pas de protection fongicide. Cependant, quelques variétés seront en 2<sup>ème</sup> feuille ou seulement 1<sup>ère</sup> feuille. Donc, on se réserve la possibilité de faire des traitements fongicides contre la rouille en localisé sur les arbres de ces variétés.

\*Gotheron à partir de 2020 : interdiction de réaliser des herbicides sur toute l'unité (décision prise par le collectif de l'UERI). Donc les hybrides et Core collection de l'UERI Gotheron devront être gérés en travail mécanique sur le rang avec le nouvel équipement de l'unité (porte outil avec disques émotteurs et lame Brown). Cet outil permettrait de travailler le sol tout en laissant le tuyau d'irrigation goutte à goutte au sol. Une démonstration en automne sur la parcelle CHB 13 a été concluante, mais qu'en sera-t-il en situation plus sèche au printemps ?

### **3-) Phénotypage des maladies**

#### **3.1-) Monilioses sur fleur**

\*Pour éviter les effets foyers, et estimer au mieux le critère de moindre sensibilité aux monilioses sur fleurs une prophylaxie soignée devra être réalisée :

- éliminer par la taille tous les rameaux moniliés après la notation, puis les endainer sur l'inter-rang et les broyer.
- faire tomber au sol tous les fruits en post-récolte. Puis, lors de la taille d'hiver éliminer les momies et les rameaux secs « oubliés ».<sup>7</sup>

\*la période de floraison étant importante pour les contaminations par le monilia, la phénologie de chaque arbre doit être observée en notant les dates des différents stades : C, D, (E), F10, F50, F100, G 10 et G100 (passage dans le verger 3 fois par semaine). **Sur la base des données 2017 en épidémiologie monilia, nous proposons de simplifier les observations pour cerner les stades D à G10**

**2021 - Privilégier la notation de répartition des stades à chaque date (3 passage semaines) – couverture du stade D à G99 par arbre (permet une entrée directe dans le modèle de risque) : Stade D, stades E et F sont regroupés, stade G.**

\*La floribondité étant importante dans le développement du monilia, celle-ci sera estimée pour chaque arbre à l'aide d'une échelle allant de 0 (absence de fleur) à 4 (très forte floribondité). La note 2 étant la note minimale pour que la notation monilioses soit prise en compte. **AnnexeIII. 2**

---

<sup>7</sup> En 2017, les fruits ont été intégralement récoltés à maturité et détruits (broyage ou enfouissement) pour limiter les populations de *Drosophila suzuki*, tordeuses et anarcia.

En 2018, l'approche sera conservée avec en plus mise place de la double confusion tordeuse-anarcia dans les parcelles hybrides

(Un protocole plus précis est à mettre sur papier, avec photo ?)<sup>8</sup>

\*Pour chaque arbre, l'intensité des attaques de moniliose est estimée en évaluant le pourcentage de rameaux à fleurs desséchés par le monilia par rapport à l'ensemble des rameaux à fleurs de l'arbre. Les observations sont réalisées **un mois après floraison** de manière que tous les symptômes de monilioses sur rameaux soient apparus et avant que le développement de la végétation ne gêne cette notation. La notation à plusieurs permet de comparer la note de chaque notateur et d'« améliorer » la qualité de cette note. **Le nombre de 3 notateurs par parcelle est idéal. Deux en pratique en 2017.**<sup>9</sup>

\*L'espèce de monilinia présente dans le verger est à préciser. Pour cela, prélèvement de 30 fleurs moniliées sur l'ensemble du verger (x 2 dates) et observation visuelle après développement du mycélium sur boîte de Pétri. (Centralisation des déterminations sur Gotheron).

### 3.2-) Tavelure sur fruits

Notation disjointe de la qualité des fruits, qui peut être réalisée, si il y a suffisamment de fruits, directement eu verger sur 1 à 2 jours au moment où les premiers fruits arrivent à maturité

Prélèvement au hasard de 50 fruits par arbre à l'approche de la maturité des fruits, et détermination :

- du % de fruits tavelés ;

- d'une note de sévérité (0 à 3) pour chaque fruit (voir annexe III.1)

Attention la tavelure s'installe lentement en verger

Un autre échantillon de 20 fruits au stade « mi-mûr » sera prélevé en même temps pour la réalisation des observations sur la qualité des fruits.

### 3.3-) Oïdium sur fruits

Notation disjointe de la qualité des fruits, qui peut être réalisée, si il y a suffisamment de fruits, directement eu verger sur 1 à 2 jours au moment où les premiers fruits arrivent à maturité

Sur les mêmes fruits que ceux prélevés pour la notation tavelure, déterminer le % de fruits oïdiés.

### 3.4-) Notation rouille

En fonction du développement de l'épidémie cette notation doit être effectuée :

\* Dès le mois de juillet si l'attaque de rouille est précoce et forte (lorsqu'un témoin de forte sensibilité comparable à Bergeron obtient la note 4) avec l'échelle de notation n°1 « Pourcentage de feuilles présentant des pustules de rouille »

\* Durant septembre-octobre. Utiliser l'échelle de notation n°1 et éventuellement l'échelle de notation n°2 en fonction de la gravité de l'attaque.:

Echelle de notation n°1 basée sur l'estimation visuelle, arbre par arbre, du pourcentage de feuilles présentant des pustules de rouille.

Note	Pourcentage de feuilles présentant des pustules de rouille
0	Aucun symptôme de rouille observé
1	≤ à 10%
2	>10% et ≤30%
3	>30% et ≤60%
4	>60% et ≤80%
5	>80%

Echelle de notation n°2 basée sur l'estimation visuelle, arbre par arbre, du pourcentage de feuilles chutées à cause de la rouille.

Note	Pourcentage de feuilles chutées à cause de la rouille
0	Aucune chute
1	≤ à 10% de chute
2	>10% et ≤30%
3	>30% et ≤60%
4	>60% et ≤80%
5	>80% de chute

<sup>8</sup> Cf la notation sur le réseau de parcelle PEI Climarbo (attention la notation sur l'échelle varie de 0 à 5 quand la nôtre varie de 0 à 4 on considère que les notes 4 et 5 sont agrégées sur les hybrides)

<sup>9</sup> Pour l'Amarine, Alain envisager la notation avec quelqu'un d'Avignon

### 3.4-) Coryneum

Peu observé dans nos vergers expérimentaux pour l'instant à Gotheron. A coupler à la notation tavelure et oïdium sur 50 fruits si présence. En pratique, la notation Coryneum sur fruits indique un pourcentage de fruits avec des croûtes liégeuses sans que l'on puisse savoir si ce symptôme est dû au Corynéum, au Pseudomonas ou autre .

### 3.5-) Chancre bactérien

\*Inoculation artificielles : cf rapport Mariem ; possible sur certains croisements ciblés à des fins de validation

\* contamination naturelle : un constat simple la notation est compliquée, il est proposé de la structurer avec prise d'observation à 2 périodes :

-2021 - La notation des nécroses/chutes de bourgeons au moment de la période de floraison sera conservée sur la même base que les notations des années antérieures (échelle 0 à 2 – 0 : pas ou peu de nécroses ; 1 : présence de nécroses mais le potentiel de production de l'arbre est maintenu ; 2 : forte présence de nécroses qui affectent le potentiel de production de l'arbre).

Nous ne savons pas si ces nécroses sont d'origine bactérienne ou bien d'origine physiologique, mais la comparaison des notations Gotheron/Amarine apportera des éléments (si présence de nécroses sur Gotheron et pas sur Amarine, on pourra suspecter une origine bactérienne).

**-Les symptômes précoces** de chancre bactérien sont quantifiés fin floraison avant que les dessèchements de rameaux liés aux attaques de monilioses à la fleur n'apparaissent. Le % de charpentières présentant des symptômes (bourgeons ou coursonnes nécrosés avec ou sans présence de gomme et avec écorce rouge-brun en surface et tissus marrons-nécrosés dessous ; jeunes branches ne débouillant pas avec tissus marrons-nécrosés sous l'écorce et/ou présence de gomme) sera estimé rapidement (échelle : 0, 25, 50, 75, 100%).

**-fin Avril début juin**, le % de branches desséchés par le chancre bactérien sera estimé rapidement (échelle : 0, 25, 50, 75, 100%) (les branches mortes de chancre bactérien seront coupées et sorties du verger).

### 3.6-) Monilioses sur fruits

Ce critère important a peu été pris en compte jusqu'à présent (dans les BerBa par ex) car on rencontre une forte variabilité environnementale : dégâts liés aux conditions climatiques avant récolte, à la charge en fruits de l'arbre, aux forficules....

Il faudra réfléchir à un protocole d'évaluation. Peut-être en fin de sélection, une fois que les autres critères auront été évalués. Protection fongicide à la fleur puis test sur fruits récoltés et inoculés ? Protections des fruits avec manchons papier ? Tests sur arbre en régulant la charge ? Anneaux de glu ?....

A partir de 2021, un anneau de Glu sera posé au niveau de chaque tronc (et autres piquets, tuyaux permettant le passage des forficules) pour limiter les morsures sur les fruits. Une gestion rigoureuse des adventices est nécessaire pour limiter les possibilités de ponts permettant le passage des forficules. Ainsi, il serait souhaitable de réaliser un changement de l'irrigation pour passer en microjets suspendus sur la Core collection de Gotheron. Laurent demande si c'est possible sur le domaine début 2021.

Possibilité d'estimer le % de fruits moniliés sur l'arbre lors du prélèvement de l'échantillon 50 fruits pour les notations (Tavelure, oïdium, « Corynéum ») à la récolte. Indiquer également le niveau d'attaque des forficules en covariable.

### 3.7) Cloque

Des observations de bouquets de feuilles avec de la cloque (symptômes de feuilles gaufrées avec décoloration) dans certaines parcelles hybrides sur Gotheron ont été faites. Une notation cloque est donc prévue si ces symptômes sont présents. Noter le nombre de bouquets cloqués par arbre.

2021 - Notation : période nouaison – nb bouquet cloqué par arbre

### 3.8-) Comportement agronomique et qualité des fruits

Observés sur les premiers fruits à maturité sur l'arbre selon le protocole (à transmettre par Simon).

2021 - Récolte en 1 seul passage et si possible séparation des 2 lots (qualité (20 fruits – stade mi-mûr) – maladie (50 fruits au hasard)

Protocole observation fruits :

Les notes vont de 0 (peu ou faible) à 4 (fort ou élevé)

- Etat sanitaire arbre : mort ; eca ; chancre
- Date de maturité (commerciale)
- Productivité : de 0 à 4 (0 : peu de fruits ; 4 : charge optimum à la récolte)
- Type de fruit : Bicolore ; Rouge ; Blanc ; Classique
- Attrait : de 0 à 4
- Fermeté : de 0 à 4 (évaluation manuelle)
- Goût : de 0 à 4 (en bouche, subjectif)
- Sucre : de 0 à 4 (en bouche)
- Acidité : de 0 à 4 (en bouche)
- Jus : de 0 à 4 (en le pressant à la main)
- Appréciation globale : de 0 à 4 (synthèse des 7 observations précédentes)
- Calibre : de C à 3 AAA
- Poids moyen sur 10 fruits
- Taux de sucre : brix (réfractomètre sur jus obtenu en pressant le fruit à la main)
- Forme : largeur Rond ; Ovale ; trapézoïdal
- Forme (suite) : Epais ; moyen ; plat
- Texture : Fibreux ; pâteux ; fin ; croquant
- Epiderme : crémeux ; jaune ; orangé ; rouge
- Plage ponctuation en % : plage ; ponctuation ; voile
- Chair : crémeux ; orangé ; rouge
- Observations : arômes ; lumineux ; terne ; si fonds vert ; si longueur en bouche ; frais ; adhérence au noyau ; astringence de la peau ; particularité

#### 4-) Procédure de sélection :

***(maintenir des témoins en parcelle pour caler les notations : 3-4 variétés à définir)***

Pour les arbres en place

- A partir de la 3<sup>ème</sup> feuille début du phénotypage maladies (objectif 3 années de caractérisation)
  - o En présence de Chancre bactérien, la variété est éliminée dans la mesure où c'est un critère majeur de sélection difficilement observable en verger
- A partir de la 4<sup>ème</sup> feuille
  - o Observation du comportement agronomique et de la qualité des fruits à partir de la 4<sup>ème</sup> feuille en verger hybride (pour les hybrides sans fruits en 4<sup>ème</sup> feuille, les observations sont reportées à la 5<sup>ème</sup> feuille).
  - o Les meilleurs matériels seront introduits en serre sharka pour validation de comportement sharka (seules seront développées les variétés ou géniteurs résistants (Aramis®))
- En fin de 5<sup>ème</sup> feuille en verger hybrides,
  - o si absence de production en 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> feuille, élimination de l'arbre
  - o Monilia : disposer d'au moins 2 années avec évaluation monilia (i.e. présence de fleurs avec pluie sur la fleur). Si monilia >35% sur une année (proposition Alain de garder ce seuil de 35%), élimination de l'arbre
  - o si note rouille = 5, élimination de l'arbre. A moduler selon la pression rouille de l'année.
  - o si présence Oïdium ou Tavelure (Proposition Alain : éliminer les plus sensibles)
  - o si mauvais comportement agronomique ou dégâts CB, élimination de l'arbre
- En 6<sup>ème</sup> feuille, les présélections seront validées
  - o par un phénotypage terrain complémentaire et complet incluant une inoculation CB par comparaison à un témoin sensible
  - o les outils moléculaires de sélection (CB, Monilia, Rouille...) seront systématiquement mis en œuvre dès qu'ils seront disponibles

- notation de la sensibilité au monilia sur fruits (inoculation artificielle à caler plus précisément)  
objectif (éviter de développer une variété particulièrement sensible)

Pour les matériels hybrides avant plantation en verger

- les tests biomoléculaires ciblés sur PPVres et l'Autofertilité seront mobilisés
- Ils seront complétés dès que possible par des marqueurs liés aux différents caractères de résistance observés

#### 5-) Compléments d'informations 2021

2021 – Sur Gotheron, les 4 lignes attenantes à la Core collection (Proto 19 et Proto 20) rejoignent les suivis réalisés sur la Core collection. De plus, Guy effectuera un suivi « classique » sur la qualité des fruits et le comportement agronomique de l'arbre.

Donc pas de traitement pour les proto 20 (2<sup>ème</sup> feuille) - Risque rouille à gérer si année très sensible on traitera fongicide rouille en Mai et Juin (couplage avec parcelles DHS pour le traitement).

Proto 19 et 20 : Réorganisation de la parcelle et ré étiquetage avec nouvelle notation de clones (sera fait par Guy).

2021 -Transposition de la ligne N à effectuer (Core Collection, Mirad, Capred).

Core collection et Proto 19 et 20 : Prophylaxie systématique après récolte des échantillons expé (50 + 20 fruits). Elimination des fruits par broyage ou retrait de la parcelle avec Fred & Marie.

Echelle de notation sévérité tavelure sur fruits – Margot Dulais 2014

\* « 0 » : pas de tavelure ;

\* « 1 » : un peu



\* « 2 » : moyen



\* « 3 » : fort





## La Floribondité

La floribondité, selon une échelle de 0 à 5 (0 : floribondité nulle ; 5 : très forte floribondité)

1-Très faible
1+-Très faible à faible
2-Faible
2+-Faible à moyenne
3-Moyenne
3+-Moyenne à forte
4-Forte
4+-Forte à très forte
5-Très forte

Avec note 1 : 10 fleurs par mètre linéaire et note 5 : 50 fleurs par mètre linéaire.

### Annexe IV - Action 4 – Déterminismes génétiques et moléculaires

Tableau IV.1.1 – Populations biparentales dont les données étaient disponibles en adossement au projet

Espèce	Site	Descendances	Taille	Critères ciblés	Références
Pêcher	Avignon	BC2	162	Phénologie Qualité des fruits Monilia	Dirlewanger et al, 2012  Pascal et al, 1994
	Avignon	SD40 <sup>2</sup>	99	Cloque	Viruel et al, 1998
	Avignon	Pamir x Rubira	187	Oïdium Puceron vert	Pascal et al, 2010 Sauge et al, 2012 Lambert et Pascal, 2011
	Avignon	WeepingFlowerPeach <sup>2</sup>	90 + (250)	Oïdium Puceron vert Cloque	Pascal et al, 2010 Sauge et al, 2012 Viruel et al, 1998
	Avignon	Summergrand x Davidiana	76 + (300)	Oïdium Puceron vert Cloque Sharka	Pascal et al, 2010 Sauge et al, 2012 Viruel et al, 1998 Rubio et al, 2010
	Avignon	Rubira x sDavidiana	171	Oïdium Puceron vert Cloque	Pascal et al, 2010 Sauge et al, 2012 Viruel et al, 1998
Cerisier	Toulenne	Regina x Garnet	150 + (1400)	Phénologie Besoins en froids Besoins en chaleur Eclatement Poids du fruit	Castède et al, 2014 Castède et al, 2015
Cerisier	Toulenne	Regina x Lapins	130	Phénologie Besoins en froids Besoins en chaleur Eclatement Poids du fruit	Castède et al, 2014 Castède et al, 2015
Abricotier	Avignon	Polonais x SEO	143 + (450)	Sharka Phénologie Qualité floraison	Lambert et al, 2006 Dirlewanger et al, 2012
	Avignon	Goldrich x Moniqui	198 + (500)	Phénologie Qualité des fruits Chancre bactérien	Dirlewanger et al, 2012 Illa et al, 2011 Roth, 2013
	Gotheron	Bergeron x Bakour	227	Phénologie Monilia sur fleurs Chancre bactérien Faibles intrants phyto.	Dirlewanger et al, 2012 Roth, 2013 Roth, 2013
	Gotheron	2914 x 4206	250	Sharka Qualité floraison	Decroocq et al, 2014

**Tableau IV.1.2 - Liste des caractères pour lesquels des marqueurs sont disponibles (validés sur une collection) ou en cours de développement (tests sur collection en cours) pour les espèces pêcher et abricotier.**

Caractère	Gène/locus	Espèce sur laquelle les marqueurs ont été développés	Numéro accession	Parents de référence	Groupe de liaison	Type de marqueurs	Nombre de marqueurs	Marqueurs validés	Marqueurs en cours de validation	Nombre de marqueurs SSR	Marqueurs SNP	Commentaires
<b>Caractères de résistance</b>												
Puceron vert	Rm1	P. persica	S4359	Rubira	LG1	SSR SNP	2 1	X		MP580 45582111 MP579 45849239	SP949 47712680	
	Rm2	P. persica	S2678	Weeping Flower Peach	LG1							
	QTL anti-biose	P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG3	SSR SNP	2 2		X	MP263 22 389 226 MP239 27 016 359	SP693 23 028 891 SP694 24 445 592	
	production diCQ	P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG4	SSR SNP	2 4		X	MP018 2 086 577 MP036 3 499 861	SP135 1549572 SP128 2751874 SP129 2900231 SP131 3632015	
	tolérance	P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG5	SSR	2		X	MP014 5 941 644 MP164 10 776 499		
Oïdium	Vr2	P. persica	S6146	Pamirskij	LG8	SSR	2	X		MP392 121 691		
	Vr1	P. persica	S5392	Malo Konaré	LG8	SSR	2	X		MP425 3899263		
		P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG6	SNP	2		X		SP932 17472672 SP934 18300214	
			P1908 et S3971	Dav et Sg	LG8	SNP	2		X		SP936 9170716 SP937 11715816	
	Vr3	P. dulcis		Texas	LG2	SSR indel	2 2					
Sharka	PPVRes	P. armeniaca			LG1	SNP	3	X			SP870 SP353 SP871	
Nématodes	Ma	P. domestica			LG7	SSR	2		X	MaCT3-4Nfam NSCAFLP2hex	SP903	
	Rmja	P. dulcis			LG7	SNP	1					
	RMIa	P. persica	S6677	Nemared	LG2	SNP	2	X			SP91 SP92 + amorces gel	
Bactériose (Xanthomonas arboricola)		P. persica			LG1	SNP	3		X		SP928 13367604 SP929 13459887 SP931 15594607	
					LG6	SNP	4		X		SP953 24156699 SP954 24157299 SP958 24159588 SP956 24166391	
Cloque du pêcher		P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG4	SSR	2		X	MP59 228020 MP152 2412941		
		P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG6	SSR	2		X	MP100 3134270 MP423 3801805		
			S5392	Malo Konaré	LG7							

Chancre à Fusicoccum		P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG1	SSR	1		X	MP289 32889624		
			P1908 et S3971	Dav et Sg	LG6	SSR	1		X	MP445 27089399		
Chancre bactérien (Pseudomonas syringea)		P. armeniaca	A2137	Bakour					X			
Monilia sur fileurs		P. armeniaca							X			
Caractères agronomiques et qualité												
Autofertilité Abricotier		P. armeniaca				sur gel	1		X		ZP29	Il ne marche pas sur toutes les accessions...
Autofertilité Porte greffe						sur gel	2	X				
Présence et forme nectaires foliaires	E	P. persica	S5392	Malo Konaré	LG7	SNP	1	X			SP900	
Chair sanguine	bf	P. persica	S7634	Montarsa	LG4	SSR SNP	2 1	X			SP695	
	DBF	P. persica			LG5							
Nombre pétales	DI2	P. persica	S2678	Weeping Flower Peach	LG6	SNP	2	X			SP885 SP886	
Couleur des pétales	Rr	P. persica	S2678	Weeping Flower Peach	LG1	SNP	2		X		SP676 SP677	
Fleur trompette	tp	P. persica			LG2				X			
Port pleureur pl	pl	P. persica	S2678	Weeping Flower Peach	LG3	SNP	1		X		SP849	
Port de l'arbre + tortuosité		P. davidiana	P1908 et S3971	Dav et Sg	LG2	SSR	1		X			
Nectarine/pêche	G	P. persica			LG5	indel			X		ZP192	
Couleur blanc/jaune chair	Y	P. persica			LG1	SSR SNP indel			X	MP768 26641013	SP980 26615766 + amorces gel ZP193	
plat/rond	S	P. persica			LG6	SSR			X	MP40 24753513		