



MEDIEVAL

**Méthodes et dispositifs innovants pour l'évaluation du
matériel végétal fruitier**

Analyses et propositions du groupe de réflexion

Septembre 2016

Rédacteurs : Marine Guadagnini-Palau, Jean-Marc Audergon, Sandrine Codarin, Sylvie Collet, Christian Hilaire, Vincent Mathieu, Daniel Plénet, Jean Luc Regnard, Julien Ruesch, Yann Bintein, Benoît Jeannequin.

Personnes ayant contribué aux réflexions du Groupe MEDIEVAL et organismes à la date de participation :

M. Al-Rifai (Inra), J-M. Audergon (Inra), C. Bastien (Inra), Y. Bintein (Ctifl), M-L. Brachet (Ctifl), L. Brun (Inra), S. Cavaignac (Invenio), G. Charlot (Ctifl), S. Codarin (Ctifl), S. Colleu (Inra), M-C. Dalstein (Ctifl/La Morinière), F. Dosba (Montpellier SupAgro), N. Dupont (IFPC), H. Duval (Inra), M-M. Fernandez (Ctifl/Arefe), E. Filleron (CA84/La Tapy), C. Gigueux (Ctifl/Arefe), M. Guadagnini-Palau (Inra), E. Grillet (CEP), B. Hennion (Ctifl), C. Hilaire (Ctifl), E. Hostalnou (CA66/Centrex), B. Jeannequin (Inra), E. Koké (Cefel), F. Laurens (Inra), F. Lheureux (Ctifl), G. Libourel (Grab), S. Lochon-Menseau (CNBMed), B. Loquet (Ctifl), S. Marques (Vegepolys), V. Mathieu (Ctifl), M. Millan (Ctifl), J-M. Meynard (Inra), J-M. Montagnon (CA13/La Pugère), B. Navez (Ctifl), T. Pascal (Inra), C-E. Parveaud (ITAB), S. Pinczon du Sel (La Tapy), C. Pinet (CA30 / Serfel), D. Plénet (Inra), J. Pluvinage (Inra), J. Quero-Garcia (Inra), M-H. Rames (BIP), S. Rashidi (BIP), J. Ruesch (Ctifl), J-L. Regnard (Montpellier SupAgro), M-H. Simard (Inra), B. de Solan (Arvalis), S. Stévenin (CA24/Sefra), C. Tronel (Ctifl/CEHM), P. Vaysse (Ctifl), F. Warlop (Grab), P. Westercamp (Ctifl/Cefel)

Pour citer ce document : Guadagnini-Palau M., Audergon J-M., Codarin S., Colleu S., Hilaire C., Mathieu V., Plénet D., Regnard J-L., Ruesch J., Bintein Y., Jeannequin B. MEDIEVAL, Analyses et propositions du groupe de réflexion. GIS Fruits, Paris, 2016, 34 p. + annexes

SOMMAIRE

Introduction.....	1
1. Démarche utilisée	2
2. Etat des lieux	4
2.1. Réseau d'évaluation de la charte nationale	4
Dispositif de la charte	4
Critères observés	5
2.2. Autres dispositifs existants.....	7
2.3. Capitalisation et diffusion des données	8
2.4. Analyse critique des dispositifs existants	9
3. Critères et questions émergentes	11
4. Nouveaux outils, méthodes et dispositifs à développer pour répondre aux enjeux.....	13
4.1. Phénotypage et génotypage.....	13
4.2. Sensibilité aux bioagresseurs.....	16
4.3. Interactions Génotype, Environnement et Pratiques culturelles (GxExP)	18
4.4. Qualité des fruits	21
4.5. Stress abiotique et adaptation aux changements climatiques	22
4.6. Systèmes d'information.....	24
4.7. Approche économique	26
5. Priorités pour le nouveau dispositif d'évaluation du comportement du matériel végétal fruitier .	27
5.1. Quelques points clés.....	27
5.2. Propositions d'organisation du nouveau dispositif national.....	28
Conclusion	31
Liste des Acronymes	32
Liste des Annexes	33

Introduction

Aujourd'hui, pour répondre aux enjeux du développement durable, l'arboriculture fruitière doit conjuguer à la fois performances techniques, économiques, environnementales et sociales. L'atteinte de cet objectif repose sur un très grand nombre de paramètres et d'acteurs. Cependant, du fait de la pérennité des arbres fruitiers et du rôle primordial de la qualité des produits, le dynamisme du secteur de l'innovation variétale et la maîtrise des processus d'évaluation du comportement du matériel végétal¹ fruitier apparaissent comme des éléments déterminants pour la filière car la variété cristallise un grand nombre d'enjeux et d'attentes.

L'évaluation du matériel végétal (MV) en arboriculture fruitière a pour objectif d'apprécier et d'évaluer un ensemble de caractères dont la connaissance est primordiale pour les producteurs et opérateurs de la filière afin de choisir un matériel adapté aux conditions de milieu, aux objectifs de production et aux marchés visés. Cette connaissance permet de définir une stratégie de gestion du verger intégrant le comportement du matériel végétal et son potentiel de production.

A la demande des professionnels de la filière, la caractérisation et l'étude du comportement du matériel végétal sont organisées par une charte nationale. Signée en 1998 par quatre partenaires (Ctifl, FNPF, CEP et INRA), la charte nationale de caractérisation et de comportement des variétés et porte-greffe fruitiers² régit le dispositif d'évaluation des innovations variétales proposées par la recherche publique et la recherche privée.

Initialement focalisée sur les critères de comportement en production et aux caractéristiques des fruits, l'étude s'est progressivement élargie pour intégrer le maintien de la qualité des produits, la sensibilité aux bioagresseurs, la sensibilité aux désordres physiologiques, puis, plus récemment la prise en compte de modes de production diversifiés, en particulier les systèmes à faible niveau d'intrants dont l'adéquation au cahier des charges de l'agriculture biologique.

Cet élargissement des enjeux couplé aux nouvelles exigences exprimés par les politiques publiques multiplie les critères à prendre en compte dans l'innovation et l'évaluation du matériel végétal.

Ces évolutions nécessitent de s'interroger sur l'adaptation du dispositif national d'évaluation du matériel végétal fruitier pour identifier et hiérarchiser les critères et les dispositifs incontournables à mettre en œuvre ainsi que les outils et les méthodes disponibles ou à développer pour améliorer l'efficacité de l'évaluation du matériel végétal (nombre de critères et qualité de l'information, coûts et temps d'acquisition, etc.).

Une première réflexion initiée par le CTPS à la demande du Ministère en charge de l'agriculture, a été conduite en 2011-2013 au sein de la section « Arbres Fruitiers » pour analyser la pertinence d'une approche basée sur les enjeux de la VATE³ (Valeur Agronomique Technologique et Environnementale) chez les espèces fruitières (cf. *CTPS Rapport VATE en annexe 1*).

¹ Les occurrences « Matériel végétal » (MV) de ce document font référence aux variétés et porte-greffe des espèces fruitières

² Espèces concernées par la charte : Pommier, Poirier, Porte-greffe fruits à pépins, Pêcher, Abricotier, Cerisier, Prunier, Porte-greffe fruits à noyau, Noyer, Châtaignier et Amandier, Porte-greffe fruit à coque.

³ Contrairement à une majorité d'espèces végétale, il n'existe pas d'examen obligatoire de la valeur agronomique, technologique et environnementale (VATE) pour l'inscription au catalogue du CTPS des espèces fruitières (exception faite du raisin de table rattaché au catalogue vigne). La VAT/VATE est donc le plus souvent réalisée en post-inscription.

Pour approfondir la réflexion, le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Fruits a constitué en 2013 le groupe de travail « MEDIEVAL » (Méthodes et Dispositifs Innovants pour l'Évaluation du matériel végétal fruitier) réunissant les experts des organismes français impliqués dans la réalisation de l'évaluation du matériel végétal, à savoir : Ctifl, INRA, Stations expérimentales régionales (Arefe, Areflec, Cefel, CEHM, Centrex, Grab, Invenio, La Morinière, La Pugère, La Tapy, Sefra, Serfel, Verexal), ITAB, IFPC, Montpellier SupAgro, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, BIP, CEP Innovation, Vegepolys.

Deux objectifs ont été fixés au groupe de travail MEDIEVAL :

- dresser un état des lieux et réaliser une analyse critique des dispositifs actuels d'évaluation du matériel végétal fruitier ;
- identifier les nouveaux outils, méthodes et dispositifs qui pourraient être mobilisés pour améliorer l'évaluation du matériel végétal fruitier et faciliter la connaissance et le transfert des informations, ainsi que repérer les pistes de recherches complémentaires pour développer de nouveaux outils et méthodes.

Suite à cette analyse, le groupe MEDIEVAL proposera certaines pistes à approfondir pour améliorer l'efficacité technique des méthodes et dispositifs d'évaluation au sein de la filière Fruits.

1. Démarche utilisée

Le groupe MEDIEVAL s'est appuyé sur un partage d'expérience entre spécialistes des espèces fruitières. Pour ceci, des journées thématiques ont été organisées pour discuter et approfondir les problématiques actuelles et émergentes liées à l'évaluation du comportement agronomique du matériel végétal fruitier. Afin d'élargir le champ de vision et d'analyse des experts « fruits », ces réunions ont été introduites par des exposés de chercheurs travaillant sur d'autres filières végétales (populiculture, céréaliculture) et sur des thématiques d'intérêt (phénotypage haut débit...). Elles ont été jalonnées par des travaux en atelier, et des analyses bibliographiques et de projets destinés à documenter ces réflexions (*cf. Organisation et démarche en **annexe 2***).

Ces échanges ont permis de préciser les questions émergentes :

- Quel matériel végétal pour répondre aux objectifs souvent contradictoires d'obtention de niveaux de production élevés tout en garantissant la qualité gustative et/ou en limitant les coûts de production ?
 - Comment tester l'adaptation du matériel végétal aux évolutions climatiques et aux conditions des bassins de production actuelles et/ou futures ?
 - Comment évaluer le comportement du matériel végétal face aux principaux bioagresseurs afin de répondre à l'exigence de la réduction d'usage des produits phytopharmaceutiques (plan Ecophyto) ?
 - Comment caractériser le comportement du matériel végétal pour des modes de production et des circuits de distribution de plus en plus diversifiés (Production Fruitrière Intégrée (PFI), Agriculture Biologique(AB), bas intrants, circuits de commercialisation avec des attentes très distinctes, etc.) ?
-

- Est-ce que les dispositifs actuels d'évaluation du matériel végétal (charte nationale avec ses niveaux 1 et 2) peuvent répondre à ces interrogations en intégrant quelques améliorations ou bien faut-il imaginer de nouveaux dispositifs ?
- Quelles méthodes faut-il mobiliser pour évaluer une quantité importante de matériel végétal (variétés et porte-greffe) et comment les organiser ?

Dans un premier temps, le groupe a cherché à préciser les différentes attentes des acteurs de la filière fruits de manière à identifier les critères mobilisés pour analyser le comportement par rapport à ces attentes. Cette analyse a permis de structurer la réflexion et de l'organiser autour de 4 axes thématiques majeurs (**figure 1**) avec des animateurs dédiés :

- Comportement agronomique et interactions avec les modes de production et l'économie de la production (**D. Plénet**, C. Hilaire, S. Codarin)
- Qualité des fruits (**S. Codarin**, P. Vaysse, B. Navez)
- Stress abiotiques et adaptation aux changements climatiques (**V. Mathieu**)
- Sensibilité aux bioagresseurs (**M. Guadagnini-Palau**, J-M. Audergon, L. Brun, J. Ruesch).

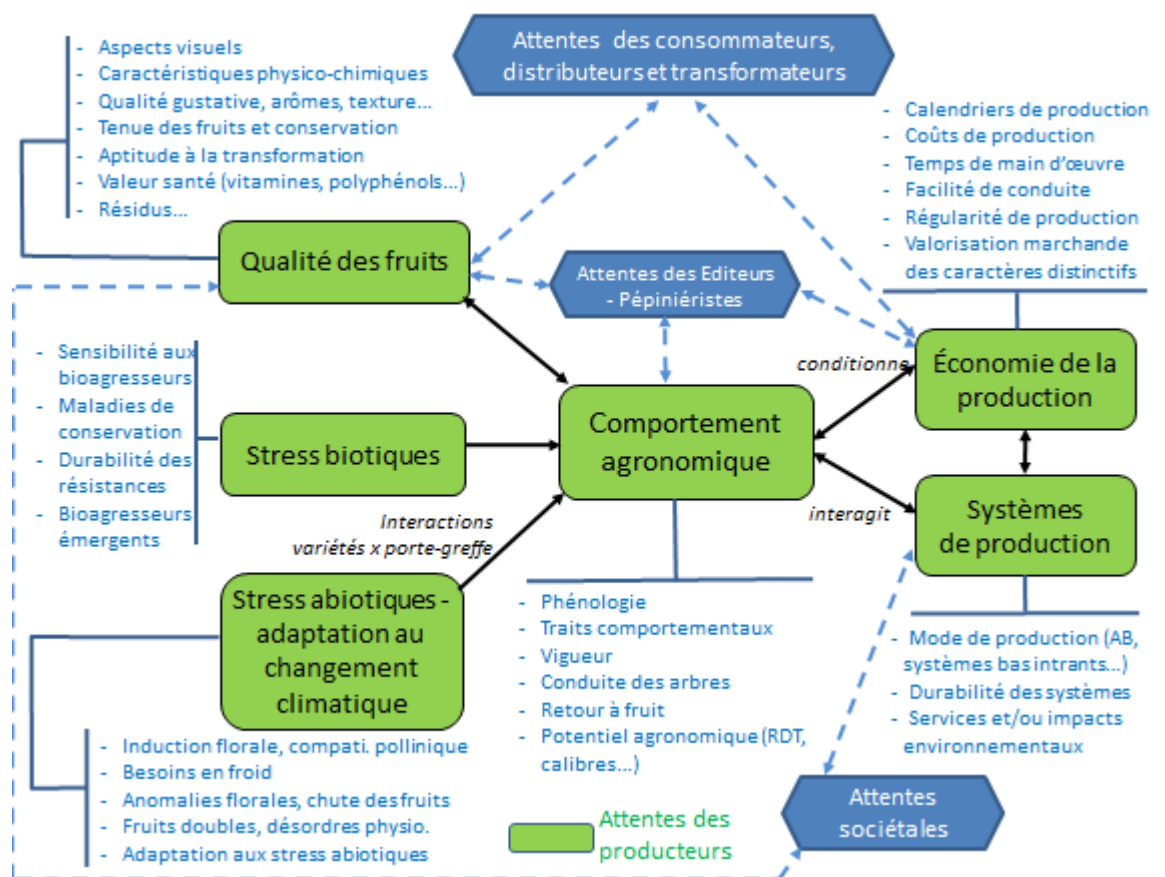


Figure 1. Principales caractéristiques attendues dans l'évaluation du matériel végétal fruitier et priorités (flèches) émanant du groupe Médieval

Chacun de ces groupes thématiques a produit un document qui synthétise leurs travaux. C'est à partir de ces réflexions que le groupe de coordination de MEDIEVAL a rédigé ce document de synthèse qui intègre les éléments importants développés par les groupes de travail. Les rapports des groupes de travail sont disponibles en **annexe 13, 14, 15 et 16**.

A partir de cette analyse globale, le groupe de coordination a identifié les points clés pouvant contribuer à la réalisation du cahier des charges d'un nouveau dispositif national d'études et d'évaluation du matériel végétal fruitier, puis il a émis un ensemble de propositions pour son organisation.

2. Etat des lieux

2.1. Réseau d'évaluation de la charte nationale

Dispositif de la charte

Le dispositif d'évaluation des innovations variétales de la charte comporte deux volets (**Tableau 1**). Le 1er volet, géré par le GEVES, concerne la caractérisation du matériel végétal (études DHS). Le 2ème volet, coordonné par le Ctifl, consiste à étudier le comportement agronomique. La réflexion conduite au sein de MEDIEVAL a porté sur le volet 2 « comportement agronomique ».

Volets 1 et 2 régis par la Charte (Ctifl, FNPF, CEP, INRA)	Volet 1 : Caractérisation du matériel végétal , coordonné par le GEVES.	DHS : Distinction, Homogénéité, Stabilité
	Volet 2 : Comportement agronomique , coordonné par le CTIFL (Ctifl, Inra, Stations Régionales) Objet des réflexions du groupe	Niveau 1 : vergers d'évaluation de l'intérêt agronomique. Deux à trois sites, durée d'observation de cinq à six ans. Niveau 2 : vergers d'évaluation du comportement agronomique des variétés les plus intéressantes décelées au niveau 1 Trois à dix sites, durée d'observation de cinq à huit ans.

Tableau 1 : Les dispositifs d'évaluation de l'innovation variétale de la charte nationale d'expérimentation fruitière.

L'étude du comportement du matériel végétal en arboriculture fruitière a pour objectif d'apprécier et d'évaluer un ensemble de caractères dont la connaissance est déterminante pour répondre aux attentes professionnelles et sociétales, ainsi qu'aux enjeux actuels (court et moyen termes) et émergents (long terme). Elle vise à documenter une batterie de critères élargie pour évaluer le matériel végétal (porte-greffe, arbre, fruits) et son potentiel d'adaptation aux conditions du milieu, aux techniques, ainsi qu'aux évolutions des modes de production et aux changements climatiques. Cette étude du comportement repose donc sur l'acquisition de données en vergers permettant l'expression de la variabilité des traits phénotypiques dans des réseaux dédiés. Certaines caractéristiques peuvent cependant être étudiées plus spécifiquement, en particulier la qualité des fruits et le comportement du matériel végétal aux stress biotiques et abiotiques.

Les études de comportement incluses dans la charte comportent deux niveaux d'expérimentations :

- Les vergers d'évaluation (niveau 1) permettent une appréciation rapide et succincte de l'intérêt agronomique et commercial de la variété grâce à des dispositifs expérimentaux installés sur 1 à 4

sites géographiques et pour des périodes d'observations comprises entre 5 et 6 ans. Les observations réalisées ont pour objectif de décrire et caractériser des critères phénotypiques majeurs (phénologie, floribondité, description du fruit, potentiel de production, potentiel de conservation et de qualité gustative...) sur quelques individus (collections variétales constituées de 2 à 3 arbres par variété) et par comparaison avec des témoins de référence. Ce dispositif vise l'élimination rapide du matériel végétal ne présentant pas les caractéristiques recherchées et/ou l'identification rapide des matériels les plus intéressants pour la filière.

- Les vergers de comportement (niveau 2) ont pour but d'analyser l'adaptation du matériel végétal aux conditions pédoclimatiques des principales zones de production et de mettre au point des techniques de production en verger (tailles, gestion de la charge en fruits...) et de gestion en post-récolte (conservation...) afin de permettre l'expression des potentiels de production et de qualité des variétés les plus intéressantes. Cette étude du comportement agronomique des variétés est réalisée sur 3 à 10 sites et pour des périodes d'observations moyennes comprises entre 5 et 8 ans. L'évaluation porte sur les caractères observés en niveau 1, auxquels sont ajoutés de nouveaux critères pour juger de la performance agronomique et de l'adaptation régionale : comportement de l'arbre, compatibilité pollinique, besoins en froid, anomalies florales, rendement brut et commercialisable, distribution en calibres, qualité des fruits, comportement des fruits en post-récolte, maladies de conservation, sensibilités diverses en verger...).

Les études sont effectuées sur les centres du Ctifl, de l'Inra, et dans les stations régionales engagées dans le réseau de la charte. Le Ctifl coordonne le dispositif et anime la concertation pour harmoniser les méthodes et les protocoles d'évaluation en cohérence avec les besoins professionnels, et en veillant à la qualité des expérimentations. Il assure aussi l'administration de la base de données 'Koala' dédiée aux essais variétaux qui centralise les informations des niveaux 1 et 2.

Critères observés

Les principaux critères observés et mesurés dans le réseau de la charte nationale sont listés en fonction des différents axes thématiques. Des observations complémentaires à celles de la charte ont aussi été répertoriées pour signaler son enrichissement progressif à la demande des professionnels et des techniciens d'expérimentation.

Note : Les critères en **gras** correspondent aux mesures réalisées en routine.

Comportement agronomique

Variété :

- **Phénologie**
- **Critères pomologiques**
- **Equilibre vigueur / fructification**, mise à fruit (régularité, vitesse, productivité)
- **Technique de production** adaptée (taille de formation, de fructification, éclaircissage...)
- **Potentiel agronomique** : rendement, calibres...
- **Compatibilité pollinique** (cerise, abricot, prune japonaise, amande)

Porte-greffe (le comportement du PG est étudié en interaction avec le greffon) :

- **Vigueur**
- **Productivité**
- **Calibre**
- Compatibilité au greffage

Qualité des fruits

- **Aspects visuels** relatifs à la qualité externe du fruit : coloration, forme, défauts d'aspect
- **Maturité du produit** : paramètres physico-chimiques (fermeté, teneur en sucres solubles, acidité titrable, jutosité), code amidon, codes couleur. Il s'agit de déterminer la fenêtre de récolte pendant laquelle les paramètres de maturité commerciale sont présents de façon optimale tout en minimisant l'incidence des désordres en post-récolte.
- **Qualité organoleptique** : saveurs, arômes, texture... (à dire d'experts)
- **Tenue des fruits et conservation** (pour les espèces pomme, poire, pêche, abricot, prune, cerise, noix, châtaigne)

Observations complémentaires (non coordonnées dans le cadre de la charte)

Analyses sensorielles, tests hédoniques, cartographies des préférences externes et segmentation des consommateurs, indice Sensifel© (sensibilité aux mâchures), indice Tastifel© (satisfaction du consommateur), suivi filière.

Les méthodes utilisées pour caractériser la qualité des produits sont variées et font appel à un couplage d'appréciations d'experts et de mesures instrumentées objectives. Les méthodes liées à l'évaluation sensorielle nécessitent de mettre en œuvre des moyens conséquents et un nombre important de fruits qui ne peut être mobilisé que sur des variétés "prometteuses".

Stress abiotiques et adaptation aux changements climatiques

- **Phénologie** : floraison, maturité...
- Besoins en froid et risques associés : **chutes ou nécroses florales, anomalies florales, débourrement**
- Stress thermique (forte température) : chute avant récolte, **fruits doubles** (cerise)

Observations complémentaires (hors charte)

Des dispositifs spécifiques mobilisant quelques variétés ont été mis en place dans le cadre des projets Phenoclim, Arviclim, INRA Accaf Perpheclim : phénologie, besoins en froid (chutes de bourgeons, nécroses et anomalies florales, levée de dormance, sensibilité au gel) et du projet ALIAGE: stress hydrique (pomme), ainsi que dans d'autres programmes : étude sur la sensibilité des porte-greffes du cerisier à l'asphyxie racinaire, etc.

Sensibilité aux bioagresseurs

- Sensibilité aux bioagresseurs en vergers

- **Sensibilité aux maladies de conservation** (pêche, pomme, poire, abricot, cerise, prune, châtaigne, noix, kiwi (hors charte))

Observations complémentaires (hors charte)

Les observations portant sur l'étude de la sensibilité aux bioagresseurs sont réalisées sur les sites d'évaluation du comportement (niveaux 1 et 2 de la charte), et mobilisent fortement les équipes du Ctifl et des stations régionales d'expérimentation. Ces dispositifs sont pour partie conduits en réseau en s'appuyant sur les interactions connues entre les pathosystèmes (maladies et ravageurs) et les conditions pédoclimatiques.

Ils sont complétés à des fins d'études méthodologiques par des travaux pouvant aller de démarches ciblées sur leur caractérisation (phénotypage), au génotypage (résistance tavelure, à la sharka, aux nématodes), à des approches multi-caractères en réseau (oïdium, cloque, pucerons, thrips pour le pêcher).

Les bioagresseurs étudiés par espèce fruitière qui ont donné lieu à des observations au sein de différents réseaux ou projets, sont présentés ci-dessous:

- Pommier : tavelure, oïdium, puceron cendré
- Cerisier : maladies de conservation
- Abricotier : tavelure, oïdium, monilia, rouille, sharka, chancre bactérien, maladies de conservation
- Pêcher : cloque, oïdium, thrips, puceron vert, tordeuse orientale, maladies de conservation
- Châtaignier : cynips
- Kiwi : bactériose (*Pseudomonas syringae Actinidiae - psa*)
- Noyer : mouche du brou, bactériose
- Porte-greffes *prunus* : résistance nématodes

2.2. Autres dispositifs existants

En France, si la charte nationale constitue la principale source d'information « partagée » par l'ensemble des acteurs de la filière pour les fruits à pépins, à noyau et à coque, il existe d'autres dispositifs d'évaluation du comportement agronomique pour répondre à des attentes plus spécifiques ou à des filières plus concentrées car destinées à un usage bien particulier (cf : *Synthèses des GT*). Certains dispositifs ont des objectifs qui ne visent pas l'évaluation mais plutôt la description et/ou la préservation du matériel végétal :

- Des études du comportement du MV sont réalisées sur des espèces fruitières non intégrées à la charte : pomme à cidre (coordinateur : IFPC), prune d'Ente (coordinateur : BIP), kiwi (Ctifl Lanxade)
- Des dispositifs d'étude du comportement de variétés en pré-sélection, existent chez les éditeurs
- Des dispositifs d'évaluation du matériel végétal pour le mode de production en Agriculture Biologique (ITAB / GRAB / Ctifl / Stations régionales)
- Des dispositifs d'étude du comportement de variétés mis en place sous convention privée à la demande d'un éditeur, ou à la demande de programmes opérationnels
- Des dispositifs spécifiques pour évaluer le comportement du matériel végétal pour des traits particuliers (sensibilité aux bioagresseurs avec des études méthodologiques réalisées en

collaboration entre Ctifl, Stations régionales, GRAB et INRA ; études de l'effet de certains stress abiotiques, etc.)

- Des dispositifs supports à des activités pédagogiques dans des lycées agricoles, coordination DGER (Montauban, Carpentras, Avignon).
- Les conservatoires de Ressources Génétiques à travers les Centres de Ressources Biologiques (*Prunus*, Fruits à pépins, noyer et châtaignier) et les réseaux associatifs (Fruits Oubliés...).

Ceci souligne la complémentarité possible des différentes sources d'information, auxquelles il faut ajouter les études concernant le développement de nouveaux modes de conduite, de nouvelles méthodes de conservation, la caractérisation plus précise de la qualité des fruits et de leurs aptitudes à la conservation ou la transformation, les préférences des consommateurs, ..., qui enrichissent les connaissances sur le comportement du matériel végétal et la variabilité de certains traits phénotypiques.

Réseau européen

Des groupes de travail dédiés à l'évaluation variétale existent à l'échelle européenne à travers le réseau Eufirin. Le groupe de travail « Fruits à pépins » est en place depuis une quinzaine d'année. Les travaux de ce groupe ont permis d'établir un protocole commun d'évaluation ainsi que de proposer un contrat d'expérimentation commun aux éditeurs proposant du matériel pour évaluation. Plus récemment, il a été rejoint par les groupes pêche/abricot, cerise et fruits à coques.

A l'échelle européenne, certains acteurs de l'expérimentation travaillent plus particulièrement les variétés adaptées à l'agriculture biologique (FIBL et Agroscope en Suisse, CRA Gembloux et PC Fruit en Belgique, RC Laimburg en Italie).

2.3. Capitalisation et diffusion des données

Les données acquises lors des différents essais peuvent être des valeurs mesurées quantitativement, des notes qualitatives ou des annotations (commentaires, descriptions).

Dans le cadre des essais liés à la charte, les données brutes sont stockées dans la base de données Koala gérée par le Ctifl. L'accès à cette base de données est réservé aux expérimentateurs du réseau charte qui les ont acquises et qui les partagent en réseau.

La diffusion des informations est assurée par les expérimentateurs. Elle vise à toucher un large public en utilisant différents supports (fiches variétales sur le web, journaux professionnels, ouvrages...) et en organisant des journées techniques (présentations variétales, visites d'essais...). Elle est réalisée dans le respect des droits des obtenteurs.

Le rôle de « démonstration » du réseau grâce à l'organisation régulière de visites de producteurs et des conseillers techniques sur les sites d'expérimentation est essentiel pour qu'ils puissent « visualiser » certains traits de comportement (architecture des arbres, vigueur, aspects des fruits, qualité gustative, ...) et affiner leur connaissance du matériel végétal avant les choix de plantation.

Des documents sont élaborés à destination des acteurs de l'aval de la filière (distributeurs, détaillants, ...) afin de les informer sur les caractéristiques des variétés : calendrier variétal de maturité et de présence sur le marché, analyses sensorielles (descripteurs, tests hédoniques), préférences des consommateurs, évolution en post-récolte des nouvelles variétés, stades optimaux de récolte avec indices associés (code couleur, par ex.), ... L'ensemble de ces informations permet

d'élaborer des stratégies commerciales s'appuyant sur la segmentation et la communication pour apporter une plus-value grâce à cette différenciation qualitative.

La connaissance du comportement du matériel végétal (au moins pour les variétés qui deviennent des standards) se construit donc progressivement à partir de l'intégration par les experts d'informations provenant de différents dispositifs et études. Cependant, une intégration plus consolidée et plus partagée de toutes ces « briques » de connaissances qui permettent de caractériser le comportement agronomique des variétés les plus prometteuses constitue sans doute un enjeu majeur des dispositifs du futur.

2.4. Analyse critique des dispositifs existants

Cette analyse est réalisée selon les principes d'une matrice « Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces » pour dégager une vision synthétique du dispositif actuel d'évaluation du comportement agronomique du matériel végétal fruitier (**tableau 2**).

Cette analyse est générique aux espèces fruitières à pépins et à noyau qui font l'objet de recherches importantes au niveau international. Elle devrait être modulée pour intégrer certaines spécificités d'autres espèces (fruits à coques et petits fruits).

L'évaluation du comportement agronomique du matériel végétal fruitier innovant repose essentiellement sur le dispositif de la charte nationale. Ce dispositif est une référence pour la filière fruitière du fait de la nature des informations recueillies et de la démarche partenariale en réseau qui permet d'étudier l'adaptation du matériel végétal à des conditions pédoclimatiques variées. Le dispositif a aussi su évoluer pour répondre à certaines problématiques comme la sensibilité aux bioagresseurs majeurs pour le pommier, le pêcher et l'abricotier. Cependant, ce dispositif devrait encore être amélioré pour mieux valoriser les données collectées et pour instruire de nouvelles questions comme l'adaptation du matériel végétal aux changements climatiques, plus largement la sensibilité aux stress abiotiques et biotiques, mais aussi pour prendre en compte la diversité des modes de production et les problématiques liées aux interactions Génotype x Environnement (GxE) et Génotype x Pratiques (GxP)...

Malgré les menaces pesant actuellement sur le devenir de ces réseaux, il existe de réelles opportunités pour maintenir et développer un dispositif national d'évaluation du comportement du matériel végétal fruitier répondant aux enjeux actuels et émergents. Se saisir de ces opportunités, c'est préserver l'avenir de la filière fruitière française dans la mesure où le matériel végétal (innovation, évaluation et certification) est au cœur de la performance technique, commerciale et économique quel que soit le système de production. C'est aussi inciter et orienter l'innovation variétale, grâce à un système d'évaluation adapté et rénové, permettant de mieux prendre en compte les problématiques environnementales, sociétales et les impacts liés aux changements climatiques.

L'évolution du (des) réseau(x) d'évaluation du comportement agronomique du matériel végétal doit trouver un juste équilibre entre (i) des attentes et des échelles de temps différentes selon les acteurs, (ii) l'augmentation du nombre de critères pour répondre aux nouvelles problématiques concernant la qualité des fruits, la sensibilité aux bioagresseurs et l'adaptation aux nouveaux modes de production et aux changements climatiques, et (iii) des moyens disponibles (financiers, humains, méthodologiques et techniques).

<p>Interne (au dispositif)</p>	<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none"> • Très fort intérêt de la filière amont et aval pour la connaissance du MV • Approche en réseau et partenariat • Expertise des évaluateurs • Richesse et qualité de l'information (Analyse intégrée multicritères, robustesse des dispositifs) • Bonne représentativité du fait de la diversité des bassins de production • Réseau représentatif du mode de production standard actuel • Ajustement pragmatique aux besoins de la filière (sensibilité aux bioagresseurs, stress climatique, qualité...) • Diffusion concertée et large des observations et des résultats • Reconnaissance européenne de la qualité et de l'objectivité de l'information 	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coût du dispositif et instabilité de son financement • Dépendance forte aux savoirs experts des expérimentateurs (manque d'outils de mesure standardisés) • Durée longue pour un retour opérationnel de l'évaluation du MV • Faible prise en compte de la diversité des itinéraires techniques, des modes de conduite et de production (interactions GxExP) • Dispositif peu adapté à l'évaluation de la sensibilité aux bioagresseurs et de la durabilité • Prise en compte insuffisante des informations de l'aval • Informations acquises au niveau multi-local essentiellement valorisées à l'échelle régionale • Absence de caractérisation du progrès génétique ancré sur la Valeur Agronomique Technologique et Environnementale (VATE)
<p>Externe (environnement du dispositif)</p>	<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> • Excellence de la filière française d'innovation, multiplication et certification du MV fruitier • Intérêt pour l'économie et la diversification des cultures dans les territoires • Forte attente de certains acteurs de la filière pour un MV adapté aux nouveaux enjeux (segmentation, pommes et abricots rouges) • Développement de méthodes et outils innovants utilisables pour caractériser le MV • Renforcement des interactions R&D (GIS Fruits) • Meilleure intégration et exploitation des informations acquises sur le MV aux différents niveaux de la filière : informations acquises en amont (test DHS...) et en aval (retours d'expérience issus des producteurs, des acteurs de l'aval...) 	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distribution sélective des variétés par les opérateurs de la filière limitant l'accès au matériel végétal ou l'accès à l'information • Privatisation des moyens d'expérimentation au profit de groupes porteurs des programmes opérationnels • Adéquation insuffisante des dispositifs aux enjeux à moyen et long termes et par rapport aux exigences des politiques publiques (Plan Ecophyto, Plan Semences et Agriculture Durable 2) • Financement du dispositif ne permettant pas une prise en compte des objectifs de long terme • Manque de moyens pour rendre opérationnelles de nouvelles technologies d'évaluation

Tableau 2 : Analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces autour des enjeux portés par la charte nationale d'évaluation du matériel végétal fruitier

3. Critères et questions émergentes

L'arboriculture fruitière est confrontée à plusieurs enjeux, actuels et/ou émergents, que ce soit sur les aspects de production et qualité des produits, rentabilité économique, adaptation aux changements climatiques, préservation des ressources non renouvelables et protection de l'environnement grâce à la réduction des intrants (produits phytopharmaceutiques, eau d'irrigation, engrais de synthèse, énergie...). L'innovation variétale est un élément de réponse pour cibler une arboriculture fruitière performante et durable. Pour cela, l'évaluation du comportement du matériel végétal doit se faire sur une base rénovée afin de repérer les innovations adaptées aux scénarios possibles du futur.

De nombreuses questions ont ainsi été identifiées lors des échanges du groupe MEDIEVAL. Elles ont été classées en quatre axes thématiques (**Figure 2**) : Comportement agronomique, Qualité des fruits, Sensibilité aux bioagresseurs et Sensibilité aux stress abiotiques.

➔ Prospective Arboriculture fruitière

Parallèlement à ces réflexions thématiques, un cadre de mise en cohérence général a été recherché. Sur la base de la prospective de la filière fruits et légumes conduite par FranceAgriMer et Interfel de 2009 à 2011, un projet a été soumis et accepté dans le cadre de l'appel à projet CasDar-CTPS de février 2015 (cf. *Projet Prospective Casdar 2015 en annexe 8*). Cet exercice de prospective, porté par le Ctifl et l'Inra et animé par FranceAgriMer, s'intitule « Quelles variétés adaptées aux futurs systèmes de production arboricoles et aux futures demandes de fruits ? » et il a pour but de bâtir des hypothèses et des scénarios d'évolution possible d'innovation variétale pour la filière fruitière.

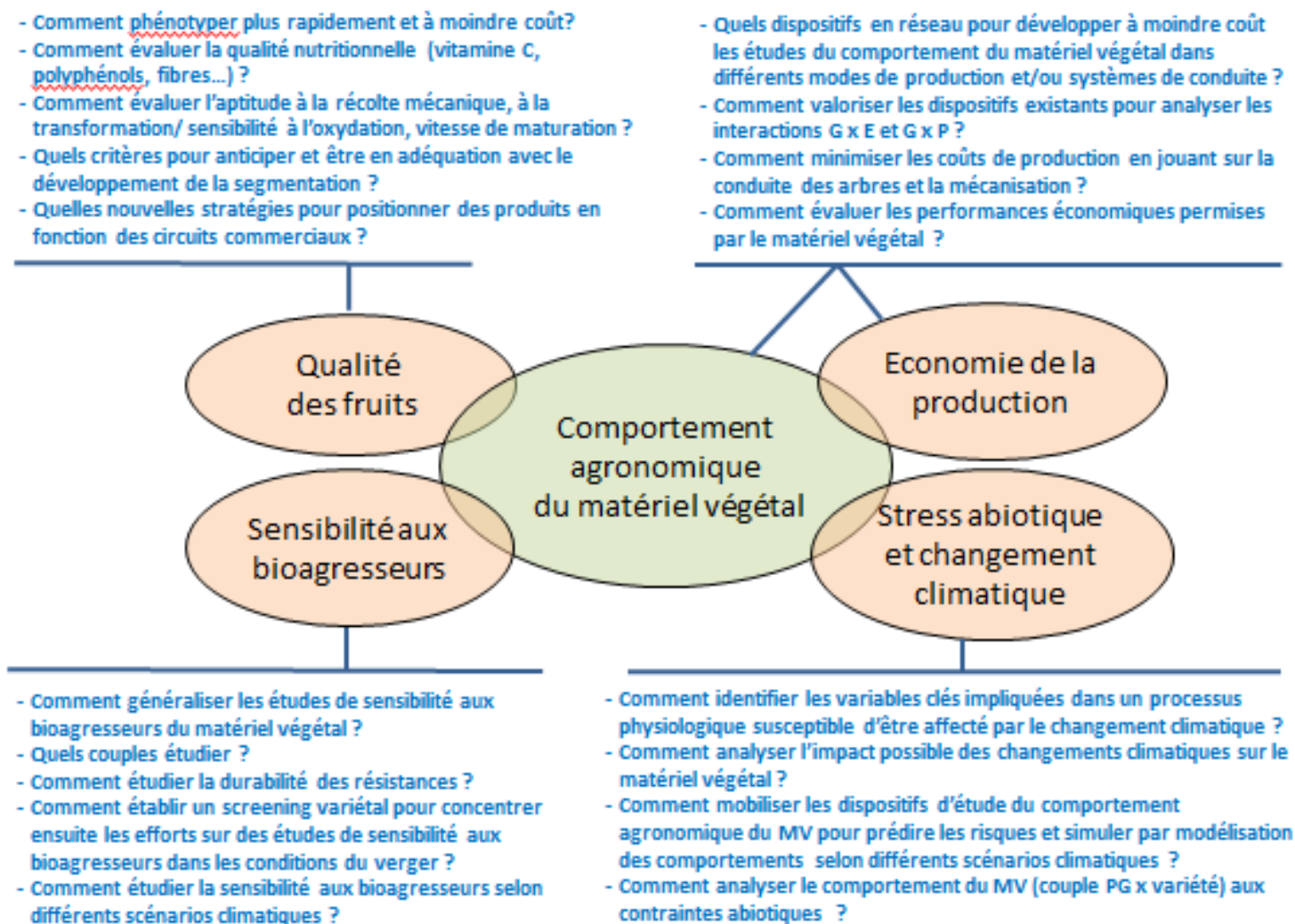


Figure 2. Questions émergentes sur le dispositif d'évaluation du comportement agronomique du matériel végétal fruitier, en lien avec les différents axes thématiques

4. Nouveaux outils, méthodes et dispositifs à développer pour répondre aux enjeux

La charte d'évaluation du comportement agronomique du matériel végétal fruitier permet aujourd'hui de bien documenter certains critères phénotypiques dans des environnements variés et pour le système de production dominant, correspondant à la production fruitière intégrée grâce à un réseau multisite et à une mise en commun des données (niveaux 1 et 2 de la charte). Les producteurs et les opérateurs de la filière ont ainsi la possibilité de choisir le matériel végétal apparaissant le mieux adapté aux objectifs de production, aux milieux (comportement, performance agronomique, critères de qualité des fruits, etc.) et au marché. De ce fait, les principes de ce réseau d'évaluation sont à préserver, même si certaines méthodes sont à explorer pour améliorer la vitesse d'acquisition de certaines informations, leur exploitation et/ou optimiser son efficacité économique.

Par contre, les dispositifs de la charte actuelle s'avèrent inappropriés pour apporter des informations fiables sur l'utilisation des variétés dans des modes de production à faibles niveaux d'intrants (en particulier la réduction d'usage des intrants (produits phytopharmaceutiques, mais aussi d'eau d'irrigation ou d'engrais de synthèse...) ou face aux évolutions climatiques qui peuvent augmenter les risques de stress abiotiques et/ou induire des dysfonctionnements dans le fonctionnement de nos espèces.

Dans ce paragraphe, sont présentés les nouveaux outils, méthodes et/ou dispositifs qui pourraient permettre d'optimiser l'acquisition des données sur les critères actuels ou émergents et d'étudier le comportement de traits phénotypiques d'intérêt par rapport aux enjeux émergents.

4.1. Phénotypage et génotypage

→ Phénotypage

Enjeux et intérêt

Le développement des analyses génétiques automatisées à haut débit a permis d'améliorer les connaissances sur la structure du génome des plantes et sur le contrôle génétique de certains caractères, éléments plus ou moins bien connus selon les espèces et les caractères étudiés. L'expression du potentiel génétique d'une plante est modulée par son environnement et se traduit par un phénotype. L'analyse des relations entre le potentiel génétique de la variété et les facteurs environnementaux (biotiques et abiotiques) se heurte aujourd'hui à la contrainte majeure de phénotyper le comportement de façon rapide et fiable sur un grand nombre d'individus. Le phénotypage qui repose majoritairement sur des méthodes à bas débit d'acquisition est donc aujourd'hui le facteur limitant dans l'exploitation des connaissances acquises sur le génome. Ceci est particulièrement vrai pour les espèces fruitières qui, en raison notamment du volume de la végétation, rendent le phénotypage de précision haut-débit moins accessible que pour d'autres espèces.

Les enjeux sont donc d'augmenter la vitesse d'acquisition des données lors des phases de sélection et d'évaluation du matériel végétal dans le but d'en raccourcir la durée et d'en diminuer le coût. Ainsi, il

sera envisageable de prendre en compte un nombre plus élevé de caractères. Trois points importants doivent être pris en compte dans le choix des technologies :

- disposer d'outils utilisables en verger afin de considérer les arbres en interaction avec leur environnement, et notamment au stade de maturité reproductive,
- réaliser des mesures non destructives afin de pouvoir répéter les observations sur un même échantillon et suivre ainsi une dynamique d'évolution des critères,
- déboucher sur des applications utilisables en verger de production (outils d'aide à la décision) dans une perspective de pilotage des vergers optimisé et/ou automatisé, ou en station pour gérer la production et prédire le comportement post-récolte.

Les échelles d'étude sont variées et peuvent aller de la plante entière au fruit, pour des études allant de la morphologie jusqu'à la cellule et aux processus physiologiques associés.

Critères / traits mesurés

Phénotypage basé sur une technologie photonique / Imagerie

Il s'agit d'utiliser des capteurs optiques pour analyser en conditions de champ les propriétés de réflectance du couvert végétal, caractérisées par leurs longueurs d'onde, le rayonnement étant (ré)émis en réponse à la radiation solaire naturelle, ou à celle d'une source lumineuse. Différentes méthodes de mesure sont utilisées en fonction du paramètre à mesurer et du degré de précision attendu : la réflexion (spéculaire et diffuse), l'absorption, l'émission, la diffusion, la polarisation, la fluorescence. Elles peuvent être mises en œuvre à différentes résolutions spatiales et temporelles.

Les capteurs optiques vont analyser le spectre émis par la végétation de façon plus ou moins analytique et fine : on distinguera ainsi l'imagerie multispectrale, hyperspectrale, et infrarouge thermique.

Les longueurs d'onde analysées sont variables, allant du visible au proche infrarouge pour les plus couramment utilisées en agriculture.

Phénotypage métabolique (biochimique)

Des chaînes automatisées et à haut débit d'analyse de dosage de composés liés aux métabolismes (carboné, azoté et secondaire) sont adaptées à l'échelle d'organes (fruits, feuilles, tiges) et peuvent aller jusqu'à une échelle cellulaire. Les critères mesurés concernent par exemple la qualité des fruits à travers les teneurs en sucres solubles et en acides du jus, qui sont accessibles dans des conditions de moyen débit d'analyse. Par contre les composés aromatiques, les teneurs en pigments, qui relèvent de la qualité nutritionnelle et organoleptique sont mesurables mais avec des débits aujourd'hui beaucoup plus faibles et contraints par les délais d'analyse.

Le champ d'application de ces technologies est large :

- Paramètres liés à la morphométrie
 - o Paramètres visuels : nombre, forme, couleur des fruits (ex : comptage du nombre de fruits ou de fleurs par arbre)
 - o Architecture des plantes en 3 D – (ex : impacts de facteurs abiotiques et biotiques sur le développement des plantes), volume de végétation, hauteur, surface foliaire
 - o ...
- Paramètres liés à l'impact de stress biotiques et abiotiques sur le fonctionnement des plantes

- Identification/quantification des symptômes de maladies sur feuille
- Mise en évidence / quantification de stress hydriques (imagerie thermique)
- Activité photosynthétique (ex : teneur en azote des tissus, fluorescence de la chlorophylle, etc.)
- ...
- Paramètres liés à la qualité du fruit
 - Composition du fruit : teneurs en eau, en sucres, en acides, en composés phénoliques, en vitamines, en pigments... (spectroscopie proche infra-rouge ou NIRS)
 - Mesure de la texture des fruits

Les mesures peuvent être envisagées à l'échelle d'un fruit, d'un arbre ou d'un couvert végétal.

Les méthodes relevant de ce domaine sont nombreuses, certaines ont été développées dans les annexes correspondantes aux différentes thématiques.

Verrous

Les principaux verrous identifiés sont liés :

- au volume de la végétation rendant plus compliquées les mesures des caractères d'intérêt sur les arbres fruitiers et notamment le positionnement de capteurs ;
- à la disponibilité d'outils adaptés aux arbres fruitiers ;
- au coût de développement de ces outils, souvent élevé, alors que leur pertinence et donc leur utilité n'a pas encore été évaluée sur les arbres fruitiers ;
- aux compétences à acquérir pour pouvoir utiliser ces outils ;
- à l'acceptation de repartir sur des échelles nouvelles de mesure, sans références disponibles.

Propositions

Le développement de méthodes pour le phénotypage haut débit est en plein essor. Ces méthodes mobilisent fortement l'imagerie multispectrale qui permet une acquisition rapide du signal tout en étant non destructive et non invasive.

Les instruments développés ou en cours de développement concernent des applications pouvant être utilisées soit en laboratoire (nécessitant un contrôle des paramètres de l'environnement), ou portables (utilisation au champ) ou embarquées (sur drones ou véhicules terrestres). Citons également le développement des plateformes de phénotypage (PPHD – M3P – Phenotic) qui fournissent un service d'automatisation de la prise d'image et de l'analyse d'image. Etant donné que ces outils génèrent des données en masse, la réflexion sur ces outils doit intégrer l'acquisition, la gestion et le traitement des données. Le mode d'acquisition doit être également pris en compte. La mise au point de vecteurs pour positionner les capteurs fait l'objet de travaux importants. L'utilisation de drones ou de véhicules terrestres doit ainsi faire partie de la réflexion.

Une étude des possibilités offertes par ces technologies doit être envisagée à travers un groupe de travail afin de répertorier l'ensemble des technologies disponibles tout en mettant en regard leur potentiel en arboriculture fruitière notamment pour une utilisation en verger. A titre d'exemple, le pôle de compétitivité Végépolys réfléchit à cette question de phénotypage à travers la mise en place d'un groupe de travail dédié, tandis que d'autres initiatives sont en cours à Avignon et Montpellier.

La mise en place d'un volet 'utilisation en arboriculture' devrait être envisagée afin de profiter de cette dynamique. Plus généralement, il existe des groupes de travail thématiques au niveau national sur ces nouvelles méthodologies (ex. proche infrarouge), il est important qu'une veille soit assurée pour les espèces fruitières. Un groupe de travail « phénotypage » pourrait avoir pour objectifs, d'assurer une veille prospective, de porter un regard critique sur les méthodes existantes et de mettre en œuvre des démarches d'inter-calibration pour permettre l'interopérabilité des données.

→ Génotypage

Les méthodes biomoléculaires sont abordées ici à travers leurs liens avec le comportement agronomique. Elles peuvent efficacement accompagner la caractérisation variétale des traits d'intérêt voire se substituer à certaines observations de terrain. Par l'intermédiaire de marqueurs diagnostics bien identifiés, elles vont sans ambiguïté caractériser la présence du caractère ciblé. Dans le cas de caractères mendéliens (aux supports génétiques qualitatifs souvent mono- ou oligogéniques), le déploiement de ces méthodes pourrait permettre une caractérisation précoce préalable ou concomitante aux études du comportement agronomique. Des marqueurs sont ainsi disponibles et ont été validés pour caractériser :

- l'incompatibilité pollinique et identifier les allèles de compatibilité ;
- certaines composantes de résistance aux bioagresseurs comme la résistance à certaines races de tavelure, la résistance aux nématodes chez les porte-greffes des *Prunus* et une partie des composantes de résistance à la maladie de la sharka chez l'abricotier ;
- le caractère fruit doux chez la pêche, etc.

Toutefois, la majeure partie des caractères impliqués dans la caractérisation du comportement agronomique est polygénique, et la sélection pour les régions qui les portent est beaucoup plus complexe. Elle conduit à l'identification des régions du génome (ou QTL) impliquées dans le déterminisme des caractères. Elle fait l'objet de travaux de recherche principalement autour des facteurs de résistance aux stress biotiques et abiotiques.

Il conviendra de veiller aux transferts des résultats de la recherche sitôt qu'ils seront disponibles afin de valider leur utilisation sur des populations d'intérêt agronomique.

4.2. Sensibilité aux bioagresseurs

Les dispositifs actuels de la charte intègrent uniquement la sensibilité aux bioagresseurs majeurs chez le pêcher : monilia sur fruits, oïdium, thrips, pucerons, cloque. Sur les autres espèces des tests ont été mis en place et validés. Ils sont déployés hors charte dans le cas de la sensibilité au chancre bactérien chez l'abricotier ou non appliqués pour les autres couples plante x bioagresseur. Cette situation est incohérente avec les enjeux de réduction des intrants phytosanitaires, les exigences des cahiers des charges de la distribution et les contraintes de durabilité des résistances.

Les réflexions du GT « Sensibilité aux bioagresseurs », complétées par une étude bibliographique dédiée, ont permis de mettre en avant 3 scénarios possibles d'évolution du dispositif :

***Scénario 1 : Statu quo** - les dispositifs d'évaluation de la sensibilité variétale aux bioagresseurs ne sont pas intégrés par la charte. Le comportement des nouvelles variétés continue à être évalué sous protection phytosanitaire dans un dispositif multisite représentatif des zones de production.

***Scénario 2 :** Création de **vergers dédiés** à l'évaluation des sensibilités aux bioagresseurs en complément des vergers d'étude du comportement agronomique. Le dispositif de sensibilité variétale reste multisite, chaque site développant les 2 types de verger (un pour le comportement agronomique et un pour l'évaluation de la sensibilité) selon les espèces.

***Scénario 3 :** Création de **vergers combinant** l'évaluation des potentiels agronomiques et des sensibilités variétales. Le comportement agronomique et les sensibilités variétales sont évalués simultanément au sein du même verger, conduit sous bas-intrants phytosanitaires.

De ces 3 scénarisations possibles, une démarche conceptuelle a été partagée, qui permet d'englober les différents enjeux.

Les futurs dispositifs doivent prendre en compte la diversité des bioagresseurs et introduire le questionnement de la durabilité des résistances dans la caractérisation du matériel.

Pour être en phase avec ces enjeux, il ne faut plus seulement identifier la sensibilité d'une variété à une ou plusieurs maladies/ravageurs mais il faut rechercher les variétés résistantes/tolérantes au cortège des bioagresseurs attendus. Pour ce faire, il faut d'une part accéder à la sensibilité aux bioagresseurs les plus préoccupants ce qui peut être abordé individuellement par des tests en serre, ou en verger, et d'autre part les compléter par la recherche des combinaisons de caractères permettant la plus grande résilience en verger afin de minimiser les interventions phytosanitaires.

A cet effet, le déploiement de dispositifs bas intrants à une échelle multi-locale permettrait d'une part de prendre en considération les interactions entre les conditions pédoclimatiques et les bioagresseurs concernés, et d'autre part de mieux couvrir le spectre des agents pathogènes rencontrés et leur diversité génétique afin d'appréhender la résilience des variétés.

Enfin, la prise en considération de l'émergence (ou ré-émergence) de nouveaux bioagresseurs ne doit pas être oubliée car des traitements actuels protègent aussi en partie contre d'autres bioagresseurs dont la réémergence doit être considérée.

Ces futurs dispositifs doivent donc intégrer une perception globale des pathosystèmes (maladies et ravageurs) et une fonction d'anticipation qui pourrait être structurée en 4 étapes : i) identification et priorisation des bioagresseurs majeurs ; ii) démarche méthodologique ciblée sur les bioagresseurs majeurs, iii) démarche intégratrice du cortège des bioagresseurs sous faibles niveaux d'intrants avec déploiement des dispositifs sur l'ensemble des espèces fruitières et en multisite et iiiii) veille et prospective relative aux bioagresseurs émergents ou (ré-émergents).

Comment mettre en œuvre cette démarche ?

- **Le choix du matériel végétal**

Pour ce type de dispositif il n'est pas nécessaire d'étudier toutes les variétés, et notamment toutes celles que l'on sait fortement sensibles⁴, mais certainement celles : i) dont on ne connaît pas le fond génétique car elles pourraient être porteuse de traits d'intérêt qu'il conviendrait de caractériser ; ii)

⁴ A titre d'exemple, il ne présenterait aucun intérêt de tester des mutants de Gala pour leur résistance à la tavelure car tous, sauf exception, devraient être aussi sensibles que la variété dont ils sont issus.

celles comportant des facteurs de résistance et iii) le matériel végétal considéré comme ayant un potentiel agronomique intéressant. Ainsi il semble important de **revisiter les ressources génétiques disponibles dans le cadre de dispositifs conduits sous bas intrants** afin d'identifier les variétés qui cumulent le plus de caractères d'intérêt, et révéler dans ces ressources les variétés qui vont apporter une tolérance à un cortège de bioagresseurs et qui pourraient soit être mobilisées par des producteurs engagés dans ces systèmes de culture, soit être mobilisés dans le cadre de programmes d'amélioration ad-hoc (travaux initiés par le Grab mais qui doivent être élargis).

- **Les dispositifs et mesures**

Réaliser des dispositifs d'évaluation multisite, avec des répétitions, permettrait de capter le maximum de diversité des comportements des variétés et des bioagresseurs sur le territoire tout en accroissant la précision de l'évaluation.

Les itinéraires techniques devront être construits pour capter un maximum d'information au cours du temps, et évoluer en fonction de l'avancement des observations.

Pour exemple : Il est possible d'organiser une séquence d'étude de la sensibilité multipathogène en évaluant (i) sur la base des profils biomoléculaires, la sensibilité à la sharka et l'autofertilité, (ii) sur le matériel juvénile, la sensibilité au chancre bactérien, puis (iii) après émergence de l'induction florale, la sensibilité au monilia sur fleurs, (iv) pour suivre par l'étude des sensibilités sur fruits à l'oïdium, à la tavelure et au coryneum, (v) pour terminer par la sensibilité à la rouille.

Les observations devront être faites en réseau avec un processus d'inter calibration, c'est-à-dire réalisées selon la même méthodologie dans chacun des dispositifs, avec une exploitation collective des données du réseau.

4.3. Interactions Génotype, Environnement et Pratiques culturales (GxExP)

Enjeux et intérêts

L'analyse des interactions GxExP (Génotype x Environnement x Pratiques culturales) doit permettre d'exploiter les données acquises lors de l'évaluation du matériel végétal dans différentes conditions pédoclimatiques (prise en compte de la diversité des bassins de production) et sous différents modes de production (agriculture raisonnée, systèmes à faible niveau d'intrants et/ou cahier des charges de l'agriculture biologique) pour quantifier le domaine de variabilité des principaux traits phénotypiques dans des situations très variées. L'étude des interactions GxExP peut aussi permettre de repérer des caractéristiques génotypiques s'exprimant dans des conditions particulières de milieu et de production. Cette connaissance des interactions GxExP est indispensable pour permettre aux producteurs de choisir le matériel végétal le mieux adapté à ses conditions de production et/ou prédire le comportement d'une variété dans de nouvelles conditions de production. Cependant pour pouvoir réaliser la prédiction de traits phénotypiques et/ou l'estimation des risques face aux évolutions des conditions de production, il est généralement nécessaire de mobiliser des outils de modélisation.

Verrous

Cette analyse des interactions GxExP est en lien avec l'adaptation du matériel végétal aux changements climatiques et au développement de systèmes de culture innovants. Il apparaît donc

important de mobiliser des méthodes d'analyse permettant de mieux exploiter les différentes données acquises par l'ensemble des réseaux d'évaluation variétales et de les relier entre elles. Toutefois, l'analyse des interactions GxExP nécessite des dispositifs lourds et complexes à mettre en œuvre (présence de répétitions intra-site, réseau multisite croisant dans des conditions assez similaires différents géotypes et différents modes de production pendant plusieurs années), ce qui rend cette approche quasiment inenvisageable en arboriculture fruitière.

Proposition

Pour contourner partiellement le verrou lié à la complexité des dispositifs, une décomposition de l'étude des interactions peut-être proposée avec d'une part des dispositifs ciblés sur l'étude des interactions GxE (géotype x environnement) et d'autre part des dispositifs visant à analyser les interactions GxP (géotype x pratiques culturales).

- **Dispositifs GxE**

Les dispositifs ciblés GxE visent à étudier le comportement des géotypes dans différents milieux pédoclimatiques. **Ceci correspond au niveau 2 de la charte actuelle.** Même si ce réseau multisite ne permet pas actuellement une analyse statistique précise de l'interaction GxE du fait de l'absence de répétitions sur chacun des sites, il permet, grâce à un nombre assez important d'essais variétaux sur les principales espèces fruitières, d'identifier les géotypes les mieux adaptés à chacun des bassins de production français. Il apporte ainsi une réponse relativement fiable aux producteurs lors des choix de plantation.

Une des priorités d'un futur dispositif national serait de préserver ce réseau d'évaluation du comportement agronomique du matériel végétal fruitier dont la richesse repose sur la multiplicité des sites pour bien prendre en compte la diversité des milieux, un protocole commun pour l'observation des critères phénotypiques et une mise en commun de tous les résultats au travers d'une base de données dédiées. Ceci dit, des évolutions sont à examiner pour augmenter son efficacité en termes de coût et de vitesse d'acquisition des informations pour un retour plus rapide des résultats auprès de l'ensemble des producteurs et pour une exploitation plus approfondie des interactions GxE.

Pour préparer cette évolution méthodologique et de restructuration du réseau, il est proposé de mettre en place un projet visant à répondre à certaines questions : i) Quelle méthode d'analyse des interactions GxE pour traiter les données disponibles ? ii) Quelles sont les informations à mobiliser en complément des données sur le matériel végétal (métadonnées indispensables pour caractériser chaque site : données climatiques, données sur le sol, enregistrement des pratiques culturales, etc.) ? iii) Comment augmenter la robustesse des informations par une inter-calibration plus poussée des mesures et observations sur chacun des sites ?

Cette étude devra démontrer l'enrichissement apporté par une exploitation approfondie des données à l'échelle nationale sur la compréhension des interactions GxE. En partenariat avec des biostatisticiens, l'objectif serait aussi de mettre au point une méthodologie visant à constituer des typologies de comportement variétal (groupes de variétés ayant des traits phénotypiques similaires dans des milieux diversifiés). L'élaboration de cette typologie apparaît en effet essentielle pour assurer l'interconnexion avec les autres études du comportement agronomique (analyses des interactions GxP, adaptation au changement climatique, comportement aux stress abiotiques, etc.). Ainsi, c'est une variété « représentative » du groupe de comportement variétal qui sera mobilisée

pour les autres thématiques et pas l'ensemble des nouvelles variétés, ce qui améliorera l'efficacité et le réalisme du dispositif global.

En fonction des résultats du projet, certains aménagements du réseau pourraient être réalisés pour améliorer son efficacité en gardant à l'esprit que ce dispositif d'étude du comportement agronomique GxE est le « réseau de base » (en interaction avec les études sur la sensibilité aux bioagresseurs) sur lequel repose l'ensemble des études du comportement du matériel végétal fruitier, les autres méthodes ou dispositifs venant compléter et enrichir les informations sur certains traits ou comportements phénotypiques.

- **Dispositifs GxP**

Les dispositifs coordonnés visant l'analyse des interactions GxP n'existent pas à l'heure actuelle. Par contre, l'état des lieux réalisé dans ce rapport souligne la mise en place, ces dernières années, de dispositifs visant à étudier le comportement des génotypes dans des conditions de production à faible niveau d'intrants (généralement avec une protection phytosanitaire fortement réduite ou sous cahier des charges AB). Ces dispositifs pourraient être les prémices d'un réseau plus structuré ayant pour objectif une analyse des interactions génotype x pratiques culturales.

L'analyse des interactions GxP nécessite des sites où plusieurs génotypes sont cultivés avec différents modes de production. Leur mise en œuvre est souvent difficile en arboriculture fruitière si on veut respecter les principes statistiques des plans expérimentaux (en particulier lié à la randomisation des répétitions en intra-site). Aussi, il est peu réaliste d'imaginer un réseau expérimental multisite permettant une véritable analyse statistique des interactions GxP.

Par contre, il est tout à fait envisageable d'acquérir des informations fiables sur le comportement des innovations variétales en les observant sous différents modes de production à condition de bien structurer la complémentarité des réseaux d'observation, ce qui suppose une intégration à un réseau national visant à collecter dans différents lieux des données inter-calibrées pour permettre une exploitation collective et en les abordant sur des types variétaux représentatifs de la diversité génétique attendue.

Le dispositif pourrait reposer sur l'interconnexion entre deux approches :

- La mise en place de quelques sites expérimentaux dans lesquels les variétés représentatives des groupes de comportement variétal identifiées dans GxE ou certaines variétés présentant un intérêt particulier pour certaines caractéristiques phénotypiques seraient cultivées selon 2 ou 3 modes de production (en production fruitière intégrée, en agriculture biologique et /ou dans des systèmes à faible niveau d'intrants).
- Un réseau d'observations participatif qui serait déployé avec des producteurs volontaires afin de consolider les informations issus des expérimentations et ainsi pallier au faible nombre de sites expérimentaux. Ce réseau participatif serait à coordonner avec les conseillers techniques afin de mettre en place un protocole d'observations allégé mais fiable du comportement agronomique du matériel végétal dans des conditions très diversifiées. Les données devront être centralisées pour permettre une analyse consolidée de la variabilité des critères phénotypiques qui auront été préalablement définis afin d'évaluer le comportement des variétés sous différents modes de production.

Ceci nécessite une volonté de travailler en réseau, un travail d'inter-calibration des observations et une mise en commun des informations pour permettre une exploitation collective des données qui apportera la valeur ajoutée à cette démarche.

In fine, le croisement des informations acquises dans le réseau GxE et dans les réseaux GxP devrait permettre une connaissance assez fiable et robuste de la résilience des innovations variétales (ou des groupes de comportement variétal) en réponse à une diversité des milieux et des modes de production. Cela permettra aussi d'identifier le matériel végétal à réserver à des conditions d'environnement et de culture bien spécifiques pour qu'il puisse exprimer son potentiel.

4.4. Qualité des fruits

La qualité est un terme générique englobant différentes catégories de critères se rapportant à l'aspect externe du fruit (coloration, calibre, défauts d'aspect) et à sa qualité interne (qualité organoleptique, qualité nutritionnelle) et jusqu'à la qualité sanitaire (absence de contamination microbienne ou de résidus par exemple). Seule la qualité organoleptique a été traitée dans ce point, la qualité visuelle étant évoquée dans le chapitre consacré au comportement agronomique.

Enjeux et intérêts

- 1^{er} enjeu : caractériser la qualité organoleptique des variétés retenues sur des critères agronomiques.

La qualité organoleptique d'un fruit est déterminée pour une part invariante par le génotype de la variété et pour une autre part, par l'influence des conditions pédo-climatiques et par les pratiques culturales.

Le travail du réseau est de caractériser le potentiel qualitatif des fruits des variétés évaluées. De plus, la valeur ajoutée des études multisites et pluriannuelles permet de définir la variabilité des paramètres de qualité d'une variété. En effet, l'influence des conditions pédo-climatiques sur des paramètres comme l'acidité ou la texture n'est plus à démontrer. Ainsi, un fruit cultivé au nord de l'Europe sera généralement plus acide qu'un fruit cultivé en zone méridionale. La texture est un autre critère notablement affecté par les conditions de culture et qui peut être affecté par des températures chaudes.

- 2^{ème} enjeu : identifier des produits de diversification basés sur l'aspect du produit ou bien également sur des modes de consommation diversifiés (fraiche découpe) en s'appuyant sur des critères discriminants et en prenant en considération. La description sensorielle des nouveaux produits permettra de les positionner dans « l'espace produit » (choix de variétés qui décrivent la variabilité d'un produit) de l'espèce considérée.
- 3^{ème} enjeu : maintenir une offre qualitative comparable aux références actuelles. Si la situation économique nécessite d'augmenter les rendements sans pénaliser la qualité gustative, cet objectif ne pourra être atteint qu'avec des variétés adaptées (dotées d'une aptitude naturelle à maintenir un bon niveau qualitatif), associées à des systèmes de culture performants (fertilisation, interception lumineuse, porte-greffe...).

- 4^{ème} enjeu : identifier des variétés de qualité supérieure afin d'approvisionner certains marchés spécifiques développés à côté d'une offre standard destinée au cœur de marché.
- 5^{ème} enjeu : anticiper les évolutions technologiques et mettre en œuvre une veille pour améliorer la méthodologie d'évaluation des critères de qualité. L'utilisation d'outils de phénotypage à moyen / haut débit est dans ce contexte un enjeu important à mettre en œuvre ces prochaines années (voir paragraphe 4.1). Le but est d'augmenter la rapidité de mesures, de diminuer la variabilité des échantillons (non destructif), de diminuer la subjectivité de notation de certains caractères (texture, maturité).

Verrous techniques identifiés

- La difficulté de lancer de nouvelles références sur le marché : nécessité d'identifier les déterminants de la gestion des rayons chez les distributeurs et de mettre en œuvre des moyens importants pour faire connaître les produits aux consommateurs
- Variabilité des paramètres de qualité des produits issus de l'agriculture biologique
- Moyens expérimentaux à mettre en œuvre (analyses sensorielles, tests hédoniques) et besoins de quantités importantes de fruits pour approvisionner les essais
- Accès aux nouveaux outils : nécessité de moyens financiers et de compétences techniques pour en maîtriser le fonctionnement.

Propositions

- **Assurer une réflexion prospective et critique sur de nouveaux critères** : qualité nutritionnelle et valeur santé ; aptitude à la mécanisation, à la transformation, à la conservation...,
- **Accompagner le développement des nouvelles technologies** visant à caractériser la qualité des produits,
- **Caractériser les produits en fonction de leur aptitude** pour contribuer à la structuration de l'offre,
- **Encourager le dialogue au sein de la filière** pour anticiper les évolutions en matière de segmentation des produits, de structuration de l'offre et des attentes des consommateurs.

4.5. Stress abiotique et adaptation aux changements climatiques

Enjeux et intérêts

La caractérisation des impacts des stress abiotiques et des changements climatiques sur le végétal se rejoignent sur certains points notamment pour les effets possibles des températures élevées et les risques de déficit hydrique (demande climatique excessive par rapport aux capacités de prélèvement de l'eau et/ou compte tenu des capacités de régulation stomatique). Les enjeux sont importants car il s'agit de préparer les choix variétaux de demain tout en gérant au mieux les conditions annuelles d'obtention d'une production régulière.

Un certain nombre d'observations sur les effets des stress abiotiques est d'ores et déjà réalisé dès lors que l'on visualise des modifications de phénotype bien marquées et mesurables/quantifiables facilement (sans outils spécifiques et sans consommation de temps excessive). Ainsi la chute de bourgeons, les fruits doubles, les anomalies florales ... font l'objet de notations spécifiques alors que des impacts du changement climatique sur la dormance par exemple sont révélés seulement ultérieurement par des modifications du niveau de production.

Verrous

Un des premiers verrous est lié au fait que l'on suppose l'expression d'un nouveau climat et que l'on ne connaît pas jusqu'où le changement peut aller. Les seuils à tester peuvent donc s'avérer optimistes comme pessimistes. Un travail en collaboration avec des agro-climatologues sera donc nécessaire pour définir les grandes bornes à prendre en compte à partir des scénarios du futur climat. Une des premières étapes peut également consister à faire des parallèles notamment en termes de latitudes. En effet les zones les plus méridionales sont les plus concernées par l'inconnu du nouveau climat. Si demain le climat de Tours devient celui de Nîmes un certain nombre de paramètres de comportement sont a priori connus.

Ensuite, les difficultés de réponse à cette thématique viennent du fait que l'on est à cheval entre travaux spécifiques et évaluation variétale classique. Les observations réalisables sur les parcelles niveau 1 et niveau 2 ont été intégrées à la liste de critères mais les comportements ne peuvent s'exprimer que si le climat de l'année en cours le permet. Par exemple, la canicule de 2003 ne s'est pas reproduite on sait donc que ce type d'évènement est possible mais on ne peut pas mesurer son effet sur les variétés nouvelles. En collection variétale, la hiérarchisation des variétés face au changement climatique ou aux stress est difficile à réaliser. Sur cette thématique on s'échappe donc rapidement d'un cadre "Charte" sensu stricto. De plus, les nouvelles variétés ayant logiquement un phénotype inconnu, il est difficile de dire quelle est la part de la génétique dans le phénotype. Il est donc nécessaire pour des critères commercialement importants d'avoir une idée précise du comportement d'un cultivar. Pour cela, l'étude des interactions GxE, soit la mise au point de méthodes de caractérisation des impacts du climat sur le phénotype, pourront permettre d'aller plus loin. Actuellement, les seuils d'alerte de coloration sont capitalisés au fil des ans et en fonction de la variabilité du climat annuel.

Enfin, les méthodes/outils pour mesurer les stress ne sont pas toujours disponibles et quand ils sont présents, c'est souvent avec des temps d'acquisition long. Un dispositif spécifique est souvent requis pour appréhender les effets et demande un surcôt de travail/investissement par rapport au phénotypage classique pratiqué dans la "charte".

Une dernière difficulté vient de l'antagonisme entre la mesure de certains critères et la tendance qui est à la réduction du nombre d'arbres dans les essais de comportement ; le phénotypage fin plaide plutôt pour une augmentation de ce nombre. L'ajout de modalités spécifiques "stress" n'a pas été fait notamment pour des questions de retour sur investissement entre temps supplémentaire passé et développement potentiel de la variété. A partir du moment où le temps d'acquisition est augmenté, un ciblage des variétés doit être fait et se rapprocherait d'un "niveau 3" qui correspondrait aux premiers développements des variétés en verger de producteurs. Une hiérarchisation des critères à intégrer est donc à réaliser.

Propositions

Cette thématique pourrait s'envisager sous une forme de projets ou d'études spécifiques s'inscrivant dans des réseaux existants (Perpheclim, observatoire des saisons...), et portant en particulier sur l'adaptation du matériel végétal au changement climatique et sur l'analyse du couple porte-greffe / variété aux contraintes hydriques. Point de vigilance : le maintien d'une problématique porte-greffe dans un contexte plus ancré sur l'innovation variétale.

Des études bibliographiques seront des préalables au lancement des travaux notamment pour recueillir seuils et modèles déjà disponibles. Par exemple un premier travail peut déjà s'envisager sur la sensibilité aux coups de soleil, caractère pour lequel le modèle prédictif développé dans l'état du Washington s'avère pertinent. Ce type d'étude doit également faire l'objet d'une définition précise qui doit permettre de planifier durée, compétence, données et matériels nécessaires à leur mise en œuvre. Parallèlement des niveaux de valeurs probables dans un climat futur doivent être proposés pour définir au mieux les protocoles d'étude. Des travaux de modélisation prédictive en lien avec des estimations de risques devraient pouvoir être mis en œuvre en s'appuyant sur les bases de données de phénologie.

Une étape sera de définir stress par stress la méthode d'étude la plus appropriée pour hiérarchiser le comportement des couples porte-greffe / variété face à une contrainte climatique (restriction d'eau, élévation des températures, à-coups climatiques...). Ensuite, des solutions de débit supérieur doivent être trouvées en intégrant méthodes et/ou outils pour simplifier l'acquisition de données. Le projet Aliage ou les travaux sur la dormance conduits notamment à Clermont Ferrand en sont l'illustration.

4.6. Systèmes d'information

→ Outils informatiques

Enjeux et intérêts

Les observations générées par l'évaluation du matériel végétal représentent un volume important de données qu'il est nécessaire de conserver sur de longues périodes (nécessité de disposer de plusieurs années de recul / dans des contextes climatiques différents...) pour juger de l'intérêt d'une variété. Par ailleurs, les données collectées seront amenées à être de plus en plus volumineuses étant donné le développement potentiel des nouveaux outils (capteurs optiques générant une très grande masse de données par exemple).

Les outils informatiques à mettre en place devront répondre à un certain nombre de critères afin d'être en adéquation avec les objectifs propres à l'évaluation du matériel végétal.

L'outil à développer doit bénéficier d'une capacité suffisamment élevée afin de stocker et traiter un grand nombre de données. Afin de réduire le volume de données à conserver, il est envisageable de réaliser une analyse des données brutes (analyses d'images par exemple) avant leur intégration à la base de données afin de ne stocker dans celle-ci que les données synthétisées et pertinentes propres à chaque observation.

Les outils informatiques à mettre en œuvre doivent également permettre de pérenniser la conservation dans le temps, tout en restant facilement consultables et/ou exploitables (l'outil ne doit

pas être uniquement un organe de stockage/ensilage des données). Il doit, par ailleurs, être évolutif afin de s'adapter aux exigences de la filière à moyen/long terme.

Il paraît également nécessaire de bénéficier d'une interopérabilité entre les différentes bases de données afin de faciliter les analyses multisites, d'assurer un continuum des connaissances acquises sur les variétés (Plan d'action Semences et Agriculture Durable 2) et les approches GxExP (liens avec les BDD météo).

Propositions

Afin de répondre à ces exigences, un portail informatique commun de consultation des différentes bases de données pourrait être mis en place. Un volet juridique est à définir pour les autorisations d'accès aux données. D'un point de vue technique, cela nécessite de travailler sur l'interopérabilité entre les différentes bases préexistantes. Cette solution doit, par ailleurs, s'accompagner d'une harmonisation des listes variétales (dénomination commune), des critères d'observation et d'une réflexion sur une interface ergonomique, complète mais pas trop chargée pour qu'elle reste utile, utilisable et utilisée. La réflexion doit aller au-delà de la simple base de données et doit inclure les pratiques de saisie des données sur le terrain (tablettes tactiles, Smartphones, appareils photographiques, lunettes connectées...) ainsi que la façon d'exploiter et / ou d'utiliser les données (sortie de fiches variétales, de comptes-rendus multisites et/ou pluriannuels).

Une autre solution envisageable est la création d'une nouvelle base de données commune qui serait alimentée par différentes bases (solution complexe et lourde à mettre en œuvre). Une interopérabilité sera recherchée avec les partenaires impliqués dans la caractérisation variétale à l'échelle française et européenne (Geves, partenaires réseaux UE).

→ Evolution de la base de données Koala

Enjeux et intérêts

La base de données actuelle dédiée à la gestion des essais variétaux, dénommée Koala, regroupe l'ensemble des sites et des espèces (niveaux 1 et 2), dont les informations sont regroupées sur une même plateforme, accessible par Internet Explorer. L'intérêt de cette option prise au début des années 2000 est de faciliter les opérations de maintenance du logiciel et de sauvegarde des données. Le regroupement en un seul point simplifie l'utilisation de la base en limitant à un seul opérateur par espèce la gestion des données communes et en simplifiant la réalisation des comptes rendus multisites. Cette base conforte le rôle du Ctifl dans la coordination des actions matériel végétal avec les stations régionales. La base permet la gestion d'un grand nombre de données car les premières observations gérées numériquement pour le matériel végétal remontent à 1987. Ces données servent de base aux communications décrites dans le paragraphe 2.3 "Capitalisation des données".

Depuis sa mise en service en 2001, la structure de la base a été modifiée pour répondre à différentes évolutions : réglementaires (classe de calibre au poids,...), méthodologiques (code couleur, nouveaux outils de mesure, ...), climatiques (fruits doubles, nécroses et anomalies florales, ...), techniques (description de l'arbre, ...), commerciales (notation sur la conservation à 2 mois de la pomme, ...).

Verrous

Un des premiers verrous vient des consignes initiales du donneur d'ordre qui étaient de ne pas réinventer les logiciels bureautiques. Ainsi la partie appelée maintenant "reporting" était réduite au plus simple (compte rendu imprimé). Il s'avère *in fine* que la majorité des utilisateurs n'est pas formée aux manipulations entre la base et les logiciels bureautiques ce qui réduit le champ des possibilités d'utilisation et diminue la productivité.

Un second verrou vient bien évidemment de l'obsolescence liée aux évolutions matérielles et logicielles du monde informatique. Le logiciel a été développé entre 1999 et 2001 et s'est forcément appuyé sur les solutions et les outils présents à ce moment-là. Depuis, de nouvelles fonctionnalités et options d'ergonomie ont été développées. Parallèlement au gain offert par les nouveaux logiciels de développement (ou nouvelles versions), les modes de fonctionnement ont évolué avec la perte d'intérêt du mode pop-up, l'abandon programmé par Microsoft au profit de Edge (perte du mode ActiveX, ...). Des effets de modes ou de conviction avec un déploiement plus fréquent de Firefox ont conduit à des impasses ou des dysfonctionnements.

Enfin, certains utilisateurs préfèrent gérer les essais variétaux sous Excel et ne voyant pas l'intérêt d'une base de données, ils n'intègrent que le strict minimum imposé par les protocoles communs développés dans les réseaux liés à la charte.

Propositions

Pour pallier ces inconvénients, une réécriture de la base est à envisagée tout en conservant certaines options de la base actuelle. Ainsi la notion de regrouper tous les sites et toutes les espèces sur une même base sera conservée. La récupération des données archives sera également une priorité. La nouvelle version bénéficiera des avancées logicielles actuelles et devra privilégier les points suivants :

- Haut niveau de reporting pour une utilisation aisée des données et l'établissement facilité de tous les documents de synthèse mais également de praticité de gestion des essais (étiquettes, formulaires ...);
- Pont simple et rapide avec les outils mobiles pour limiter au maximum la re-saisie de documents créés initialement sous forme manuscrite en verger;
- Pont avec d'autres bases pour limiter les saisies de données générales relatives à la variété et au clone (informations sur le statut de protection et sur l'inscription CTPS, données de certification...). Ces liens passent par une dénomination des variétés communes à toutes les bases;
- Pont avec d'autres bases pour transfert et exploitation des données "archives" et pour répondre à différents projets d'étude.

Parallèlement à l'analyse nécessaire à la réécriture de la base, des solutions de mobilité sont à l'étude tant dans la partie matérielle que logicielle. Cette analyse après avoir défini les besoins débouchera sur l'investissement en matériels et développements informatiques dont les caractéristiques seront prises en compte pour une compatibilité totale avec la nouvelle base.

4.7. Approche économique

Cette problématique est complexe car il est généralement difficile d'identifier la contribution du matériel végétal dans la valeur économique d'une production. Le dispositif charte actuel ne permet pas de quantifier précisément les coûts de production pour chaque variété, même si les évaluateurs

peuvent porter une appréciation au travers du critère « facilité de conduite ». Par contre, le dispositif peut repérer l'intérêt économique d'une nouvelle variété en identifiant les traits phénotypiques (souvent liés aux critères de qualité du fruit) qui pourraient donner lieu à une meilleure valorisation marchande si une démarche de segmentation était mise en place.

Des dispositifs complémentaires basés sur l'acquisition de données dans des situations réelles de production (ex. établissement d'un réseau participatif de producteurs) **peuvent documenter la dimension économique du matériel végétal** mais aussi apporter d'autres informations sur le comportement des variétés ce qui pourrait compléter les informations issues des réseaux expérimentaux.

A titre d'illustration, on peut citer la base de données technico-économiques EFI© pêche qui permet de calculer les coûts de production et/ou une marge théorique par variété. Il faut donc plutôt mieux valoriser cette complémentarité entre les dispositifs.

5. Priorités pour le nouveau dispositif d'évaluation du comportement du matériel végétal fruitier

L'innovation variétale est un facteur essentiel pour développer une arboriculture fruitière performante et durable. Les grands enjeux actuels et émergents nécessitent la prise en compte de nouveaux critères pour évaluer et si possible prédire le comportement du matériel végétal dans des conditions de milieu et de production plus diversifiées et plus contraignantes (augmentation de la fréquence des stress biotiques et abiotiques). Cette prise en compte de nouveaux critères d'évaluation, en complément de ceux utilisés actuellement, nécessite une évolution et une réorganisation du dispositif actuel d'évaluation pour intégrer les nouveaux outils, méthodes et dispositifs décrits précédemment.

Cependant avant de proposer les pistes possibles pour une restructuration du « dispositif national d'évaluation du comportement du matériel végétal fruitier », il nous paraît indispensable de rappeler les éléments clés (les « incontournables ») qui se sont dégagés au cours des travaux du groupe MEDIEVAL.

5.1. Quelques points clés

Parmi les points importants identifiés, certains correspondent plutôt à des questions thématiques émergentes ou à intensifier, d'autres sont plutôt des problèmes de méthodes et d'outils. L'interdépendance de ces points clés nécessite une réflexion globale sans chercher dans un premier temps à les dissocier et/ou les prioriser. Ces points clés doivent servir de guide pour les réflexions visant à définir le nouveau dispositif. Essentiel

- Analyser le comportement des innovations variétales dans des environnements et des modes de production diversifiés :
 - Interactions Génotype x Environnement (GxE)
 - Interactions Génotype x Pratiques culturales (GxP)
- Identifier les variétés résistantes/tolérantes à un cortège de bioagresseurs selon les conditions du milieu et sous faible protection phytosanitaire :

- Approche ciblée par bioagresseur
- Approche globale pour évaluer la résilience des variétés face à des cortèges de bioagresseurs
- Prise en compte des risques d'émergence de nouveaux bioagresseurs
- Intensifier la prise en compte des critères de la qualité des fruits :
 - Aspects à conduire en lien avec la conservation post-récolte, les attentes de la distribution et celles des consommateurs
 - Intégration des outils de phénotypage haut débit non destructifs pour gérer la récolte, et le post-récolte dans une logique d'élimination des fruits de mauvaise qualité
- Prédire le comportement du matériel végétal face aux évolutions liées aux changements climatiques :
 - Adaptation du matériel végétal aux changements climatiques, estimation des risques
 - Comportement du matériel végétal sous contrainte et stress abiotique
- Augmenter la vitesse d'acquisition des données lors des phases de sélection et d'évaluation du matériel végétal pour diminuer le temps, les coûts d'acquisition et/ou permettre d'élargir les critères à observer :
 - Développement d'outils et méthodes de phénotypage haut débit utilisables au verger
 - Développement d'outils et méthodes non destructives pour caractériser la qualité des fruits
- Déployer des outils d'interopérabilité pour gérer les données et flux d'information :
 - Outils informatiques
 - Harmonisation des protocoles d'observation
 - Acquisition des métadonnées pour caractériser les dispositifs
 - Assurer un traitement global des données acquises dans un cadre anticipant la gestion des risques
- Caractériser le matériel végétal sans accroître les coûts d'expérimentation :
 - Elaboration de typologies variétales afin de simplifier les grandes catégories de matériels pour optimiser leur évaluation
 - Co-construction avec la filière d'idéotypes variétaux pour orienter la sélection vers un progrès génétique mesurable et balisé

5.2. Propositions d'organisation du nouveau dispositif national

Face à la multiplicité des critères à évaluer pour caractériser le comportement du matériel végétal devant répondre aux enjeux émergents, cette analyse montre que l'évaluation ne peut plus reposer sur un seul réseau et/ou sur une seule source d'information. La connaissance du comportement du matériel végétal se construisant de plus en plus par un assemblage des critères d'intérêt, il devient aujourd'hui important de mettre en œuvre un « dispositif global » qui reposera sur la complémentarité de différents réseaux et/ou de méthodes et outils pour tester le comportement du matériel végétal ou de certains traits dans une gamme de conditions contrastées, et avec des échelles de temps compatibles aux différents types d'attentes des acteurs.

Le dispositif national d'évaluation du comportement du matériel végétal fruitier doit être composé de différents réseaux ou dispositifs aux objectifs complémentaires en interconnexion avec un système d'information permettant de capitaliser les données (*Figure 3*). Ce dispositif s'intégrera dans la réflexion en cours sur le continuum inscription - post inscription géré par le CTPS dans le cadre du Plan d'action Semences et Agriculture Durable 2.

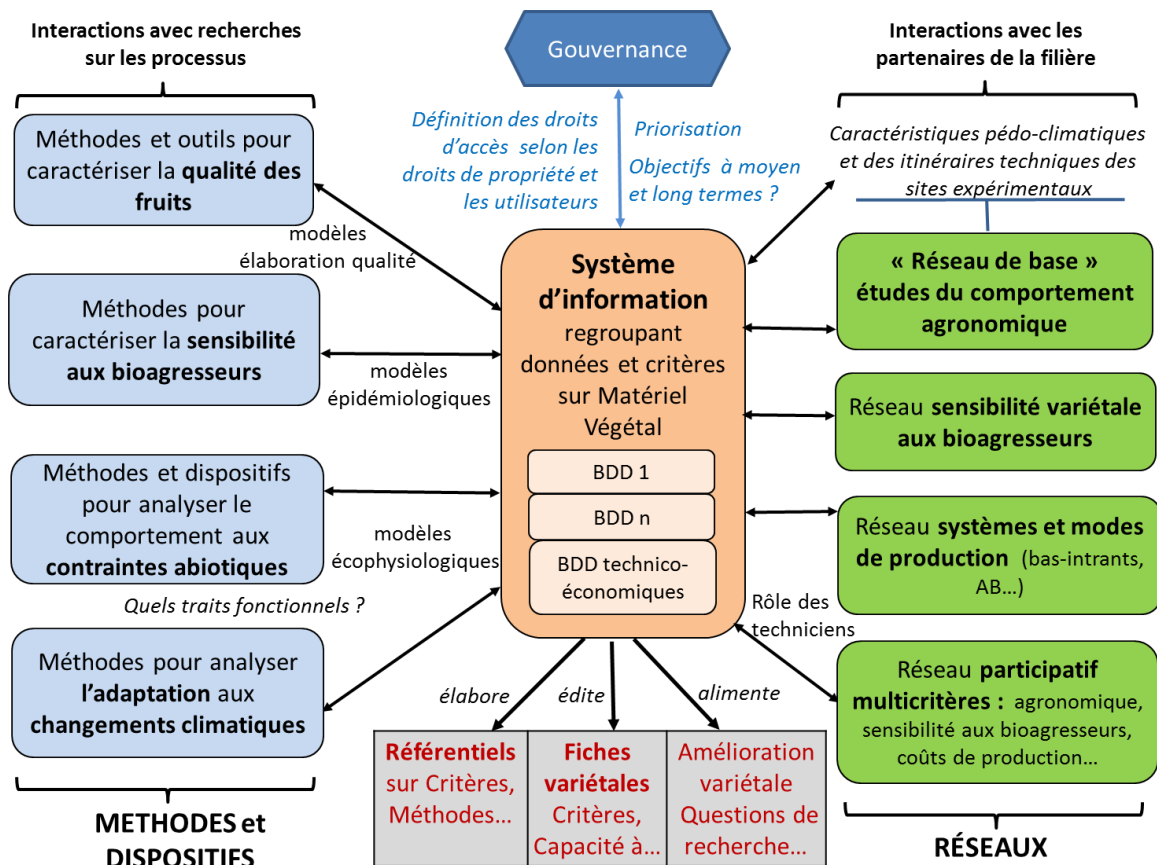


Figure 3. Éléments pour structurer un réseau d'acquisition de données et d'évaluation du comportement agronomique et adaptatif du matériel végétal fruitier

Ce dispositif devra / pourra comprendre :

- Un « **réseau de base** » d'études du comportement agronomique assez similaire à celui de la charte actuelle. Son objectif sera de caractériser le comportement des innovations variétales dans des conditions variées de milieux pédoclimatiques et d'analyser les interactions Génotypes x Environnement (GxE). Une analyse devra cependant être conduite pour examiner les possibilités de l'alléger et d'accélérer le processus d'études soit en raccourcissant le temps du screening variétal dans le niveau 1, grâce à l'utilisation massive de tests complémentaires reposant sur des tests biologiques en serre ou des méthodes biomoléculaires pour caractériser certains traits phénotypiques, soit en définissant un dispositif qui regrouperait en un seul niveau les objectifs des niveaux 1 et 2 actuels. Ce dispositif sera à adapter aux spécificités des espèces fruitières. Les conditions de culture devront permettre l'expression du potentiel agronomique des variétés, sous un cahier des charges correspondant à la Production Fruitière Intégrée. Il est impératif que ce réseau intègre suffisamment de sites expérimentaux pour être représentatif de la diversité des principales zones de production française pour l'espèce concernée. Les analyses de données, en particulier les interactions GxE, devraient permettre d'élaborer une typologie de comportement variétal afin de « sélectionner » les innovations variétales à suivre pour acquérir des informations complémentaires.

- **Des méthodes et des dispositifs plus spécifiques, visant à compléter les observations issues du réseau de base, pour :**

- **caractériser les différents aspects de la qualité des fruits.** La caractérisation, et l'établissement de typologies variétales sont des éléments clés d'aide à la décision pour le producteur, le distributeur et le consommateur. Un enjeu majeur va néanmoins résider dans la caractérisation individualisée des fruits avec le déploiement de méthodes non destructives, ainsi que dans une veille sur la détermination de caractères d'intérêts en lien avec la valeur santé, et avec la qualité sanitaire exprimée *a minima* en terme de résidus. Toutefois, l'utilisation de méthodes lourdes pour étudier certaines composantes de la qualité seront réservées aux variétés qui commencent à se démarquer positivement au plan des performances agronomiques ;

- **étudier la sensibilité aux principaux bioagresseurs** de l'espèce concernée au sein d'un réseau pouvant associer des essais en serre et en vergers, mais dans un nombre limité de situations expérimentales et en choisissant les sites en fonction de la pression maximale pour le bioagresseur concerné ou pour un cortège de bioagresseurs. Cette étude de la sensibilité aux bioagresseurs devra se concentrer sur i) les variétés dont on ne connaît pas le fond génétique, ii) les variétés comportant des facteurs de résistance et iii) les variétés présentant un intérêt agronomique identifié dans le réseau de base ou les variétés représentatives d'un groupe de la typologie de comportement variétal. Les études devront permettre une analyse ciblée par bioagresseur de la sensibilité de la variété et une analyse globale afin d'accéder à la résilience des variétés face à des cortèges de bioagresseurs.

- **Un réseau Géotype x Pratiques culturales (GxP) pour le matériel végétal ayant des caractéristiques intéressantes** (agronomique, qualité des fruits, sensibilité aux bioagresseurs) ou les variétés représentatives des groupes de la typologie du comportement variétal. L'implantation de dispositifs spécifiques pour étudier leur comportement dans d'autres modes de production (agriculture biologique, faibles niveaux d'intrants...) permettra de caractériser les interactions GxP. Quelques essais pourront être réalisés pour optimiser les itinéraires de conduite ou tester la capacité de certaines variétés dans de nouveaux systèmes de conduite (forme fruitière, densité de plantation, comportement face à la mécanisation de certaines interventions...).

- **Quelques études sur l'adaptation du matériel végétal aux changements climatiques et le comportement en situations de stress abiotiques.**

- Les informations issues du réseau de base pourront être mobilisées pour analyser grâce à des analyses statistiques et/ou la modélisation, la variabilité de certains traits phénotypiques en fonction de la variabilité climatique annuelle et interannuelle. Ces études réalisées sur des variétés représentatives des groupes de la typologie de comportement variétal auront pour objectif de prédire leur comportement face à des scénarios climatiques variés pour identifier les groupes ou les traits adaptatifs les plus appropriés. Ce travail pourrait nécessiter des essais complémentaires en milieu contrôlé pour identifier des seuils de réponse à certains stress climatiques (fortes températures, faibles disponibilités en froid, etc.) et/ou valider les prévisions issues de modèles.

- L'analyse du comportement du matériel végétal (couple porte-greffe x variété) face à une gamme contrastée de stress abiotiques ne sera réalisée que sur un nombre très limité de géotypes. Il faudra aussi prioriser selon les espèces le stress abiotique à étudier prioritairement (stress hydrique, stress azoté, asphyxie racinaire...). Des approches par modélisation devront être conduites parallèlement aux travaux expérimentaux pour pouvoir simuler de manière plus générique le comportement d'une espèce fruitière face à certains scénarios d'installation de stress abiotiques (intensité du stress x stades de la plante) ou prendre en compte plusieurs stress concomitants (hydrique et azoté par exemple).

- **Un réseau d'évaluation participatif (GxExP) et technico-économique pour les variétés les plus intéressantes**, repérées au cours du processus d'évaluation par les experts puis plantées par les producteurs dans les vergers commerciaux. Grâce à l'appui des conseillers de développement et au volontariat des producteurs, il pourrait être réalisé un suivi allégé du comportement agronomique et des performances technico-économiques en situation réelle de production. Cela nécessitera de mettre en place une organisation structurée permettant de faire vivre ce réseau.
- **Un système d'information permettant de regrouper les données issues des réseaux multisites et multiacteurs pour permettre leur exploitation commune.** De ce fait, l'intégration des informations issues des différents dispositifs devra nécessairement reposer sur un système d'information (outil informatique ou interopérabilité entre bases de données) qui permettra de capitaliser des données de nature très différentes. Ce système d'information devra être évolutif pour être en mesure au cours du temps d'intégrer de nouveaux critères d'évaluation et de capitaliser de grand volume de données. La co-construction du cahier des charges de ce système d'information incitera à approfondir la réflexion sur la hiérarchisation des critères nécessaires à l'évaluation du matériel végétal et à identifier les nouvelles méthodes potentiellement utilisables.

Conclusion

De nombreuses études similaires à celles proposées ci-dessus sont déjà réalisées par les différents partenaires de la recherche et de l'expérimentation mais souvent de manière peu coordonnées. En structurant l'acquisition d'informations, l'approche en réseau national permettra de valoriser l'ensemble des données et leur complémentarité pour caractériser le comportement agronomique (au sens large), sans que cela nécessite beaucoup plus de moyens expérimentaux que ceux déployés actuellement, exception faite de certains critères de grande importance encore mal documentés par la charte (sensibilité aux bioagresseurs, comportements dans différents modes de production).

De plus, les évolutions technologiques vont permettre à moyen terme de simuler le comportement des arbres dans des conditions de milieu variées par l'utilisation de modèles de fonctionnement des arbres intégrant les traits phénotypiques et des variables écophysiologicals. Investir dans ce domaine en moyens et en compétences, en renforçant le partenariat avec la recherche, c'est préserver la capacité d'innovation de la filière pour répondre aux enjeux du futur.

Le matériel végétal fruitier étant un élément clé pour maintenir une production conciliant les performances socio-économiques et écologiques, et plus généralement pour répondre aux diverses attentes des acteurs de la filière (partenaires privés et publics), ceux-ci sauront relever le défi de la mise en place d'un nouveau et ambitieux dispositif national d'évaluation de l'innovation variétale.

Liste des Acronymes

- AB** : Agriculture Biologique
- Arefe** : Association Régionale d'Expérimentation Fruitière de l'Est
- Areflec** : Association Régionale d'Expérimentation Fruits et Légumes En Corse
- BDD** : Base De Données
- BIP** : Bureau Interprofessionnel du Pruneau
- CA** : Chambre d'Agriculture
- Cefel** : Centre d'Expérimentation Fruits et Légumes de Midi-Pyrénées
- CEHM** : Centre Expérimental Horticole de Marsillargues (34)
- Centrex** : Centre Expérimental des Fruits et Légumes du Roussillon (66)
- CEP** : Centre Expérimentation Pépinières
- CNBMed** : Conservatoire National Botanique Méditerranéen de Porquerolles
- CRA** : Chambre Régionale d'Agriculture
- Ctifl** : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes
- CTPS** : Comité technique permanent de la sélection
- DGER** : Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche
- DHS** : Distinction Homogénéité Stabilité
- FNPF** : Fédération Nationale des Producteurs de Fruits
- GEVES** : Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences
- GIS** : Groupement d'Intérêt Scientifique
- GRAB** : Groupement de Recherche en Agriculture Biologique
- GxE** : Génotype x Environnement
- GxExP** : Génotype x Environnement x Pratiques culturales
- GxP** : Génotype x Pratiques culturales
- GT** : Groupe de Travail
- IFPC** : Institut Français des Produits Cidricoles
- INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique
- ITAB** : Institut Technique de l'Agriculture Biologique
- MEDIEVAL** : Méthodes et Dispositifs Innovants pour l'Evaluation du matériel VégétAL fruitier
- MV** : Matériel Végétal
- PFI** : Production Fruitière Intégrée
- PG** : Porte-greffe
- R&D** : Recherche et Développement
- Sefra** : Station d'Expérimentation Fruits Rhône-Alpes
- Serfel** : Station d'Expérimentation Régionale pour les Fruits et Légumes (30)
- VATE** : Valeur Agronomique Technologique et Environnementale

Liste des Annexes

Annexe 1 - CTPS Rapport VATE

Annexe 2 - Organisation et démarche

Annexe 3 - Réunion 28 06 2013

Annexe 4 - Etat des lieux du dispositif

Annexe 5 - Séminaire 07 10 2013

Annexe 6 - Exposé JM Meynard

Annexe 7 - Séminaire 13 12 2013

Annexe 8 - Projet Prospective Casdar 2015

Annexe 9 - Exposé C Bastien

Annexe 10 - Exposé B deSolán

Annexe 11 - Exposé JL Regnard

Annexe 12 - Séminaire 25 11 2014

Annexe 13 - GT Sensibilité Bioagresseurs

Annexe 14 - GT Qualité des fruits

Annexe 15 - GT Stress abiotiques et adaptation aux changements climatiques

Annexe 16 - GT Comportement Agronomique