

# Dispositifs expérimentaux en arboriculture fruitière permettant d'évaluer le comportement des variétés sous faible niveau d'intrants phytosanitaires. Mise au point méthodologique

**L. Brun<sup>1</sup>, P.E. Lauri<sup>2</sup>, F. Combe<sup>1</sup>, E. Laget<sup>1</sup>, Ch. Gros<sup>1</sup>, L. Parisi<sup>1</sup>, F. Didelot<sup>3</sup>, V. Caffier<sup>3</sup>, A. Lemarquand<sup>4</sup>, G. Orain<sup>4</sup>, M. Giraud<sup>5</sup>, S. Codarin<sup>5</sup>, F. Zavagli<sup>5</sup>**

**<sup>1</sup> INRA-UERI - Domaine de Gotheron - 26320 St Marcel lès Valence,**

**<sup>2</sup> INRA UMR AGAP - Avenue Agropolis - 34398 Montpellier cedex 5**

**<sup>3</sup> INRA- IRHS - 42 rue Georges Morel - 49071 Beaucouzé cedex**

**<sup>4</sup> INRA – UE Horticole - 42 rue Georges Morel - 49071 Beaucouzé cedex**

**<sup>5</sup>CTIFL Lanxade -28 route des Nébouts - 24130 Prignonrieux**



# Contexte

- Les principales variétés cultivées en arboriculture fruitière sont assez sensibles à différentes maladies

→ **Nécessité d'une protection fongicide importante**

Or il existe en général au sein de chaque espèce cultivée des différences de sensibilité variétale aux maladies. Ces différences de sensibilité variétale ne sont pas mises en évidence lors de l'évaluation des nouvelles variétés sous protection fongicide optimale.

- La régularité de production d'une variété est un élément clé pour le producteur de fruits

→ **rentabilité économique faible des variétés peu régulières**

Or, pour les nouvelles variétés, si la qualité du fruit peut être évaluée dès les premières années de production, la régularité de production est un paramètre nécessitant plusieurs années de mise à fruits pour être évalué.

# Objectifs

- Peut-on concevoir des dispositifs expérimentaux et des méthodes de notation reproductibles permettant :
  - d'évaluer **les sensibilités aux maladies** des nouvelles variétés,
  - de mesurer rapidement **la régularité de production** de la variété?
- Un projet CTPS destiné à fournir des références méthodologiques
  - 3 espèces fruitières travaillées : pommier, abricotier, pêcher
  - Cette présentation est centrée sur **le pommier**

# Matériel & méthodes



# Dispositif expérimental

## Prendre en compte la variabilité intra-parcellaire

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
	bloc A			bloc B			bloc C			bloc D		
1	Baigent Brookfield 7440 Gala											
2	Golden Orange 8162	Reinette blanche du Canada 2735	Discovery 6136	Reinette blanche du Canada 2735	Discovery 6136	Coop 38 Goldrush 7168	Reine des Reinettes 2640	Golden Orange 8162	Delgollune Jubilé 4443	Florina Querina 2775	Colapuis 7204	Pinova Corail 6553
3	Baigent Brookfield 7440 Gala											
4	Durello Di Forli 8498	Pitchounette 3318	Baigent Brookfield 7440 Gala	X 3460	Belle de Boskoop 7191	Granny Smith 2670	Baigent Brookfield 7440 Gala	Reinette des Capucins 7206 ?	Granny Smith 2670	Reinette des Capucins 7206 ?	Coop 38 Goldrush 7168	Reinette blanche du Canada 2735
5	Baigent Brookfield 7440 Gala											
6	Melrose 2643	Pinova Corail 6553	Reine des Reinettes 2640	Akane 2836	Golden Delicious 972	Pitchounette 3318	Colapuis 7204	Reinette blanche du Canada 2735	Reinette Clochard 2361	Pitchounette 3318	X 3460	Durello Di Forli 8498
7	Baigent Brookfield 7440 Gala											
8	Belle de Boskoop 7191	X 3460	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Pilot 6552	Reinette Clochard 2361	Colapuis 7204	X 3460	Discovery 6136	Chanteclerc Belchard 2770	Reine des Reinettes 2640	TN 10-8 4442	Delgollune Jubilé 4443
9	Baigent Brookfield 7440 Gala											
10	Florina Querina 2775	Granny Smith 2670	Chanteclerc Belchard 2770	Durello Di Forli 8498	Delgollune Jubilé 4443	Golden Orange 8162	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Belle de Boskoop 7191	Durello Di Forli 8498	Golden Delicious 972	Discovery 6136	Pilot 6552
11	Baigent Brookfield 7440 Gala											
12	Akane 2836	Pilot 6552	Reinette Clochard 2361	Florina Querina 2775	Melrose 2643	Chanteclerc Belchard 2770	Florina Querina 2775	Coop 38 Goldrush 7168	Golden Delicious 972	Akane 2836	Belle de Boskoop 7191	Melrose 2643
13	Baigent Brookfield 7440 Gala											
14	Reinette des Capucins 7206 ?	Delgollune Jubilé 4443	Colapuis 7204	Reinette des Capucins 7206 ?	TN 10-8 4442	Reine des Reinettes 2640	TN 10-8 4442	Pitchounette 3318	Pinova Corail 6553	Reinette Clochard 2361	Granny Smith 2670	Baigent Brookfield 7440 Gala
15	Baigent Brookfield 7440 Gala											
16	Golden Delicious 972	TN 10-8 4442	Coop 38 Goldrush 7168	Pinova Corail 6553	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Baigent Brookfield 7440 Gala	Melrose 2643	Pilot 6552	Akane 2836	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Golden Orange 8162	Chanteclerc Belchard 2770
17	Baigent Brookfield 7440 Gala											
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Dispositif expérimental situé à Gotheron (St-Marcel-lès-Valence; Drôme):

- Première pousse en 2009
- 4 blocs, 24 variétés
- Parcelles élémentaires de 6 arbres
- Entre chaque parcelle élémentaire, 1 arbre de Gala, très sensible tavelure et oïdium pour multiplier l'inoculum de ces 2 maladies sur l'ensemble du verger

# Dispositif expérimental

## Deux modes de conduite des arbres

	L1 L2 L3 bloc A			L4 L5 L6 bloc B			L7 L8 L9 bloc C			L10 L11 L12 bloc D		
1	Baigent Brookfield 7440 Gala											
2	Golden Orange 8162	Reinette blanche du Canada 2735	Discovery 6136	Reinette blanche du Canada 2735	Discovery 6136	Coop 38 Goldrush 7168	Reine des Reinettes 2640	Golden Orange 8162	Delgollune Jubilé 4443	Florina Querina 2775	Colapuis 7204	Pinova Corail 6553
3	Baigent Brookfield 7440 Gala											
4	Durello Di Fori 8498	Pitchounette 3318	Baigent Brookfield 7440 Gala	X 3460	Belle de Boskoop 7191	Granny Smith 2670	Baigent Brookfield 7440 Gala	Reinette des Capucins 7206 ?	Granny Smith 2670	Reinette des Capucins 7206 ?	Coop 38 Goldrush 7168	Reinette blanche du Canada 2735
5	Baigent Brookfield 7440 Gala											
6	Melrose 2643	Pinova Corail 6553	Reine des Reinettes 2640	Akane 2836	Golden Delicious 972	Pitchounette 3318	Colapuis 7204	Reinette blanche du Canada 2735	Reinette Clochard 2361	Pitchounette 3318	X 3460	Durello Di Fori 8498
7	Baigent Brookfield 7440 Gala											
8	Belle de Boskoop 7191	X 3460	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Pilot 6552	Reinette Clochard 2361	Colapuis 7204	X 3460	Discovery 6136	Chanteclerc Belchard 2770	Reine des Reinettes 2640	TN 10-8 4442	Delgollune Jubilé 4443
9	Baigent Brookfield 7440 Gala											
10	Florina Querina 2775	Granny Smith 2670	Chanteclerc Belchard 2770	Durello Di Fori 8498	Delgollune Jubilé 4443	Golden Orange 8162	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Belle de Boskoop 7191	Durello Di Fori 8498	Golden Delicious 972	Discovery 6136	Pilot 6552
11	Baigent Brookfield 7440 Gala											
12	Akane 2836	Pilot 6552	Reinette Clochard 2361	Florina Querina 2775	Melrose 2643	Chanteclerc Belchard 2770	Florina Querina 2775	Coop 38 Goldrush 7168	Golden Delicious 972	Akane 2836	Belle de Boskoop 7191	Melrose 2643
13	Baigent Brookfield 7440 Gala											
14	Reinette des Capucins 7206 ?	Delgollune Jubilé 4443	Colapuis 7204	Reinette des Capucins 7206 ?	TN 10-8 4442	Reine des Reinettes 2640	TN 10-8 4442	Pitchounette 3318	Pinova Corail 6553	Reinette Clochard 2361	Granny Smith 2670	Baigent Brookfield 7440 Gala
15	Baigent Brookfield 7440 Gala											
16	Golden Delicious 972	TN 10-8 4442	Coop 38 Goldrush 7168	Pinova Corail 6553	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Baigent Brookfield 7440 Gala	Melrose 2643	Pilot 6552	Akane 2836	Honeycrisp Honey Crunch 8149	Golden Orange 8162	Chanteclerc Belchard 2770
17	Baigent Brookfield 7440 Gala											
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

• Blocs B et C: « arbres en conduite centrifuge » (référence production)

• Blocs A et D: « arbres non conduits » (pas de taille, pas d'arcure, pas d'extinctions, pas d'éclaircissage manuel)

• Blocs A, B, C et D: programme éclaircissage chimique minimal (NAD puis ANA); palissage

# Protection phytosanitaire

- **pas de fongicides** depuis la plantation pour permettre l'expression de la sensibilité des variétés aux maladies (tavelure, oïdium)
- **insecticides puceron** maintenus (l'évaluation de la sensibilité aux pucerons se fera ultérieurement)
- **protection contre le carpocapse** : confusion sexuelle avec protection phytosanitaire complémentaire sur pic G1 et G2 (le dispositif ne permet pas d'évaluer la sensibilité des variétés au carpocapse?)

# Protocoles de notation maladies

## • *Notations tavelure*

- Notation sur **feuilles** avec **échelle arbre entier** en saison (de 1: pas de tavelure à 9: presque toutes les feuilles sont tavelées)
- Notation sur **fruits** (% de fruits tavelés, nombre de taches par fruits)



# Protocoles de notation maladies



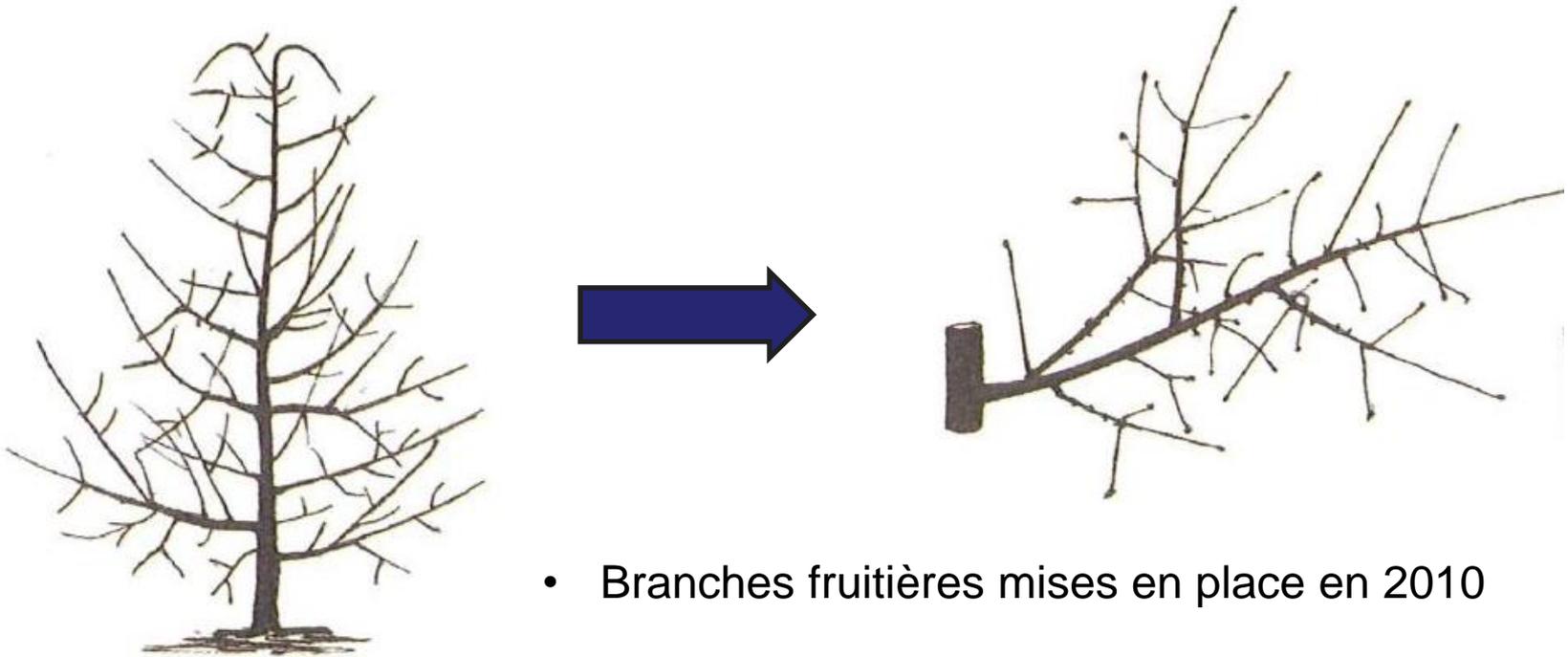
## • **Notations oïdium**

- Oïdium **primaire** : nombre d'organes oïdiés par arbre (fin floraison)
- Oïdium **secondaire** : % feuilles oïdiées (5 dernières feuilles situées sous la dernière feuille déroulée de la pousse, fin mai – début juin)

# Dispositif expérimental – Interaction variété x site expérimental pour la sensibilité à la tavelure

- Prise en compte de 2 autres dispositifs expérimentaux situés:
  - à l'INRA – UE Horticole (Beaucouzé; Maine-et-Loire)  
(première pousse en 2000 sauf Akane sur-greffage en 2008)
  - au CTIFL – Lanxade (Prigonrieux; Dordogne)  
(première pousse en 2012)
- Les 3 vergers sont sur le même schéma expérimental  
(parcelles élémentaires encadrées variétés sensibles; absence protection fongicide; même protocole de notation tavelure)
  - 8 variétés communes entre Gotheron et Beaucouzé
  - 9 variétés communes entre Gotheron et Lanxade

# Protocoles de notation architecture des branches fruitières



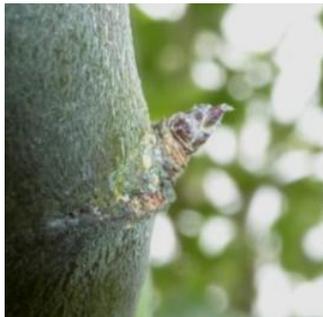
- Branches fruitières mises en place en 2010
- Description au printemps 2012 en 4<sup>ième</sup> feuille
- 6 branches fruitières par variété pour la modalité «arbres non conduits »

# Protocoles de notation architecture des branches fruitières

- **Identification des axillaires**
  - Proportion des différents axillaires sur la branche fruitière une année donnée (*description « horizontale »*)
  - Succession des axillaires dans le temps: que deviennent les bourgeons latents d'une année sur l'autre? Que deviennent les inflorescences et les rameaux végétatifs? (*description « verticale » ou filiation*)
- **Morphologie des branches**
  - Longueur
  - Diamètre des branches

# Protocoles de notation architecture des branches fruitières

## Typologie des axillaires



L

L: Bourgeon latent

V: Rameau végétatif

F: Inflorescence 2012 sans fruits après chute de juin

P: Inflorescence 2012 avec fruits

(F et P regroupés en « I 2012 »)



E

I 2011: Inflorescence en 2011

E: Organe axillaire éteint (phénomène d'extinction)



V



F



P



I 2011

# Protocoles de notation régularité de production

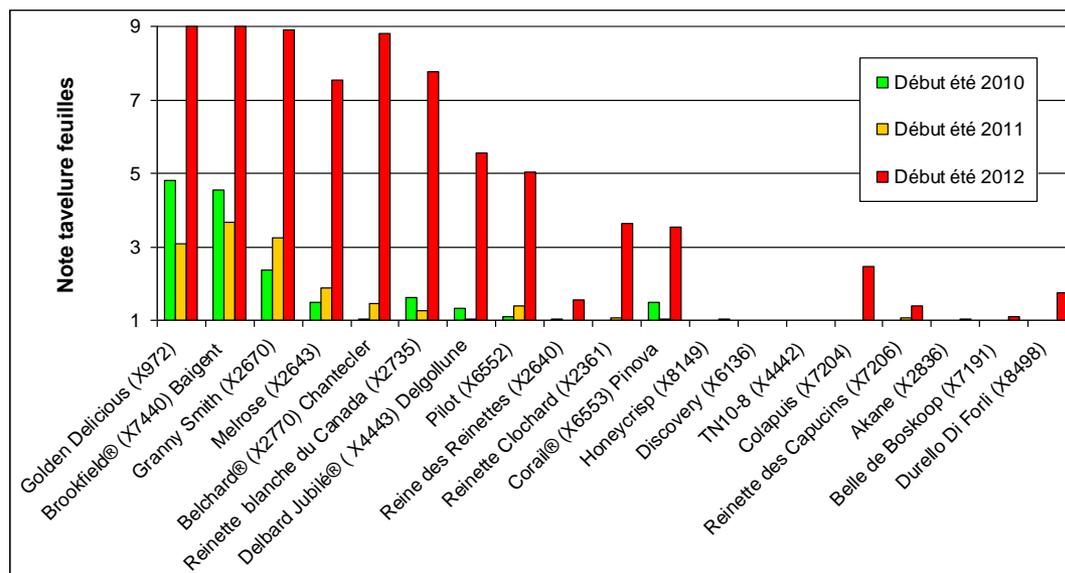
- 12 experts contactés (10 français, 1 belge et 1 allemand)
- Echelle de régularité de production :
  - 1: très alternant
  - 3: moyennement alternant
  - 5: très régulier
  - (les notes 2 et 4 correspondent aux classes intermédiaires)
- Notation régularité de production des variétés qu'ils connaissent en vergers taillés et éclaircis

# Résultats

## Sensibilité variétale aux maladies

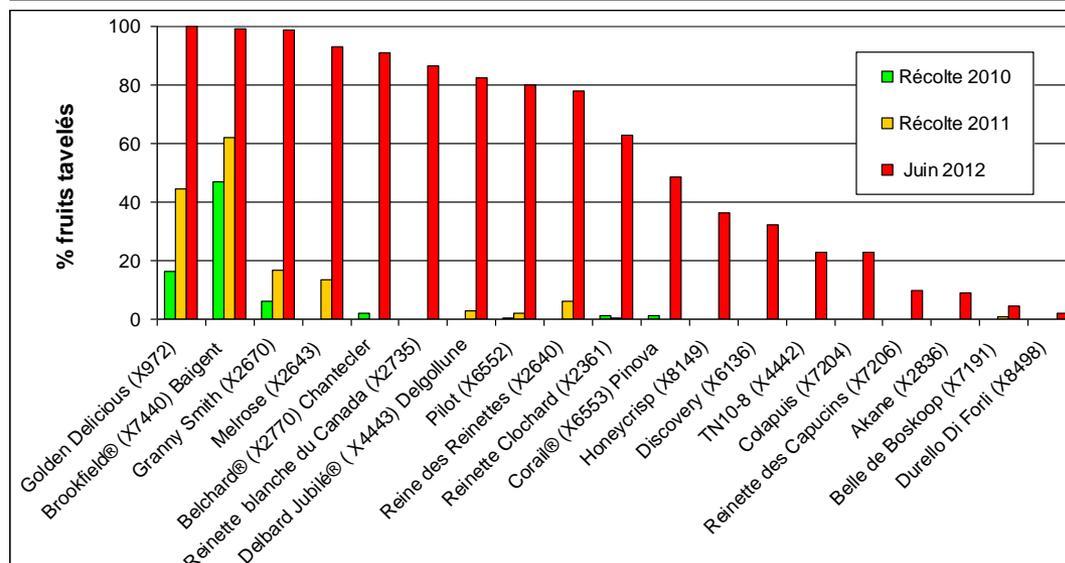


# Développement de la tavelure sur feuilles et fruits à Gotheron



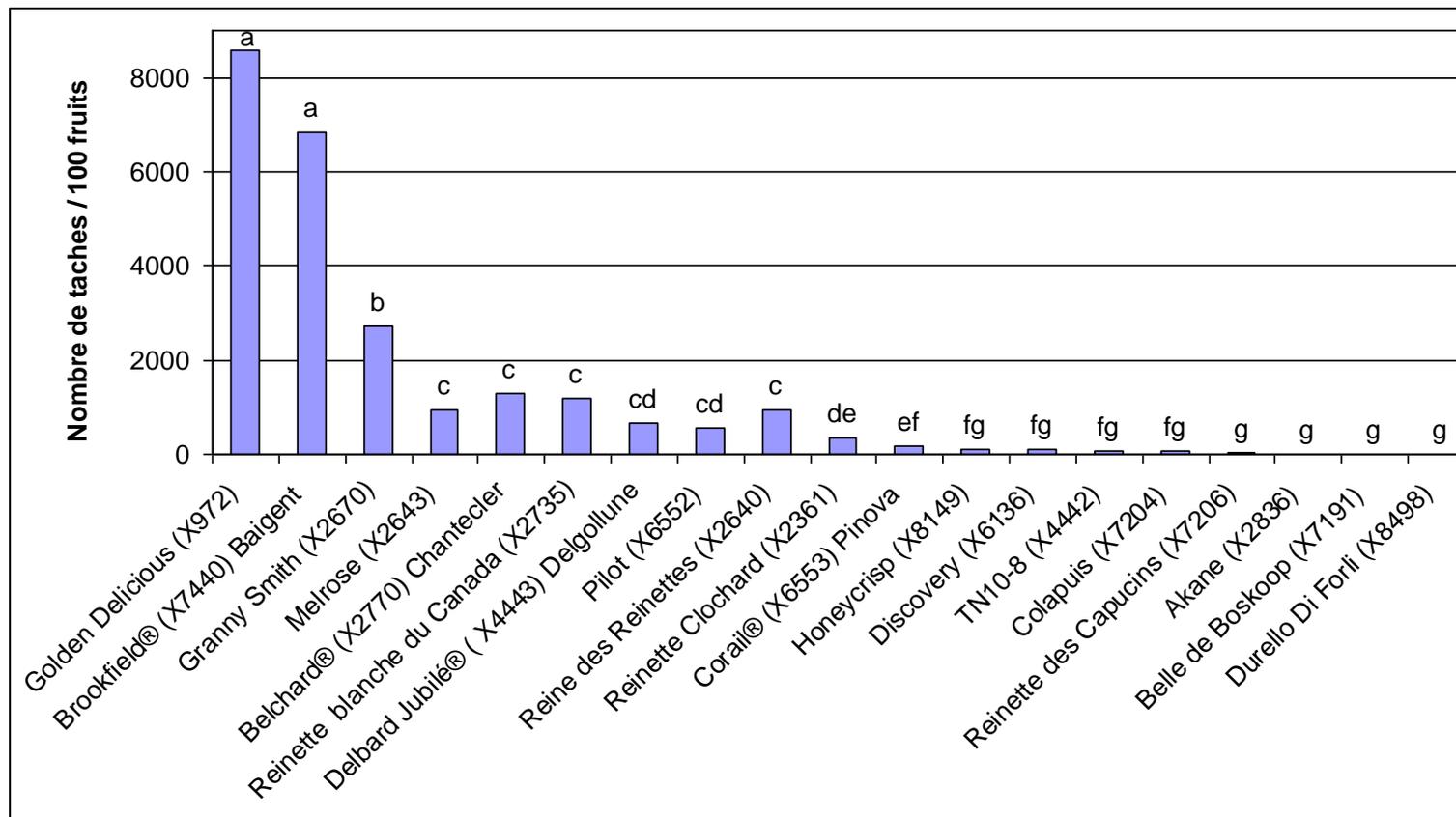
➤ Années 2010 et 2011 peu favorables à la tavelure : seules les variétés les plus sensibles sont touchées

➤ 2012 très favorable: permet de classer les variétés peu sensibles



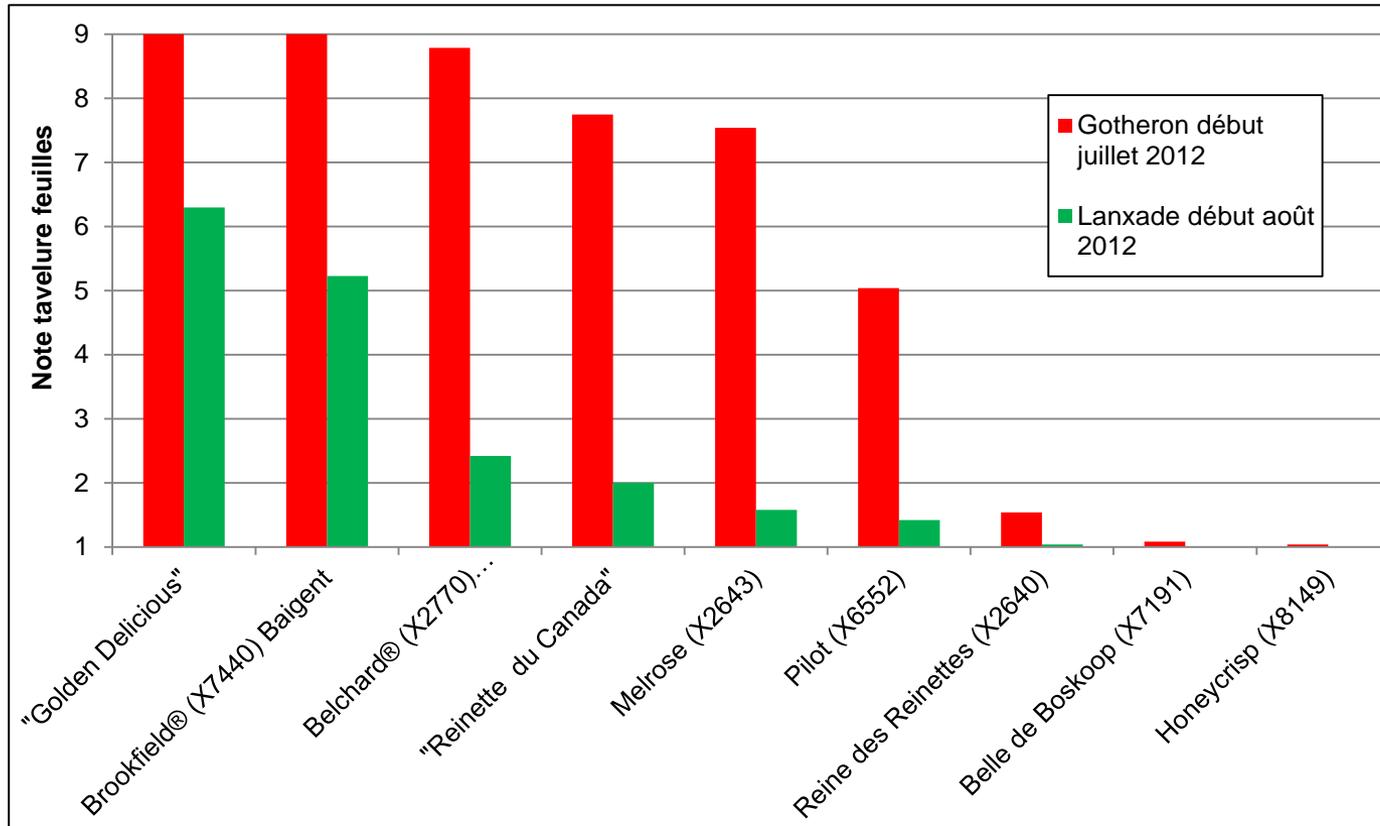
➤ Pour certaines variétés: sensibilité fruits > sensibilité feuilles

# Sévérité de la tavelure sur fruits en juin 2012 à Gothenon



- Nombre de taches par fruits permet de classer les variétés les plus touchées en 2012

# Sensibilité à la tavelure sur feuilles à Gotheron et à Lanxade en 2012

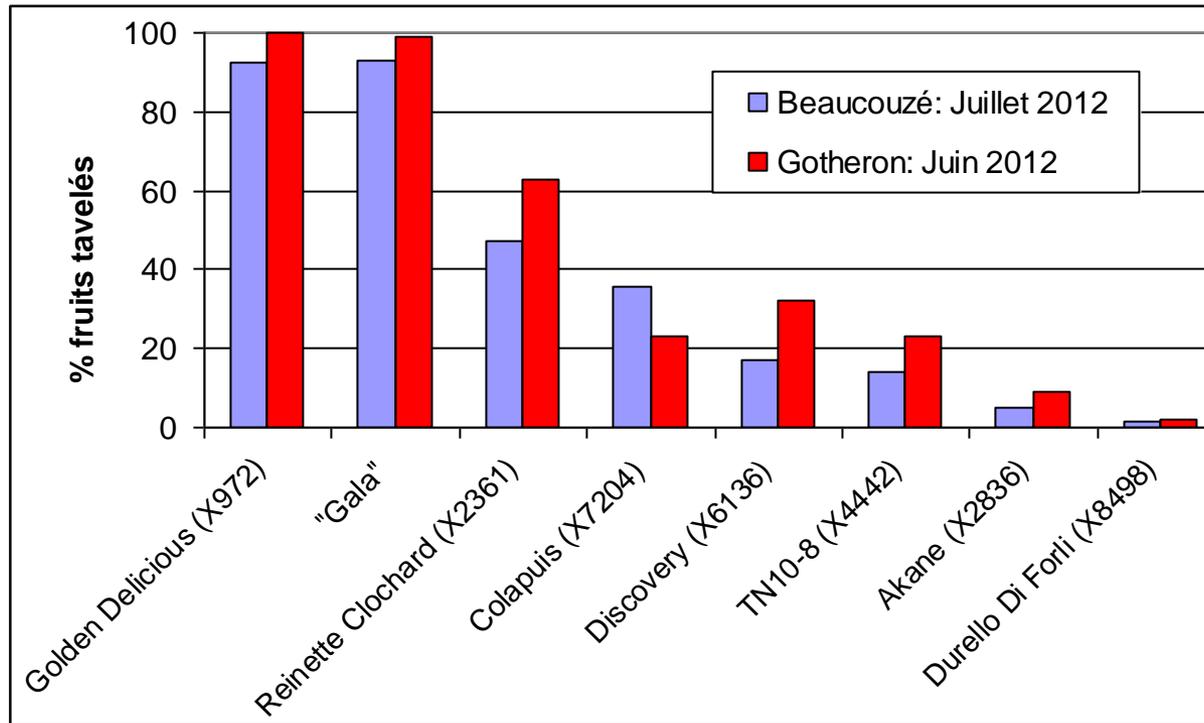


"Golden Delicious":  
-Golden Delicious (X972) à Gotheron  
-Reinders® (X6318) Golden Delicious à Lanxade

"Reinette du Canada":  
-Reinette blanche du Canada (X2735) à Gotheron  
-Reinette grise du Canada (X2657) à Lanxade

- Pression tavelure plus forte à Gotheron (verger Lanxade plus jeune)
- Classement similaire des 9 variétés pour la sensibilité à la tavelure sur feuilles sur les 2 sites en 2012

# Sensibilité à la tavelure sur fruits à Gotheron et à Beaucouzé en 2012



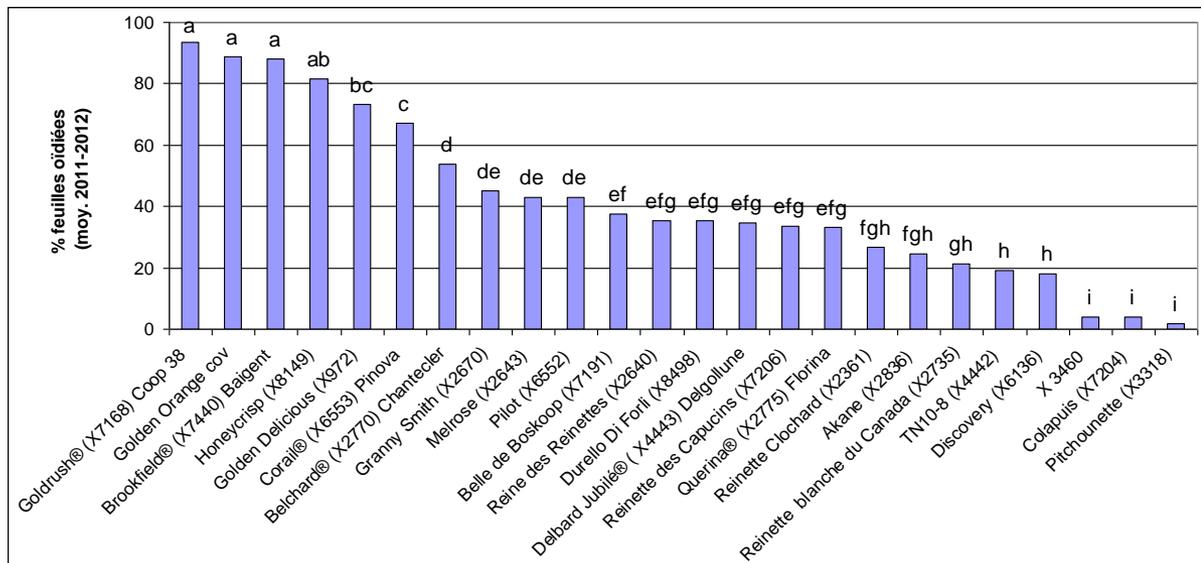
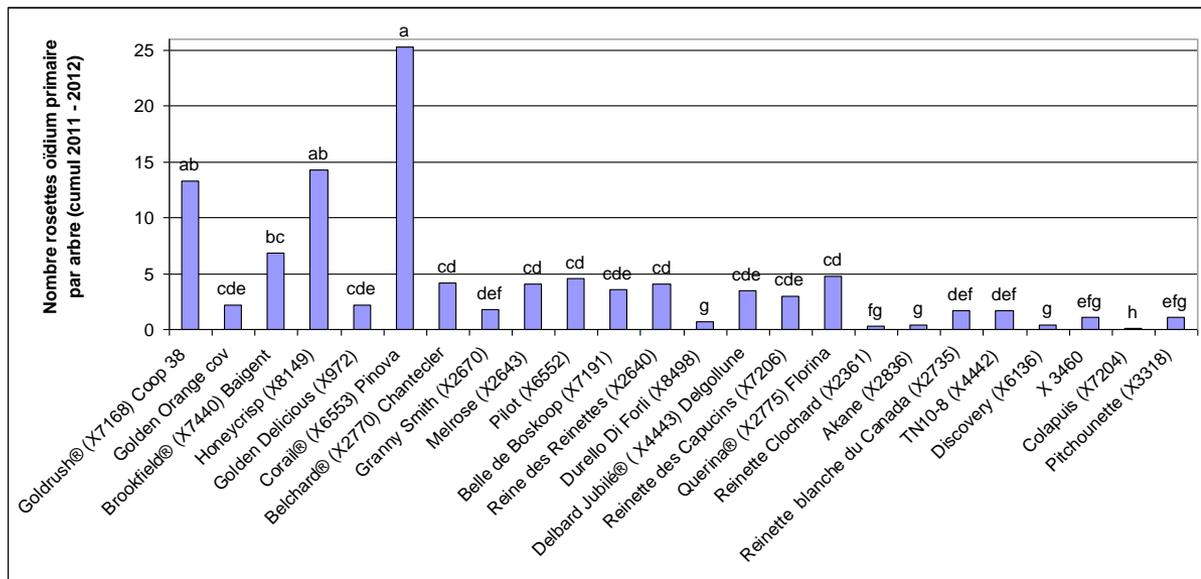
« Gala » :

-Mondial Gala® (X4410) Mitchgala à Beaucouzé

-Brookfield® (X7440) Baigent à Gotheron

- Classement similaire 8 variétés pour la sensibilité à la tavelure sur fruits sur les 2 sites

# Développement de l'oïdium à Gotheron de 2011 à 2012



- Des niveaux d'inoculum primaire très différents selon les variétés
- Des variétés très peu sensibles aux contaminations secondaires
- Certaines variétés peu touchées en contaminations primaires le sont plus sur les contaminations secondaires

# Mode de conduite des arbres et développement des maladies

A Gotheron, jusqu'en 4<sup>ème</sup> feuille (2012), pas de mise en évidence d'un effet de la conduite sur le classement des variétés pour leur sensibilité à la tavelure et à l'oïdium

- L'évaluation des sensibilités variétales peut être réalisée sur la modalité « arbres non conduits » plus simple à mettre en œuvre

# Résultats

## Architecture et régularité de production



# Résultats architecture et régularité de production

- ACP sur les variables architecturales
  - Projection notation « Régularité » en variable supplémentaire (notation réalisée par un collège d'expert)
- Variable Régularité significativement associée à la CP1
  - Corrélée avec le % d'inflorescence sur année de croissance 2010 (X I I V on 10)
  - Corrélée au retour à fleur sur axillaire (II2Yseqon10)

# Résultats architecture et régularité de production

- ACP représentation des individus (variétés)
- 3 classes de régularité:
  - Alternante (Alt) si note  $\leq 2$
  - Régulière (Reg) si note  $> 3$
  - Sinon Intermédiaire (Interm)
- Séparation des variétés Alternantes et Régulières liée aux caractéristiques architecturales décrites sur branche fruitière en 4<sup>ième</sup> feuille

# Résultats architecture et régularité de production

Pour une nouvelle variété en cours d'évaluation, nous pourrions disposer d'un outil précoce qui permettrait de décrire les variables architecturales en 4<sup>ème</sup> feuille (selon modalité « arbres non conduits »), puis d'en estimer un caractère agronomique important, la régularité de production.

En effet, en intégrant cette nouvelle variété sur le graphe des individus, nous pourrions observer son positionnement sur ce graphe d'un point de vue régularité de production.

# Conclusions

- Nous avons mis en évidence, au sein de la collection variétale étudiée, qu'il existe une grande variabilité chez le pommier pour:
  - la sensibilité à la tavelure (hors gène de résistance majeur « Vf ») et à l'oïdium, et que le classement des variétés pour la sensibilité à la tavelure est conservé d'un site à l'autre
  - l'architecture des branches fruitières, et que cette architecture est très liée à la régularité de production en verger conduit
- Pour les nouvelles variétés, des dispositifs expérimentaux adaptés permettraient:
  - d'évaluer la sensibilité variétale aux maladies
  - de prédire la régularité de production
- Pour éviter qu'une forte attaque de tavelure modifie l'architecture de l'arbre l'année suivante (par ex. diminution retour à fleur), il serait préférable de travailler sur 2 dispositifs expérimentaux différents (un dispositif maladies et un dispositif architecture)

# Perspectives

- Le dispositif expérimental en place à Gotheron a évolué vers une évaluation de la sensibilité des variétés
  - aux maladies sous bas-intrants fongicides
  - aux pucerons cendrés sous bas-intrants insecticides
- Nous souhaitons confirmer sur de nouvelles variétés la relation forte mise en évidence entre « architecture de l'arbre non conduit en 4<sup>ième</sup> feuille » et « régularité de production en verger évaluée par notation experts »

# Valorisations réalisées

Les résultats obtenus dans ce projet CTPS ont été valorisés

- par la création des fiches « Sensibilité variétale aux maladies et ravageurs » dans la revue technique « L'arboriculture fruitière » (11 fiches publiées)

**Sensibilité variétale aux maladies et ravageurs**  
Variétés classiques

**Fiche n°4 La rouille**

**Table 1 : Sensibilité des variétés d'abricot à la rouille causée par *Ranzschia discolor***

Variété	Sensibilité
Orange d'Alsace (1995)	1,43 A
Reignard (1916)	2,45 B
Reignard (1916)	2,45 B
Early Blue/Fabulat (2018)	2,39 BC
Caroline (1901)	2,68 C
Le Dérou (1948)	3,15 D
Maison de Brouhaux/Arcus (2358)	3,30 E
Reignard (1916)	3,78 F
Marcel/Reignard (2008)	2,79 F
Royal Excellence (1468)	4,33 F
Reignard (1916)	4,52 F
Bergamot (805)	4,89 G

**Table 2 : Sensibilité des variétés d'abricot à la rouille causée par *Uromyces fabae***

Variété	Sensibilité
Orange d'Alsace (1995)	1,11 A
Caroline (1901)	1,25 AB
Early Blue/Fabulat (2018)	1,38 B
Reignard (1916)	2,00 C
Reignard (1916)	2,05 CD
Caroline (1901)	2,14 CDE
Caroline (1901)	2,41 DE
Maison d'Arcus (2341)	2,55 EF
Reignard (1916)	2,75 FG
Reignard (1916)	3,06 GH
Reignard (1916)	3,40 HI
Maison d'Arcus (2341)	3,45 HI
Reignard (1916)	3,47 I
Bergamot (805)	4,39 J

**Table 3 : Sensibilité des variétés d'abricot à la rouille causée par *Uromyces fabae***

Variété	Sensibilité
Orange d'Alsace (1995)	1,11 A
Caroline (1901)	1,25 AB
Early Blue/Fabulat (2018)	1,38 B
Reignard (1916)	2,00 C
Reignard (1916)	2,05 CD
Caroline (1901)	2,14 CDE
Caroline (1901)	2,41 DE
Maison d'Arcus (2341)	2,55 EF
Reignard (1916)	2,75 FG
Reignard (1916)	3,06 GH
Reignard (1916)	3,40 HI
Maison d'Arcus (2341)	3,45 HI
Reignard (1916)	3,47 I
Bergamot (805)	4,39 J

# Valorisations réalisées

Les résultats obtenus dans ce projet CTPS ont été valorisés

- par la création des fiches « Sensibilité variétale aux maladies et ravageurs » dans la revue technique « L'arboriculture fruitière » (11 fiches publiées)
  
- Par des présentations orales à l'occasion des
  - ✓ Rencontres phytosanitaires fruits à noyaux Ctifl/Dgal-Sdqpv – Balandran - 11 et 12 janvier 2012
  
  - ✓ Rencontres Techniques Agriculture Biologique Fruits CTIFL/ITAB, Lanxade - 14 février 2013