



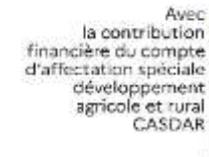
JOURNÉE IRD

COMMENT INTÉGRER L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS L'ACCOMPAGNEMENT DES AGRICULTEURS ?

L'innovation et la R&D au service de l'adaptation des filières

PARTENAIRES :

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



Arboriculture





14H

Animation de l'après-midi

 Christel Chevrier (Chambre Régionale d'agriculture Occitanie)

MATÉRIEL VÉGÉTAL

14H - 15H

Pomme : Évolution des stades phénologiques & évaluation des besoins en froid des variétés

 Flavien Gendrier (CTIFL)

Obtention fruitière et changement climatique

 Christophe Bouchet (Agro Sélections Fruits)

IRRIGATION ET GESTION DE L'EAU

15H - 16H15

Évaluation de la sensibilité des porte-greffes du cerisier au manque d'eau en verger irrigué

 Amandine Boubennec (CTIFL)

Optimisation de la ressource en eau en arboriculture :

> OREVE : Optimisation de la ressource en eau pour les jeunes vergers

 Xavier Crété (SudExpé)

> DENVER : des dendromètres en vergers pour optimiser la gestion de l'eau face au changement climatique

 Baptiste Labeyrie (CTIFL)

Optimisation de l'irrigation : bilan des trois dernières années du GIEE Arbonovateur

 Jean-François Larrieu (Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne)

AGRIVOLTAÏQUE

16H15 - 16H55

État des lieux de l'agrivoltaïsme dans la filière fruits et légumes

 Ariane Grisey (CTIFL)

Table-ronde : Quelle amélioration de la résilience face au changement climatique des vergers agrivoltaïques ?

 SEFRA : Sophie Stevenin
LA PUGERE : Milan Bregeon

Projets de démonstrateurs en Kiwis de l'Open lab Occitanum arbo 82 : Jean-François Larrieu (Chambre d'agriculture Tarn-et-Garonne)

Conclusion

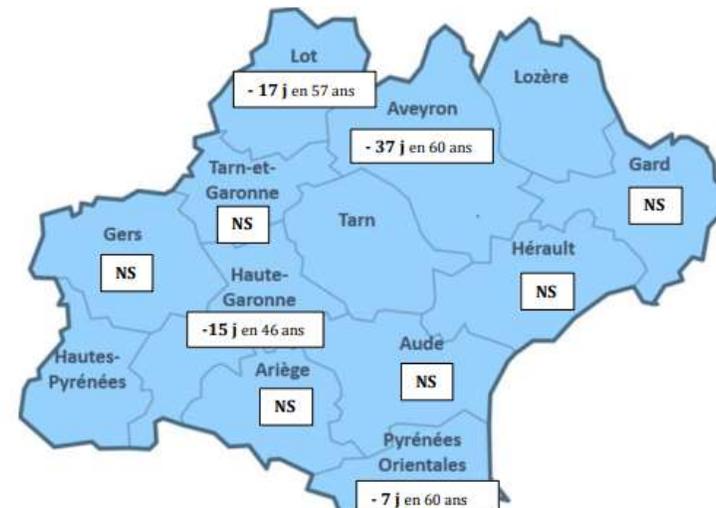
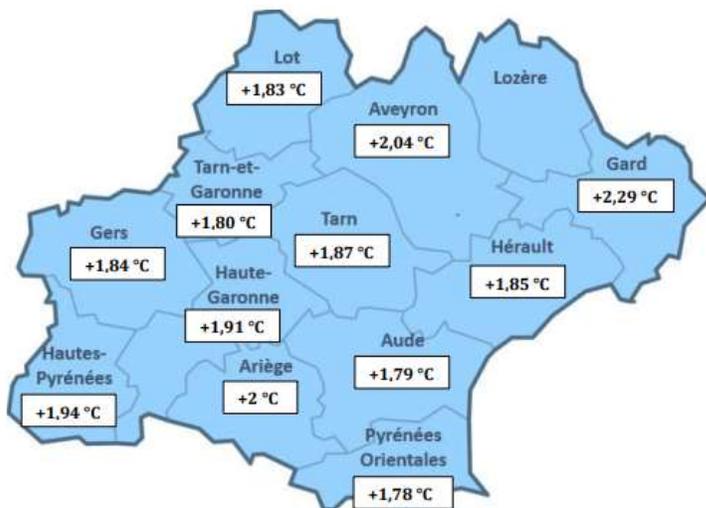


Pomme : Évolution des stades phénologiques & évaluation des besoins en froid variétaux



Flavien Gendrier - CTIFL

Changement climatique en Occitanie



Évolution de la température moyenne annuelle sur 60 ans (1959-2019).
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique (ORACLE)

- ↗ tendancielle de la température de + 0,32°C par décennie sur la période d'observation, soit + 1,92 °C en 60 ans.

Évolution du nombre de jours de gel, moyenne annuelle sur 60 ans (1959-2019).
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique (ORACLE)

- ↘ nb jours de gel de 3,4 jours par décennie. (≠ ↘ risque de gel printanier)
 - ↘ nb jours froids :
- ⇒ Impact sur la **levée de dormance** ainsi que sur la **qualité de la floraison** chez les espèces fruitières (Luedeling *et al.*, 2011).

Variabilité interannuelle reste présente ⇒ Intégrer notion de risque et de résilience dans les systèmes de cultures.

Des impacts chiffrés



	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Saint-Girons	+ 0,22 (S)	+ 0,35 (S)	+ 0,44 (S)	+ 0,31 (S)
Carcassonne	+ 0,18 (S)	+ 0,29 (S)	+ 0,42 (S)	+ 0,28 (S)
Salles-Curan	+ 0,19 (S)	+ 0,40 (S)	+ 0,49 (S)	+ 0,26 (S)
Nîmes-Courbessac	+ 0,25 (S)	+ 0,36 (S)	+ 0,54 (S)	+ 0,35 (S)
Toulouse-Blagnac	+ 0,16 (NS)	+ 0,33 (S)	+ 0,46 (S)	+ 0,30 (S)
Auch	+ 0,18 (S)	+ 0,33 (S)	+ 0,42 (S)	+ 0,28 (S)
Montpellier-Maugio	+ 0,18 (S)	+ 0,26 (S)	+ 0,46 (S)	+ 0,31 (S)
Gourdon	+ 0,18 (NS)	+ 0,33 (S)	+ 0,43 (S)	+ 0,26 (S)
Tarbes-Ossun	+ 0,19 (S)	+ 0,37 (S)	+ 0,45 (S)	+ 0,26 (S)
Perpignan	+ 0,17 (S)	+ 0,28 (S)	+ 0,43 (S)	+ 0,29 (S)
Lacaune	+ 0,18 (NS)	+ 0,39 (S)	+ 0,53 (S)	+ 0,21 (S)
Montauban	+ 0,15 (NS)	+ 0,32 (S)	+ 0,44 (S)	+ 0,28 (S)

Évolution saisonnière des températures en °C par décennie moyenne annuelle sur 60 ans (1959-2019) en Occitanie.

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique (ORACLE)

France :

↗ sur I siècle (1901-2000) des T°c moyennes + **0,07 à 0,11 °C/10 ans.**

Sur la région Occitanie :

↗ de 1,92°C sur la période 1959-2019, soit + **0,32°C/10 ans.**

⇒ **3x** moyenne nationale.

➤ Évolution phénologique



Matériel végétal – Variétés suivies

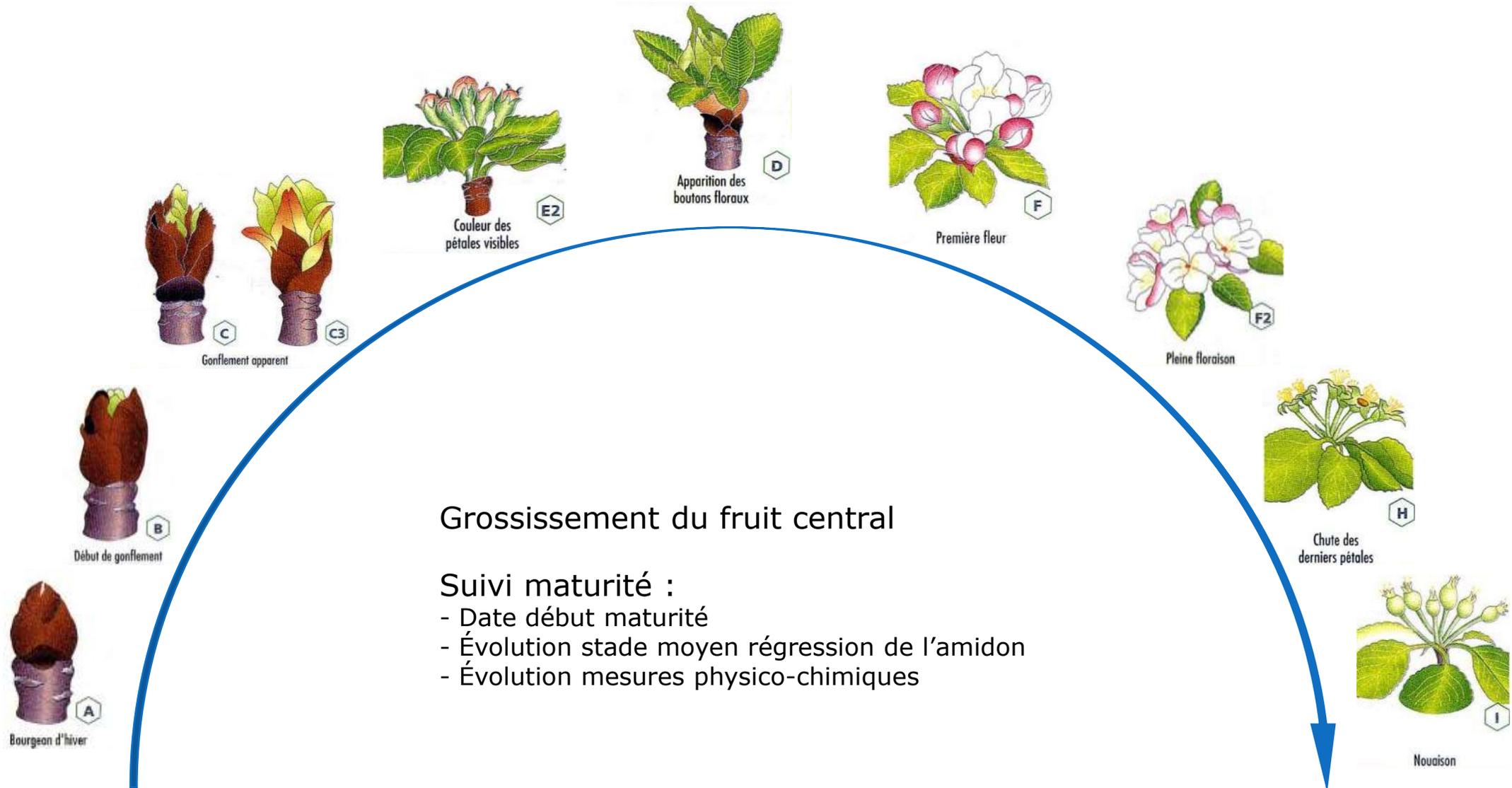


	Surface ANPP (ha)		Représentativité verger ANPP 2022
	2021	2022	
TOTAL	25 403	25 529	100 %
GOLDEN	5 749	5 585	21,9 %
Reinders	1 432	1 445	
Delicious	1 276	1 157	
Smoother	865	826	
Clone 972	771	773	
Parsi da Rosa	450	469	
Leratess	188	189	
Rosagold Quemoni	56	51	
GALA	5 170	5 001	19,6 %
Brookfield Beigent	1 099	1 044	
Galaval	904	919	
Galaxy	560	537	
Jugala	336	321	
Simmons Buckeye	350	339	
Mondial Gala	252	241	
Galastar	303	318	
Royal Gala	102	101	
BRAEBURN	557	530	2,1 %
Maririred	269	269	
Redfield	66	59	
Hillwell/Hidala	55	47	

41,5% surfaces de production ANPP

Élaboration du verger de pommier ANPP – Vergers 2022 (source ANPP)

➤ Cycle phénologique du pommier

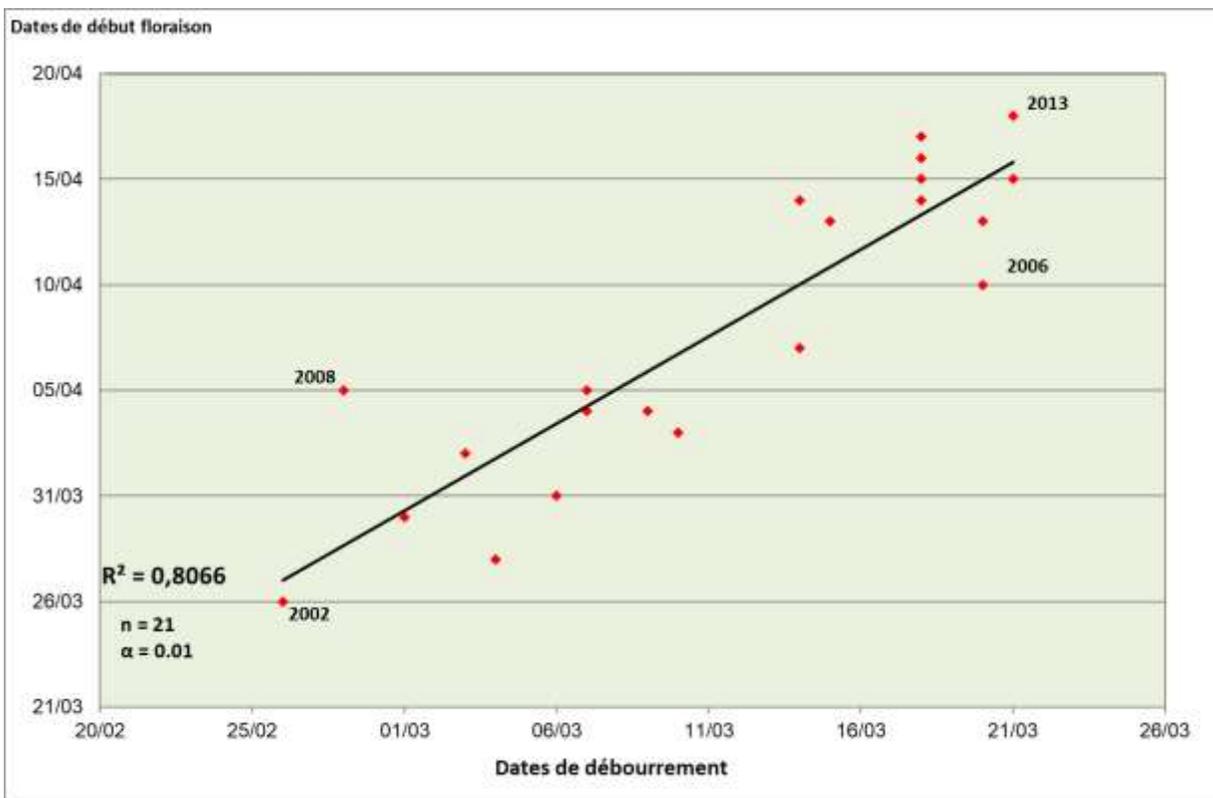


Évolution phénologique



Golden

Golden Delicious



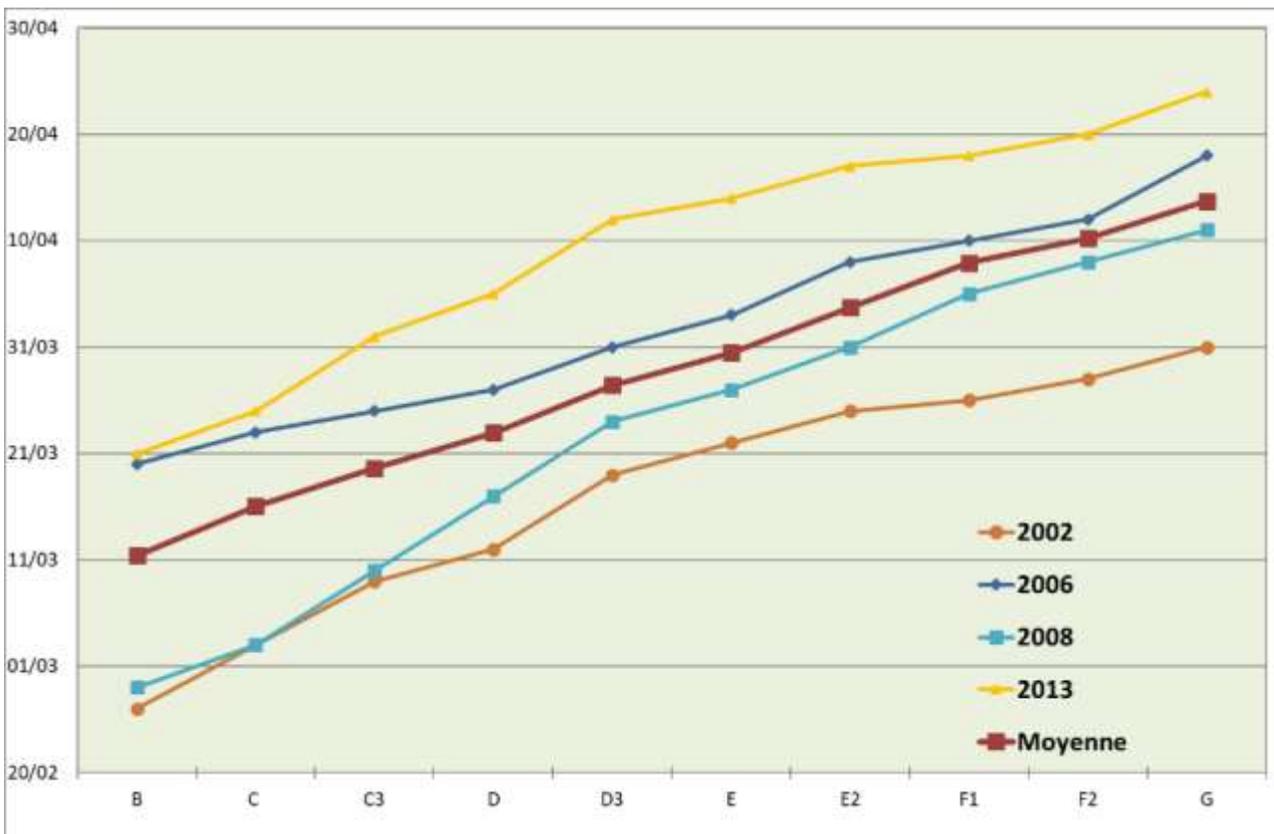
Relation entre la date de débourrement et la date de floraison (50 % F1), 1999-2019. CTIFL, centre de Balandran.

Date de débourrement et date de floraison **étroitement corrélées** (CTIFL de Balandran).

⇒ Courbes de phénologie annuelles évoluent parallèlement à la moyenne pour 8/10 années ($R^2 = 0,80$).

T°c : Principal facteur de variation des 2/10 années restantes.

Golden - Phénologie



Stades phénologiques de Fleckinger

- 2002 : année la plus précoce
- 2013 : année la plus tardive
- 2006 : Débourrement tardif mais développement plus rapide que la moyenne \Rightarrow T°C chaudes.
- 2008 : Débourrement précoce mais floraison plus tardive \Rightarrow chute des T°C en mars.
- Écart débourrement-début floraison : **27j.**
 \Rightarrow + court **21j** et + long **37j**

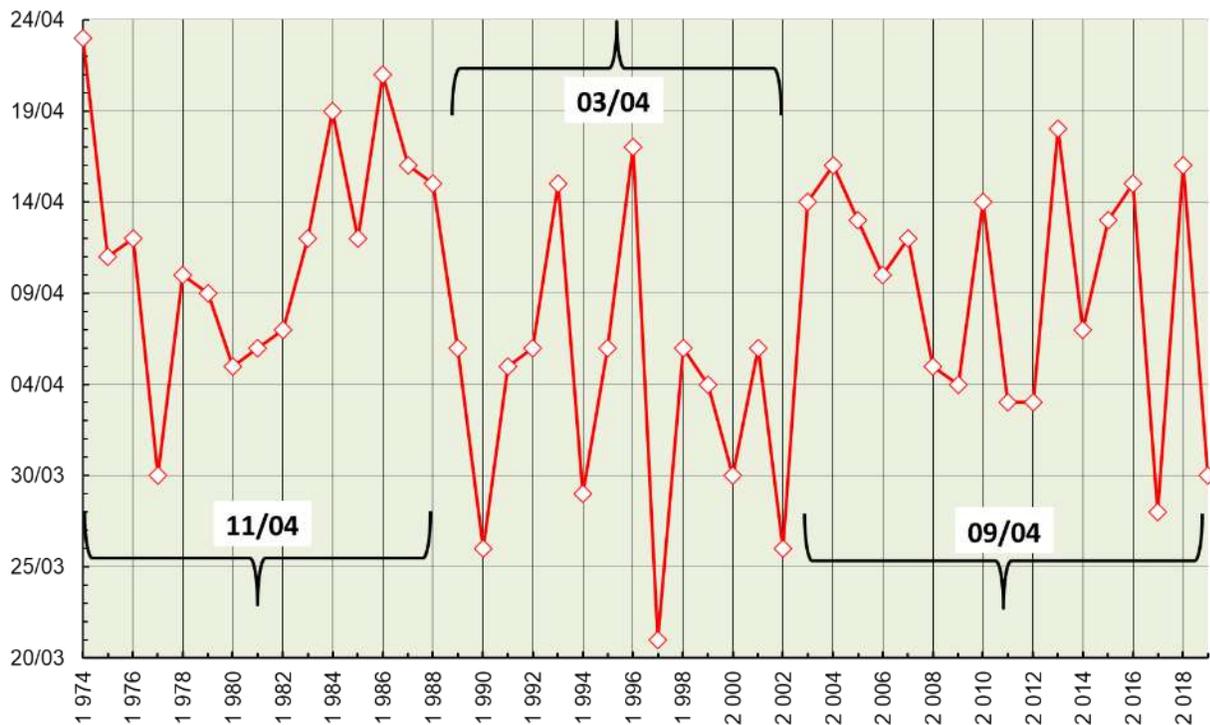
Évolution de la phénologie (stade Fleckinger) 1999-2019. CTIFL, centre de Balandran

À partir de la date de débourrement de l'année et en climat méditerranéen, on peut donc **estimer la date de floraison.**

Golden - Floraison



3 périodes assez distinctes (Guedon et Legave, 2008)



Évolution de la date de floraison stade 50% F1 (1974-2019).
CTIFL, centre de Balandran

1. Se termine en 1988. Rupture statistique dans jeux de données climatiques et phénologiques.

⇒ Hivers et printemps froids : dates de floraison tardives.
Levée de dormance* 10/01 (± 6j).

2. Définie arbitrairement (par l'auteur) 1989 à 2002.

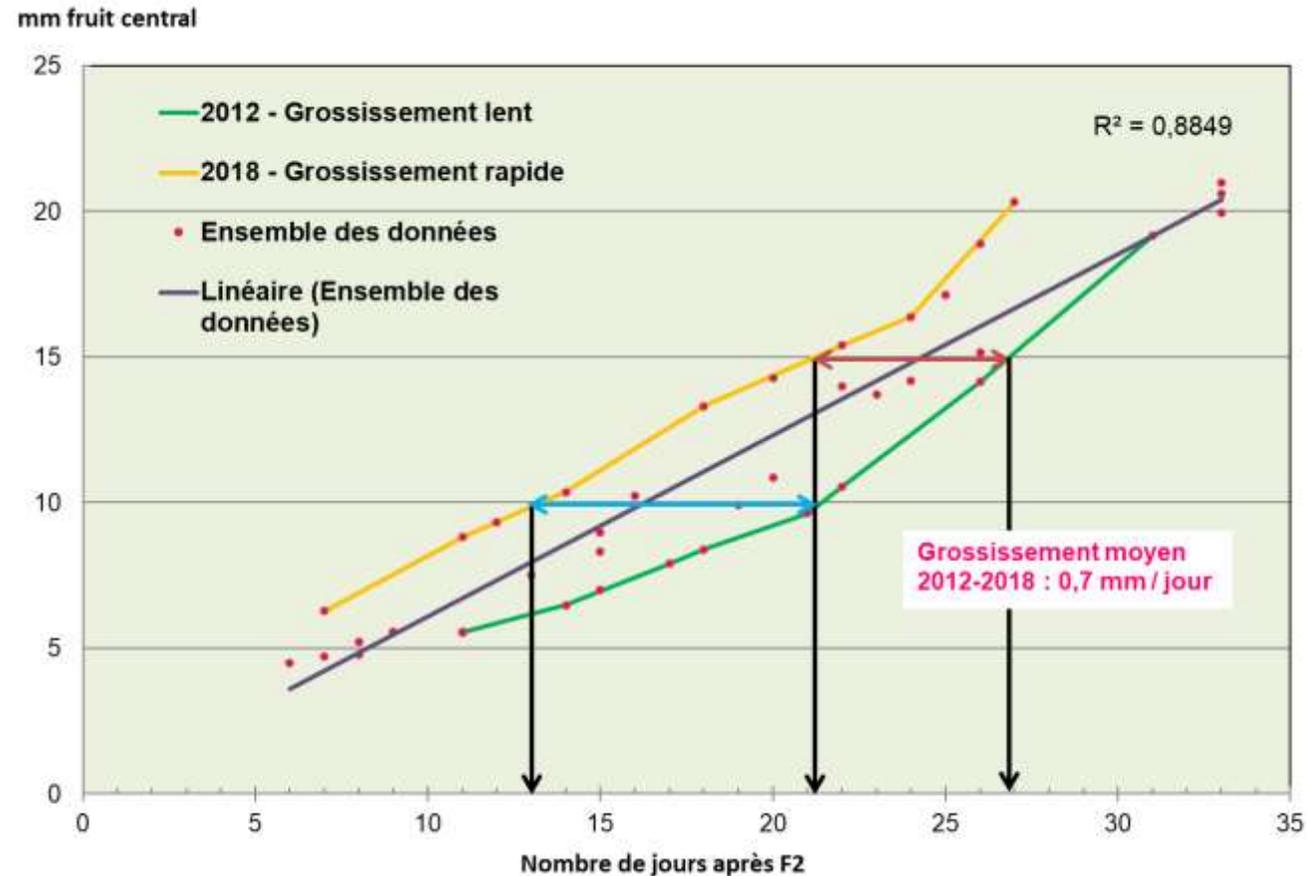
⇒ Hivers froids et printemps chauds : floraisons précoces.
Levée de dormance* 21/01 (± 10j).

3. Depuis 2003.

⇒ Hivers doux : retardent levée de dormance et floraison, indépendamment du printemps.
Levée de dormance* 25/01 (± 8j).

* : selon le modèle Bidabé (90 unités action froid Q10 = 3)

Golden – Évolution du fruit central



Gestion de la charge en fruits

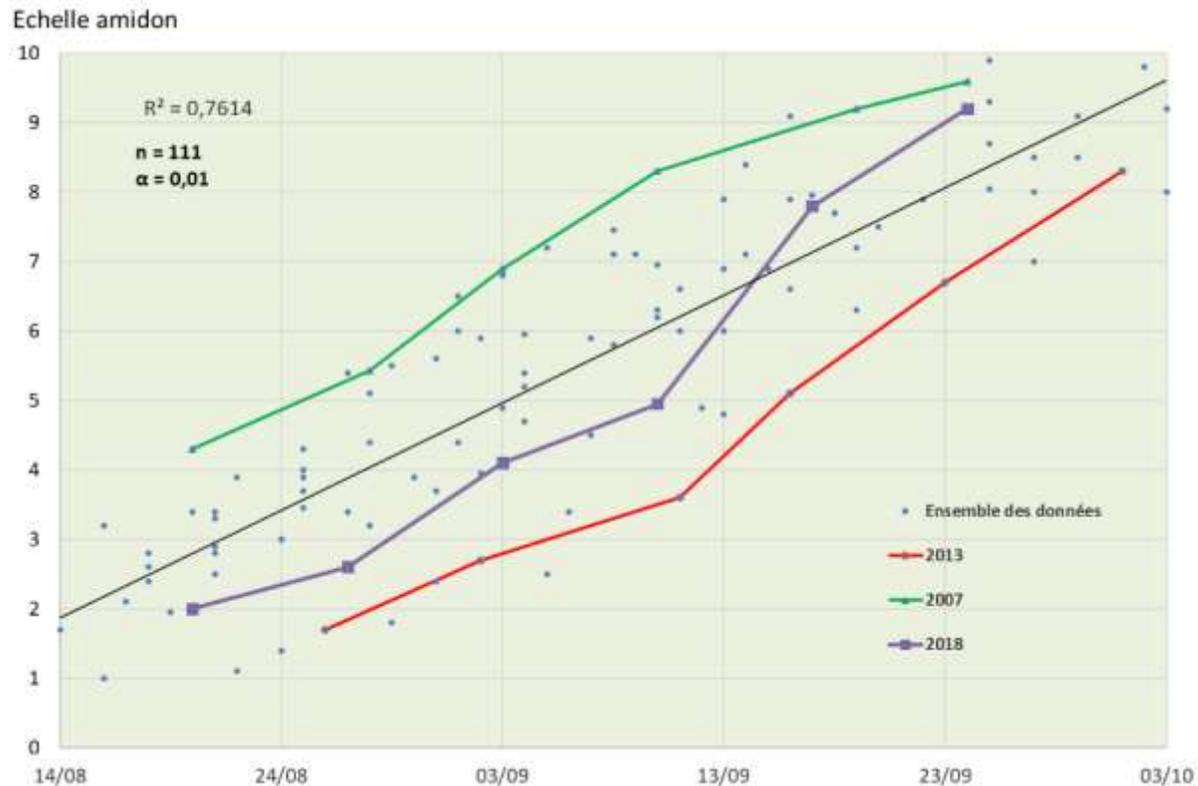
Sur la période 2012-2018:

- Stade 10 mm : **13 et 21 jours** après F2.
- Stade 15 mm : **21 et 27 jours** après F2.
- Grossissement moyen : **0,7mm/jour**.

Prévoir les dates d'applications potentielles d'agents éclaircissants.

Correction selon les mesures en en verger et le suivi météorologique.

Évolution du grossissement du fruit à la nouaison (2012-2018). CTIFL, Centre de Balandran



Évolution de la régression de l'amidon selon l'échelle CTIFL de 1 à 10 (1999-2018). CTIFL, centre de Balandran

Niveau de maturité à la récolte

- Aptitude à conservation et qualité finale du fruit
- Stade de récolte optimum : fruit a constitué ses réserves et entame sa production d'éthylène.
- Maturité :
 - Conversion de l'amidon en sucre soluble
 - ↘ de l'acidité et fermeté
 - ↗ potentiel aromatique du fruit.

Gain moyen régression amidon : **1,5 points/10j**

Golden - Maturité



Cependant,

Nombre de jours



Nombre de jours nécessaires pour passer du stade 5 au stade 8 d'amidon (2001-2018). CTIFL, centre de Balandran.

□ Plage de récolte : entre stades de régression **5** et **8**, soit 3 semaines (1,5 point pour 10 jours).

Depuis 2001: écart ↘ progressivement jusque **8j** en 2018 (3 points pour 8j).

⇒ Fins d'été s'éternisent : Risque de maturité accélérée

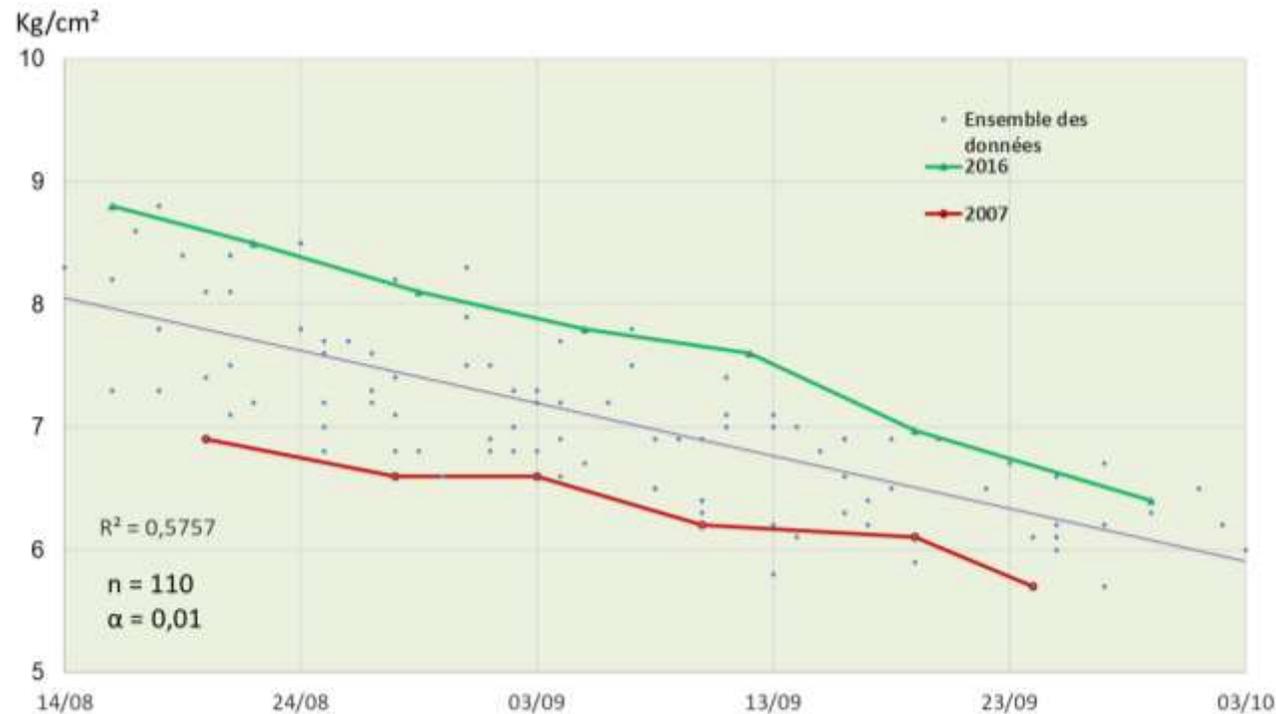
□ Maturité moyenne (stade 5) : **03/09** ⇒ **146j** après F2.

Keller-Przybyłkiewicz et al. (2016) : reprise biosynthèse d'éthylène **138j** après F2 avec un pic **166j** après F2.

« Pic » 20j après déclenchement de récolte = stade 8 (entrée en surmaturité).



Évolution de la fermeté



Évolution de la fermeté en kg/cm² (1999-2018). CTIFL, centre de Balandran.

Perte moyenne de fermeté : **200g/cm²/5j** (avec ~ 270g/cm² et 170g/cm²).

~ annuelles intra et intersites peuvent être extrapolées entre-elles :

Warrington et al. (1999) : Variations liées aux T°c durant la période F2 à F2 + 40 jours.

⇒ Croissance des cellules **8x** supérieure entre max/mini 25/15°C et 9/3°C.

⇒ Fermeté supérieure : + froid, cellules - nombreuses et + petites.

Golden – Sucre/Acidité



Évolution de l'acidité malique

Perte moyenne : **0,5 g/l /10j.**

Variabilité interannuelle : + printemps est froid, + acidité élevée (Warrington *et al.*, 1999)



Évolution de l'acidité malique, g/l (1999-2018). CTIFL, centre de Balandran.

Évolution de la teneur en sucre

Gain moyen : **0,5% Brix/10j.**

Peu variations interannuelles **mais** stade 6 d'amidon charnière :
En-deçà: 0,4% Brix/10j ; Au-delà: 0,6% Brix/10j

T°C > 30 °C : fermeture des stomates & vie ralentie du pommier
préjudiciable à la teneur en sucres.



Évolution de la teneur en sucre, %Brix (1999-2018). CTIFL, centre de Balandran

Golden – En résumé



- ⇒ Débourrement : **11/03**
- ⇒ Début floraison : **07/04** (+ 27j après débourrement)
- ⇒ Stade 10 mm : **26/04** (+17j après F2)
- ⇒ Grossissement moyen du fruit central **0,7 mm/j** (sur plage 5-20 mm).
- ⇒ Maturité : **03/09** au stade 5 d'amidon
- ⇒ Caractéristiques physico-chimiques (sur 10j) :
 - Régression moyenne d'amidon **1,5 points**
 - ↘ moyenne de fermeté **400 g/cm²**
 - ↗ moyen de teneur en sucres **0,5%** Brix
 - ↘ moyenne d'acidité de **0,5 g/l**.

Évolution phénologique

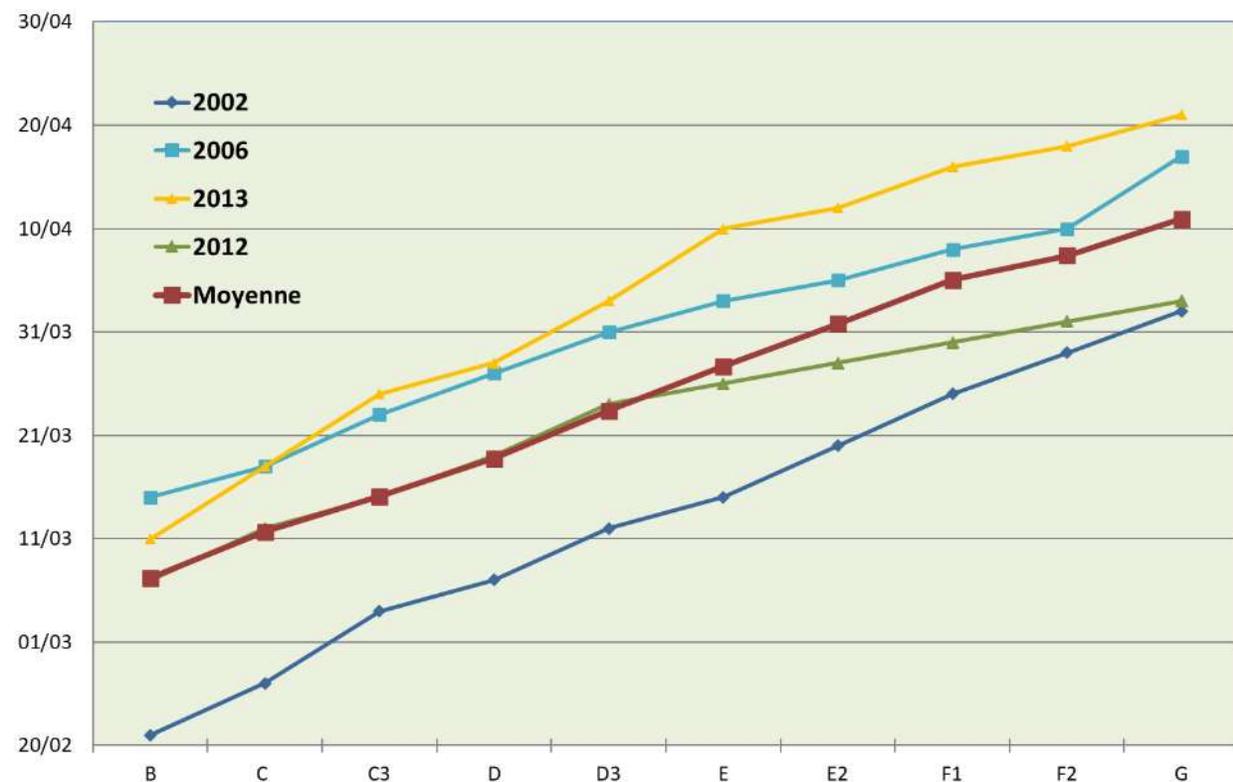


Gala

variétés observées sur la période 1979-2019 :
Gala
Mondial Gala® Mitchgla
Brookfield® Baigent (cov)

Brookfield® Baigent (cov)

Gala - Phénologie



Évolution de la phénologie de Gala (stades Fleckinger) 1999-2019.
CTIFL, centre opérationnel de Balandran

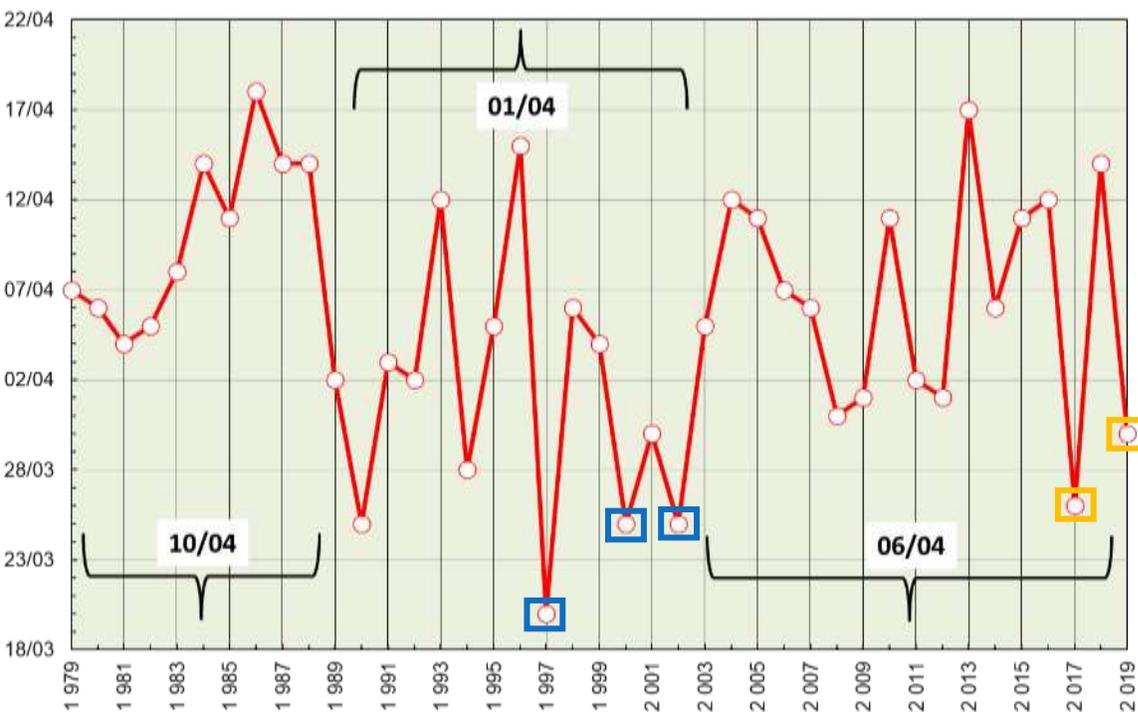
Stades phénologiques de Fleckinger

- Débourrement : **07/03** (Golden -4j)
- 2002 : année la plus précoce
- 2013 : année la plus tardive
- 2006 : Débourrement tardif mais dvpmt plus rapide \Rightarrow T°C chaudes.
- 2012 : Débourrement moyen mais dvpmt plus rapide \Rightarrow T°C chaudes.
- Écart débourrement-début floraison : **29j (\pm 4j)**.
 \Rightarrow + court **21j** et + long **37j**
- Écart moyen entre les différents stade phénologiques : **3-4j**.

▲ Gala - Floraison



3 périodes assez distinctes (Guedon et Legave, 2008)



Évolution de la date de floraison stade 50% F1 (1974-2019).
CTIFL, centre de Balandran

1. Se termine en 1988. Rupture statistique dans jeux de données climatiques et phénologiques.

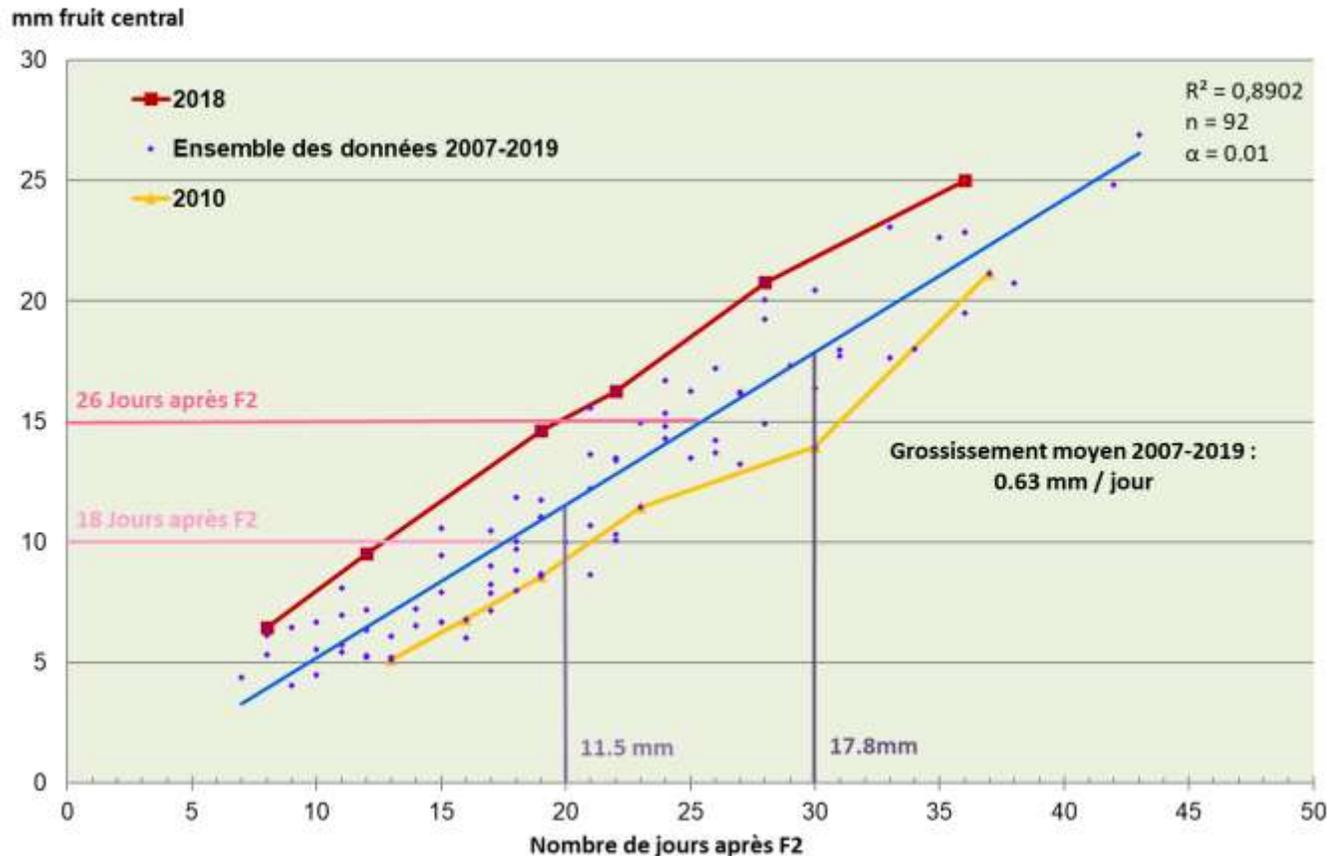
2. Définie arbitrairement (par l'auteur) 1989 à 2002.

□ : années très précoces

3. Depuis 2003.

⇒ Rebasculement vers un cycle de floraison plus tardive mais 2 exceptions.

➤ Gala – Évolution du fruit central



Évolution du grossissement du fruit à la nouaison (Gala 2007-2019).
CTIFL, centre opérationnel de Balandran

Gestion de la charge en fruits

Sur la période 2007-2019:

- Stade 10 mm : **18j** ($\pm 3j$) après F2.
- Stade 15 mm : **26j** ($\pm 3j$) après F2.
- Grossissement moyen : **0,63mm/jour** ($\pm 0,07mm/j$).
⇒ + lent : 0,57 mm/j & + rapide : 0,83 mm/j

Correction selon les mesures en en verger et le suivi météorologique.



Niveau de maturité à la récolte

Maturité moyenne (stade 5) : **11/08** ⇒ **128j** (±7j) après F2.
⇒ (+ précoce 04/08 & + tardive 20/08)

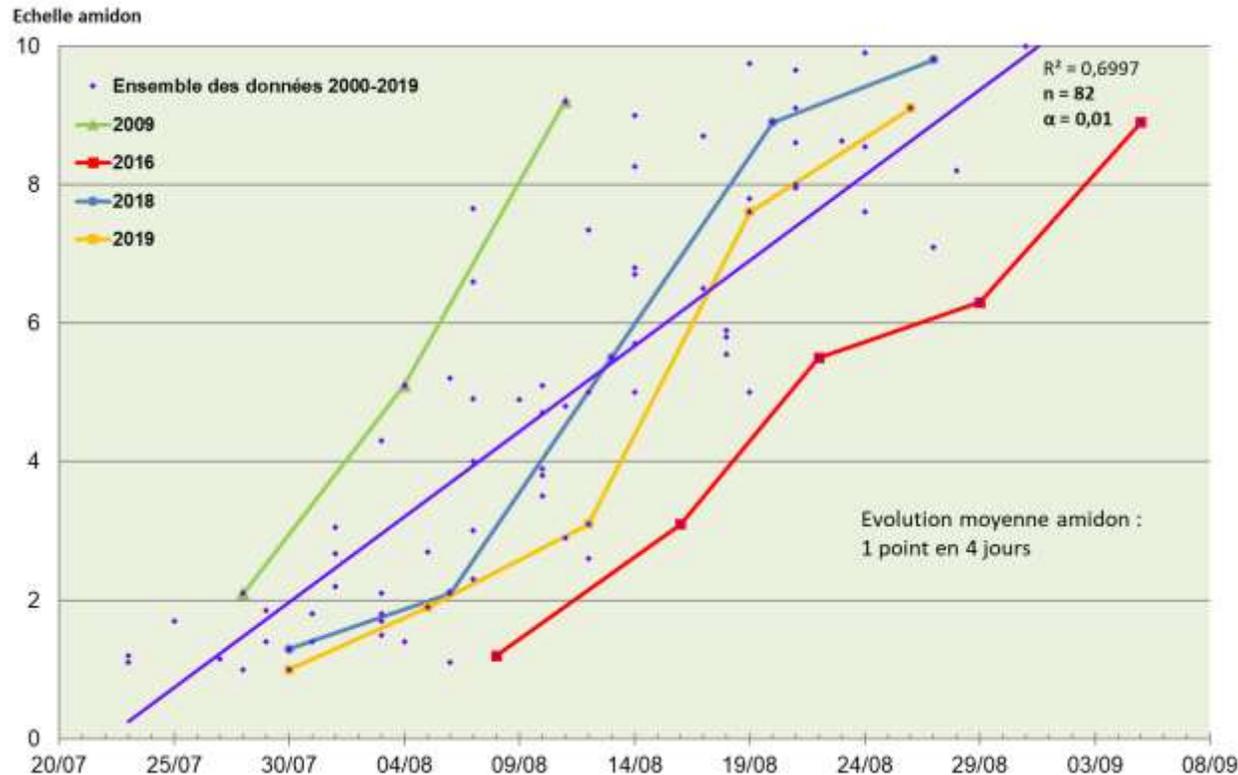
Plage de récolte : stades de régression **5 à 8**, soit **12j** (1 point/4j).

Depuis 2000: écart ↘ progressivement jusqu'à **5j** en 2019.

⇒ Risque de maturité accélérée

Année précoce (**2009**) ou années chaudes (**2018-2019**)* : **2 points/4j**

T°c > 30°c : ne favorise pas précocité mais ↗ vitesse de maturité une fois enclenchée.



Évolution de la régression de l'amidon selon l'échelle CTIFL de 1 à 10 (2000-2019).CTIFL, centre opérationnel de Balandran

* : +2,5°c (2018) & +2°c (2019) sur les normales 1981-2010 Juillet-Août

➤ Gala – Fermeté/Sucre/Acidité



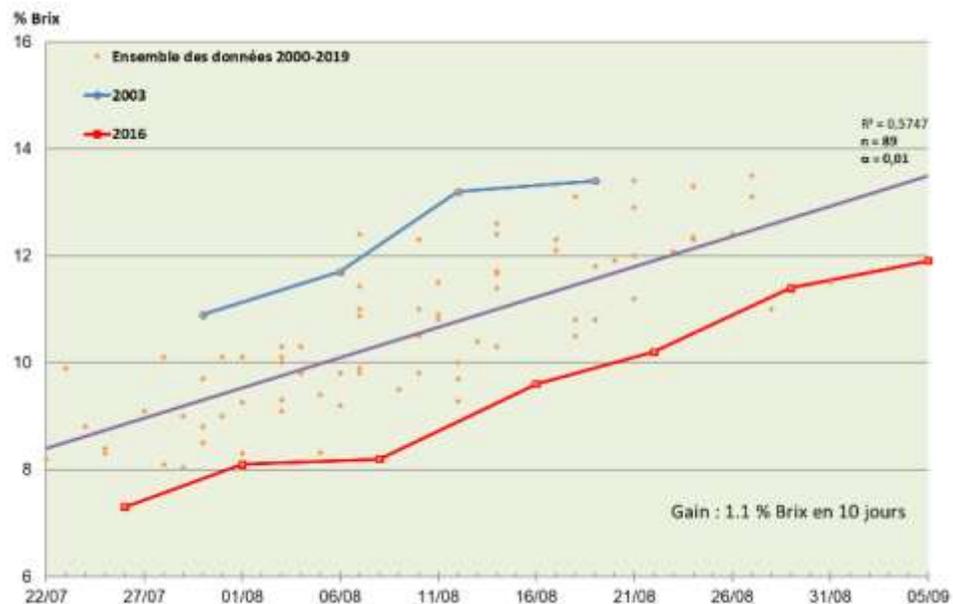
Évolution teneur en sucre et acidité

Gain moyen : **1,1% Brix/10j.**

Moyenne début de récolte : **11% Brix.** Année influence peu la cinétique.

Perte moyenne d'acidité : **0,4 g/l/10j.**

Moyenne début de récolte : **≤ 4g/l**

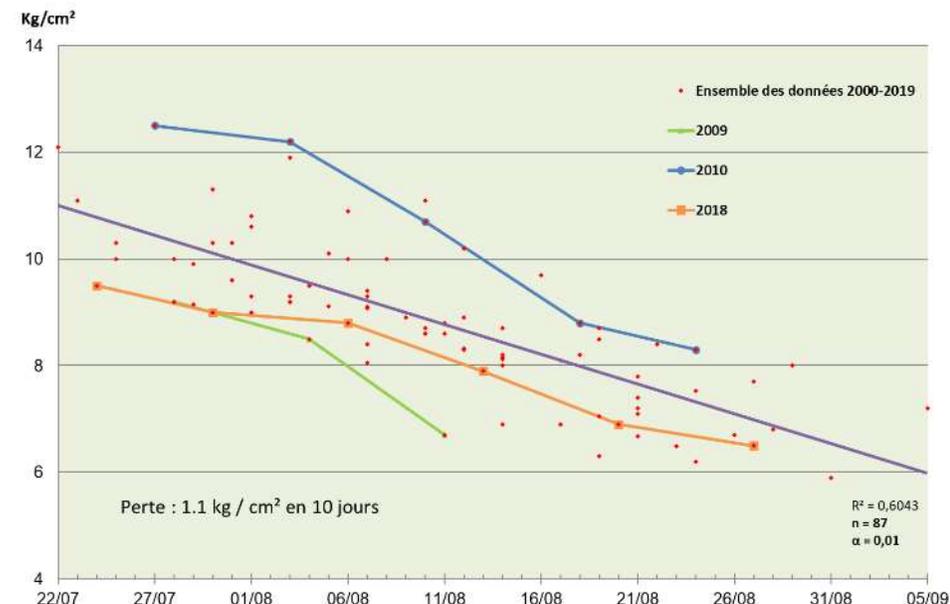


Évolution de la fermeté

Perte moyenne de fermeté : **210g/cm²/jour** soit **1,1 kg/cm²/10j.**

Années précoces ou chaudes : ↘ + rapide (en lien avec évolution amidon : R² = 0,76).

⇒ 1 point d'amidon prit = ↘ 0,420kg/cm²



▲ Gala – En résumé



- ⇒ Débourrement : **07/03**
- ⇒ Début floraison : **05/04** (+29j après débourrement)
- ⇒ Pleine floraison : **07/04**
- ⇒ Stade 10 mm : **25/04** (+18j après F2)
- ⇒ Grossissement moyen du fruit central : **0,63 mm/j** (sur plage 5-25 mm)
- ⇒ Maturité : **11/08** au stade 5 d'amidon
- ⇒ Caractéristiques physico-chimiques (sur 10j) :
 - Régression moyenne d'amidon **2,5 points**
 - ↘ moyenne de fermeté **1,1 kg/cm²**
 - ↗ moyen de teneur en sucres **1,1 %** Brix
 - ↘ moyenne d'acidité **0,4 g/l**

Évolution phénologique



Braeburn

variétés observées sur la période 1990-2020 :

Braeburn

Braesun® Braecest (cov)

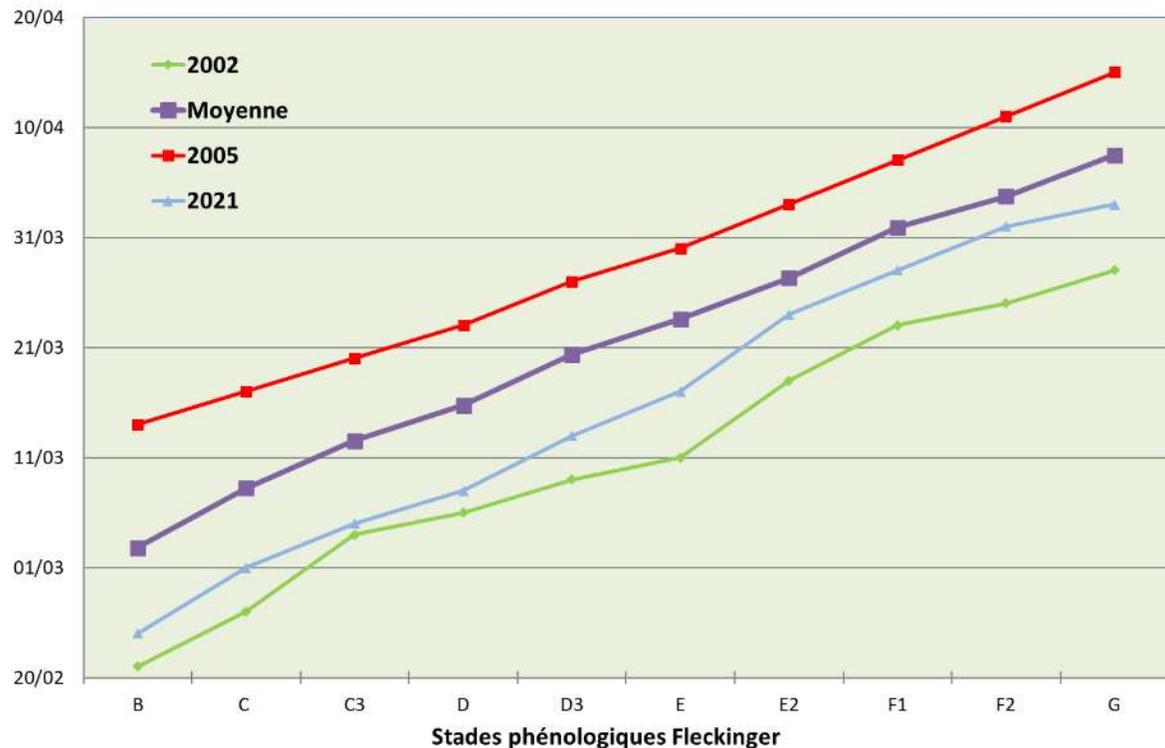
Aporo® Mariri Red® (cov)

Aporo® Mariri Red (cov)

Braeburn - Phénologie



Stades phénologiques de Fleckinger



Évolution de la phénologie de Braeburn (stades Fleckinger) 1999-2021.
CTIFL, centre opérationnel de Balandran

- Débourrement : **02/03** (Golden -9j)
- Écart débourrement-début floraison : **29j (± 4j)**.
⇒ + court **23j** et + long **39j**
- Écart moyen entre les différents stade phénologiques : **4j**.

Braeburn - Floraison



Évolution de la date de floraison de Braeburn, stade 50 % F1 (1990- 2021).
CTIFL, centre opérationnel de Balandran

Première plantation 1988 ⇒ pas de rupture observable (Guedon et Legave, 2008).

Floraison :

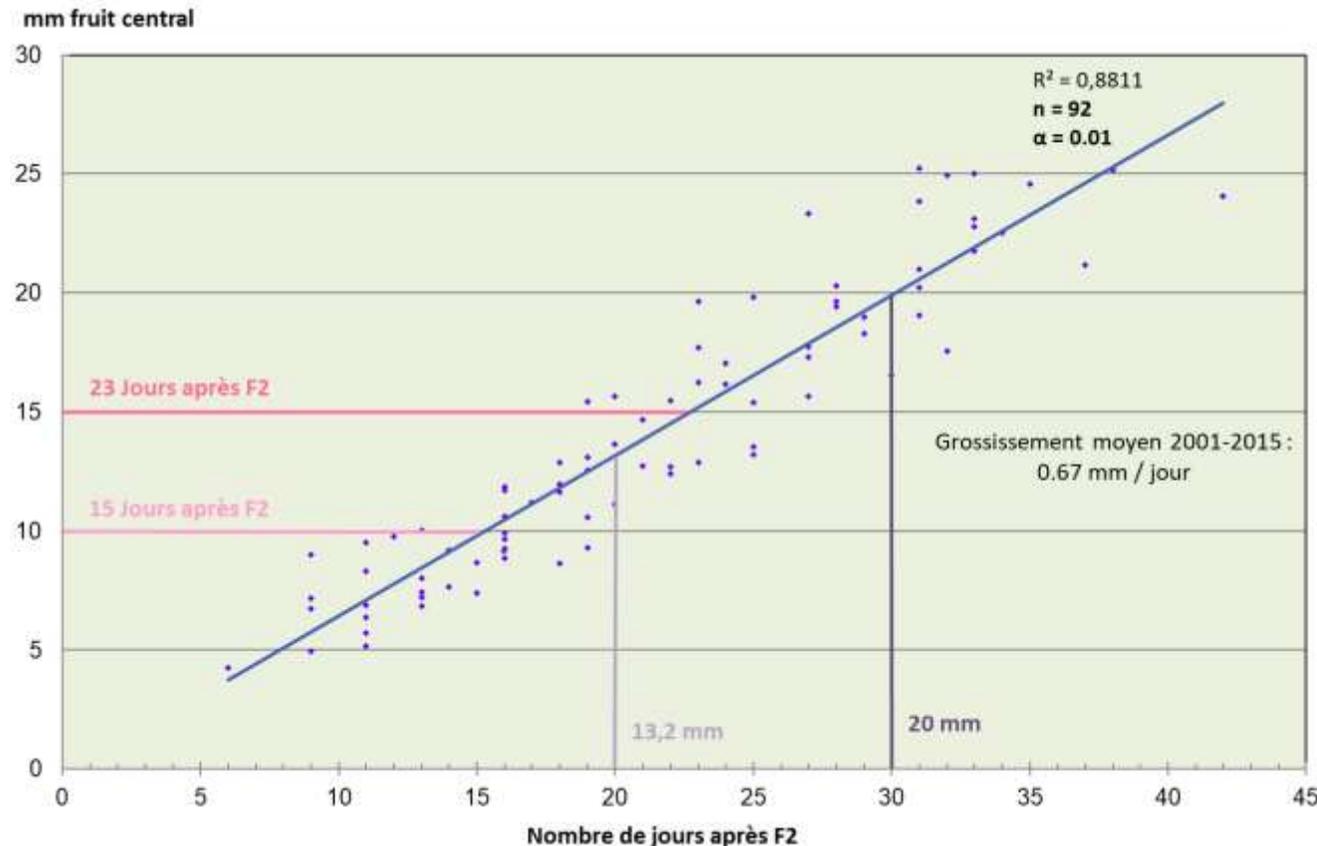
- **+ Précocité** : 18/03
- **Moyenne** : 01/04
- **+ Tardive** : 14/04

Pas d'évolution de précocité de floraison

➤ Braeburn – Évolution du fruit central



Gestion de la charge en fruits



Évolution du grossissement du fruit à la nouaison (Braeburn 2001-2015).
CTIFL, centre opérationnel de Balandran

Sur la période 2001-2015:

- Stade 10 mm : **15j** après F2 (avec ~13 à 19j)
- Stade 15 mm : **23j** ($\pm 4j$) après F2.
- Grossissement moyen : **0,67mm/jour** ($\pm 0,1mm/j$).

2002 : grossissement + lent (0,64 mm/j)

2004 : grossissement + rapide (0,92 mm/j)

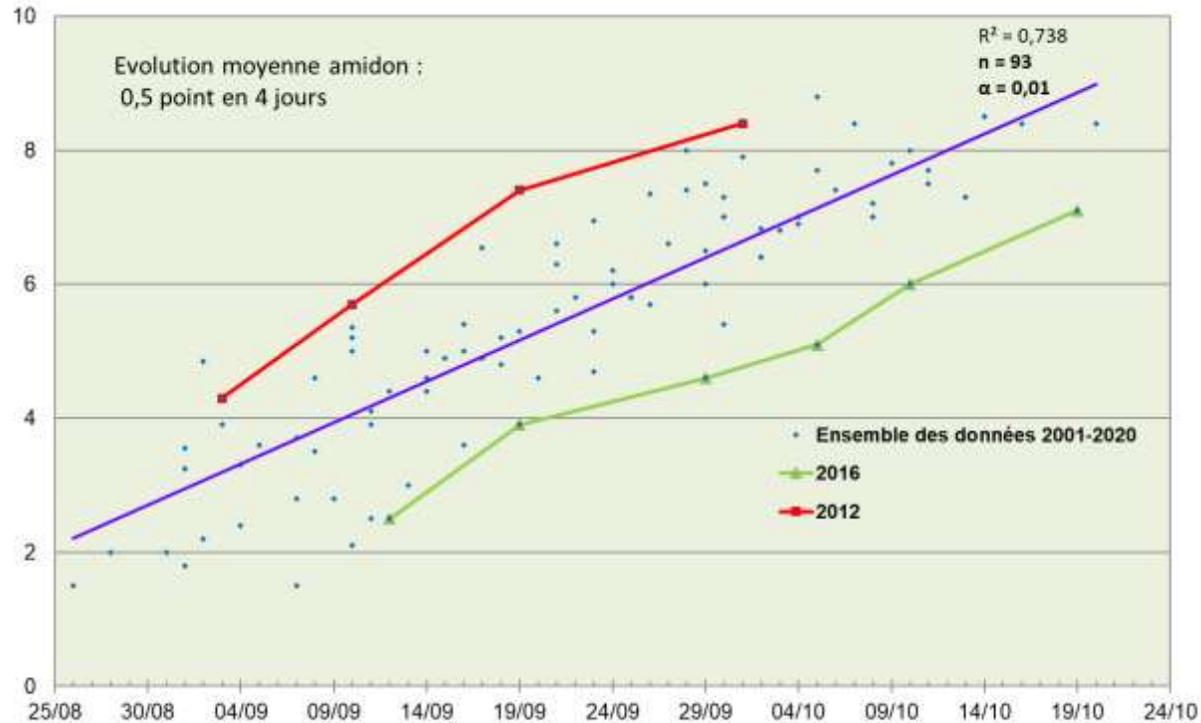
Parmi les variétés courantes observées, Braeburn a la croissance **la plus rapide** :

2007 \Rightarrow Grossissement moyen sur 1 semaine de 1,2 mm.

Braeburn - Maturité



Echelle de 1 à 10



Niveau de maturité à la récolte

Maturité moyenne (stade 5) : **18/09** \Rightarrow **170j** ($\pm 7j$) après F2.
 \Rightarrow (avec \sim du 10/09 au 30/09)

Évolution de la régression amidon : **0,5 point/4j**.
 \Rightarrow Peu de variabilité interannuelle.

T°c max en phase préclimactérique sont impactantes :

- $\sim 30^\circ\text{C}$ fin Août \Rightarrow **Chute avant récolte**
- Phénomène absent en zones septentrionales ou d'altitude

Évolution de la régression de l'amidon selon l'échelle CTIFL de 1 à 10 (2001-2020).
CTIFL, Centre opérationnel de Balandran

Braeburn – Fermeté/Sucre/Acidité



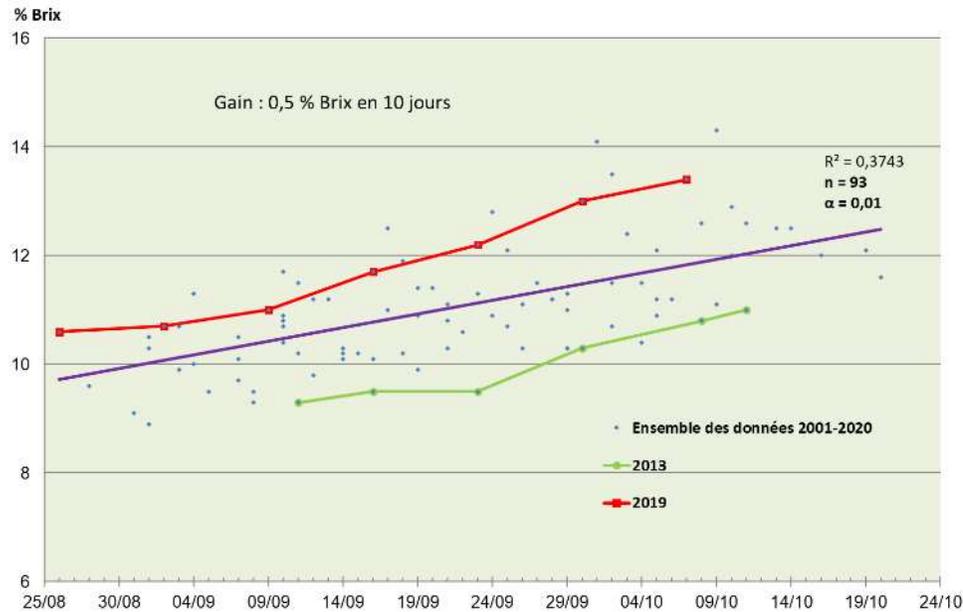
Évolution teneur en sucre et acidité

Gain moyen : **0,5% Brix/10j.**

Année influence peu la cinétique.

Perte moyenne d'acidité : **0,35 g/l/10j.**

Moyenne début de récolte : **≤ 7g/l**

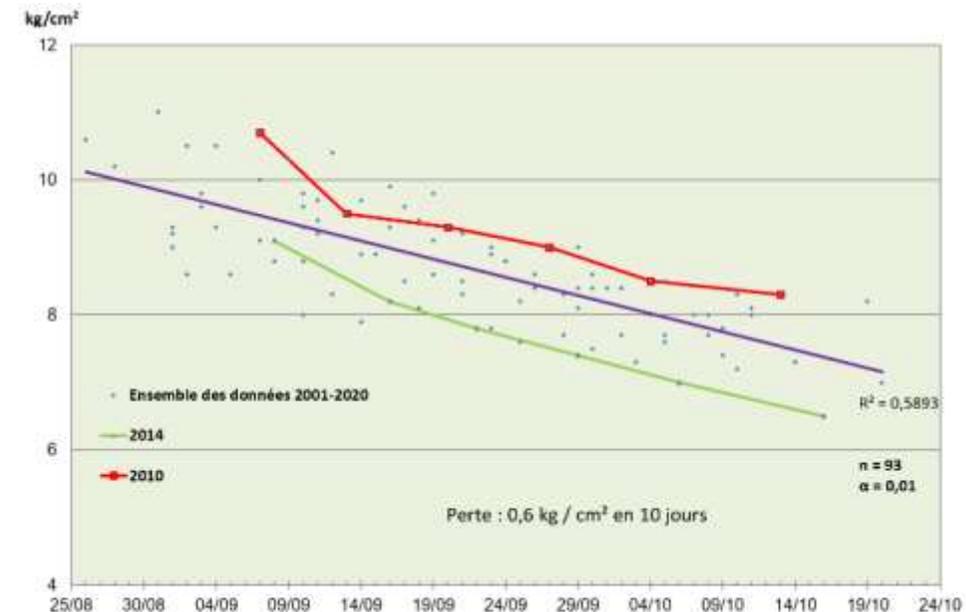


Évolution de la teneur en sucre, % Brix (Braeburn 2001-2020).
CTIFL, centre opérationnel de Balandran

Évolution de la fermeté

Perte moyenne de fermeté : **60g/cm²/jour** soit **0,6 kg/cm²/10j.**

Année influence peu la cinétique.



Évolution de la fermeté en kg/cm² (Braeburn 2001-2020).
CTIFL, centre opérationnel de Balandran

▶ Braeburn – En résumé

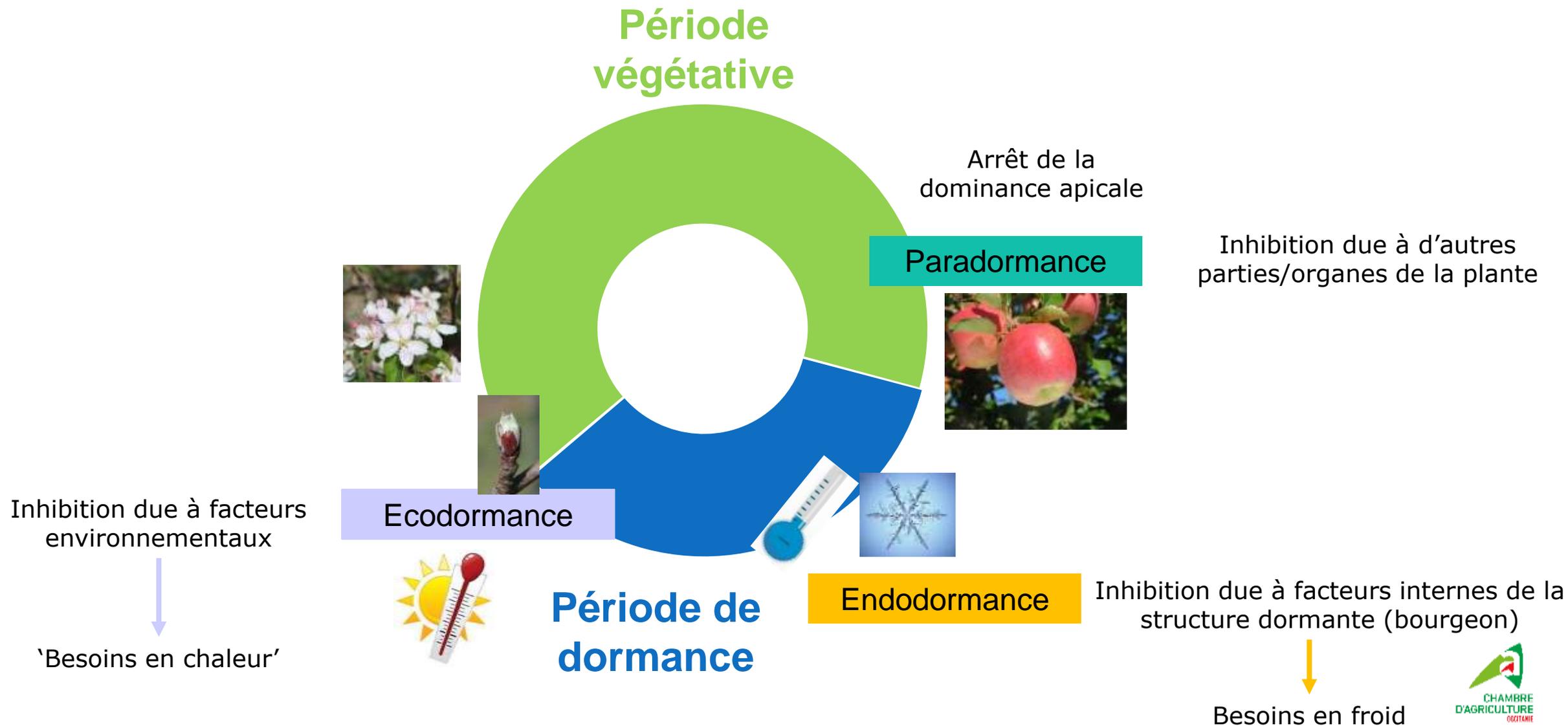


- ⇒ Débourrement : **02/03**
- ⇒ Début floraison : **01/04** (+ 29j après débourrement)
- ⇒ Pleine floraison : **04/04**
- ⇒ Stade 10 mm : **16/04** (+15j après F2)
- ⇒ Grossissement moyen du fruit central : **0,67 mm/j** (sur la plage 5-25 mm)
- ⇒ Maturité : **18/09** au stade 5 d'amidon
- ⇒ Caractéristiques physico-chimiques (sur 10j) :
 - Régression moyenne de l'amidon **1,25** point
 - ↘ moyenne de fermeté **0,6 kg/cm²**
 - ↗ moyen de teneur en sucres **0,5 %** Brix
 - ↘ moyenne d'acidité de **0,35 g/l**

➤ Besoins en froid & anomalies florales



▶ Dormance : Bases physiologiques



▶ Trois méthodes possibles



- Test de boutures de bourgeons isolés
 - Portion de rameaux sur substrat et suivi en enceintes climatiques

- Tabuénca
 - Suivi du poids des ébauches florales

- Arbres en pot
 - Froid naturel ou artificiel
 - Dessaisonnalisation en serre
 - T° : 14 à 25°C



➤ Besoins en froid : Protocole



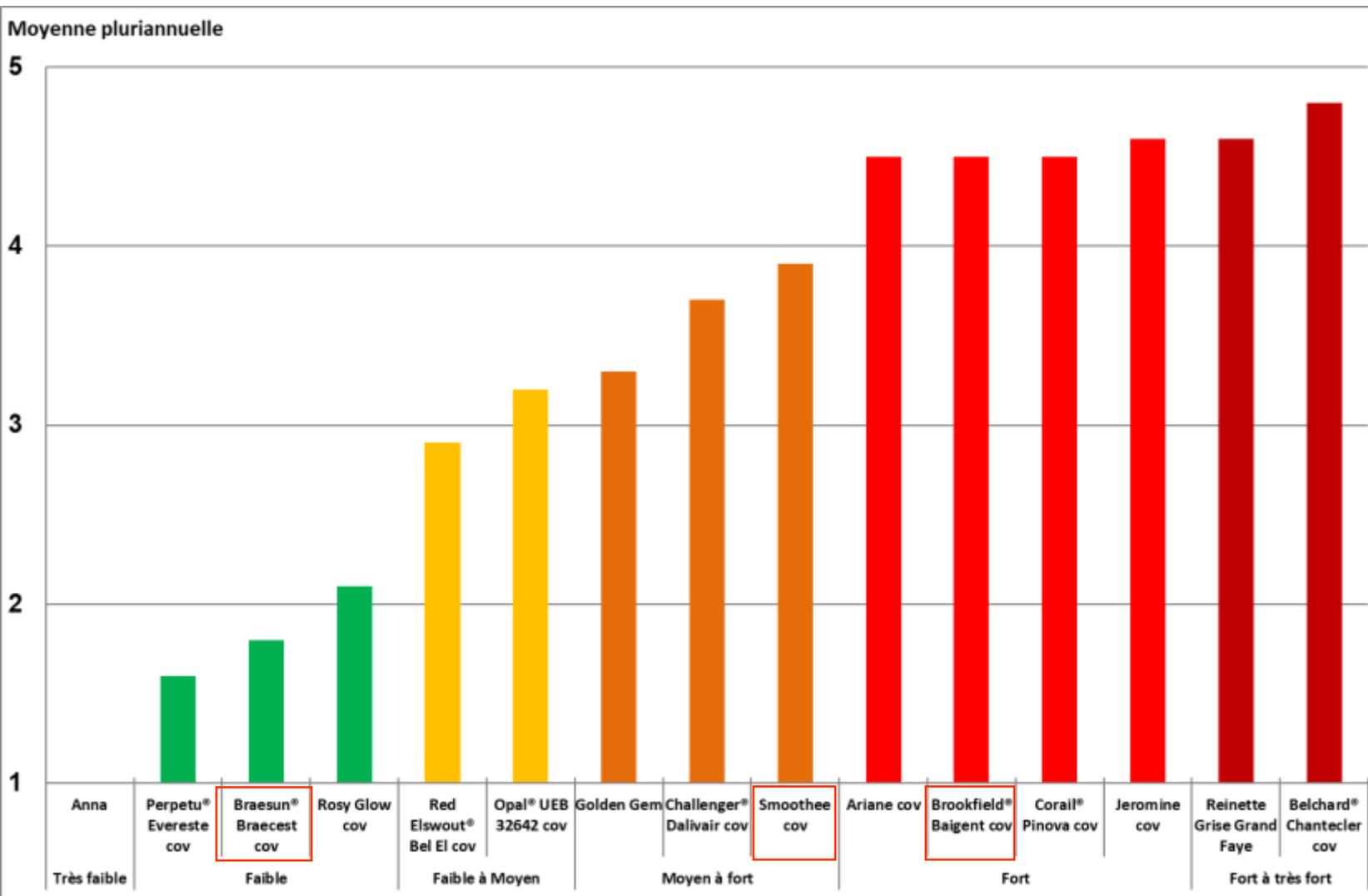
- 2 types de froid
 - Enceinte réfrigérée, T° : 2°C & obscurité (mais ≠ réalité)
 - Froid naturel
- Sortie graduelle selon accumulation de froid
 - 120 à 144 heures « Weinberger » d'intervalle (si frigo)
 - 10 unités Bidabé (si froid naturel)
- Mise en serre
 - Climat : 14°C – 25°C
 - 14°C : Pas de capitalisation de froid possible.
 - 25°C : T°c confortable, évite aux arbres d'être en régulation stomatique (à partir de 28-30°C)
- Pas de répétition car gradient marqué
 - Coût de l'expérimentation
 - Écarts de comportements déjà suffisants
 - Coût/temps en main d'œuvre important



Comportement très contrasté



➤ Besoins en froid : Classement



Classement non définitif :

- Certains témoins (Anna) déjà répertoriés
- Variétés à très (très) forts besoins en froid pas forcément toutes connues

Classement selon modèle Bidabé

(unités de froid) :

1. <70
2. 70-90
3. 90-100
4. 100-120
5. >120

➤ Besoins en froid : Classement



Ecart moyen entre année ~10 unités Bidabé pour même variété.

⇒ Facteur non pris en compte : chute des feuilles.

Atkinson et al. (2013) : Capitalisation besoins en froid débute après chute significative des feuilles.

Classement non définitif :

- Certains témoins (Anna) déjà répertoriés
- Variétés à très (très) forts besoins en froid pas forcément toutes connues

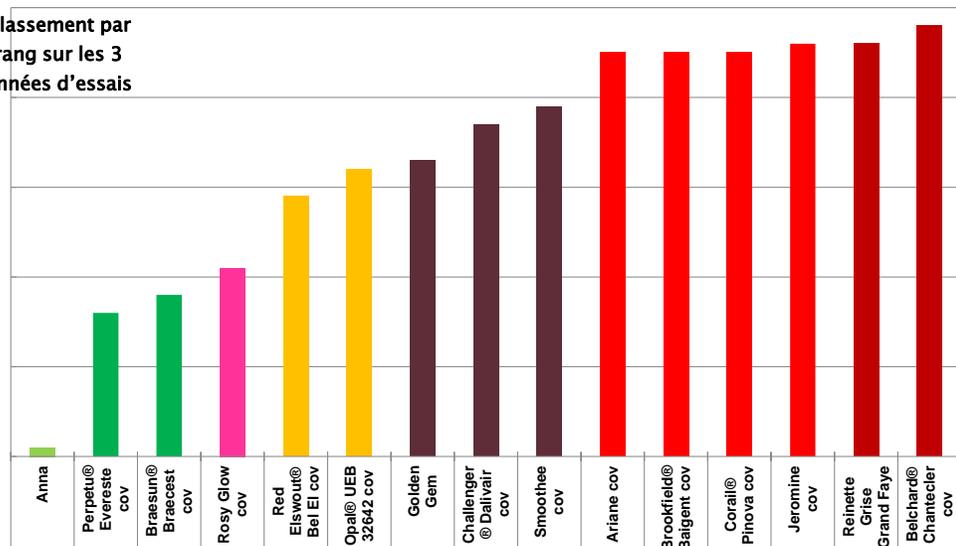
Classement selon modèle Bidabé (unités de froid) :

1. <70
2. 70-90
3. 90-100
4. 100-120
5. >120

➤ Besoins en froid du pommier



Classement par rang sur les 3 années d'essais



Caractérisation des besoins en froid des variétés



Symptômes propres à chaque variété : Anomalies florales

Signes précurseurs

▲ Anomalies florales – Pink Lady® Rosy Glow cov



(Groupe Cripps Pink cov)

- **Feuilles de rosette peu ou pas développées**
- **Pédoncules courts, notamment fleur centrale.**
- Grosseur des fleurs hétérogène sur le corymbe, fleur centrale souvent plus petite.
- Développement bourgeons végétatifs ou latents avant bourgeons floraux.
- Fleurs nécrosées totalement ou partiellement.



➤ Anomalies florales – Brookfield® Baigent

(Groupe Gala)

- **Pétales plus petits, plus étroits à la base, frisés, incurvés, de couleur parfois rose (V).**
- Parfois feuillaison de rosette partielle, mais globalement peu affectée.
- Pédoncules un peu plus courts, quelques fleurs atrophiées.



▶ Anomalies florales - Smoothee 2832 T®CG10 Yellow Delicious cov



(Groupe Golden)

- **Pétales de petite taille de coloration rose.**
- Nombre de fleurs par corymbe réduit à 1 ou 2.
- Pédoncules très courts, notamment fleur centrale, filets des étamines très courts.
- Feuillaison de rosette absente ou partielle.



▲ Anomalies florales – Braesun® Braecest_{cov}



(Groupe Braeburn)

- **Absence totale ou partielle des feuilles de rosette**
- **Taille des feuilles de rosette réduite.**
- Pédoncules courts, petites fleurs.
- Bords des pétales parfois rosés.



▲ Anomalies florales – Challenger® Dalivair cov



(Groupe Granny Smith)

- **Pétales gondolés, pliés ou en forme de tuile.**
- Pédoncules courts. Fleurs nécrosées totalement ou partiellement.
- Les feuilles de rosette normales.



▲ Anomalies florales – Belchard® Chantecler

- **Surface de fleur très petite. Pédoncules très courts. Bord des pétales tend à rester rose.**
- Feuillaison partielle / absence de feuilles de rosette.
- Réduction à 1 à 2 fleurs par corymbe.



➤ Anomalies florales - Opal® UEB3264/2



- **Petites fleurs, pédoncules courts, pétales bordés de rose.**
- Pédoncules très courts, petites feuilles de rosette, fleurs parfois nécrosées.
- Nombre réduit de fleurs par bouquet.



NB : La différence de taille n'est pas due à un effet de perspective

▶ Anomalies florales – Reinette grise Grand Faye



Variété la plus perturbée

- **Pétales frisetés, fleurs de petite taille** (non perceptible sur la photo).
- Pédoncules très courts, nombre de fleurs par corymbe réduit.
- Bords de pétales parfois roses.
- Feuillaison de rosette absente à partielle.



➤ Anomalies florales/ Besoins en froid : Des résultats à venir...



Variétés non présentées :

Variétés	Statut
Anna	très faible besoin en froid
Golden Gem	Pollinisateur
Red Elswout® Bel El cov	Groupe Elstar
Perpetu® Evereste cov	Pollinisateur
Ariane cov	
Jeromine cov	Groupe Red Delicious

Infos CTIFL 2024 :

Variétés	Statut
Dalinette cov	Résistante tavelure
Crimson Crisp® Coop 39 cov	Résistante tavelure
Brookfield® Baigent cov	Témoin à fort besoins
Rosy Glow cov	Témoin à besoins modérés
Story® Inored	Résistante tavelure
Mandy® Inolov co	Résistante tavelure
Jazz® Scifresh cov	Croisement Gala * Braeburn
Envy® Scilate cov	Croisement Gala * Braeburn
Zhen® Aztec cov	5ème variété française
Akane	



Manque de froid : Conséquences sur les espèces fruitières



Perte de rendement

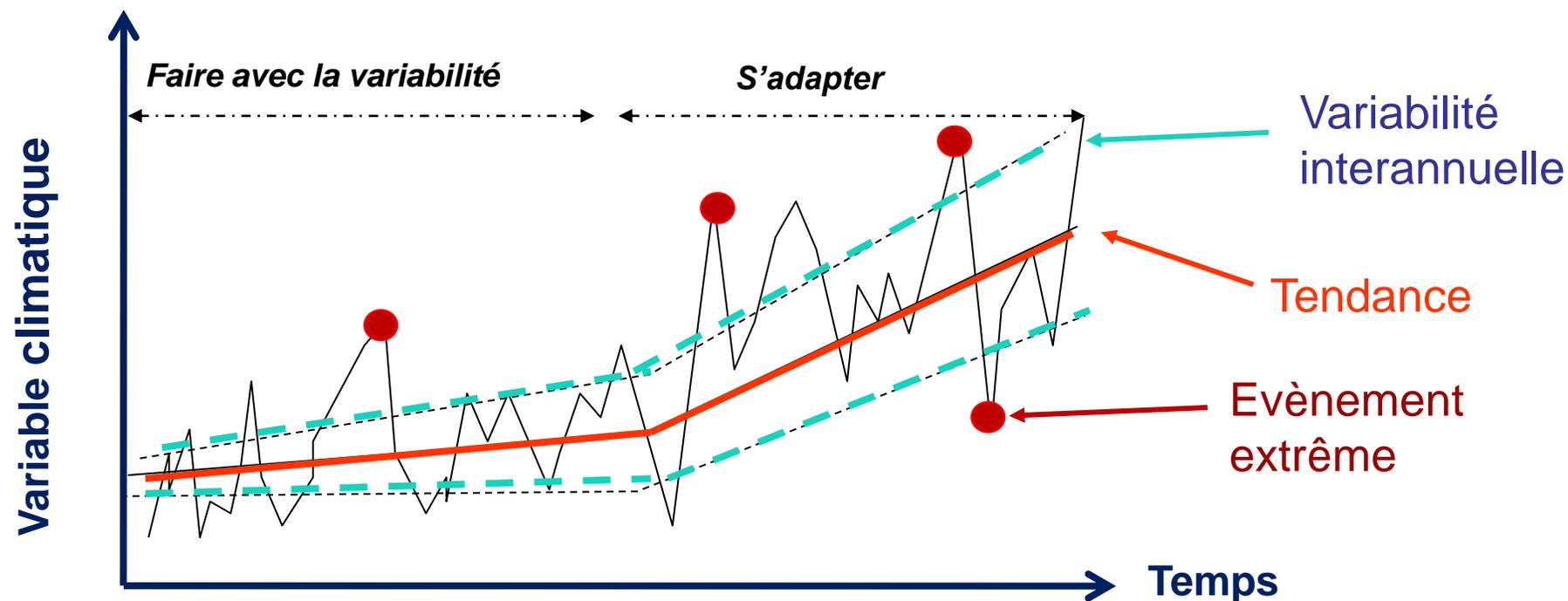
- Chute/nécrose de bourgeon⁽¹⁾
- Anomalies florales
- Modification architecture de l'arbre⁽¹⁾
- Désynchronisation pollinisateurs

Modification itinéraire technique

- Révision permanente des stratégies culturales
- Importance des prévisions météorologiques
- Variabilité entre années : précocité/tardivité

⁽¹⁾ **(Scalabrelli et al., 1986)** : Bourgeons terminaux besoins en froid plus faibles que bourgeons latéraux ⇒ dominance apicale exacerbée modifie l'architecture des branches

Conclusion



- ✓ *S'adapter à une tendance de fond*
- ✓ *Réduire la vulnérabilité aux variabilités interannuelles*
- ✓ *Résister à des événements extrêmes croissants (stress hydrique, stress thermique, fortes pluies, etc.)*

Conclusion



↗ T°C ⇒ Impose une nouvelle réflexion sur le choix variétal.

Matériel végétal ⇒ **Premier levier** dans l'adaptation au changement climatique.

Acquérir des connaissances sur les processus pour prévoir au mieux le futur (phénologie, réponses stress, etc.).

Évolution des travaux sur poire au CTIFL de Balandran.



Merci de votre attention



▲ Bibliographie



- Atkinson, Brennan, R.M, Jones H.G., (2013). Declining chilling and its impact on temperate perennial crops. *Environmental and Experimental Botany*, 9, 48-62.
- Guedon Y., Legave J.-M., (2008). Analyzing the time-course variation of apple and pear tree dates of flowering stages in the global warming context, *Ecological Modelling*, 219, p. 189-199.
- Keller-Przybyłkiewicz S., Rutkowski K.P., Kruczyńska D.E., Pruski K., (2016). Changes in gene expression profile during fruit development determine fruit quality. *Horticultural Science*, 43: p. 1-9.
- Luedeling E., Girvetz E.H., Semenov M.A., Brown P.H. (2011). Climate Change Affects Winter Chill for Temperate Fruit and Nut Trees. *PLoS ONE* 6(5): e20155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020155>
- Mathieu V., (2013). La levée de dormance du pommier. Essais expérimentaux sur la quantité de froid. *Infos Ctifl*, n° 291 mai p. 43-49.
- Mathieu V., (2018). La dormance du pommier. Quantité de froid et anomalies florales. *Infos Ctifl*, n° 340 avril p. 31-40.
- Mathieu V., (2019). Itinéraire technique du pommier. Chiffres clés de la phénologie de Golden Delicious. *Infos Ctifl*, n° 352 juin p. 44-49.
- Mathieu V., (2020). Itinéraire technique du pommier. Prévoir les dates d'apparition des stades phénologiques. *Infos Ctifl*, n° 360 avril p. 30-34.
- Mathieu V., (2021). Les chiffres clés pour planifier les actions au verger. *Infos Ctifl*, n° 373 juillet-août p. 70-74.
- Scalabrelli G. et Couvillon G.A. (1986). The effects of temperature and bud type on rest completion and GDHC requirement for bud break in Redhaven peach. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 111, 537-540.
- Warrington I.J. *et al*, (1999). Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. *Journal of American Society Horticultural Science* 124(5) : p. 468-477



Frutaria
Innovation

Comment intégrer l'adaptation au
changement climatique dans
l'accompagnement des
agriculteurs ?

—
Obtention fruitière
et changement climatique
—

Christophe
Bouchet

Directeur de
l'amélioration variétale

Toulouse, 13 décembre 2023



1996 Fondation par Arsène & Laurence MAILLARD

2018-2022 Rachat par **Frutaria** (groupe espagnol SAMCA, société familiale agricole et industrielle)

Développement de programmes de recherche variétale fruitière

Pêches et nectarines (rondes et plates), abricots, cerises & pommes – 251 Cov actifs



regal'in
Le virtuose du goût



Candine
Reconnect with the good moments



Ondine
The healthy & tasty snack !

Objectifs communs à chaque programme:

- Qualité gustative (saveur semi douce, sucrée et aromatique)
- Comportement agronomique (productivité, présentation, conservation)
- Adaptation aux changements climatiques (hivers très doux, été très chauds)
- Comportement vis à vis des bioagresseurs (faibles besoins en protection phytosanitaire)

Christophe BOUCHET

- 1986-1994** Formateur et conseiller technique en arboriculture fruitière au GRCETA de Basse Durance (Provence – Languedoc)
Toutes espèces fruitières
- 1995-2020** Responsable technique puis Directeur de production chez Primor Fruit (Séville)
Pêcher, agrumes
Coordination technique producteurs associés
Formation et assistance à la division marocaine
Formation et conseil en Egypte
- Depuis fin 2020** Directeur de l'amélioration variétale chez ASF (Roussillon)
Intégration dans le groupe Frutaria
Harmonisation de 3 programmes d'amélioration (Frutaria, ASF, Primor) et de 4 sites expérimentaux (France, Aragon, Estrémadure, Andalousie)



**La génétique est une réponse sûre et durable
aux principaux enjeux de l'agriculture moderne,
dont l'adaptation aux changements climatiques**

Oui, mais...

De quoi parlons-nous?





L'obteneur travaille sur des caractères, pas sur des concepts ou des situations



Il faut donc caractériser les problèmes à traiter pour pouvoir travailler dessus



Une fois les caractères identifiés, il faut trouver des sources génétiques pour pouvoir les développer



PLAN



**1- Le changement climatique, c'est quoi, concrètement?
Sur quoi l'obteneur doit-il orienter ses recherches?**



**2- L'amélioration variétale pour les nuls
Quelques principes essentiels pour comprendre la problématique**



**3- Dans les couloirs du temps...
Outils disponibles, méthodes, contraintes**

Conclusions





**1- Le changement climatique, c'est quoi, concrètement?
Sur quoi l'obteneur doit-il orienter ses recherches?**



2- L'amélioration variétale pour les nuls
Quelques principes essentiels pour comprendre la problématique



3- Dans les couloirs du temps...
Recherches en cours, méthodes, contraintes



MANQUE DE FROID EN HIVER (chilling)

- Débourrement erratique
- Malformations florales
- Floraison et maturité très échelonnées
- Feuillaison difficile et insuffisante

Ressources
génétiques
disponibles



- Chute physiologique
- Hétérogénéité du cycle
- Baisse de productivité et de qualité,
complexité des travaux agricoles
- Perte de rentabilité pour le producteur

ARRIVEE TROP TARDIVE DU FROID

- Défoliation difficile
- Débourrement erratique
- Floraison anarchique

- Perte de production et de qualité
- Perturbations dans la formation du fruit
- Perte de rentabilité pour le producteur

RESSOURCES
génétiques
?????



FORTE CHALEUR EN AUTOMNE

- Risque de nécroses de boutons floraux
- Baisse de la mise en réserve
- Déshydratation de la plante
- Cycles tardifs de ravageurs
- Formation de fruits multiples

- Manque de fleurs
- Faible capacité à supporter les conditions du printemps
- Baisse du potentiel qualitatif
- Surconsommation d'eau

Choix de
géniteurs
peu
sensibles





AUTRES PHENOMENES

- Augmentation de la fréquence et de l'intensité des gelées de printemps



- Phénomènes de canicules
surchauffe des fruits



folletage



- Phénomènes de sécheresses intenses, souvent suivies d'inondations



Etc, etc, ...



REDUIRE LES BESOINS EN EAU ?

Les fruits sont constitués de 80 à 90% d'eau

- Production élevée = consommation élevée
- Si l'arbre souffre, il utilise le fruit comme réservoir d'eau



Solution génétique : existe-t-il une ou plusieurs sources génétiques utilisables pour créer des variétés moins consommatrices d'eau?

Salinisation des ressources en eau (baisse des nappes et/ou désalinisation de l'eau de mer)

- Augmentation de la consommation d'eau (fraction de lavage)
- Augmentation des problèmes de nématodes (goutte à goutte + température + salinité)



REDUIRE LES BESOINS EN EAU ?

Le choix des porte-greffes devient un facteur clé de l'adaptation aux changements climatiques

- Il existe, sur fruits à noyaux, des porte-greffes adaptés au manque d'eau, à la salinité et aux nématodes (hybrides pêcher x amandier)
- Sur fruits à pépins, ces critères ont peu été intégrés dans la recherche de nouveau porte-greffes

Ce n'est pas parce que l'arbre va survivre à la sécheresse que sa production sera de qualité commerciale et rentable pour le producteur

La création variétale porte-greffe est extrêmement longue et difficile. Il faut compter au moins 30 ans pour des résultats fiables

- Croisements interspécifiques pour combiner les potentiels
- Compatibilité à vérifier
- Expérimentation multisites, multisol et multiclimate
- Critères d'adaptation difficiles à combiner en un seul porte-greffe (sécheresse, asphyxie, chilling, nématodes, chloroses, salinité, etc,)





1- Le changement climatique, c'est quoi, concrètement?
Sur quoi l'obteneur doit-il orienter ses recherches?



2- L'amélioration variétale pour les nuls
Quelques principes essentiels pour comprendre la problématique



3- Dans les couloirs du temps...
Recherches en cours, méthodes, difficultés





QUELQUES PRINCIPES ESSENTIELS

1- On ne crée pas un caractère, on le récupère quelque part.

Pour pouvoir transmettre un caractère à une descendance, il faut avoir au moins un géniteur porteur de ce caractère.

On n'est pas dans le monde de la magie, ni des OGM.

2- Un marqueur moléculaire est un indicateur de la présence d'un caractère.

Pour développer un marqueur, il faut connaître la localisation du caractère sur le génome.

- Un caractère monogénique a une seule localisation sur le génome. Avec un seul marqueur, on sait si le caractère est présent ou absent.
- Un caractère polygénique a plusieurs localisations sur le génome. Il faut autant de marqueurs que de localisations pour pouvoir déterminer sa présence avec certitude.





QUELQUES PRINCIPES ESSENTIELS

3- Les marqueurs permettent une détermination précoce de la présence d'un caractère.

Dès le stade plantule, et sans avoir vu aucun fruit, on peut déterminer la présence de certains caractères, comme la couleur de la chair ou la forme du fruit

4- La plupart des caractères de comportement sont polygéniques.

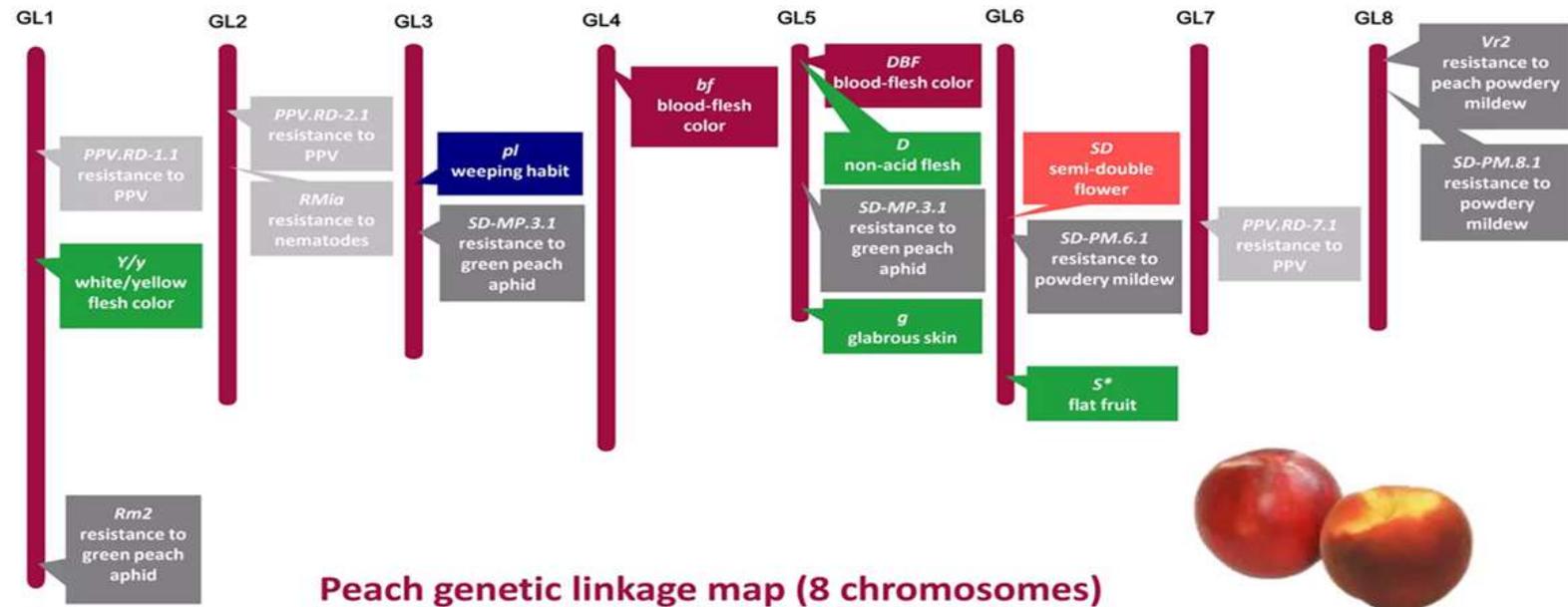
C'est le cas de beaucoup de caractères d'adaptation à l'environnement ou aux bioagresseurs.

Par exemple, pour la résistance à la sharka, on connaît 4 localisations (loci). Pourtant, certaines variétés porteuses des 4 loci sont très sensibles. La connaissance génétique de la résistance à la sharka est donc encore incomplète



QUELQUES PRINCIPES ESSENTIELS

Develop advanced material with new traits for peach breeders
Characteristics of resistance sources ... then mapped on genome



Peach genetic linkage map (8 chromosomes)

SSR, SNP-KASP® molecular markers available for MAB for most of these traits



QUELQUES PRINCIPES ESSENTIELS

5- Si on n'a pas de marqueur, il faut travailler par phénotypage.

Certains caractères sont faciles à déterminer, comme la couleur de la chair,
D'autres sont difficiles à déterminer et dépendent des circonstances

- on est certain de la sensibilité
- on n'est jamais sûr d'une résistance, sauf à pouvoir faire des inoculations, ou à mettre la plantes en situation de sensibilité, de manière répétée

6- Pour des caractères d'adaptation, il est souvent difficile de créer des conditions artificielles.

Pour des caractères relativement simples comme l'adaptation aux coups de chaleur, on peut créer des conditions artificielles relativement facilement

Pour des caractères en relation avec la nutrition, il faut être capable de recréer les conditions durant tout le cycle de culture.





QUELQUES PRINCIPES ESSENTIELS

7- L'évaluation traditionnelle utilise le multisite comme base expérimentale

C'est actuellement le moyen le plus sûr pour pouvoir tirer des conclusions fiables, mais c'est aussi la plus lente:

- homogénéité des plants (phase de pépinière, 1 à 2 ans)
- phase juvénile variable selon l'espèce et la variété (4 à 8 ans)
- au moins 3 ans d'observation du fruit, de préférence sur arbres adultes

Total 10 à 15 ans après la sélection de l'hybride à évaluer.

8- L'information en provenance des producteurs est essentielle pour connaître les variétés.

Autrement dit, nous utilisons la connaissance acquise par les producteurs sur nos nouvelles variétés pour en améliorer la connaissance.

C'est le meilleur multisite.





1- Le changement climatique, c'est quoi, concrètement?
Sur quoi l'obteneur doit-il orienter ses recherches?



2- L'amélioration variétale pour les nuls
Quelques principes essentiels pour comprendre la problématique



3- Dans les couloirs du temps...
Outils disponibles, méthodes, contraintes

DANS LES COULOIRS DU TEMPS

La méthode de travail habituelle et traditionnelle est le phénotypage, l'observation au verger

Dans les champs d'hybrides (plants uniques), on recherche des potentiels:

Plus de 90% des hybrides sont éliminés directement pour défauts rédhibitoires

Les hybrides retenus sont des sélections, qu'on greffe pour les passer en parcelles d'évaluation.

Dans les parcelles d'évaluation, on observe le fruit, l'arbre et son comportement agronomique

Environ 90% des sélections seront éliminées au cours de cette phase

Les autres seront protégées ou gardées comme géniteurs

On considère qu'il faut un minimum de 6 années d'observations du fruit pour avoir une relative sécurité sur le comportement des nouvelles variétés

L'obtention d'une nouvelle variété est un processus qui dure entre 12 et 30 ans



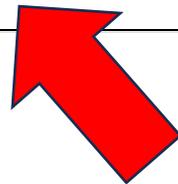
DANS LES COULOIRS DU TEMPS

L'utilisation des marqueurs moléculaires ne permet pas de gagner du temps pour l'obtention d'une variété fruitière. La ligne temporelle reste inchangée



Observation des premiers fruits

ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		FLEURS pollinisées 150 000 a 200 000	HYBRIDES plantés 10 000 a 20 000		SELECTIONS greffées 100 a 200						DCOV lancées 10 a 15	
	Objectifs, sélection des géniteurs, programmes d'hybridation	Hybridation, extraction, identification, stratification, semis	Germination, marqueurs moléculaires, élimination, plantation	Croissance en champs d'hybrides	1ère sélection, greffage	2ème sélection, confirmation, croissance en pépinière	Plantation en parcelle d'évaluation, 3ème sélection, confirmation	1ère évaluation sur plants greffés	2ème évaluation, confirmation, greffage	3ème évaluation, confirmation, décision de protection, prérepérage	DCOV, plantation de pieds-mères, premiers greffages commerciaux	Premières plantations commerciales



Passage des marqueurs

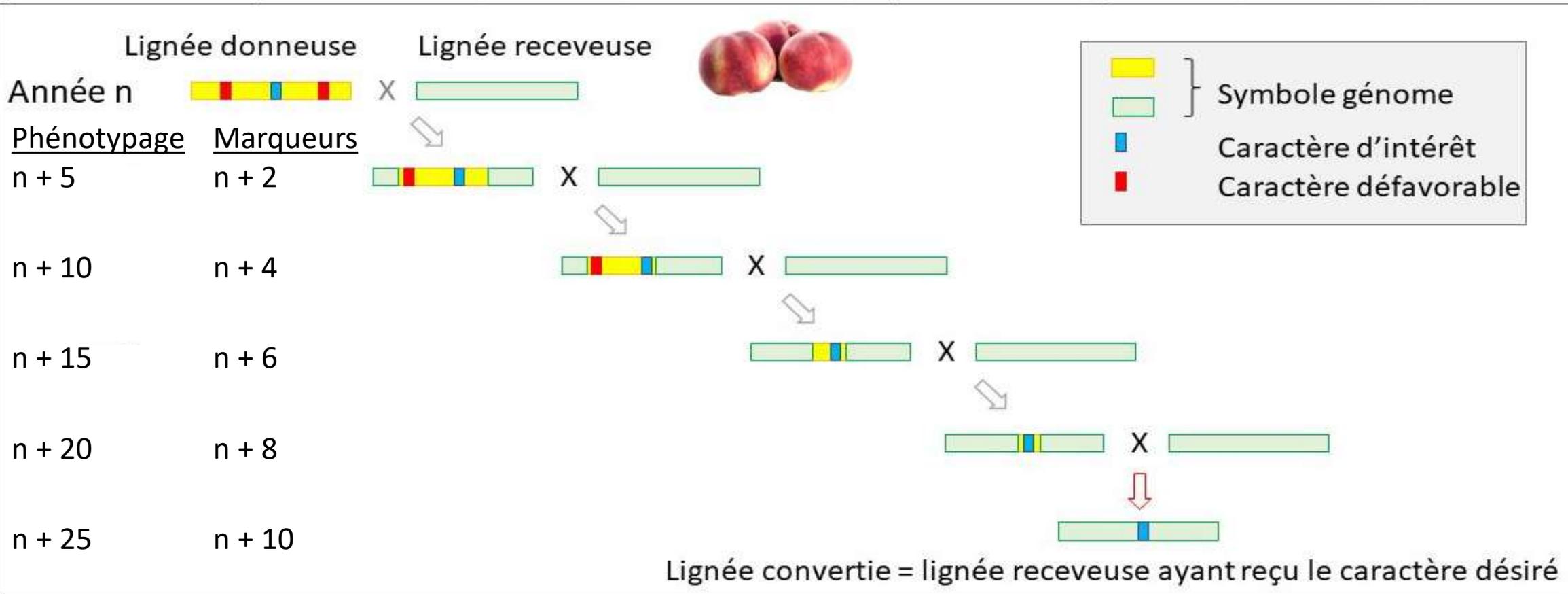
Les marqueurs moléculaires permettent d'éliminer précocement des hybrides, avant de les planter, ou de les classer en parcelles spécialisées, pas de raccourcir la durée du cycle d'obtention



DANS LES COULOIRS DU TEMPS

L'utilisation des marqueurs moléculaires permet de gagner du temps dans un programme d'amélioration qui comprend plusieurs générations (rétrocroisements).

Rétrocroisement : croisement avec les descendants sélectionnés pour avoir récupéré le caractère désiré





DANS LES COULOIRS DU TEMPS

La connaissance du génome de chaque espèce fruitière dépend des structures de recherche

- C'est un travail sur le long terme
- Les caractères sont étudiés un par un
- Il faut au moins un géniteur porteur et un géniteur non porteur du caractère
- On étudie les géniteurs et leurs descendances

Du travail de recherche, l'hybrideur pourra obtenir:

- Un ou plusieurs géniteurs (sous forme de plants ou de pollen)
- Le ou les marqueurs moléculaires associés permettant d'analyser la présence du caractère

L'obteneur pourra ainsi démarrer une nouvelle ligne d'amélioration

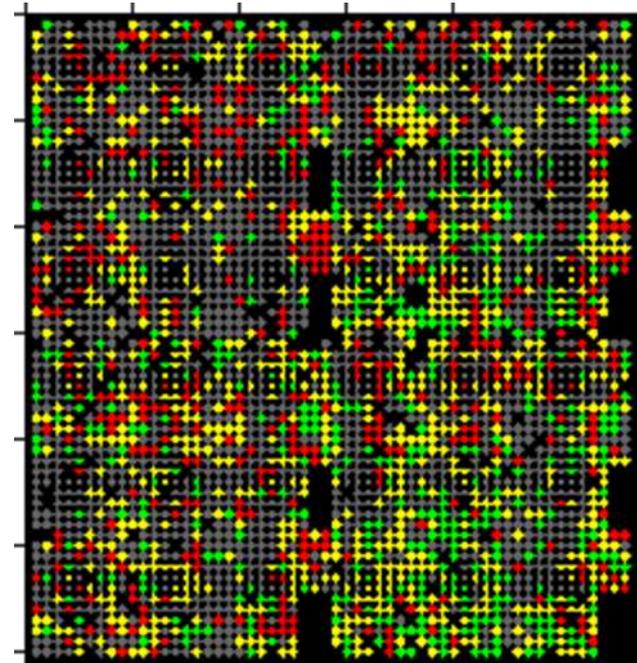
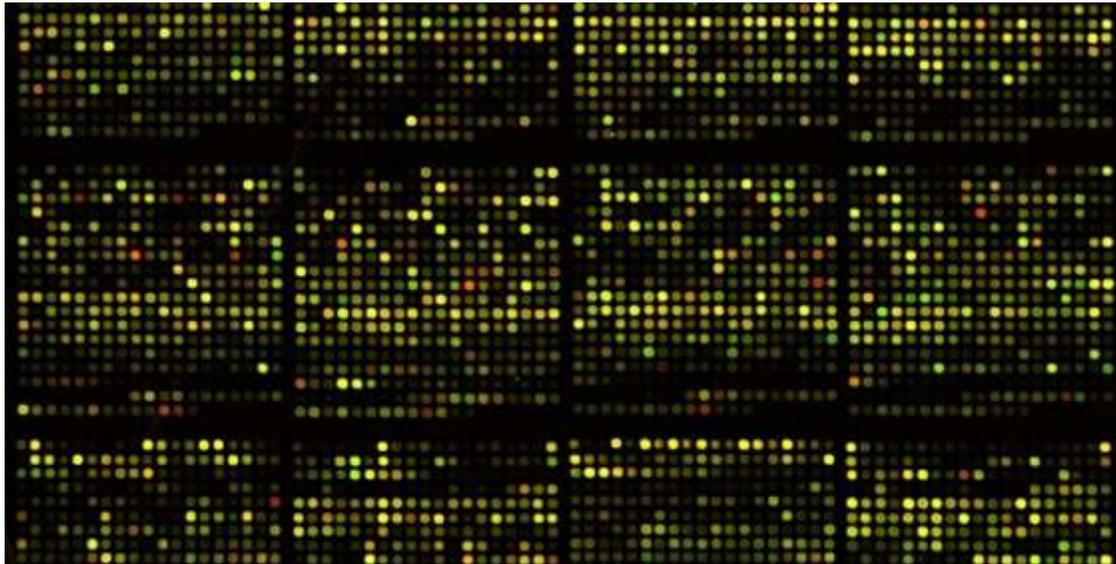
	FLEURS pollinisées		HYBRIDES plantés		SELECTIONS greffées			DCOV lancées				
	150 000	10 000	100					10				
	a	a	a					a				
	200 000	20 000	200					15				
ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Objectifs, sélection des géniteurs, programmes d'hybridation	Hybridation, extraction, identification, stratification, semis	Germination, marqueurs moléculaires, élimination, plantation	Croissance en champs d'hybrides	1ère sélection, greffage	2ème sélection, confirmation, croissance en pépinière	Plantation en parcelle d'évaluation, 3ème sélection, confirmation	1ère évaluation sur plants greffés	2ème évaluation, confirmation, greffage	3ème évaluation, confirmation, décision de protection, prérepage	DCOV, plantation de pieds-mères, premiers greffages commerciaux	Premières plantations commerciales



DANS LES COULOIRS DU TEMPS

La sélection génomique ouvre des perspectives pour les caractères inconnus et/ou complexes

- On ne connaît pas suffisamment le génome
- On crée une puce avec des milliers de marqueurs arbitraires disposés sur le génome
- On analyse individuellement tous les géniteurs et leurs descendants
- On obtient une information de chaque hybride sous forme d'un «nuage de points»



DANS LES COULOIRS DU TEMPS

La sélection génomique ouvre des perspectives pour les caractères inconnus et/ou complexes

- On réalise un phénotypage de chaque hybride sur de nombreux caractères durant plusieurs saisons
- Grâce à des outils de bioinformatique, on met en relation toutes les informations de phénotypage avec les nuages de points,
- Par superposition et comparaison, on cherche les points communs, ce qui permet de localiser les zones du génome qui coïncident avec un même comportement au verger
- On peut ainsi identifier les zones du génomes où sont localisés les gènes impliqués dans un comportement, afin de pouvoir les étudier

La primera manzana adaptada a los climas más cálidos llega al mercado

Con el nombre comercial de Tutti, es fruto del Hot Climate Partnership, un programa de mejora de variedades iniciado en 2002 por el IRTA, una asociación de los principales productores de manzana y pera de Cataluña, y un centro de investigación neozelandés



New climate-resistant variety is first branded fruit to be released from the Hot Climate Programme, a collaboration between scientists in New Zealand and Spain

New Zealand-based company VentureFruit has unveiled Tutti, the world's first branded apple variety bred specifically for production in hot climates.



DANS LES COULOIRS DU TEMPS

En attendant de pouvoir utiliser ces techniques, les obtenteurs continuent de travailler

- Par phénotypage dans les champs d'hybrides et les parcelles expérimentales
- Par bibliographie, pour identifier des travaux sur des caractères d'intérêt
- Par l'utilisation de marqueurs moléculaires quand ils sont disponibles, et pas excessivement coûteux (activité en général externalisée)
- Par l'appui de l'expérimentation officielle (CTIFL et stations régionales)
- Par l'implantation d'expérimentations multisites privées en zones agroclimatiques diversifiées
- Par la relation avec les producteurs qui leurs transmettent leurs observations, année après année



CONCLUSIONS

L'obtention variétale fruitière reste une activité très artisanale

- Entreprises de petite taille
- Marchés limités et renouvellement lent
- Aucun intérêt pour les multinationales, donc des moyens économiques limités

Le processus d'obtention est beaucoup plus lent que l'évolution des besoins

Aucune des nouvelles technologies disponibles ne permet aujourd'hui d'aller plus vite

La sélection génomique pourrait apporter une accélération dans la création de géniteurs

Mais elle demande des moyens technologiques et humains considérables qu'aucun obtenteur fruitier n'est aujourd'hui capable de mettre en œuvre.

Le CRISPR-Cas9 pourrait aussi apporter une accélération dans la création de géniteurs

- Mais elle demande une connaissance approfondie du génome de chaque espèce.
- Elle est aujourd'hui classée parmi les OGM.



CONCLUSIONS

Les obtenteurs ont impérativement besoin de La Recherche

- Recherche botanique en zones originelles des espèces fruitières, pour recherche de caractères remarquables
- Recherche concernant les caractères complexes (résistances aux bioagresseurs, problèmes d'adaptation climatique)
- Mise à leur disposition de géniteurs porteurs de caractères remarquables
- Mise à leur disposition des marqueurs moléculaires associés aux caractères

La Recherche doit donc être dotée de moyens suffisants

- Des moyens technologiques avancés
- Des moyens humains suffisants (toute recherche génétique est associée à un important travail de phénotypage)
- Des ordres de mission spécifiques, choix des priorités





Frutaría

Innovation

MERCI





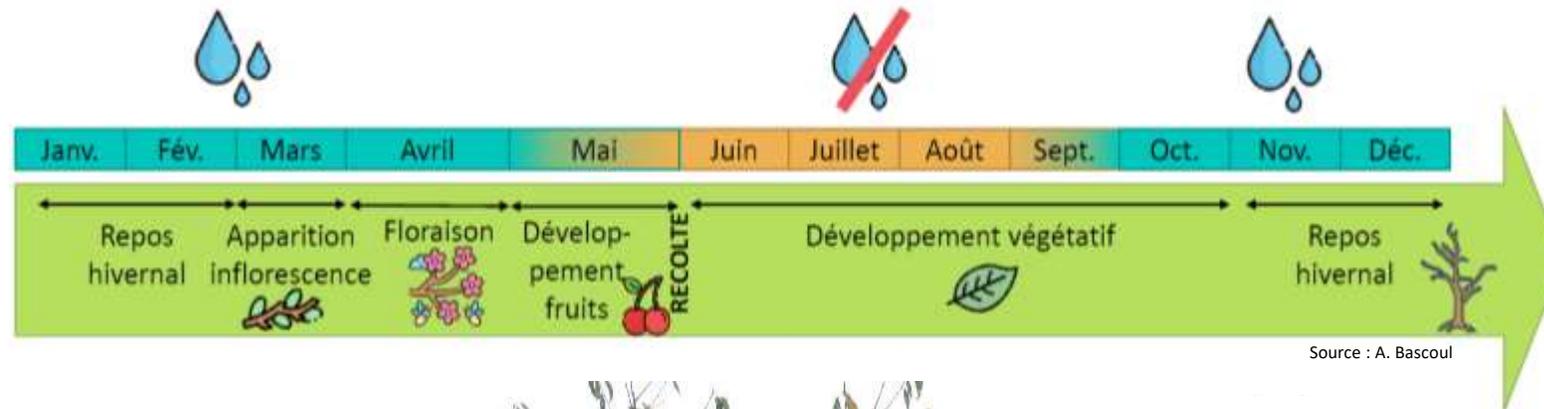
Évaluation de la sensibilité des porte-greffes du cerisier au manque d'eau en verger irrigué

Amandine Boubennec - CTIFL



Point de départ

- **Changement climatique** Favorise les **périodes de sécheresses** plus fréquentes et plus intenses de mai à septembre (climat méditerranéen)



- Cas des vergers irrigués



Contexte filière

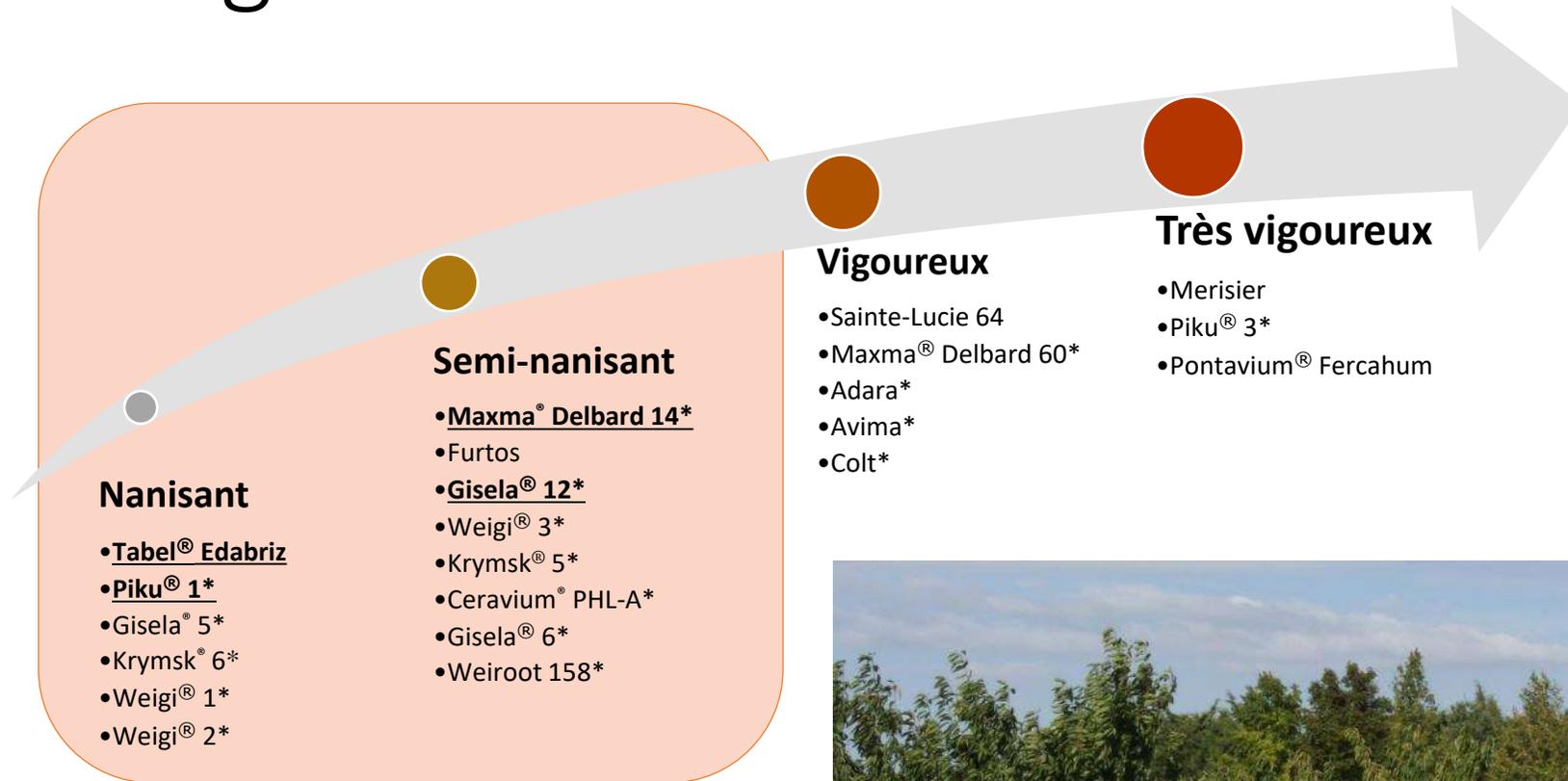
- Évolution des vergers : modes de conduite – matériel végétal
 - Réduction temps de travaux (mécanisation)
 - Pression phytosanitaire (couvertures anti-insectes)



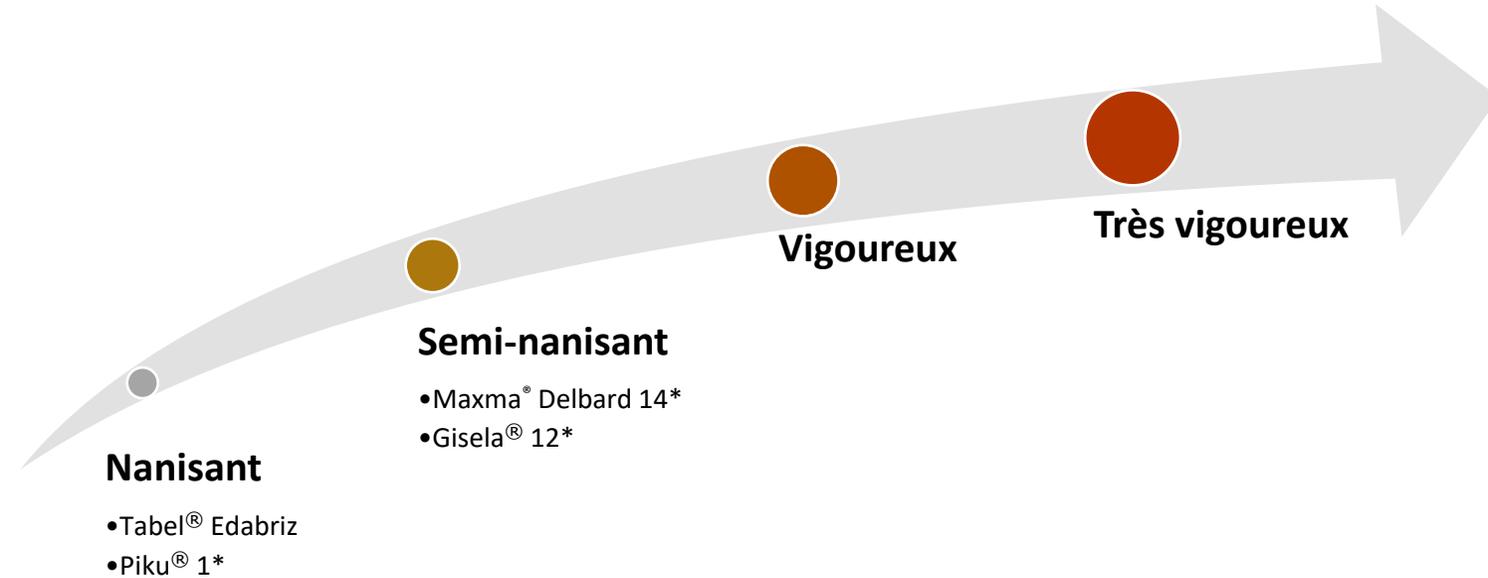
-> Besoin d'un matériel végétal sensible adapté au changement climatique et aux nouveaux vergers

-> Caractériser le comportement de nouveaux porte-greffes face au stress hydrique

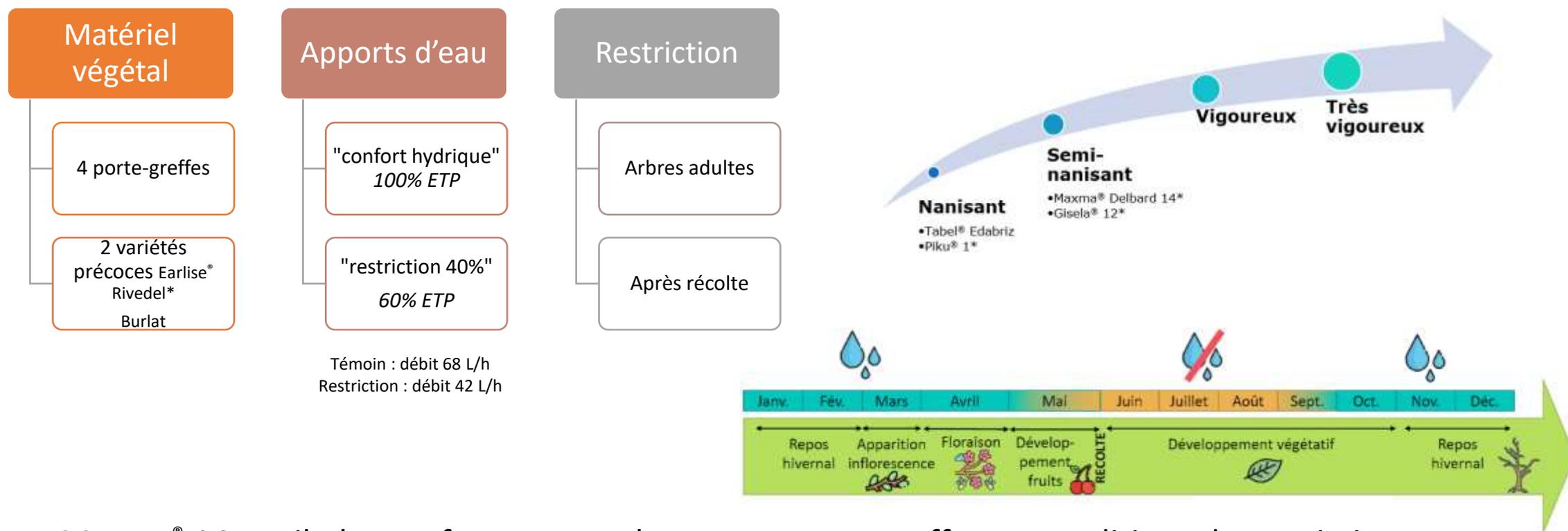
Porte-greffes du cerisier



Porte-greffes du cerisier

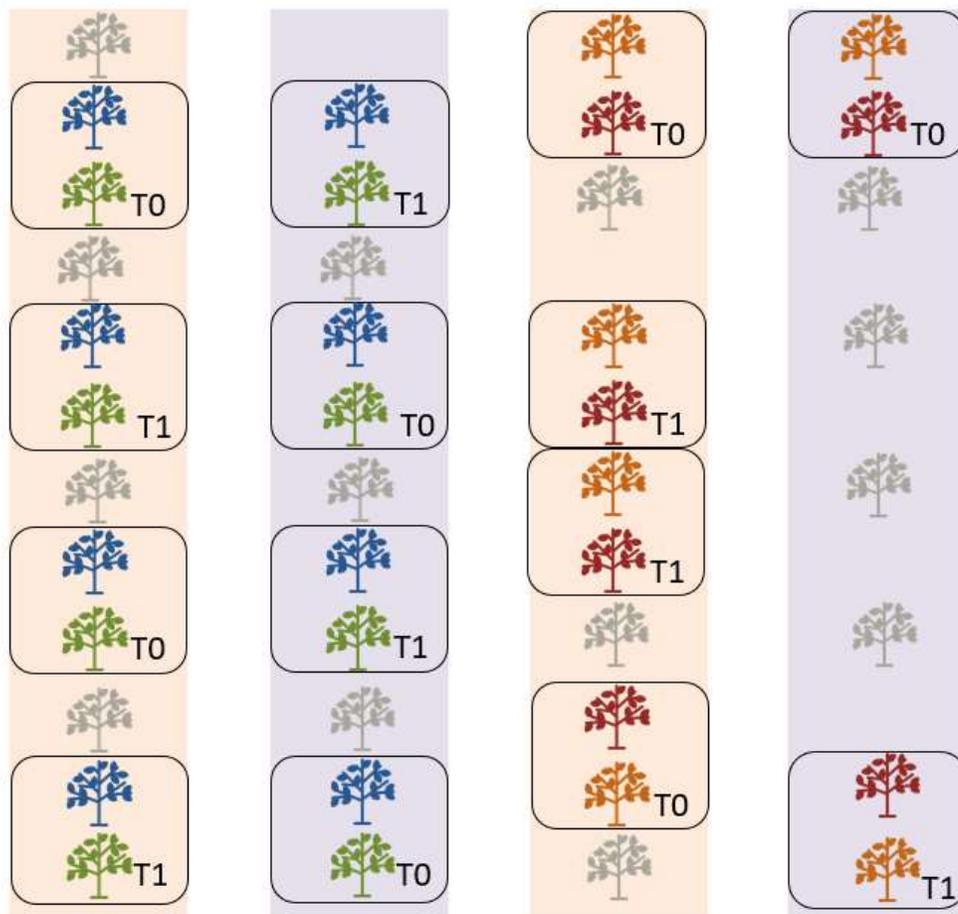


Paramètres de l'étude



- Maxma® 14 est-il plus performant que les autres porte-greffes en conditions de restrictions hydriques ?
- Comment se positionnent Gisela® 12 et Piku® 1 ?

Plan de l'essai



Variétés

 Earlise® Rivedel

 Burlat

Porte-greffe

 Maxma® Delbard 14

 Tabel® Edabriz

 Piku® 1

 Gisela® 12

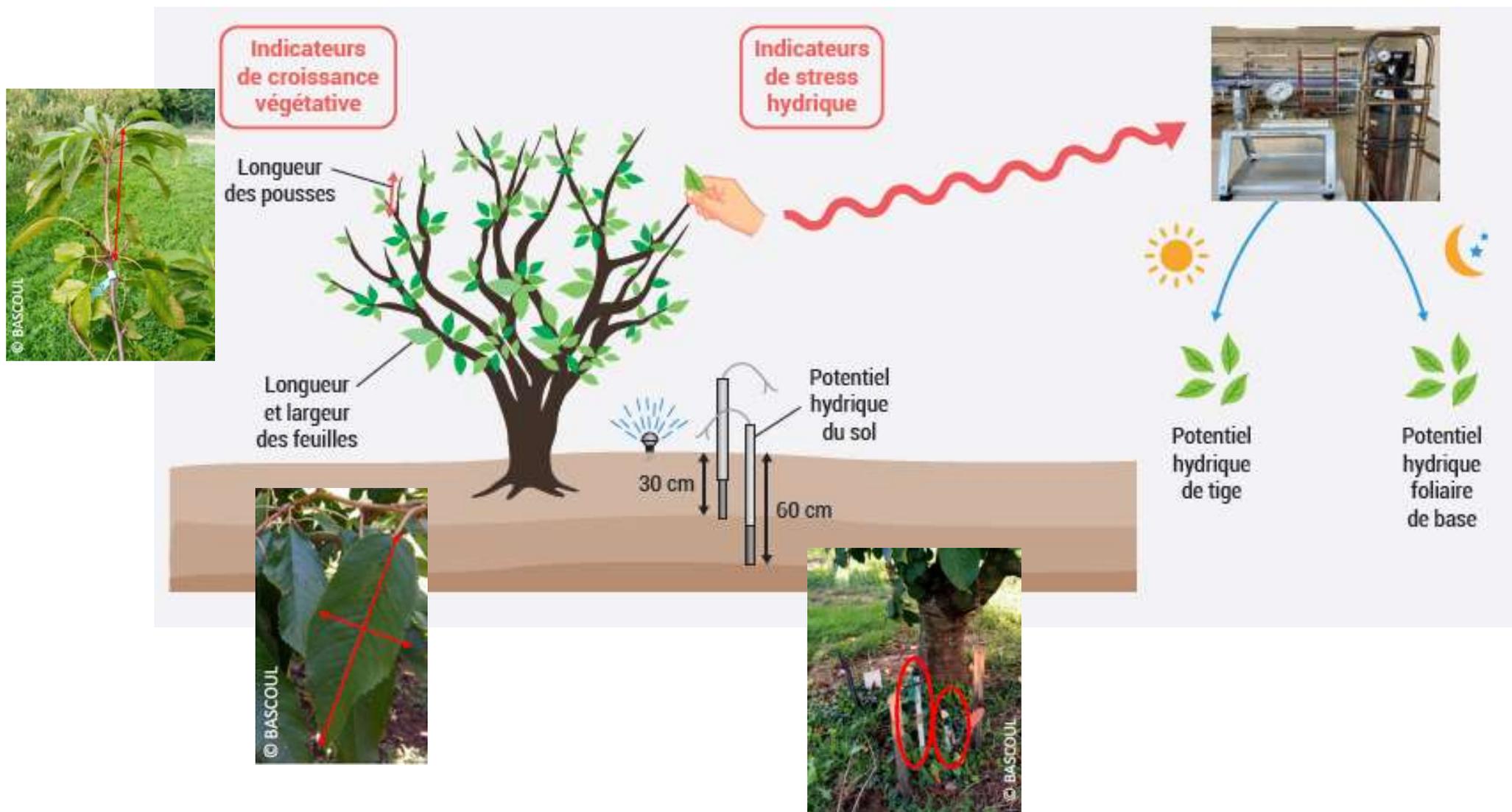
 Arbres hors-essai

Modalités

T0 Irrigation : 100% ETP (témoin)

T1 Restriction hydrique : 60% ETP

Mesures et outils utilisés



Principaux résultats 2022 (1)

Teneur en eau du sol

-> Résultats identiques pour les 2 variétés

Assèchement à 30 cm pour tous les PG en restriction

Net assèchement à 60 cm pour Maxma® 14 et Gisela® 12 témoin et restriction

Plus forte consommation en eau de Maxma® 14 et Gisela® 12 ?

Croissance des pousses

Différences significatives entre modalités dès la 4^{ème} semaine de restriction

-> uniquement avec les couples Earlise® /Piku® 1 et Burlat/Gisela® 12

Arrêt de croissance en semaines 26 et 27 (fin juin / début juillet) pour les 2 modalités

En fin d'essai (début septembre) : croissance significativement inférieure aux autres PG pour le couple Burlat/Tabel®

-> Pas de différences entre PG avec Earlise®



Principaux résultats 2022 (2)

Surface foliaire

Gisela 12 : En condition de restriction, différence significative par rapport aux autres PG

Adaptation de la surface foliaire avec Gisela® 12 en condition de restriction ?

-> Pas de différences entre les 2 modalités d'irrigation pour les autres couples variété/PG

Potentiel hydrique de tige

Les arbres en restriction hydrique sont plus stressés que leurs homologues en confort

Des niveaux de stress élevés dès le début de l'étude

Les niveaux de stress suivent les conditions météorologiques

Tabel® plus stressé que Maxma® 14 avec la variété Earlise® (pas de différence avec Burlat)

-> Aucune différence statistique pour les autres couples variétés/PG



Comment faire ressortir les différences visibles sur le terrain ?



Rechercher d'autres indicateurs ?

Intensifier la restriction ?

Augmenter le niveau de confort hydrique des arbres dès le début de saison

Observation de l'impact de la restriction 2022 sur la production

Principaux résultats 2023 (1)

Teneur en eau du sol

-> Plutôt un outil de contrôle



Croissance des pousses

Réduction de la croissance dans les modalités en restriction

-> Pas de différence statistique

Réduction de l'intensité de croissance dès la 4^{ème} semaine de restriction (mi-juin)

Arrêt de croissance mi-juillet (Burlat) ; début août (Earlise®)

-> 1 mois plus tard qu'en 2022

Principaux résultats 2023 (2)

Surface foliaire

Gisela® 12 et Piku® 1 :

En début d'essai, surfaces foliaires inférieures sur la modalité en restriction par rapport au témoin. *Impact de la restriction n-1 ?*

En fin d'essai, c'est l'inverse. *Densité foliaire, ... ?*

-> Pas de différence statistique entre les 2 modalités d'irrigation

Potentiel hydrique de tige : des niveaux de stress moins élevés en début d'étude par rapport à 2022

5 jours après récolte

Earlise® : les arbres en restriction hydrique sont plus stressés que leurs homologues en confort

Burlat : c'est le contraire

 *Arbres en sous-charge. Le stress viendrait cette fois-ci d'un excès d'eau ?*



En fin d'essai : Les arbres en restriction hydrique sont plus stressés que leurs homologues en confort

(sauf pour les couples Burlat / Maxma® 14 et Earlise® / Piku® 1)

-> Aucune différence statistique

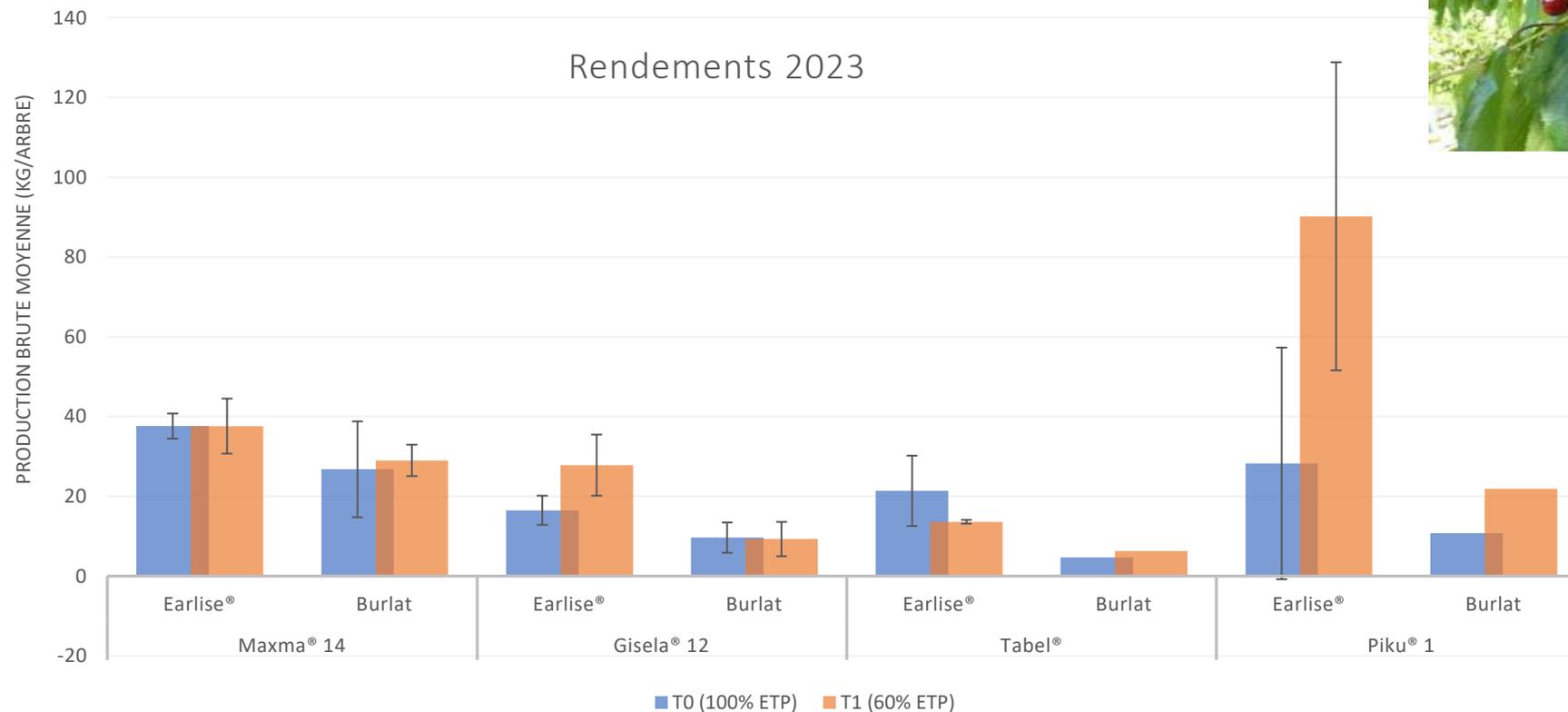


Principaux résultats 2023 (3)

Productivité Impact de la restriction n-1 sur la production de l'année n

Rendements divisés par 2 entre 2023 et 2022 (tous couples, toutes modalités)

-> Stress climatique 2022 + mauvaise pollinisation



Conclusion - Perspectives



SUDEXPÉ

Arboriculture



Optimisation de la ressource en eau des jeunes vergers (OREVE)

Mercredi 13 Décembre 2023

Xavier CRETE - Julien CHABAT
Journée IRD

- Défis actuels de gestion de l'irrigation dans un contexte de changement climatique
- Les jeunes vergers sont souvent soumis à des systèmes inefficaces (Knieling et Monney, 2015)
- Peu d'intérêt pour les OAD jusqu'à l'entrée du verger en production (Dzitiki, 2017)
- Peu de références sur les besoins en eau des jeunes vergers

Objectifs du projet

- Comparer différents modes de pilotage de l'irrigation en jeunes vergers
- Définir les besoins en eau de ces jeunes vergers
- Proposer un outil simple pour adapter les apports aux besoins réels des arbres

Financements

Projet cofinancé par :

- la Région Occitanie
- l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse



Projet OREVE



Action 1
Test de différents outils de
caractérisation du volume
de végétation

Production d'un
coefficient de végétation :

Action 2.1
Etude de l'effet lié aux
modes de conduites sur
l'irrigation (pêcher)

Action 2.2
Validation du coefficient
obtenu en action 1 avec un
pilotage précis des besoins

Ajustement des
coefficients

Action 2.3
Conséquence sur le
développement racinaire



Plan de la parcelle OREVE

Trois modalités de pilotages

- M1 : Volume de végétation
- M2 : Sondes de sol
- M3 : 50% de la dose d'un verger en production (référence producteur)

Protocole

- 2021 à 2023
- Variété GALA densité 4m X 1m
- Irrigation en goutte-à-goutte
- 4 méthodes de mesure de la végétation

SAM



Sondes capacitives



Dendromètres



Tensiomètres

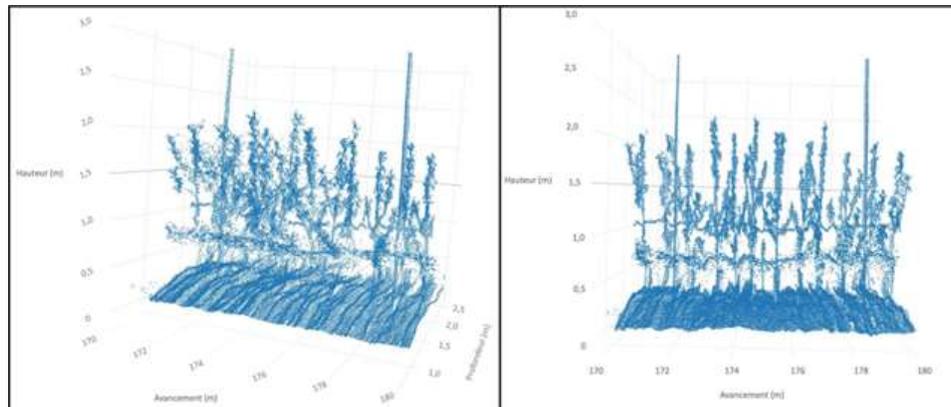
1. LIDAR

LIDAR 2D + GPS RTK
INRAE - Montpellier



Mesures LIDAR

- LWA
- TRV
- Densité



Nuages de points acquis par le LIDAR

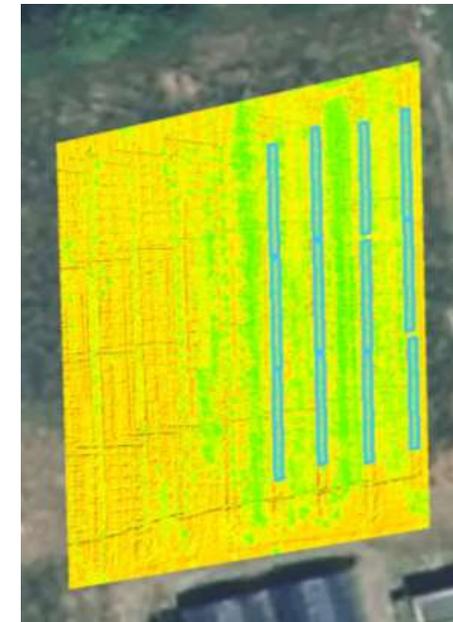
2. Drone



Survol du drone de la parcelle

Capteur multispectral
Chambre d'agriculture de la Drôme (26)

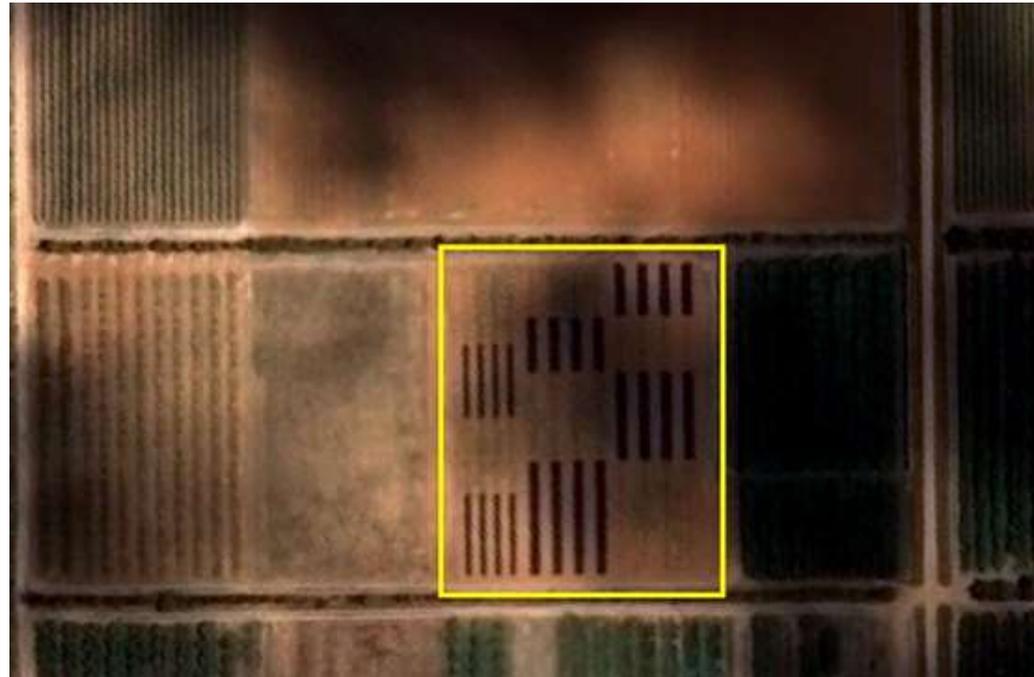
- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
- VARI (indice visible de réduction des effets atmosphériques)



Cartographie NDVI

3. Satellite

Prise de vue par la
constellation Pleiade



Définition d'image insuffisante -> données
inexploitables

4. Mesure de l'ombre portée

- 5 vergers mesurés
- Mesure au midi solaire



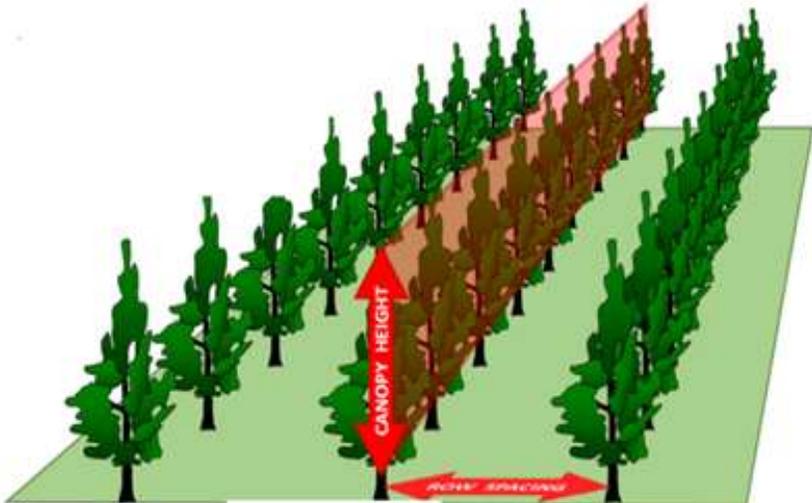
Prise de mesure au midi solaire

Mesure du volume de végétation

5. Mesure manuelle

LWA (Leaf Wall Area) :
Surface foliaire de canopée (m²/ha)

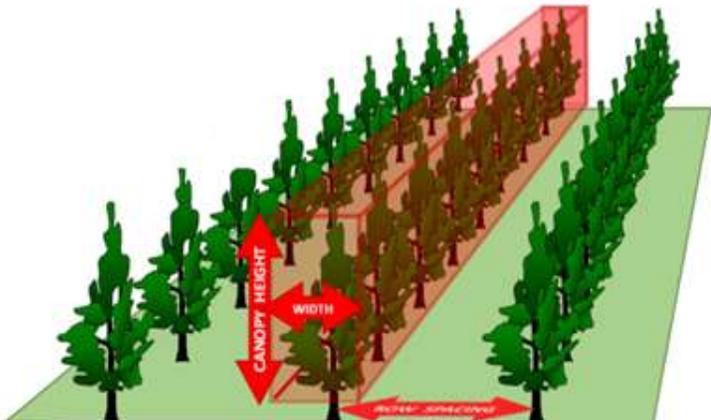
$$LWA = \frac{2 \times H \times 10000}{D}$$



Représentation de la surface foliaire dans un vergers

TRV (Tree Row Volume) :
Volume de végétation de canopée (m²/ha)

$$TRV = \frac{H \times L \times 10000}{D}$$



Représentation du volume de végétation dans un vergers

Détermination du coefficient K_{vv}

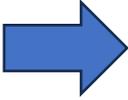
Période de référence



	LWA	TRV	LWA	TRV
Date de l'observation	Juillet		Août	
Moyenne pour M1	9471,67	6794,81	9718,33	6976,41



$$K_{vv} = \frac{\text{Apport d'eau}}{TRV \times K_c \times ETO}$$



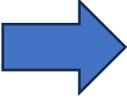
	LWA	TRV
K _{vv}	4,98E-05	6,94E-05

➔ **Besoin en eau (mm/j) = K_c x ETO x TRV x K_{vv}**

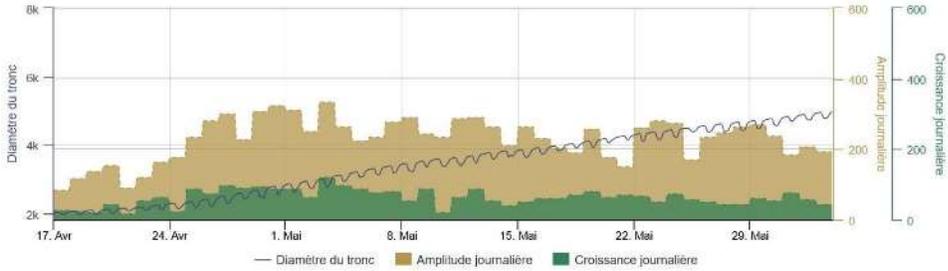
Résultats

Evolution du volume des arbres

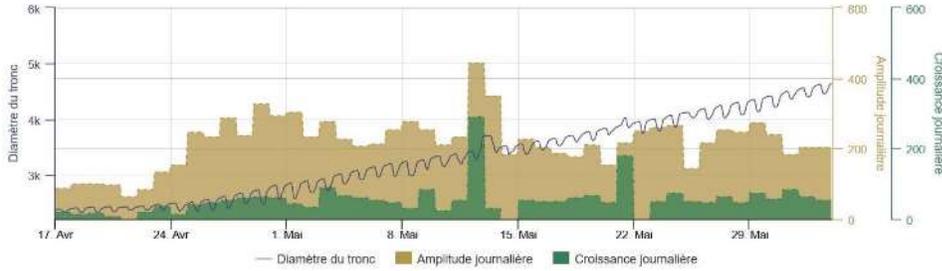
$$TRV = \frac{H \times L \times 10000}{D}$$

	Modalité	2022	2023
	Progression du volume de la végétation entre Mai à Août		
	M1	34%	16%
 Pas de végétation			volume

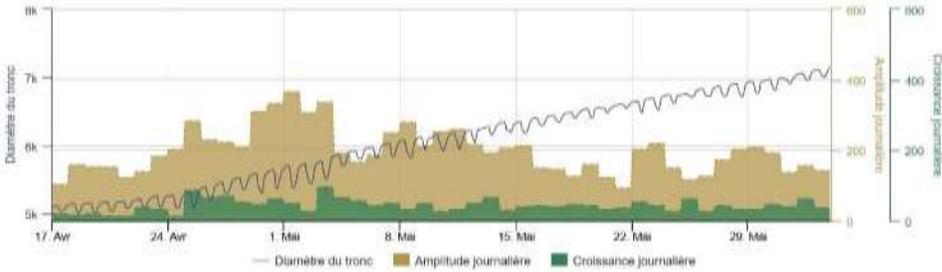
Grossissement des troncs



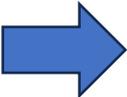
M1



M2



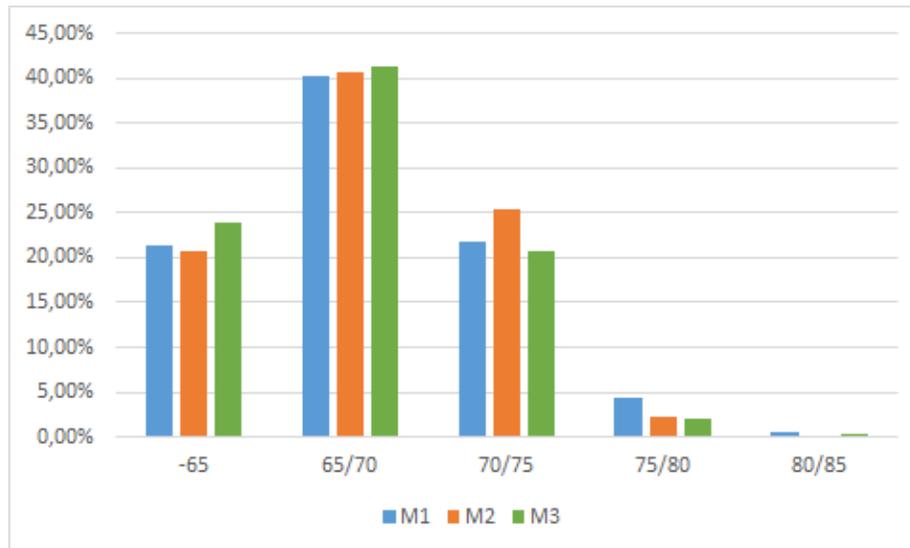
M3



Pas d'effet des régimes hydriques adaptés sur le grossissement des troncs

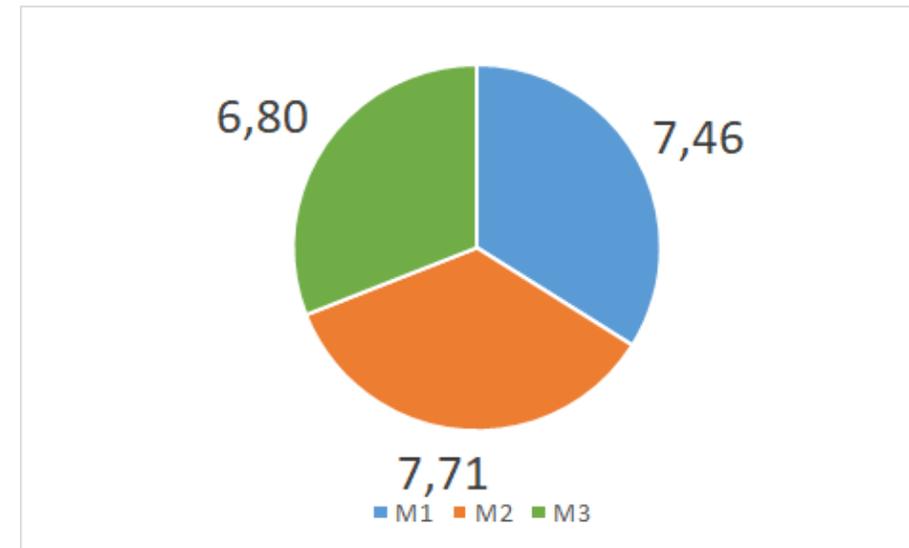
Caractérisation de la récolte

Calibre

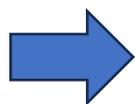


Répartition des calibres selon les modalités en 2022

Rendements

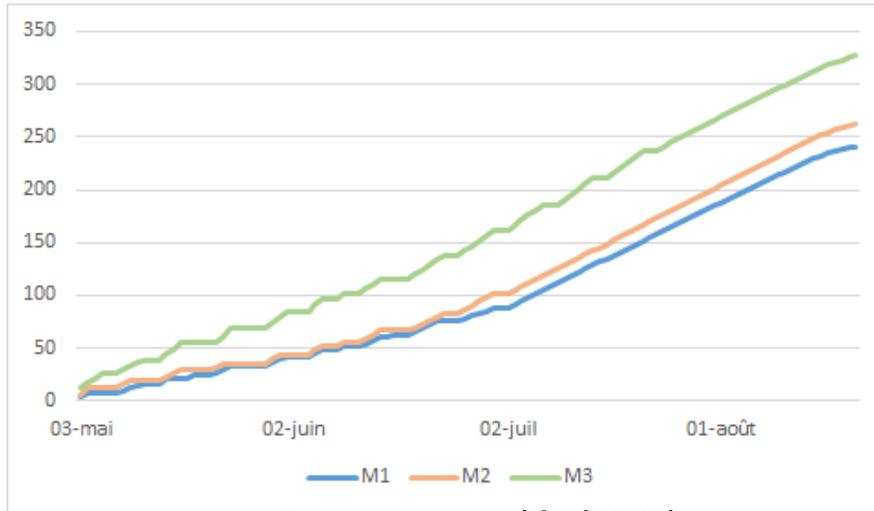


Rendement des modalités en tonnes/hectares



Pas d'effet des régimes hydriques adaptés sur le rendement et le calibre des fruits

Apport en eau



Apports cumulés (2023)

- M3 en excès chaque année

- Économie d'eau importante

Année	Economie (%)
1ère année	45%

- L'étude confirme que les apports en eau sont souvent excessifs par rapport aux besoins des plantes durant les trois premières années
- Une simple mesure de volume des arbres (TRV) est sans doute suffisante pour adapter les apports de façon satisfaisante
- Au-delà du pilotage des apports en phase juvénile des arbres, les technologies d'imagerie peuvent sans doute contribuer à l'amélioration du pilotage des irrigation. En particulier en intégrant la notion d'hétérogénéité spatiale.

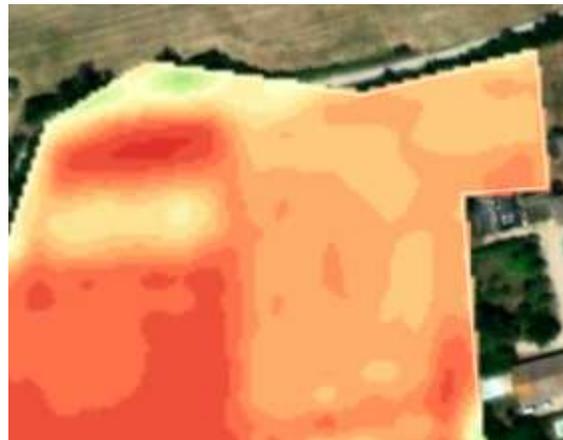
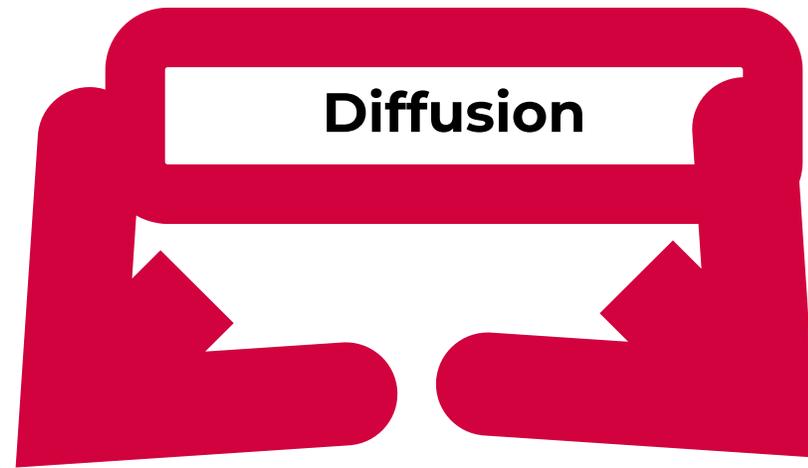


Image satellite de NDVI et NDMI



Fiche méthode :

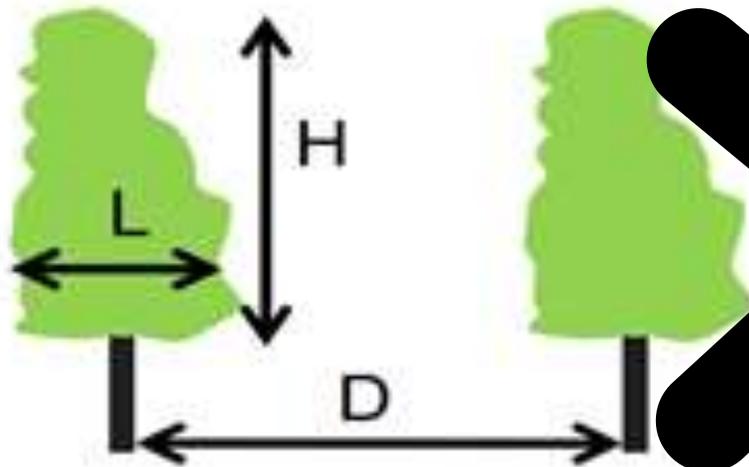
Pour ceux qui souhaitent appliquer complètement la méthode

➔ Mesures de TRV + Calcul des besoins en eau

Fiche pratique :

Méthode simplifiée

➔ Calcul de la dose d'apport avec un coefficient de modulation pré-calculé



$$TRV = \frac{H \times L \times 10000}{D}$$

$$\text{Besoin en eau (mm/j)} = \frac{K}{C} \times ETP \times TRV \times \frac{6,938}{100000}$$

Fiche pratique

Age du verger	Peu vigoureux	Vigoureux	Très vigoureux
1ère feuille	0,2	0,25	0,3
2ème feuille	0,3	0,35	0,4
3ème feuille	0,4	0,45	0,5

Apport en mm/jour = Kc x ETP x Coef de modulation

Coefficient de modulation de la dose selon la vigueur estimée et l'âge du verger

Projet IRRITRACE

❖ Projet Occit@num

❖ Contexte:

- Pression sur l'usage de l'eau ↗ : Ressource et c
- Contraintes de traçabilité des pratiques ↗



❖ Objectifs :

- Vulgariser des outils de développement électronique accessibles à tous
- Proposer un outil de traçabilité fiable à faible coût.

❖ Projet :

- Formation à l'auto-construction d'un capteur sur la plateforme Arduino (collaboration avec Mobilab)
- Développement d'un capteur « industriel » pour les utilisateurs ne souhaitant pas auto-construire l'outil



Arboriculture

SUDEXPÉ



Merci de votre attention





Le projet DENVER – Des dendromètres en vergers pour mieux gérer l'irrigation face au changement climatique

Baptiste Labeyrie



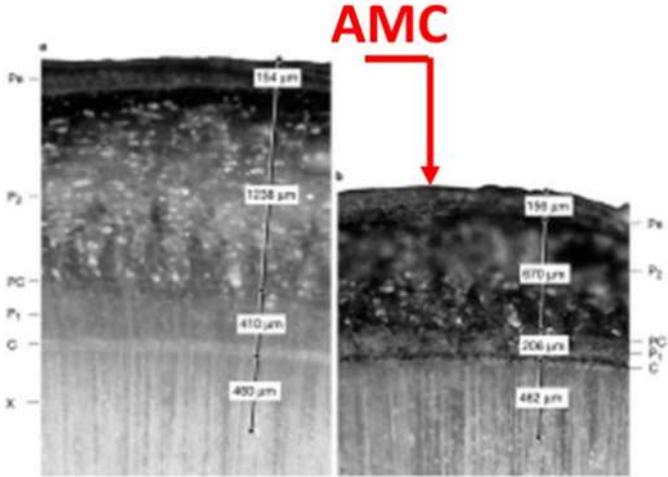
Augmenter l'efficacité de l'irrigation le projet DENVER



Des outils d'aide à la décision pour le pilotage de l'irrigation : la dendrométrie

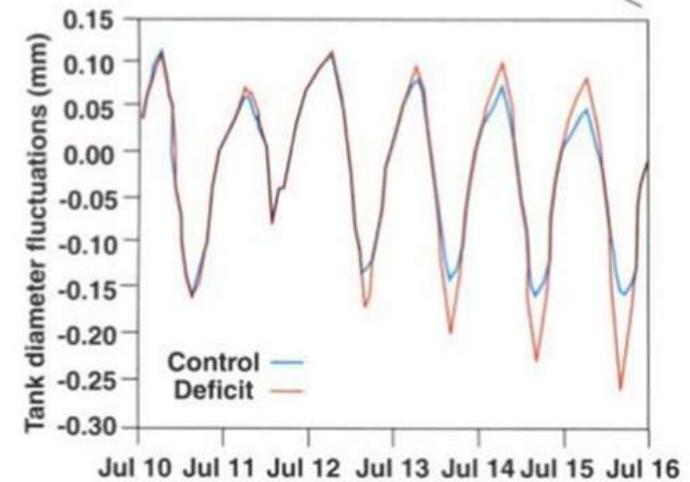
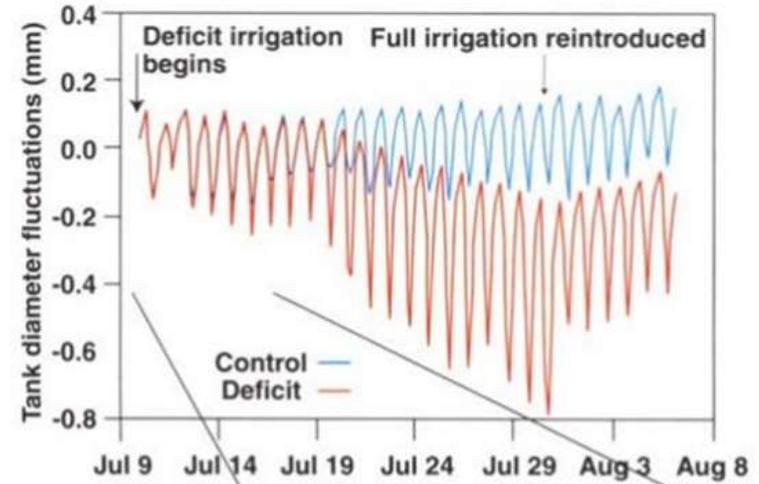
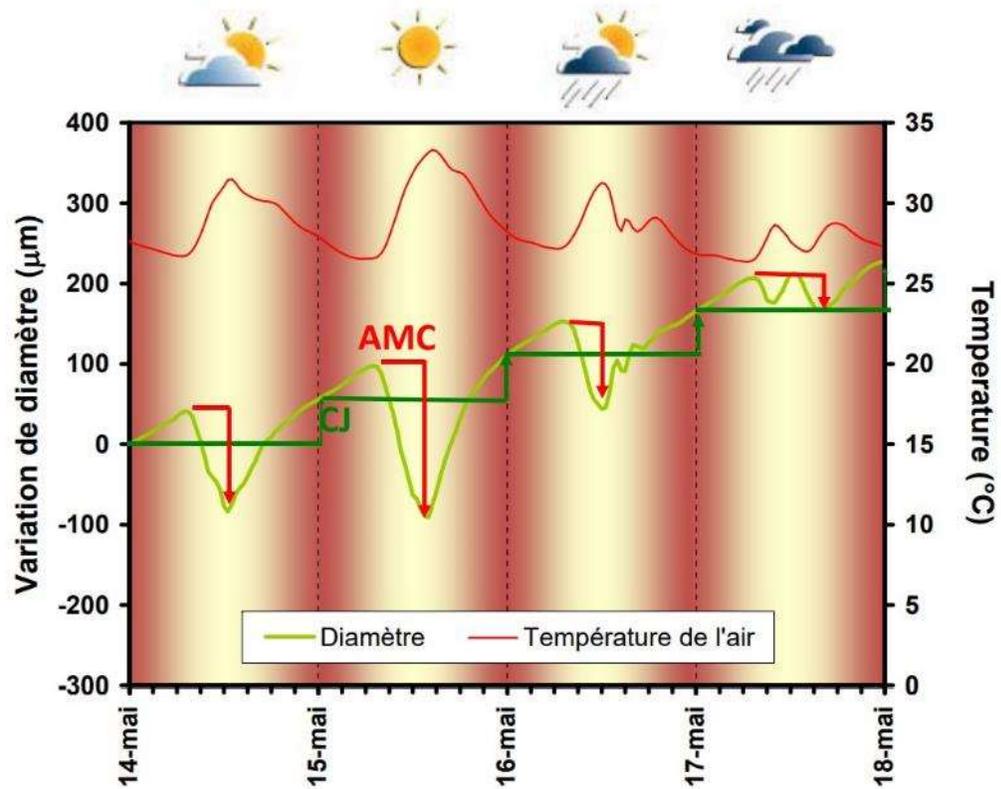


+



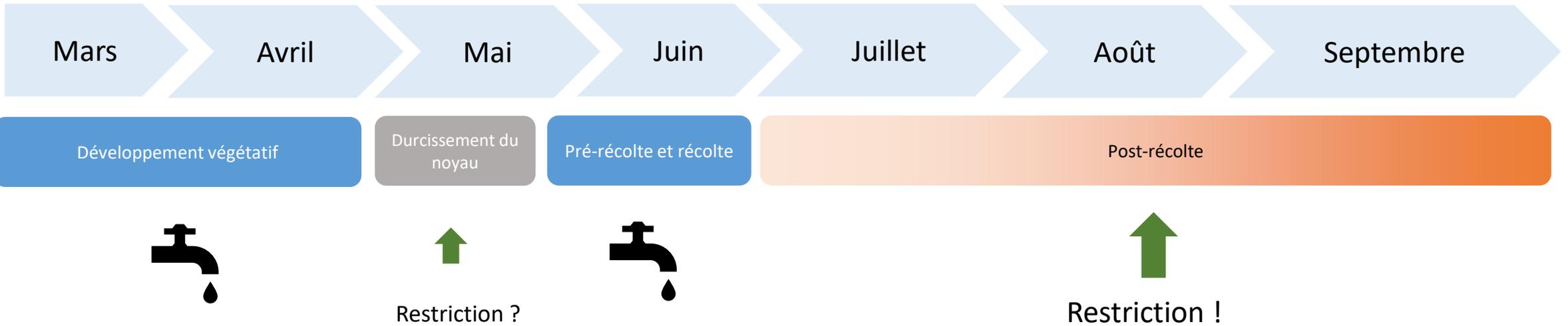
Zweifel et al. 2000

Des indicateurs précieux pour déterminer l'état des arbres



AMC = Amplitude Maximale de Croissance journalière
CJ = Croissance journalière

Des stratégies d'irrigation économes à tester



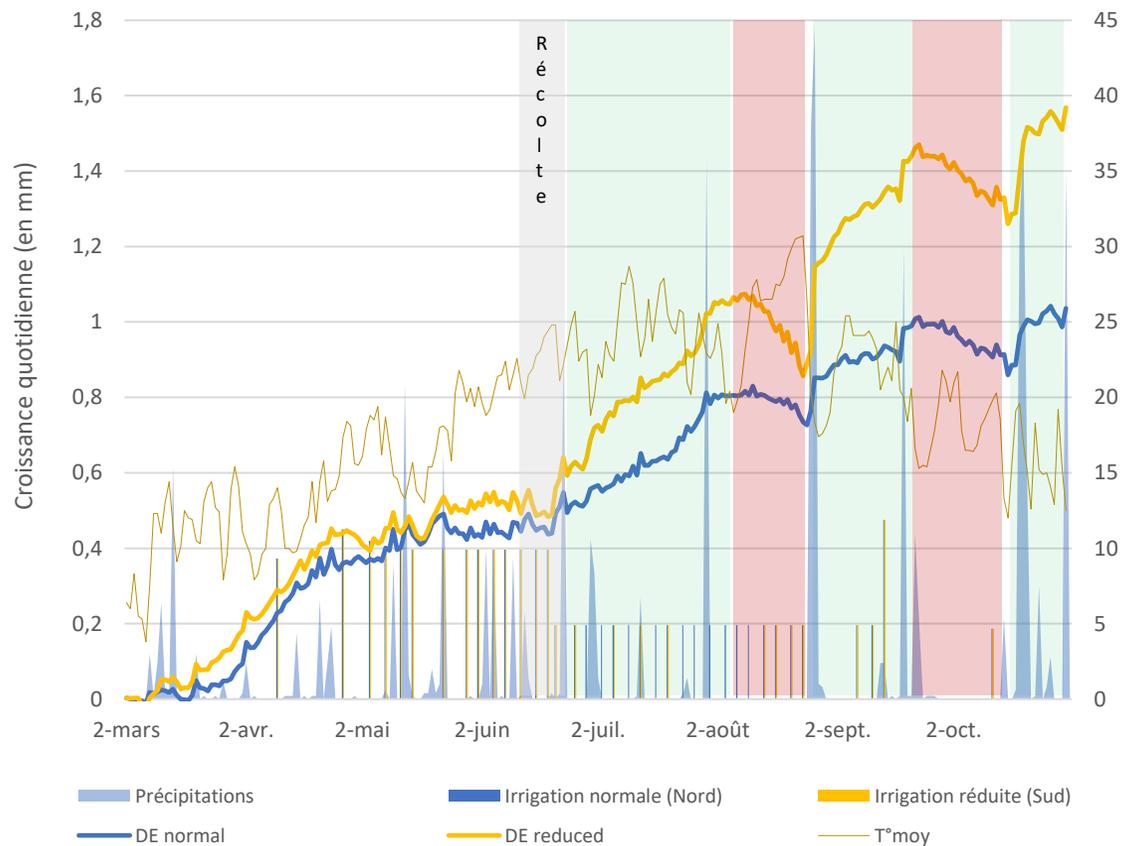
2 modalités d'essai sur pêcher :

Irrigation classique	Irrigation économe
Calcul du bilan hydrique : $(kc \times ETP - \text{Pluie})$	Calcul du bilan hydrique : $(kc \times ETP - \text{Pluie})$
État hydrique du sol par tensiométrie	État hydrique du sol par tensiométrie
-	État hydrique de la plante par dendrométrie

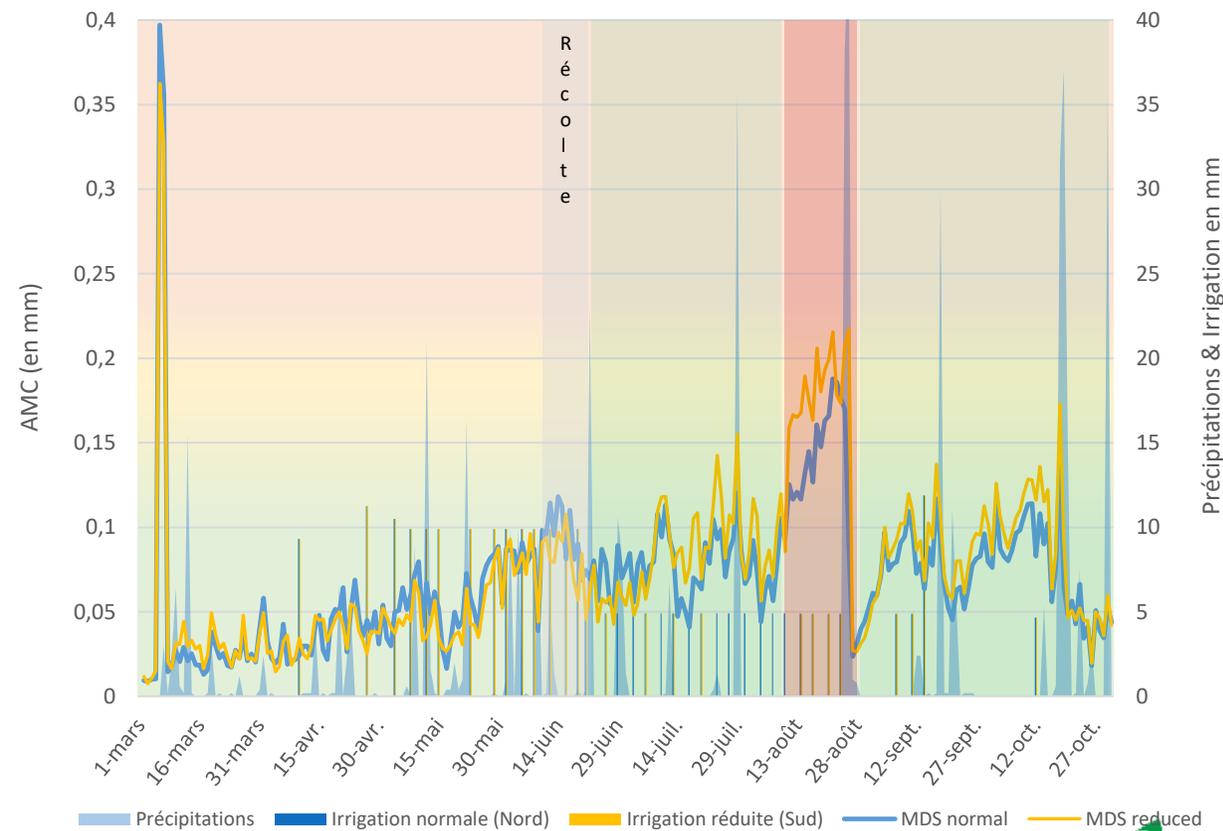
Interpréter les valeurs d'indicateurs – saison 2023



Daily Evolution = Croissance Journalière 2023



Amplitude Maximale de Contraction (= MDS) 2023



▲ Bilan de l'essai sur pêchers



	 2021 		 2022 		 2023 	
	Modalité irrigation classique	Modalité irrigation restreinte	Modalité irrigation classique	Modalité irrigation restreinte	Modalité irrigation classique	Modalité irrigation restreinte
Bilan irrigation	135 mm	101 mm	243 mm	189 mm	286 mm	201 mm
Économie d'eau		25% soit 340 m ³ /ha		22% soit 540 m ³ /ha		30% soit 850 m ³ /ha
Bilan hydrique Irrig – (kc x ETP) - Pluie	> 100%	> 100%	66%	58%	90%	75%
Gain économique <i>0,15€/m³ à 4€/m³ pour 1 ha</i>		51 à 1360€		81 à 2160€		102 à 2720€

➤ Résultats technico-économiques



	2021  		2022  		2023  	
	Modalité irrigation classique	Modalité irrigation restreinte	Modalité irrigation classique	Modalité irrigation restreinte	Modalité irrigation classique	Modalité irrigation restreinte
Croissance des arbres	=	=	=	=	=	=
Rendement à l'hectare	Gel	Gel	31,3 t/ha	= 29,1 t/ha	26,4 t/ha	= 25 t/ha
Calibre des fruits	Gel	Gel	72,1% A et +	➔ 54,5% A et +	85% A et +	= 87% A et +
Qualité: Taux de déchets, sucre, acidité, fermeté	Gel	Gel	=	=	=	=
CA / ha (prix RNM)	Gel	Gel	54,7 k€	➔ 45,3 k€	72,6 k€	= 70,7 k€



Mauvais bilan hydrique + restriction pré-récolte

Que retenir ?



L'arbre n'a plus de secret !

Les données mesurées par les dendromètres sont des indicateurs robustes pour définir en temps réel un stress hydrique en verger. Il n'y a pas meilleur capteur physiologique pour un arbre. Indispensable pour piloter de la restriction d'irrigation.



Faire des économies d'eau ?

Tout dépend de l'année (la météo et l'ETP) et des pratiques de chacun (économes ou non économes). Mais des volumes significatifs peuvent potentiellement être économisés grâce au pilotage par dendromètres.



Keep working...

Le travail est à poursuivre pour définir les stratégies d'irrigation les plus optimales et économes. Il faudra surveiller les impacts des restrictions sur les années N+1, N+2 etc.



Développer ces méthodes chez les producteurs à 2 conditions :

- 1- Un travail de conseil technique et de formation à élaborer,
- 2- Une problématique de coût à résoudre.



Arbonovateur : optimisation irrigation

Jean-François LARRIEU – Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne





Présentation du GIEE Arbonovateur®

- Création de l'association ArboNovateur® en 2015
- Membres : 19 arboriculteurs du Tarn et Garonne, historiquement issus du réseau Ferme DEPHY, dont les 2 exploitations du Lycée Agricole. Arboriculteurs fortement impliqués dans l'innovation sur 2 bassins versants différents.
 - Groupe d'intérêt Economique et Environnemental (GIEE),
 - Open Lab Arbo d'Occitanum
 - Réseau Ferme DEPHY ECOPHYTO.

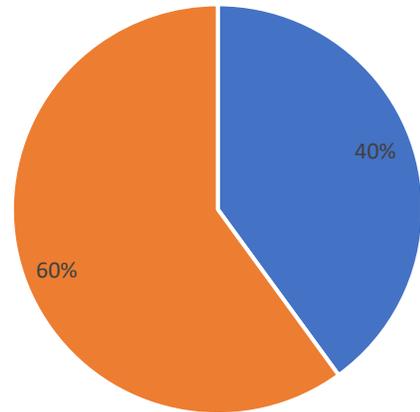


Objectifs du GIEE Arbonovateur®

- Optimiser l'alimentation hydro-minérale des vergers (adapter les besoins en eau d'irrigation et en engrais en fonction des besoins de la plante)
- Réduire les phytosanitaires au travers du Réseau DEPHY
- Communiquer sur son métier d'arboriculteur auprès de la société
- Maintenir le niveau de performance économique des exploitations

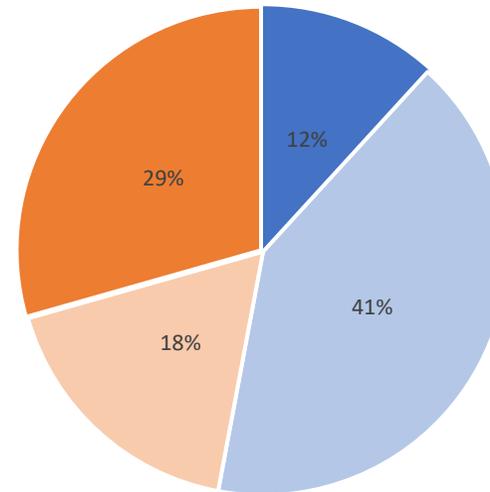
Irrigation Arbonovateur

RGA 2020 Fruits Tarn et Garonne



■ Irrigation localisée ■ Aspersión

Irrigation Arbonovateur



■ Goutte à goutte ■ Microjet ■ G à G et aspersión ■ Aspersión

OAD :100 % stations connectées



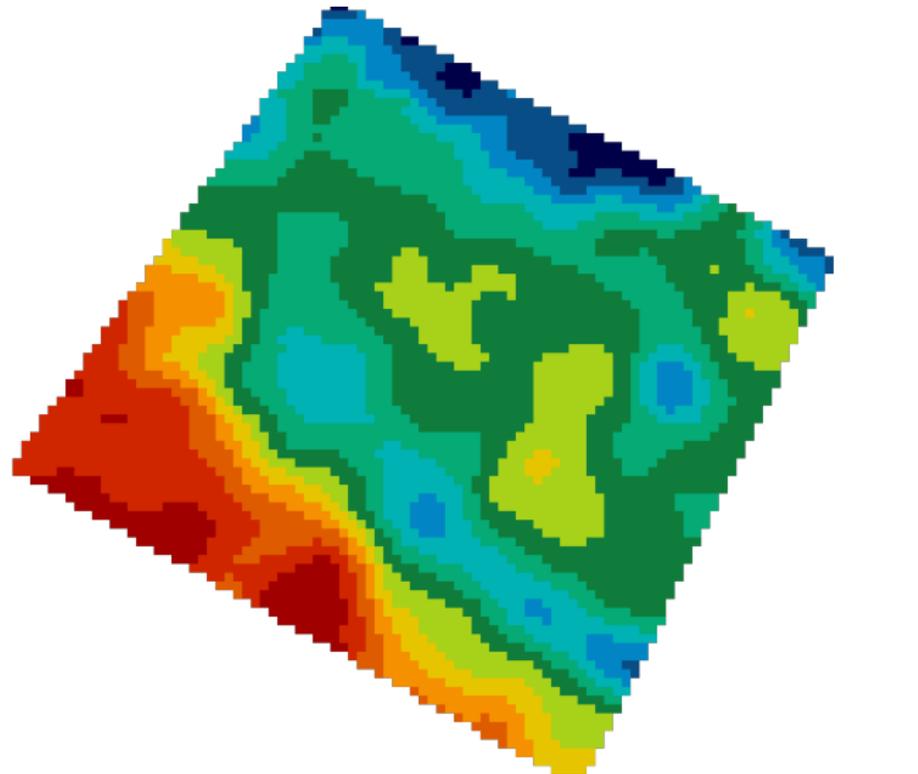
Volet optimisation de l'irrigation du GIEE



- Connaissance des sols : Cartographie conductivité des parcelles, profils de sols et analyses de sols
- Installation d'OAD sur chaque exploitation pour ce volet en 2015 (location stations connectées, financement 80% GOPEI et 20% par association Arbonovateur®)
- Animation et conseil technique par Chambre d'Agriculture 82 : accompagnement à l'appropriation des OAD, interprétation des résultats, rédaction d'un bulletin collectif personnalisé

Connaissance des sols pour implantation des stations :

Cartographie conductivité :



30 cm



Exemple parcelle Cefel – Sol alluvions

Les outils de pilotage de l'irrigation du GIEE

- Mise en place d'un compteur connecté sur ligne irrigation
- Le bilan hydrique : approche climatique
 - ✓ Pluviomètre
 - ✓ Température/hygrométrie
 - ✓ Anémomètre
 - ✓ Pyranomètre
- Le suivi de la RFU : approche sol
 - ✓ Tensiomètres Watermark®
 - ✓ Sondes capacitives Decagon®
 - ✓ **Sondes capacitives Aquachek®**
- Approche plante :
 - ✓ Dendromètre :



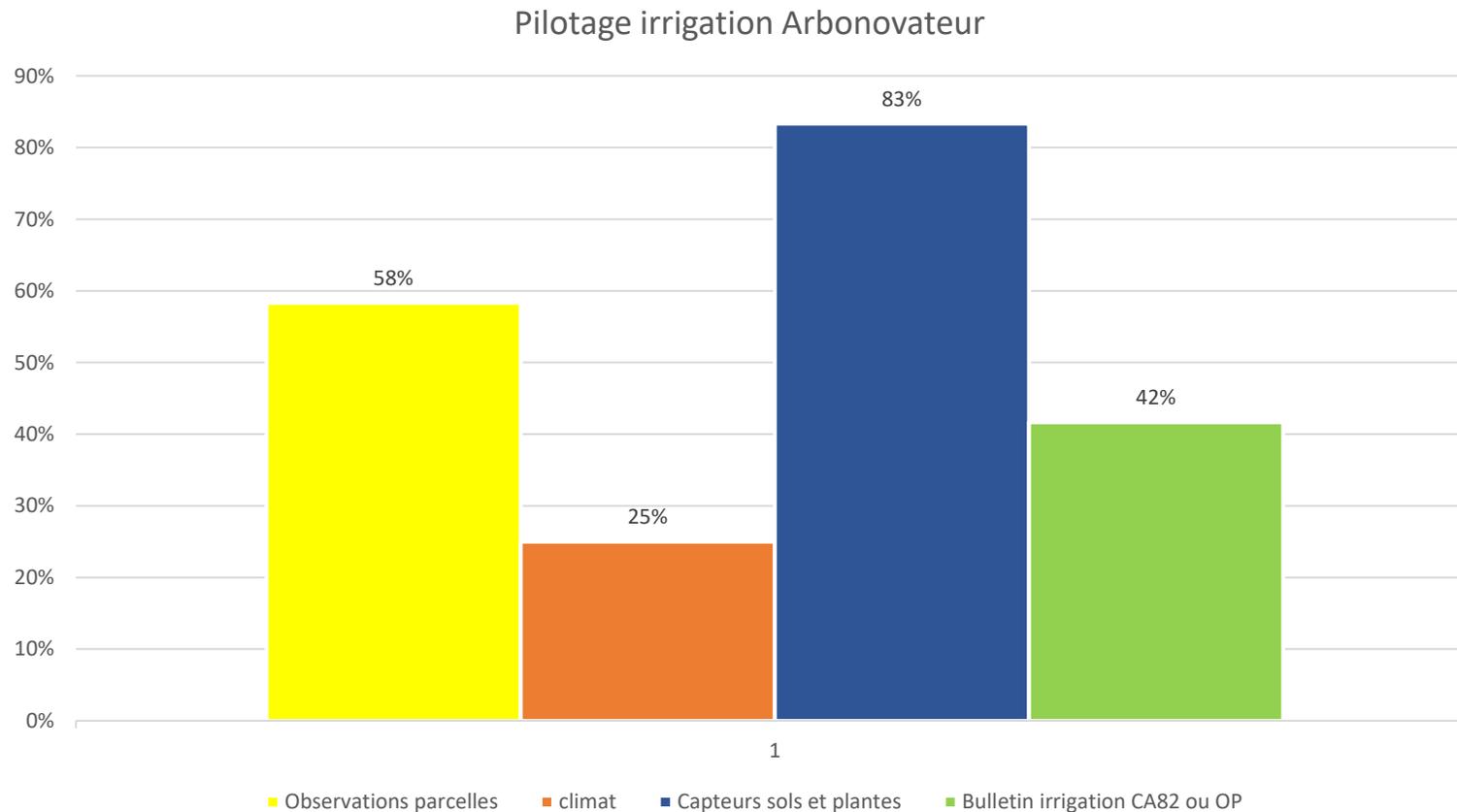
Les dendromètres posés sont de la marque Ecomatik®, le modèle choisi est le Diameter Dendrometer Small (DD-S), il peut être utilisé sur des petits arbres et des branches, son diamètre maximal étant de 5cm. Son exactitude est $\pm 1.5 \mu\text{m}$ et sa précision entre 0.2 - 2.6 μm .

Pilotage de l'irrigation

Les outils sont complémentaires :

- Le bilan hydrique permet d'évaluer le besoin maximum par semaine des vergers
- Le suivi par tensiomètres ou sondes capacitives permet d'évaluer la RFU réelle des sols et de déclencher l'irrigation
- En goutte à goutte le suivi plante par dendromètre est indispensable si utilisation d'une seule sonde capacitive à profil.

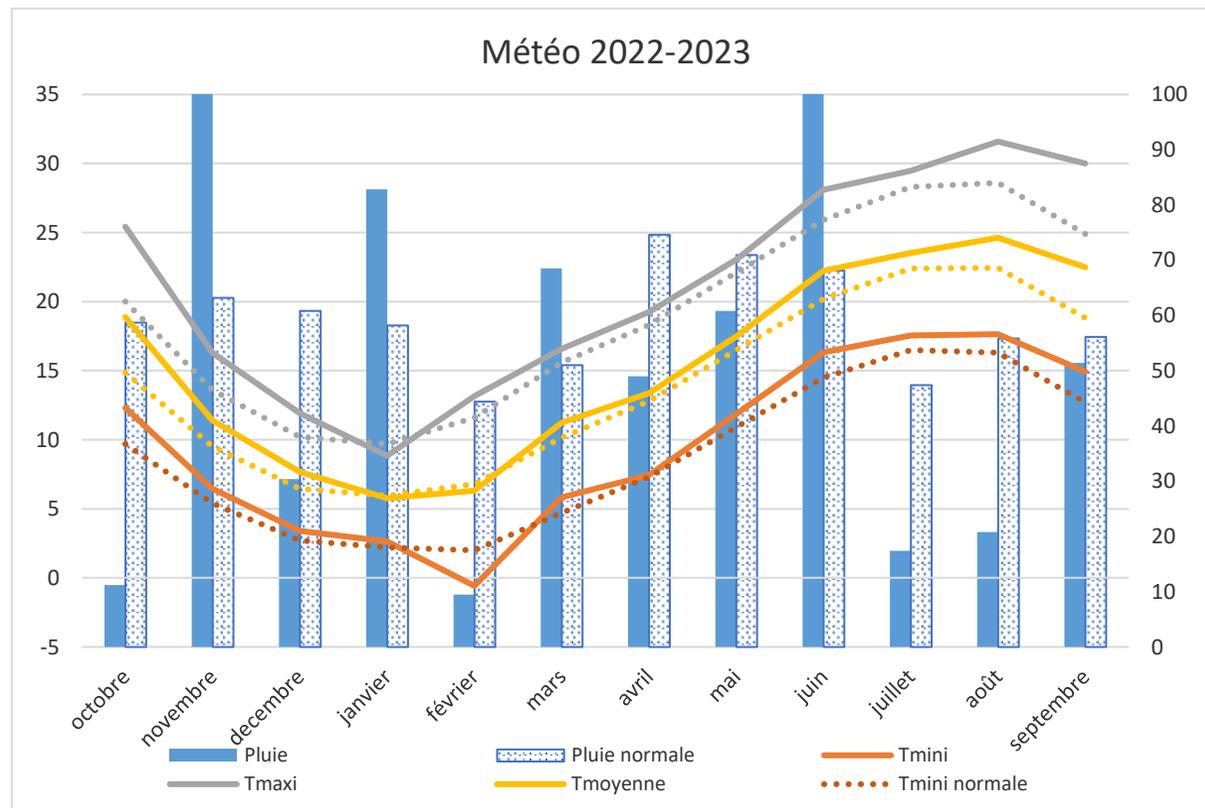
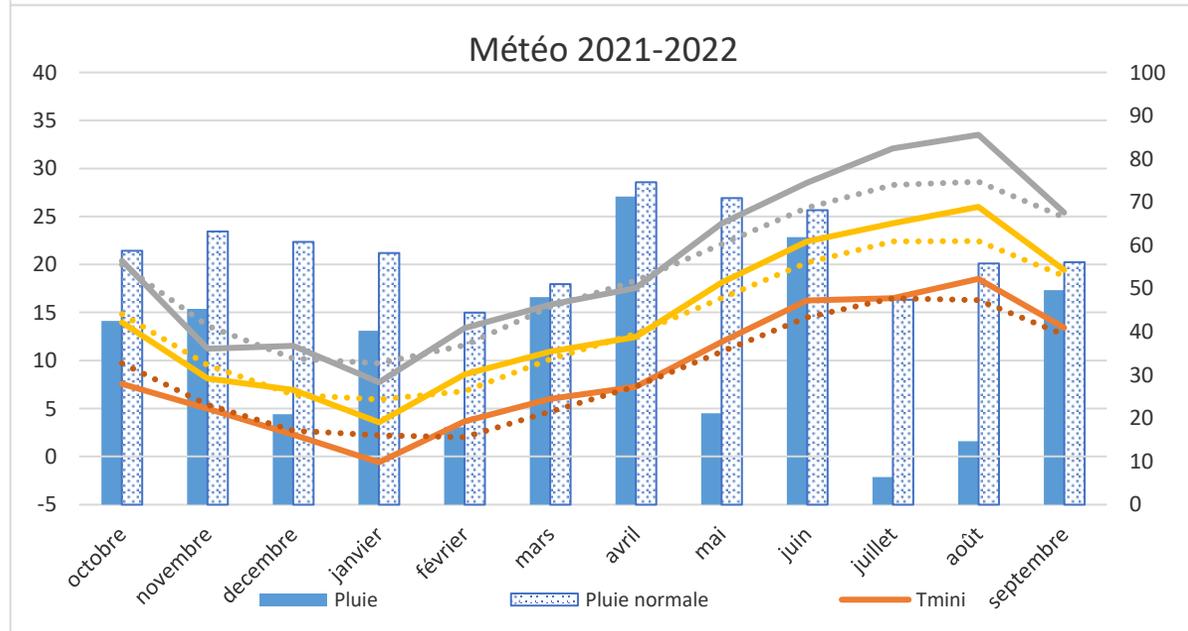
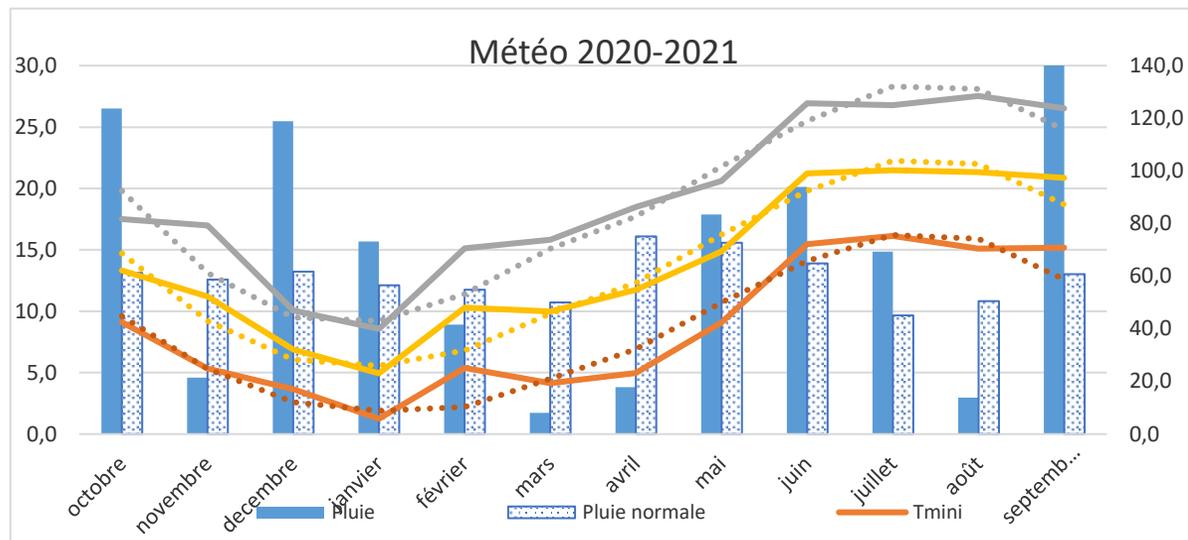
Enquête Arbonovateur 2023



L'observation des parcelles restent une nécessité pour les arboriculteurs



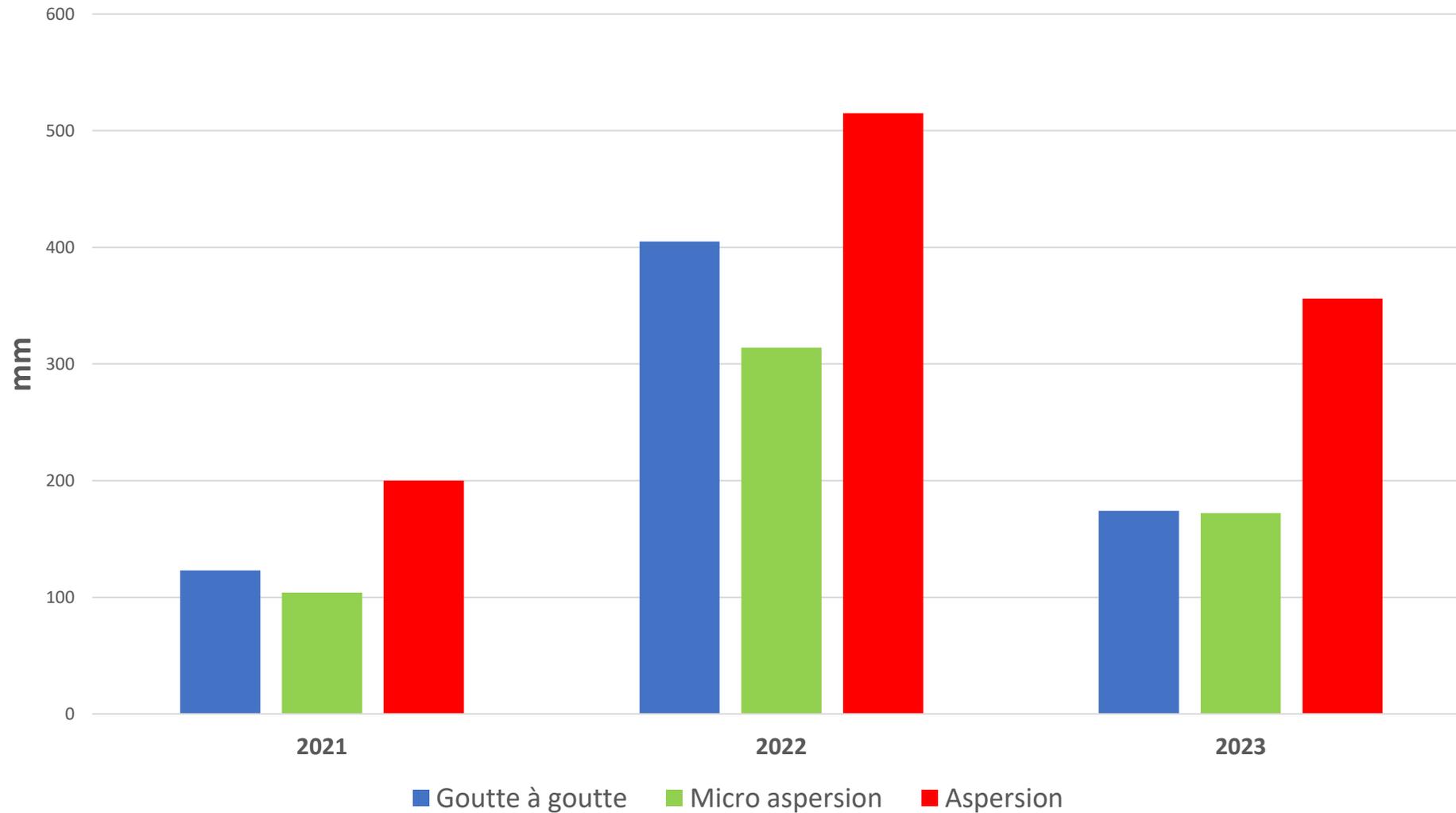
Bilan 2021 à 2023



2021 Faible demande en irrigation
 2022 Très forte demande en irrigation
 2023 Intermédiaire entre les deux

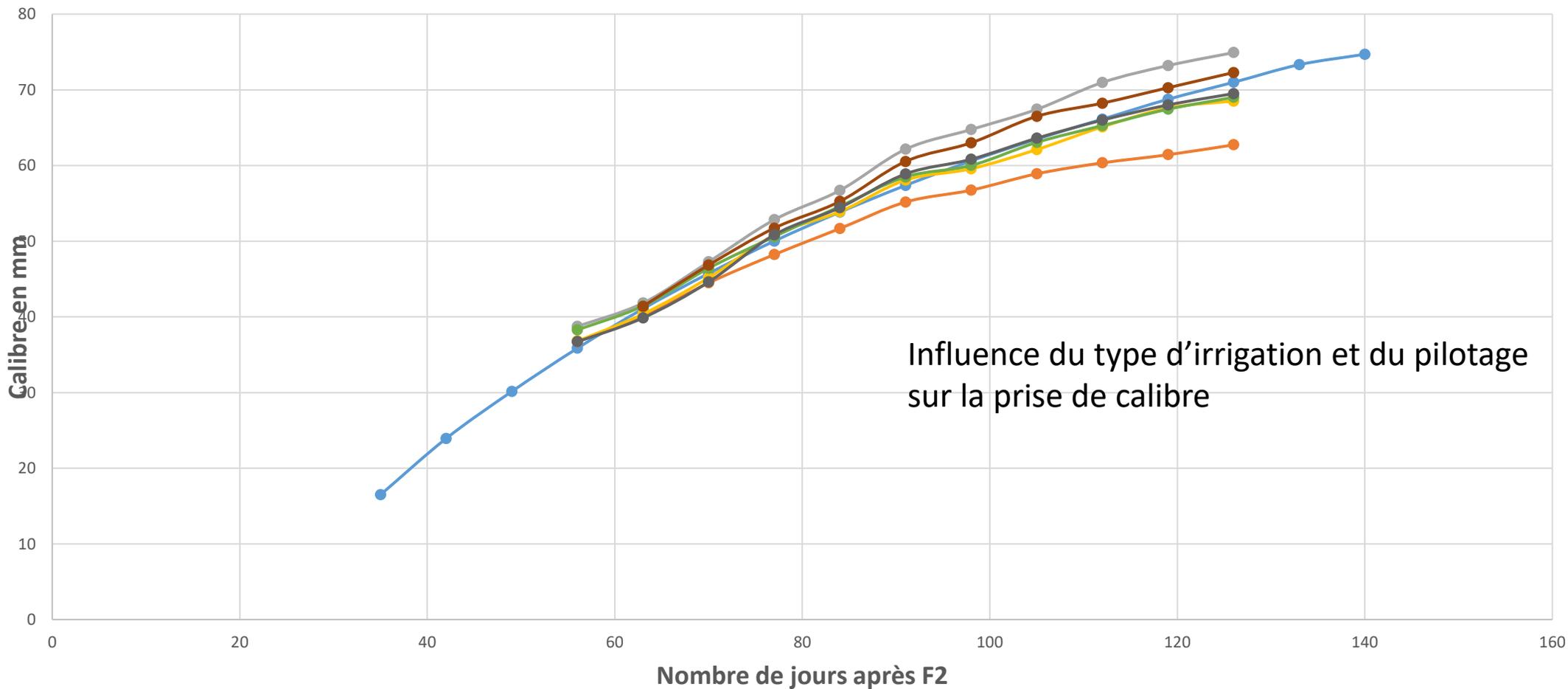
Bilan 2021 à 2023

Moyenne des apports pommiers



Exemple suivis 2023

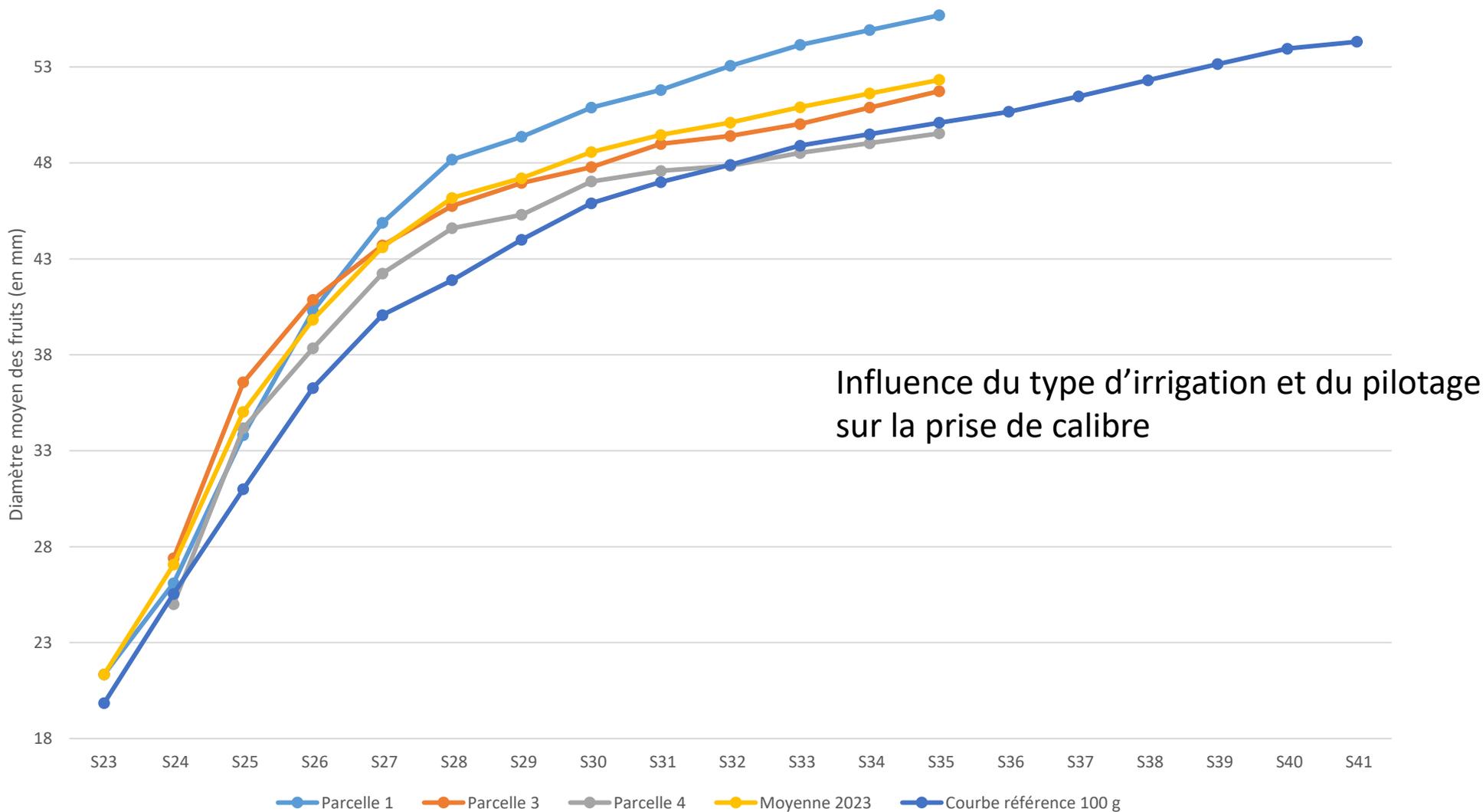
Gala 2023



● Courbe référence
 ● Parcelle 1
 ● Parcelle 2
 ● Parcelle 3
 ● Parcelle 5
 ● Parcelle 6
 ● Moyenne 2023

Exemple suivis 2023

Hayward 2023





Principaux résultats

- Grossissement optimum = confort hydrique
- Pertes grossissement :
 - Saturation : 0 à -0,05 mm/j
 - Restriction hydrique modérée (limite RFU consommée) : -0,1 mm/j
 - Stress hydrique (RFU consommée): perte calibre > à 0,1mm/j
 - Cas de déficits de grossissement en goutte à goutte strict observés sur le réseau Arbonovateur les été secs (2022 et 2023).

Conclusion

- Le levier le plus efficace pour une gestion quantitative de l'eau en arboriculture passe par la localisation des apports
- La micro-aspersion localisée est la plus performante pour la gestion quantitative et qualitative de l'irrigation en arboriculture,
- Les outils de pilotage de l'irrigation permettent d'optimiser l'efficacité des apports, quelque soit le type d'irrigation.
- Mais nécessité d'aller plus loin dans l'interprétation des données des OAD existants pour faciliter la prise de décision des arboriculteurs.



Adaptation au changement climatique en arboriculture. L'agrivoltaïque : solution ou alibi ?



Etat des lieux de l'agrivoltaïsme dans la filière fruits et légumes

Ariane GRISEY, CTIFL

Les objectifs de la PPE

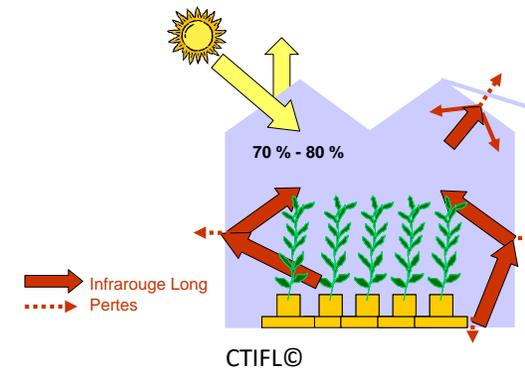
- Développement du photovoltaïque

		REALISE			OBJECTIFS	
		2018	2019	2020	2023	2028
La chaleur et le froid renouvelables et de récupération						
Biomasse	TWh	112	113	106	145	157 à 169
Pompes à chaleur y compris PAC géothermiques	TWh	28	32	33	39,6	44 à 52
Géothermie profonde	TWh	2	2	2	2,9	4 à 5,2
Solaire thermique	TWh	1,19	1,20	1,21	1,75	1,85 à 2,5
Quantité de chaleur renouvelable et de récupération livrée par les réseaux de chaleur	TWh	13,9	14,6	nd	24	31 à 36
Le gaz renouvelable						
Biogaz injecté dans les réseaux	TWh	0,7	1,2	2,2	6	14 à 22
L'électricité renouvelable						
Hydroélectricité (yc Step* et énergie marémotrice)	GW	25,5	25,6	nd	25,7	26,4 à 26,7
Éolien terrestre	GW	15,2	16,6	17,5	24,1	33,2 à 34,7
Photovoltaïque	GW	8,4	9,3	10,2	20,1	35,1 à 44,0

→ Fort développement
 → Surface agricole nécessaire : 1MW/ha

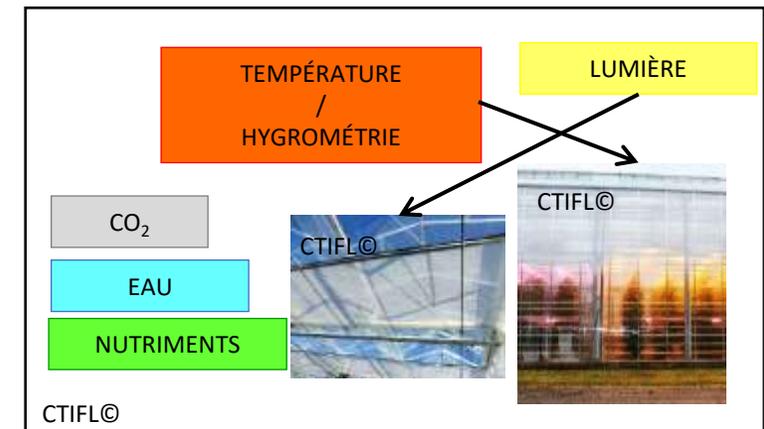
Les cultures abritées

- Fort développement des cultures sous abris
- Protéger les cultures des aléas climatiques
- Exploiter le rayonnement solaire naturel
- Allongement du calendrier de production
- Gestion climatique de + en + complexe
- Rendement plus élevé

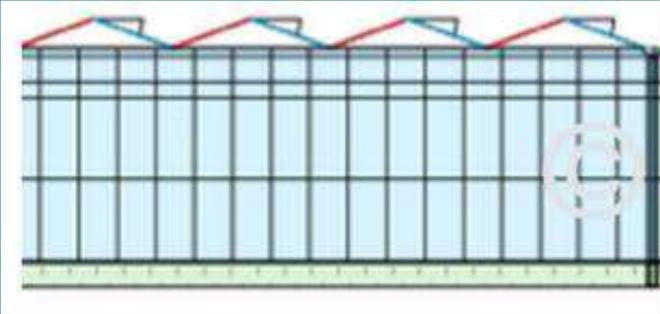
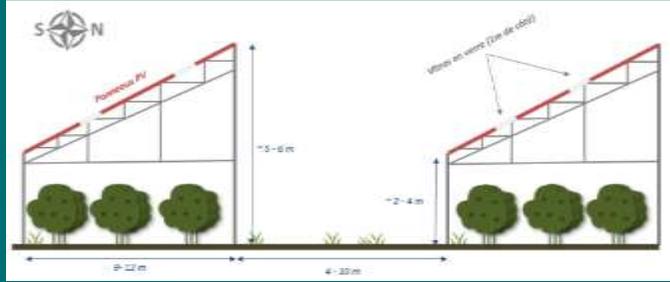
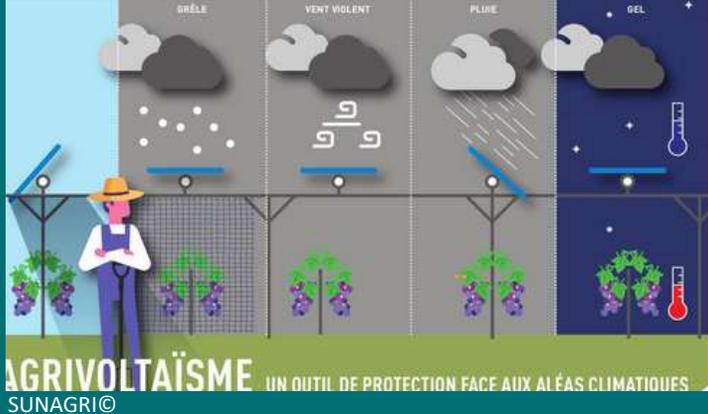


Rendement (kg/m ²)	Plein champ	Sous abris
Courgette	4	9

sanitaires



Les systèmes PV proposés

Serres photovoltaïques	Ombrière fixes	Ombrière mobiles
	 <p>ADEME©</p>	 <p>AGRIVOLTAÏSME UN OUTIL DE PROTECTION FACE AUX ALÉAS CLIMATIQUES SUNAGRI©</p>
<p>Système mis en place depuis 2009 Essentiellement en maraîchage, quelques serres avec vergers (kiwi) Large développement</p>	<p>Système mis en place depuis 2009 En maraîchage et quelques sites en arboriculture</p>	<p>Système récent, des sites qui se développent : vigne, arboriculture, maraîchage Pilotage /culture</p>

→ Au moins 500 ha

Exemples de sites PV en F et L

- Les solutions proposées



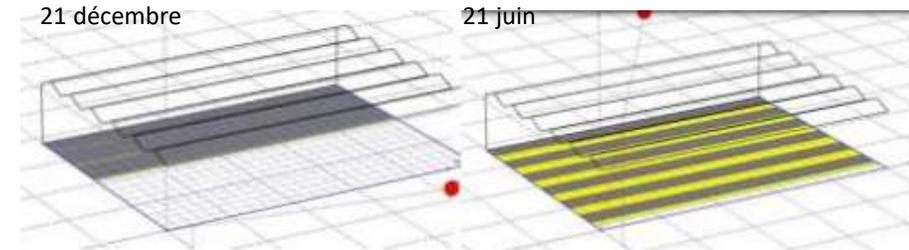
Une structuration

- AO CRE obligation de suivis agronomiques (ADEME)
- 2022 Etude ADEME pilotée par C.Mehl et N.Tonnet
Définition de l'Agrivoltaïsme (participation du CTIFL en tant qu'expert)
- Depuis 2020 Congrès Agrivoltaïcs
- 2021 FranceAgrivoltaïsme : +90 membres, 3 collèges (Agriculture, Energie, Technologies agrivoltaïques)
- 2022 Création d'un Label AFNOR Certification : zone témoin, définition des paramètres à suivre
- 2023 Création d'un pôle national de recherche, innovation et enseignement (37 structures privés /publiques)



La gestion du rayonnement

- Adaptation des plantes à l'ombre (journée et saison)
 - ↳ Bâches anti-pluie sur Pomme : perte de 10% a minima (Travaux CTIFL)

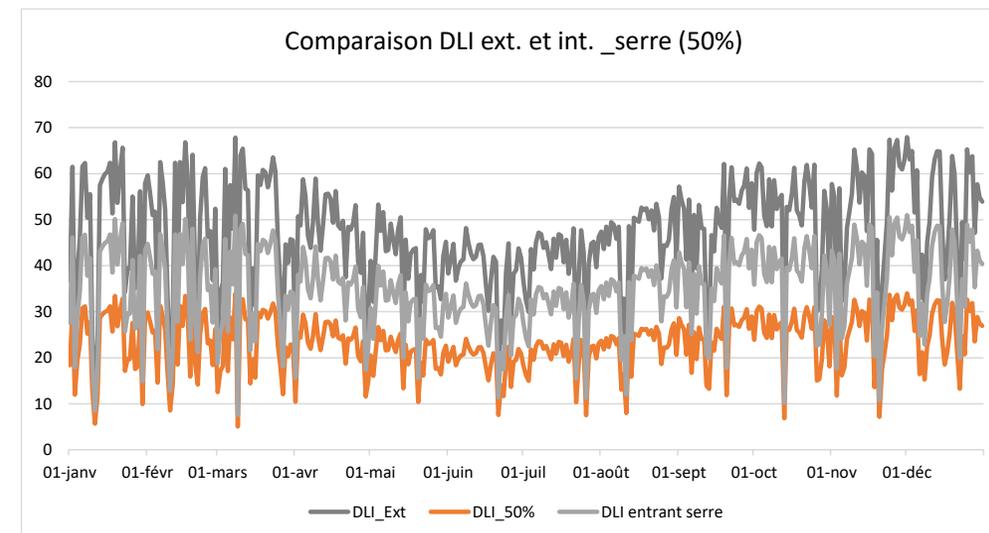


Source Fonroche©

- Besoin des plantes : DLI Daily Light Integral en mol/m²/j

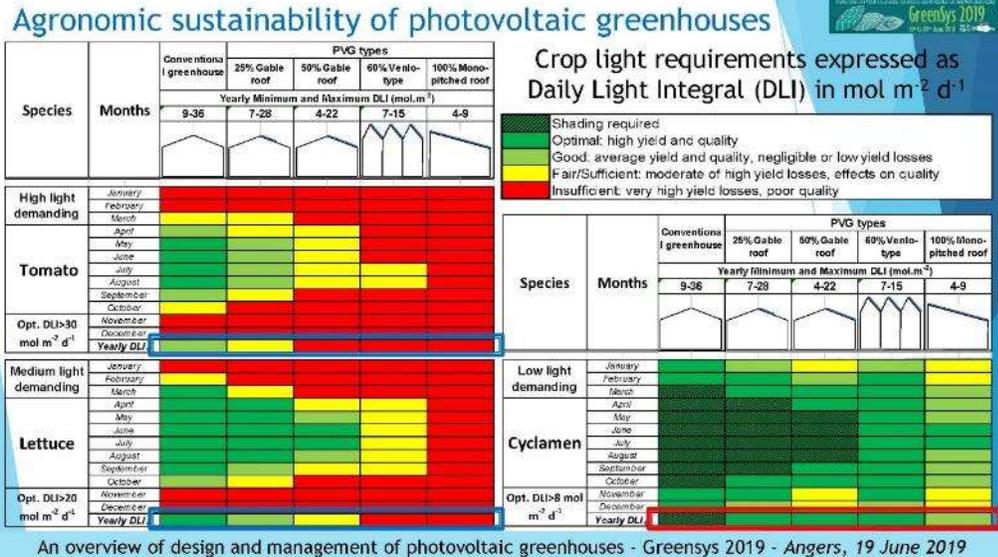
Culture	DLI recherchée
Tomate	20 à 30 mol.m ⁻² .j ⁻¹
Concombre	20 à 30 mol.m ⁻² .j ⁻¹
Salade	12 à 15 mol.m ⁻² .j ⁻¹
Poivron	12 à 24 mol.m ⁻² .j ⁻¹
Aromates*	10-12 mol.m ⁻² .j ⁻¹
Aubergine*	20 à 30 mol.m ⁻² .j ⁻¹

Source Dorais, 2003 ; *source Lynette Morgan



Les indicateurs

- DLI et surface de panneaux



→ 30% ?

Source Cossu, 2019

- Indicateurs de suivis : climat, culture, rendement, qualité et post récolte, environnemental (Agribalyse®, affichage environnemental)
- ↳ Etude CTIFL Fraise qualité avec Urbasolar
- Efficiencence en eau : point ressortant sur ensemble des projets, récupération de l'eau
- Besoin fort d'expérimentation et notamment en arboriculture**

Territoire et production d'électricité

- Production d'électricité:

→ Vente d'électricité contrat sur 20 ans /!\ raccordement réseau

→ Consommer la production et vendre le surplus : **intérêt croissant avec crise énergétique**

- Exemple étude Solarsorp CTIFL ADEME 2022 en serres chauffées: PAC et panneaux PV (autoproduction autour de 40%)

- Intérêt en vergers pour plateformes électriques

- Production Sud : ≈ 1500 kWh/kWc

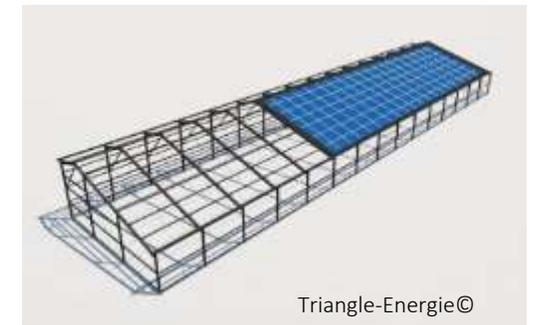




Table-ronde :
**Quelle amélioration de la résilience face au
changement climatique des vergers agrivoltaïques ?**

Table-ronde

**Quelle amélioration de la résilience face au changement climatique
des vergers agrivoltaïques ?**



Sophie STEVENIN

SEFRA



Jean-François LARRIEU

Chambre d'agriculture du
Tarn-et-Garonne



Milan BREGEON

La Pugère

Site LA PUGERE (13)

- Opérateur agrivoltaïque : Sun'Agri
- Année installation des panneaux 2019
- Pommiers Golden Delicious (plantation 2010), sous panneaux 720 m², témoin 1000 m²
- Particularités installation : Panneaux dynamiques, avec filet paragrêle
- Les 3 premières années, verger support de thèse sur l'impact de l'ombrage sur le verger (panneaux en full tracking), en juin 2021, modification de la conduite des panneaux.

Site LA PUGERE (13)

- Observations et mesures : Suivis phénologiques, croissance de pousse, comptage de fleurs + fruit, suivi bio agresseurs, suivi de chute physiologique, pilotage de l'irrigation, reliquat azoté, récolte (coloration + calibre), analyse qualité de récolte.
- Synthèse
- Aucun retard phénologique n'est observé, une réduction de 30% de l'irrigation est possible avec un bon pilotage, diminution de la floribondité, moins de récolte à l'échelle de la parcelle, limitation des dégâts de gel en 2021, réduction de l'alternance, réduction des coups de soleil sur fruit.

SEFRA

- **2 dispositifs** sur un même site
- Opérateur agrivoltaïque : Sun'Agri
- Surface totale : 3 ha sous persiennes photovoltaïques pilotables+ filets antigrêle, 1 ha témoin sous filets antigrêle.
- Un dispositif **expérimental** sur des nectariniers en production afin de finaliser le pilotage des panneaux
- Un **démonstrateur** sur pêchers et abricotiers implantés en hiver 2021/22
 - Suivi réalisé sur 2 variétés en abricotier et 2 variétés en pêcher, et sur 2 formes fruitières pour chaque espèce.

Fiche descriptive Sefra Etoile

Dispositif Expérimental

- Particularités installation : Panneaux photovoltaïques bifaciaux pilotables + filets antigrêle
 - Les travaux en cours sont destinés à optimiser le pilotage et les adapter aux besoins des arbres
- Année installation 2022 sur Nectariniers Kinolea (2016), forme : Y simple (forme en volume)
 - 3700 m² : dont 1850m² sous persiennes, 1850 m² témoin
- Observations et mesures :
 - Composantes climatiques (stations météo), eau dans le sol (sondes),
- Phénologie
 - (débourrement, floraison, durcissement du noyau, date de maturité),
- Croissance :
 - rameaux (diamètre, longueur), vigueur des arbres
- Composantes de rendement :
 - Taux de floraison, taux de nouaison, taux d'éclaircissage, suivi de l'évolution du diamètre des fruits, poids récolté, poids commercialisé, taux de déchet, calibre, critères de qualité : coloration, IR, acidité, fermeté

Fiche descriptive Sefra Etoile

Dispositif Expérimental

- Synthèse 2 années d'observations
 - Phénologie :
 - Floraison, 2 à 3 jours de retard / témoin,
 - Récolte : 0 à 5 jours de retard suivant les années / témoin
 - Gel : en 2022 : + 1,8 °c sous persienne / témoin , 2023 : pas de gel
 - Diminution de la température en été : environ 3°c , économie d'irrigation : 25 à 30 %
 - Vigueur : pas de différence significative
 - Intensité de floraison, rendement et calibre légèrement inférieurs sous persiennes
 - Pas de différence pour les indices qualité, légère diminution de la coloration rouge sous panneaux

SEFRA : Démonstrateur pêche nectarine

- Nectarinier Nectarlove forme axe (plate) (4m*1,5m)
 - 2100 m2 sous persiennes, 1260 m2 témoin
- Pêcher Monsolle forme Y (en volume) (6m*2 m)
 - 4992 m2 sous persiennes, 1870 m2 témoin
- Synthèse 2 années d'observation (arbres en 2^{ème} feuille)
- Vigueur : peu ou pas de différence significative suivant les formes fruitières
- Phénologie : date de floraison identique sous panneaux et témoin
- Production : début de production pour Nectarlove en axe, légèrement inférieure sous panneau
- Retard de maturité 4/5 jours par rapport au témoin
- Consommation en eau : environ - 25 %
- Pas de production sur Monsolle en 2023

SEFRA : Démonstrateur abricot

- Abricotier Nelson forme axe (forme plate) (4m*1,5m)
 - 2940 m² sous persienne, 1260 m² témoin
- Abricotier Madrigal forme gobelet (en volume) (6m*3,5m)
 - 4410 m² sous persienne, 3150 m² témoin
- Synthèse de 2 années d'observation
- Vigueur : pas de différence significative.
- Phénologie :
- Floraison 1 à 3 jours de retard sous panneaux,
- Eclaircissage : décalage de 1 semaine pour Nelson
- Production : début d'entrée en production sur les 2 variétés
 - Retard de maturité 6 jours pour les 2 variétés
- Les rendements sont légèrement inférieurs sous panneaux pour la variété Nelson et identiques sur la variété Madrigal
- Consommation en eau : environ - 30 %

Producteur Site Loriol (26) Cerise

- Opérateur agrivoltaïque : Sun Agri
- 2 dispositifs : dispositif expérimental et démonstrateur
- Dispositif expérimental 2022
 - Cerisiers en production (entre rangs 6m) 3 variétés
 - Sous panneaux 1500 m², témoin 3000 m²
- Démonstrateur 2023
 - Cerisiers plantés en 2023 (entre rangs 5m) 23 variétés
 - Sous panneaux 2,7 ha, témoin 4000 m²
- Particularités installation : panneaux bifaciaux pilotables
- Observations et mesures comparaison tracking constant // pilotage // témoin
- Synthèse année 2023 **dispositif expérimental**
 - Sans pilotage, le rendement est inférieur au témoin
 - Avec pilotage, le rendement est supérieur au témoin pour 2 des 3 variétés.



Sites Arbonovateurs (82)

- Deux sites : Verdun sur Garonne/Castelsarrasin
- Opérateurs agrivoltaiques : OMBREA/SUN AGRI
- Années installations : 2023/2024
- Kiwis 2023 / 1990, sous panneaux 2000 m², témoins 2000 m²
- Particularités installations : Ombrières photovoltaïques dynamiques + filets para-grêle.

Comparaison avec productions sous serres photovoltaïques du Tarn et Garonne avec des taux d'ombrage au sol de 50%, 27% et 24 %.



Sites Arbonovateurs (82)

- Observations et mesures :
 - Suivi cultural (production kiwi) & analyses (physio, croissance, charge, maladies) pour optimiser le pilotage
 - Capteurs : tensiomètres, sondes capacitatives et dendromètres (+ flux de sève).
 - Mesures du Rayonnement actif pour la Photosynthèse.
- + références technico-économiques.
- Début suivis en 2024

➤ **Merci de votre participation !**



- Pensez à répondre à l'enquête d'évaluation
- Retrouvez les présentations et vidéos de la journée en ligne prochainement sur notre site internet :
 - La synthèse des ressources sur la thématique Adaptation au changement climatique ;
 - Les présentations des intervenants ;
 - Les vidéos des interventions de la matinée en plénière ;
 - Les interviews de certains intervenants des conférences filières.
- Rendez-vous l'année prochaine :
 - Pour le lancement et la mise en œuvre du plan régional d'adaptation et d'atténuation de l'agriculture au changement climatique
 - Lors des prochaines Journées IRD en Occitanie

