Compte-rendu d'essai

Pomme
2021

Évaluation d'un verger de pommiers à très bas niveau d'intrants

Date : 31/12/2021
Rédacteur(s) : Vincent LESNIAK – Station d'expérimentation Arboricole « La Pugère » ; Isabelle BOYER - ARDEPI
En collaboration avec : Ardepi, BOYER Isabelle ; CETA de Cavaillon, REYNOLD Hugues ; Chambre d'Agriculture du Vaucluse, RICAUD Vincent ; Groupement de Recherche en Agriculture Biologique, LIBOUREL Gilles ; GRCETA de Basse Durance, HUCBOURG Bruno.
Essai rattaché à l'action n° : 20.2016.01
N° Essai : POM_BI.2010.01
Titre de l'action : Évaluation d'un verger de pommiers à très bas niveau d'intrants.

1. Thème de l'essai

Les vergers de pommiers sont de forts consommateurs d'intrants, notamment phytosanitaires. Des techniques de réductions partielles d'intrants sont au point, mais la possibilité d'une réduction très importante grâce à une combinaison logique de toutes les techniques est peu explorée.
Le projet a pour objectif principal d'évaluer différents systèmes de production en vergers de pommiers qui visent à réduire voire à supprimer les intrants au verger (réduction de l'emploi des fongicides et des insecticides, ainsi que des volumes d'eau d'irrigation et des quantités de fertilisants - suppression de l'emploi des herbicides), mais aussi de limiter les énergies fossiles par la restriction du nombre de passages d'engins agricoles et ainsi diminuer les émissions de gaz à effet de serre.
Outre le caractère innovant permettant une réduction drastique de tous les intrants, cette nouvelle conception de verger devra contribuer à assurer la durabilité économique des exploitations.

2. But de l'essai

La limitation des intrants sera modulée en 2 phases, selon l'âge du verger :

- **phase juvénile**, croissance des arbres fruitiers et montée en production.

Cette phase prendra fin lorsque les arbres seront à l'équilibre entre la mise à fruit et le développement végétatif. Durant cette phase, la réduction des intrants ne devrait pas être à l'origine d'une altération durable du développement des arbres fruitiers.

- **phase de pleine production**, arbres établis et potentiel de production maximal atteint.

Durant cette phase, la réduction des intrants ne devrait pas être à l'origine d'une mise en péril de la rentabilité économique du verger.

3. Facteurs et modalités étudiés

Facteur étudié : Système de verger
Modalités : système raisonné (RAI), système bas intrants conventionnel (BI) et système bas intrants variété tolérante aux races communes de tavelure (BI RT)

4. Matériel et Méthodes

– **Matériel Végétal**

Système	Raisonné	Bas Intrants
Variété	Golden 972	Golden 972 et Crimson crisp®
Porte greffe	Pajam® 2 Cepiland	M7
Distance de plantation	4m x 1,25m	5m x 2,5m
Année de 1ère feuille	2010	2010
Conduite	Axe centrifuge	Forme libre
Entretien du rang	Chimique	Mécanique
Irrigation	Micro-aspersion	Micro-aspersion
Protection du verger	Filet paragrêle (7x3mm), Application des Références régionales en Production Fruitière Intégrée	Alt'Carpo (4x4/cm²), Intervention(s) chimique(s) si nécessaire en fonction de la méthode du TRV
Environnement	Absence d'aménagement spécifique	Haies composites, bandes florales, têtes de rang diversifiées

– **Site d'implantation**

Système	Raisonné	Bas intrants
Site	Mallemort (station – P15)	Mallemort (station – P8)
Superficie	0,282 ha	0,15 ha (golden) / 0,2 ha (Crimson crisp®)

– **Dispositif expérimental :**
- Essai en randomisation totale : 10 répétitions (2 placettes de 5 arbres), pour le suivi production et gestion de la charge.
- Essai en randomisation contrôlée : échantillon de 200 pousses prises aléatoirement sur 40 arbres par parcelle.

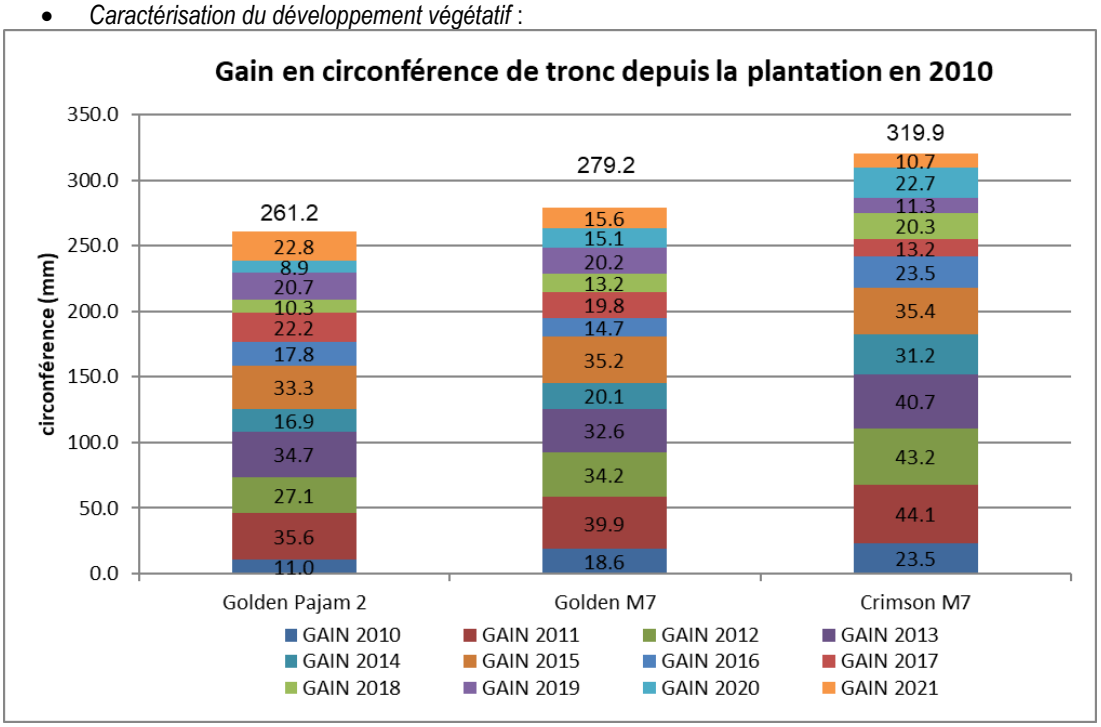
– **Observations et mesures** *:*

- *Caractérisation du développement végétatif* : mesure de circonférence de tronc lors de la période de repos végétatif sur l'ensemble des arbres des systèmes.
- *Pilotage irrigation :* il est réalisé à partir du suivi des sondes tensiométriques, en fonction des seuils inférieur et supérieur de la Réserve Facilement Utilisable.
- *Fertilisation :* suivi des reliquats azotés dans la solution du sol à l'aide du RQFLEX Plus.
- *Suivi phytosanitaire :* il comprend :
  - le relevé des pièges carpocapse, tordeuse orientale, pandémis, zeuzère et punaise.
  - le suivi de la pression phytosanitaire sur les vergers avec le contrôle visuel à différentes périodes selon le protocole interne.
- *Récolte :* enregistrement de la date de cueille, du rendement brut. Répartition par catégorie à la suite d'un calibrage électronique.
- *Analyse technico-économique :*
  - enregistrements des intrants (quantité et prix), de la main d'œuvre (temps de travaux des permanents et saisonniers) et de l'utilisation du matériel mécanique (type et durée).

– **Traitement statistique des résultats :** Analyse de la variance à l'aide du logiciel STATBOX pro.

5. Résultats détaillés

- *Caractérisation du développement végétatif* :



Modalité RAI : En 2021, la croissance végétative des arbres est importante (+22.8mm). La forte alternance installée dès la première année de production (2012) semble toujours s'observer (retour à fleur faible suite à la forte floraison enregistrée en 2020), malgré les programmes de taille, d'éclaircissage et de fertilisation adaptés.
A noter que le verger à été fortement impacté par le gel du 7 au 8 avril.
Modalité BI et BI RT : L'alternance du verger Crimson s'observe également depuis 2016, sur le gain de circonférence de tronc avec une faible prise cette année (+10.7mm, contre 22.7 en 2020). A l'inverse, le verger Golden Bas intrant semble mieux se réguler depuis deux ans. À noter que Crimson, de par sa faible floribondité, n'a pour l'instant fait l'objet que d'un seul programme d'éclaircissage en 2019, tandis que le verger Golden, est systématiquement éclairci.

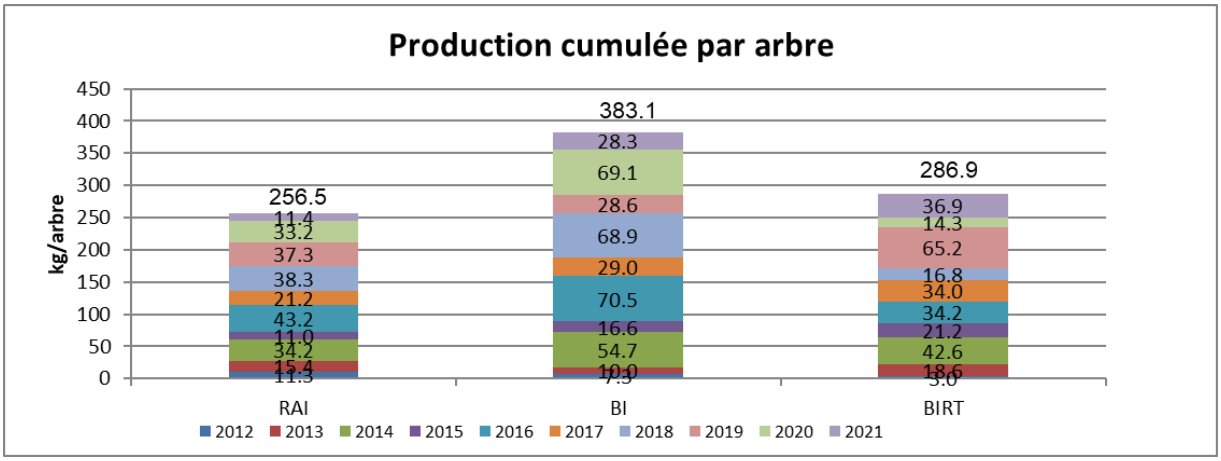
A noter que ces deux vergers n'ont pas été impactés par le gel en 2021.

Globalement, la vigueur conférée par le porte-greffe M7 induit une croissance de circonférence de tronc en cumulé depuis la plantation, supérieure de 7% pour la variété Golden 972 par rapport au porte-greffe Pajam 2. La croissance en cumulé de la modalité BI RT (variété Crimson Crisp®) est également supérieure de 15% à la modalité BI (variété Golden).
Le porte-greffe M7 induit une vigueur plus élevée des arbres.

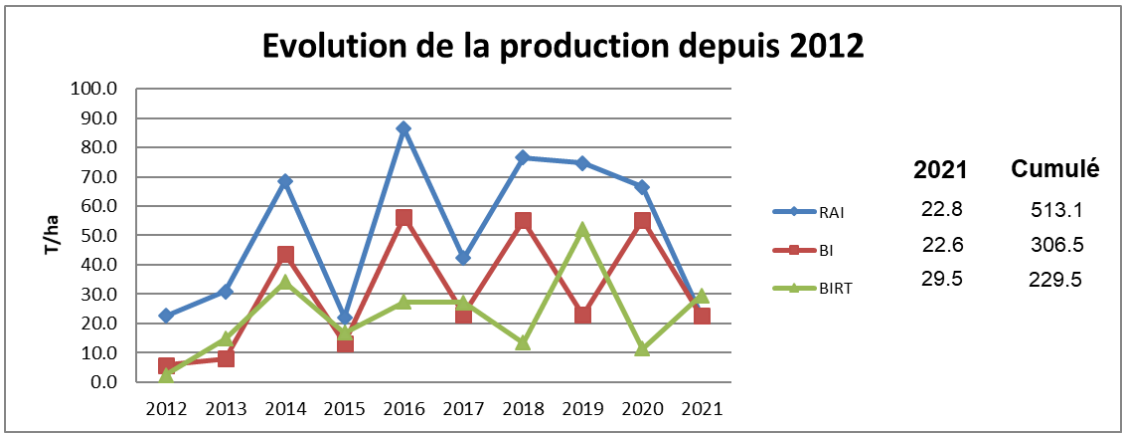
- *Récolte*

En 2021, les récoltes des variétés Crimson crisp® et Golden 972 ont été réalisées à des dates différentes :

- La variété Crimson BI RT a été récoltée du : 31/08/2021 au 01/09/2021.
- La variété Golden RAI a été récoltée du : 15/09/2021 au 20/09/2021.
- La variété Golden BI a été récoltée du : 21/09/2021 au 22/09/2021.



En 12ème feuille, le verger Golden Référence enregistre une production très faible avec 11.4 kg/arbre (cf. conditions de culture sur la campagne), pour une production cumulée de 256.5 kg/arbre.
La Production du verger Golden BI est modérée avec 28.3 kg/arbre pour un cumulé par arbre de 383.1 kg/arbre depuis 2012. Le verger Crimson BI RT produit 36.9 kg/arbre, pour une production cumulée de 286.9 kg/arbre. Ces deux vergers confirment leur état d'alternance, plus ou moins marqué.
Contrairement aux années précédentes, le programme d'éclaircissage n'a pas été maintenu en 2021 au vu de l'aléa climatique d'avril. Ces programmes seront donc reconduits en 2022 et complétés par un travail de taille de restructuration (permettant de gérer la quantité de bourgeons à l'arbre).
En termes de kilos de fruits produits par arbre, le verger BI présente la production cumulée la plus importante avec de 383.1 kg/arbre. Le verger BI RT devance le verger Référence de 30 kg/arbre et reste le second verger le plus productif.

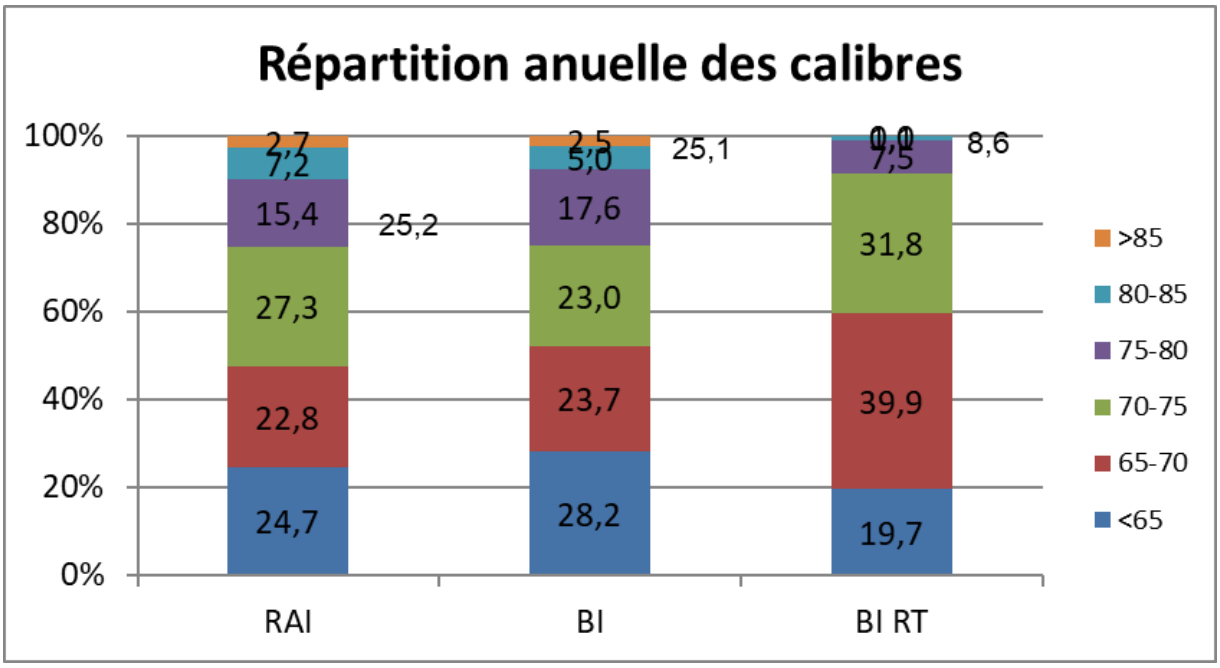


Lorsque l'on s'intéresse au tonnage hectare des parcelles, la tendance s'inverse sur leurs rendements cumulés respectifs. Le verger RAI obtient le rendement le plus élevé avec un cumul 513.1 T/ha. Les vergers faibles intrants cumulent quant à eux 306.5 T/ha (pour Golden BI) et 229.5 T/ha (pour Crimson BI RT).
En 2021, pour la première fois de son histoire, le verger Crimson dépasse la production des vergers golden (RAI et BI), avec 29.5T/ha contre 22.7T/ha en moyenne sur les deux précédents (le gel et l'alternance impactant fortement la production de ces deux vergers de golden).

Hors aléas, la modalité Référence semble désormais atteindre son potentiel de rendement optimum avec 66.5T/ha. Le verger BI semble quant à lui osciller depuis 2016 entre 23 et 56 T/ha, laissant présager d'un optimum de rendement de 40

T/ha. Seul le potentiel du verger BI RT reste encore incertain, bien qu'il puisse vraisemblablement s'établir aux alentours de 30T/ha. Ces observations restent à confirmer sur les prochaines campagnes.

De manière générale, malgré leur vigueur et leur productivité à l'arbre supérieur, les porte-greffes M7 (Crimson BI RT et Golden BI) ne permettent pas de compenser la faible densité de plantation de 800 arbres/ha.
Il ne semble donc pas opportun de descendre en dessous de 1250 à 1500 arbres par hectare pour obtenir un rendement cohérent en verger basse densité.

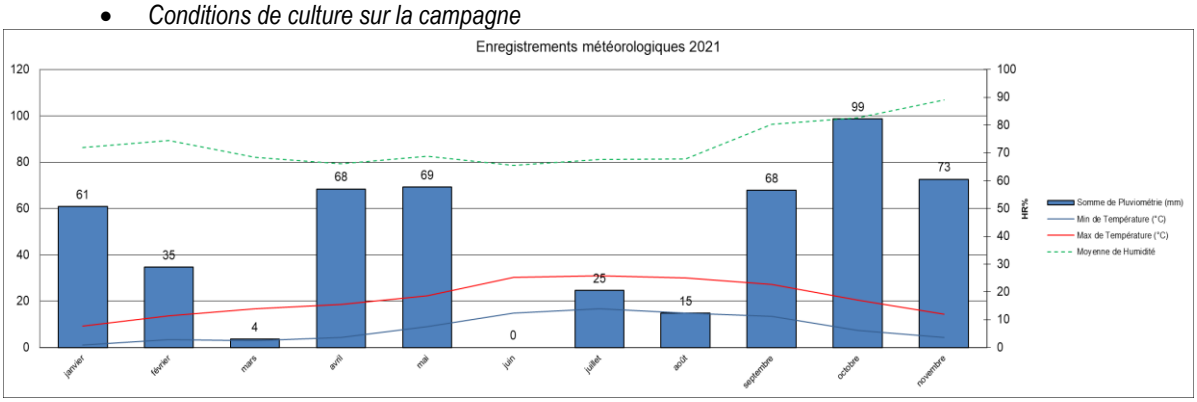


Les calibres inférieurs à 65mm représentent presque systématiquement 20% de la production des vergers en 2021 (24.7% pour Golden RAI, 28.2% pour Golden BI et 19.7% pour Crimson BI RT). Ils restent toutefois plus importants sur Golden BI, dont les effectifs dépassent le seuil des 20%.
Sur les cumuls enregistrés depuis 2012, ces classes de calibres ne représentent que 8.1 et 9% des effectifs produits pour les vergers RAI et BI RT, et 20.8% pour le verger BI.
Les calibres moyens (65 et 75mm) sont les plus représentés pour le verger BI RT à raison 71.7% de la production enregistrée. Pour les autres vergers, ces classes de calibres représentent 50.1% pour Golden RAI et 46.7% pour Golden BI.
Sur les cumuls enregistrés depuis 2012, ces classes de calibres représentent 31% des fruits produits dans le verger RAI, 43% pour le verger BI et 58% pour le verger BI RT.
La part des calibres supérieurs à 75mm représente environ 1/4 de la production des vergers Golden (RAI et BI) contre moins de 10% pour le verger BI RT.
Sur les cumuls enregistrés depuis 2012, ces classes de calibres sont majoritaires sur Golden RAI (60.94% de la production), alors qu'ils ne représentent qu'1/3 de la production des vergers faible intrants (36.23% pour BI et 33.03% pour BI RT).

Excepté pour 2021, la répartition des différentes classes de calibres reste en moyenne plus homogène sur le verger Golden RAI (environ 10 à 20% de fruits dans chaque classe) en comparaison aux deux vergers faibles intrants.

En comparaison au porte-greffe M9 du verger Référence, les porte-greffes M7, choisis sur les vergers faibles intrants, associés à une stratégie de pilotage hydrique et minéral restreinte, réduisent la production de gros à très gros calibre, au profit des calibres moyens et petits.

- *Conditions de culture sur la campagne*

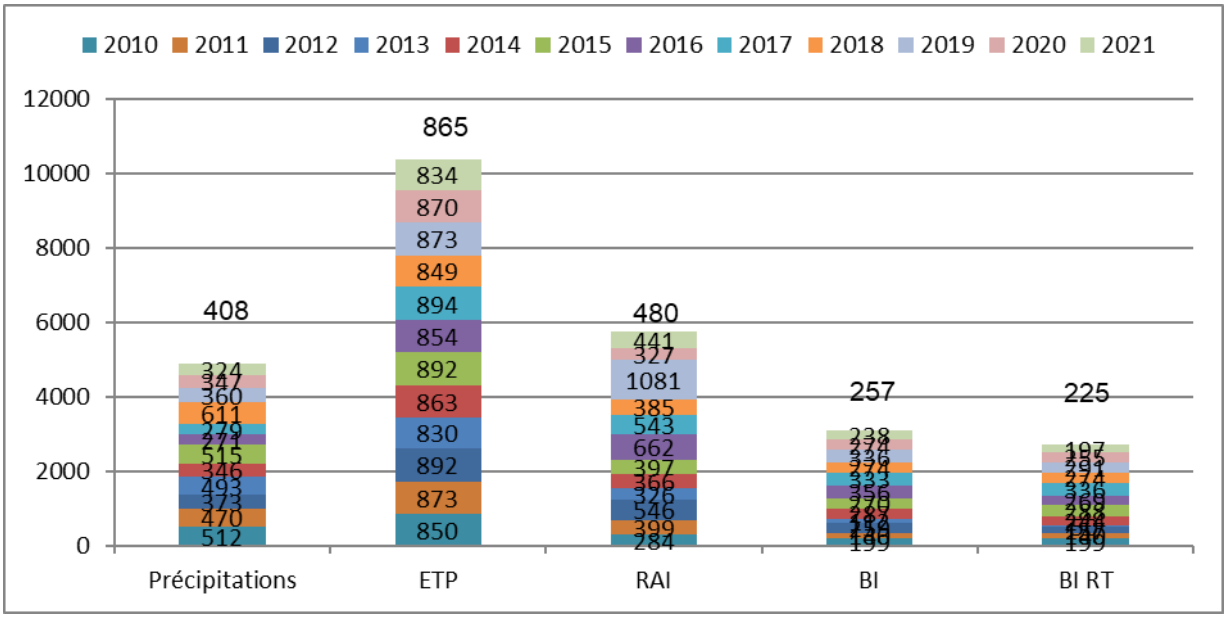


Le cumul des précipitations moyennes, au cours de la dernière décennie, durant le cycle cultural de Golden (début mars à fin octobre) en région PACA, est de 459 mm. En 2021, celles-ci représentent 347 mm. L'hiver 2020-2021 s'est avéré également peu pluvieux avec un cumul de 134 mm seulement (contre 291 mm en moyenne sur la décennie).
Les températures moyennes enregistrées durant le cycle cultural sont supérieures à la décennie précédente avec +1°C, dont 7 jours enregistrant des températures supérieures à 35°C entre fin juillet et mi-août.
A noter également l'épisode de gel sévère survenu durant la nuit du 7 au 8 avril 2021. Pendant un peu plus de 5h40, la température est descendue à moins de -2,2°C. A une telle température, 10% des fleurs subissent des dégâts. Sur cette plage horaire, 3h20 ont été passées à moins de -3,9°C. En théorie, 90% des fleurs ont subi d'importants dégâts.

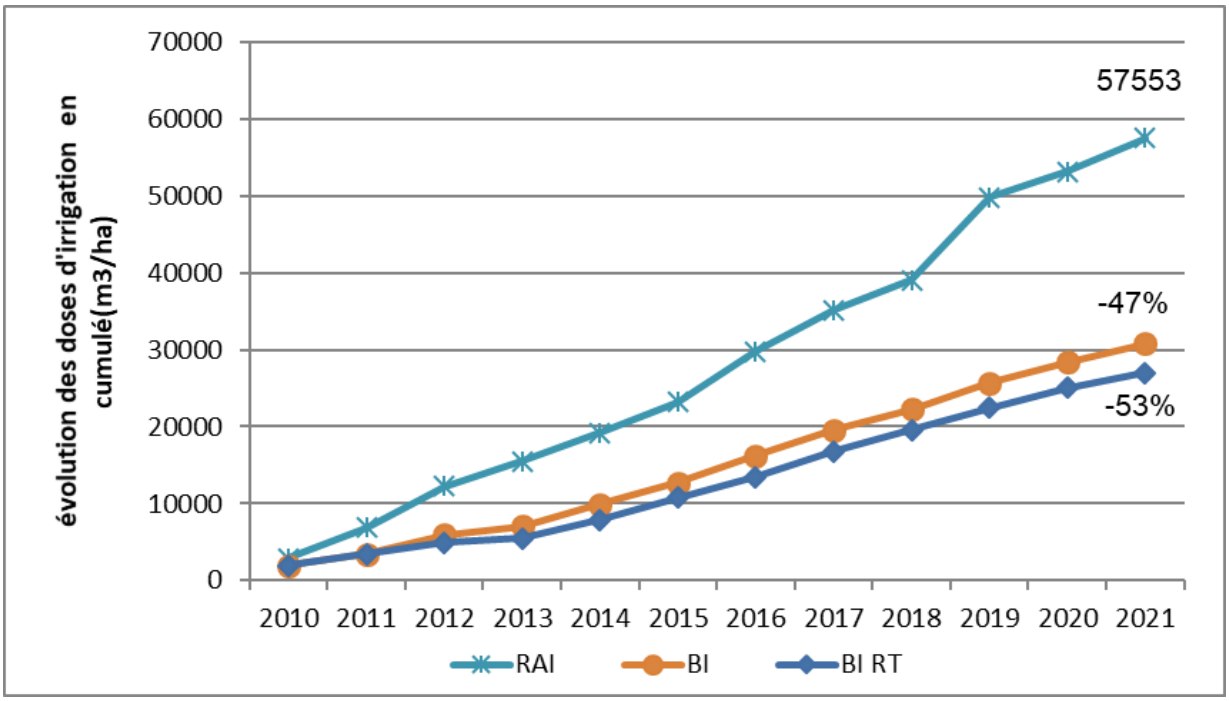
Excepté l'épisode de gel, les conditions climatiques sont favorables au bon déroulement de l'essai.

- *Irrigation*

Les précipitations hivernales et de début de printemps (situées en deçà des normales habituelles) nécessitent d'anticiper les premières irrigations vers la fin avril (déclenchement le 26/04/21), puis d'entretenir les niveaux hydriques des vergers dès la mi-mai.



A l'instar des deux années précédentes, l'année 2021 accuse une baisse de 80mm de précipitations au cours du cycle cultural, mais avec un ETP légèrement plus faible (peu de vent enregistré sur la campagne).
En conséquence, le volume d'eau apporté sur le verger RAI est proche d'une conduite à l'ETM, et s'avère plus restreint sur les vergers faible intrants. Les irrigations ont été conséquentes sur les mois de juin, juillet et d'août, du fait d'un climat estival chaud et sec.

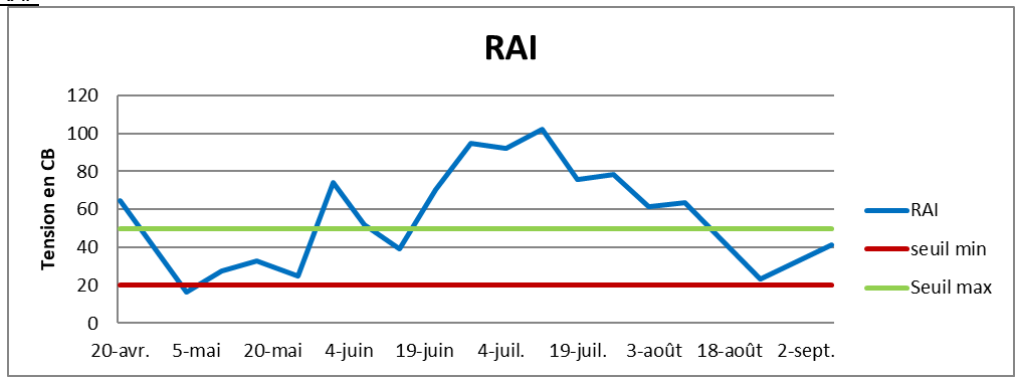


Les apports d'eau enregistrés depuis la plantation du verger montrent un réel écart entre la pratique Référence et les parcelles faible intrants. Le cumul du verger RAI représente 57553 m³/ha, soit 4796m3/ha/an en moyenne. Les apports des vergers Golden BI et Crimson BI RT marquent des réductions respectives de 47% et 53% par rapport à la Référence. Cette différence étant directement liée au pilotage modéré de ces parcelles (pilotage sur seuil de RU) et une conception de parcelle moins exigeante (porte greffe vigoureux, distances de plantations extensives…), les apports réalisés en 2021 restent conformes aux enregistrements des années précédentes.

Dans le temps, le pilotage des parcelles associé à du matériel végétal plus vigoureux a permis aux vergers faibles intrants de réduire leurs consommations d'eau de près de moitié par rapport au verger RAI.
Un point de vigilance restera toutefois à maintenir concernant cet aspect, en particulier sur les années de sécheresse et de forte charge, puisque ces deux facteurs associés peuvent lourdement pénaliser les calibres et la production globale des arbres (cf. récolte/répartition des calibres).

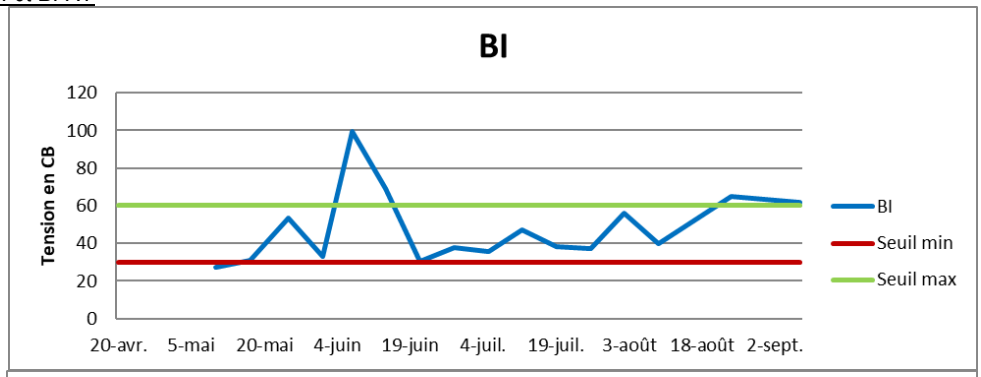
- ✓ Suivi irrigation des parcelles avec les tensiomètres

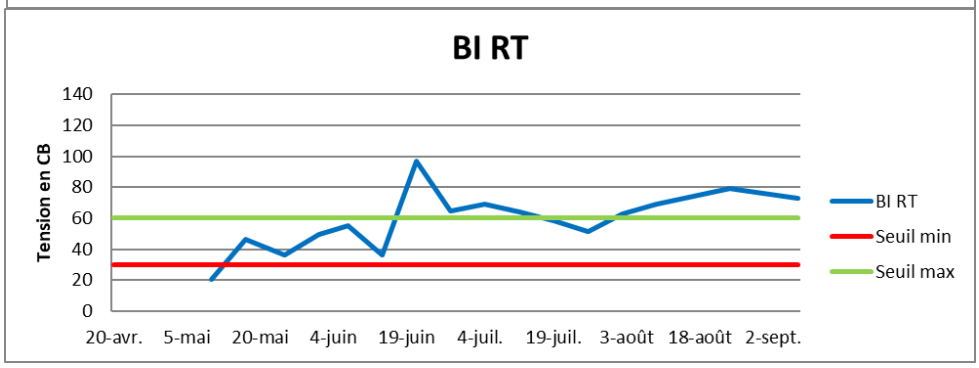
Modalité RAI



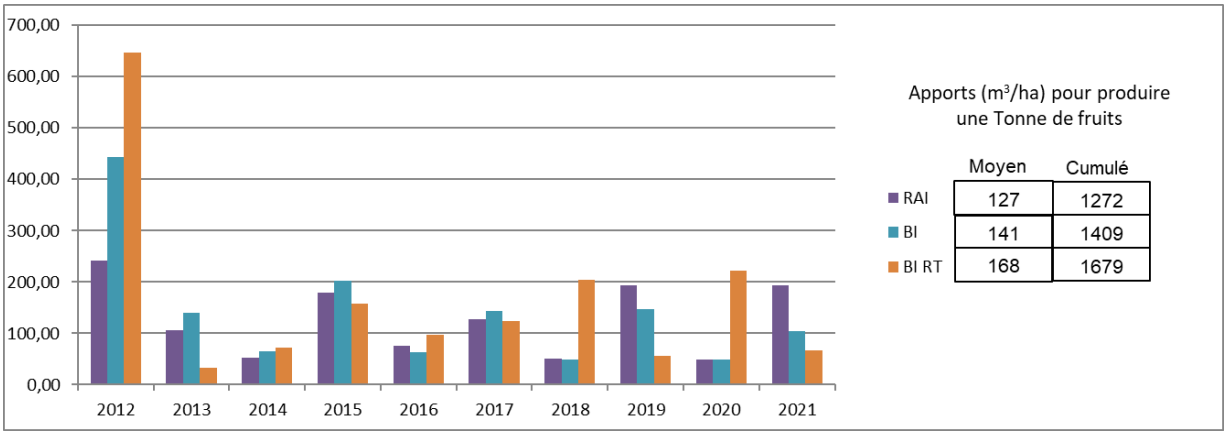
Le pilotage de l'irrigation de la parcelle est effectué à l'aide d'un programmateur connecté et de relevés tensiométriques hebdomadaires. La consigne étant de maintenir le sol en grand confort hydrique, soit un objectif de pilotage situé entre limite basse et haute de RFU (20 et 50 cb).
L'irrigation d'entretien, démarrée le 15 mai, est maintenue jusqu'au 30 août 2021, avec pour objectif de respecter ces seuils, durant toute la phase de croissance des fruits. Un problème de programmation survenu mi-juillet engendre une forte remontée des valeurs tensiométriques, compensée en partie par trois apports étalés sur fin juillet mi-août (pente infléchie). L'arrêt de l'irrigation fin août, pour favoriser leur maturation, fait remonter rapidement les seuils, mais les précipitations enregistrées sur le mois de septembre compensent en partie ces réductions jusqu'à la récolte.

Modalités BI et BI RT





Les parcelles BI et BI RT sont conduites de manière différenciée, en se basant sur les relevés tensiométriques hebdomadaires. La consigne étant de maintenir le sol en confort hydrique, soit un objectif de pilotage situé entre limite basse et haute de RU (30 et 60 cb). Les parcelles ne sont pas équipées de programmateur en début de campagne, et les ouvertures et fermetures de vanne se font manuellement. L'installation de boitier est réalisée en cours de saison (fin juin).
Après 2 ans d'interventions manuelles sur ces vergers (suite à la casse du volant d'ouverture de vanne), le remplacement du dispositif et l'installation de programmateurs apportent une plus grande régularité de pilotage (seuils rarement ou légèrement dépassés). La charge limitée des arbres ne semble pas impactée par la réduction des apports.



Le graphique ci-dessus représente l'efficience des systèmes par rapport aux quantités d'eau apportées durant le cycle cultural. Ces efficiences sont calculées à partir des apports d'eau divisés par les tonnages de fruits cumulés à l'hectare depuis 2012 (année d'entrée en production significative des vergers). Il est à noter que les apports ne tiennent pas compte des précipitations enregistrées dans la saison, et qu'il s'agit de tonnages bruts (commercialisable, déchets et petits calibres mélangés).

En 2021, la modalité Golden RAI emploie 193.4m3/ha pour produire une tonne de fruits. Les vergers Golden BI et Crimson BI RT emploient respectivement 105.8m3/ha et 66.9m3/ha pour produire une tonne de fruits.
Le verger BI RT est le plus efficient du fait de sa plus importante production annuelle et de sa précocité (arrêt des irrigations anticipé). A l'inverse, les vergers Golden (RAI et BI), à date de récolte identique, production comparable (22.8 et 22.6 T/ha), et répartition de calibre proche, s'avèrent moins efficients. L'écart entre Golden RAI et Golden BI traduit en réalité ici une sur-irrigation de golden RAI (charge limitée ne nécessitant pas autant d'apports au vu des ETP annuels).

En moyenne, comme en cumulé, le verger Golden RAI reste le plus efficient (127m^3/ha pour produire une tonne de fruits), contre 141 m^3/ha pour Golden BI (+11%) et 168 m^3/ha pour Crimson BI RT (+32% par rapport à RAI).

Ces écarts sont accentués si l'on considère les années d'installation des vergers, le modèle RAI entrant plus tôt en production.

Les restrictions hydriques appliquées aux vergers faibles intrants (de l'ordre de 50% en moyenne), et leurs faibles tonnages ha (lié à leur densité d'arbre/ha) et leurs fortes alternances, réduisent globalement leurs efficiences hydriques.

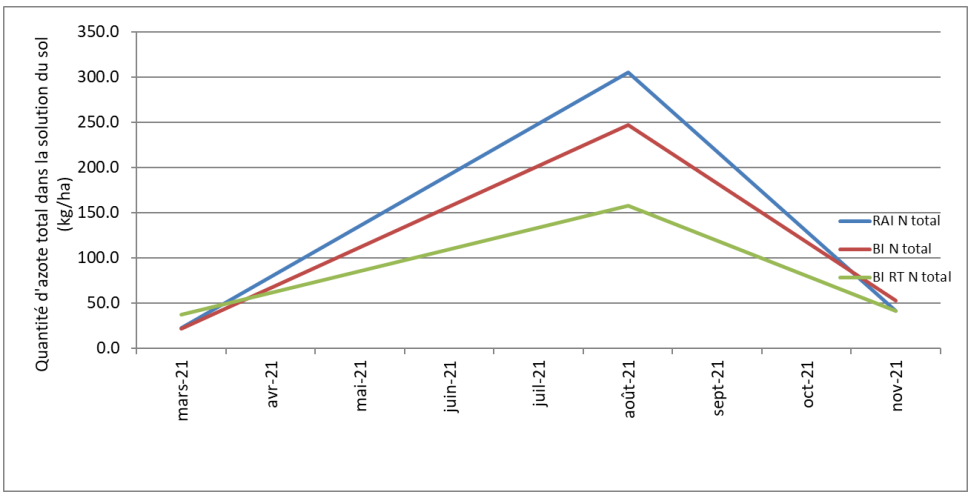
Le pilotage des irrigations annuel doit être corrélé aux conditions climatiques, à la charge des parcelles, à la vigueur des arbres et à l'accompagnement de la mise en réserve de l'arbre à l'automne. Tous ces éléments influencent le potentiel de conduite de restriction ou de confort en eau des vergers, et peuvent impacter la capacité de production des arbres sur le long terme.
Les tendances observées sur les systèmes Bas Intrants sont à considérer avec précaution. Il semblerait que le porte-greffe choisi (M7) soit capable de capter les remontées capillaires en parcelle (vergers situés en alluvions de Durance, dans un contexte estival d'irrigation par submersion gravitaire des producteurs avoisinants).

- *Fertilisation* :

Système	***RAI***	***BI***	***BI RT***
Avant plantation 2009	*0-18-30 : 667 kg/ha (13 novembre), Vegethumus 12500 kg/ha (16 novembre)*	*Aucune*	*Aucune*
2010	*18-46-0 : 200 kg/ha (03 mai)*	*Dix 10N : 240 kg/ha (03/05/10)*	*Dix 10N : 240 kg/ha (03/05/10)*
2011	*18-46-0 : 170 kg/ha (11 mars), 33-0-0 : 100 kg/ha (1er juin)*	*Aucune*	*Aucune*
2012	*18-46-0 : 170 kg/ha (29 mars), 33-0-0 : 100 kg/ha (25 avril)*	*Aucune*	*Aucune*
2013	*Aucune*	*Aucune*	*Aucune*
2014	*19-0-33 : 200 kg/ha (6 juin)*	*19-0-33 : 150 kg/ha (6 juin)*	*Aucune*
2015	*Aucune*	*Aucune*	*Aucune*
2016	*18-46-00 : 100 kg/ha (18/03/2016) Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (18/04/2016)*	*Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (18/04/2016)*	*Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (18/04/2016)*
2017	*18-46-00 : 100 kg/ha (04/04/17) Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (27/02/17)*	*Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (27/02/17)*	*Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (27/02/17)*
2018	*21-00-00+60SO3 : 180 kg/ha (27/02/2018) Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (07/03/2018), Ammonitrate : 150 kg/ha (22/06/2018)*	*Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (07/03/2018)*	*Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 l/ha (07/03/2018)*
2019	*21-00-00+60SO3 : 150 kg/ha (22/03/2019) Vinasse de betterave 3-3-9 : 1000L/Ha (31/04/2019)*	*21-00-00+60SO3 : 150 kg/ha (22/03/2019)*	*21-00-00+60SO3 : 150 kg/ha (22/03/2019) Vinasse de betterave 3-3-9 : 1000L/Ha (31/04/2019)*
2020	*Sulfate d'ammoniaque : 180 kg/ha (18/03/2020) Vinasse de betterave 3-1-9 : 1000 L/ha (23/04/2020)*	*Aucune*	*Aucune*
2021	*Sulfate d'ammoniaque : 150 kg/ha (02/04/2021) BM Start : 2.5 L/Ha (12/04/2021) Folical : 8 L/Ha (07/05/2021)*	*Sulfate d'ammoniaque : 150 kg/ha (02/04/2021) BM Start : 2.5 L/Ha (12/04/2021) Folical : 8 L/Ha (07/05/2021)*	*Sulfate d'ammoniaque : 150 kg/ha (02/04/2021) BM Start : 2.5 L/Ha (12/04/2021) Folical : 8 L/Ha (07/05/2021)*

En 2021, à la sortie de l'hiver, un amendement azoté est réalisé sur les trois vergers afin de stimuler leur activité biologique.

L'épisode de gel, survenu début avril, impacte fortement la charge en fleurs du verger RAI. De fait, aucune fertilisation complémentaire n'a été réalisée au cours de la saison. De même pour les vergers Faible Intrants, de nature moins chargés. Un apport de BM start positionné le 12/04 (afin de favoriser l'accroche des fleurs), ainsi qu'une application de Foliacal le 07/05 (contre le bitter pit sur vergers à faible charge) sont toutefois maintenus.



Afin de piloter au mieux les apports, des suivis des reliquats azotés dans la solution du sol sont réalisés sur les trois parcelles à l'aide d'un RQFLEX Plus. Le premier prélèvement survient en sortie d'hiver, le second au printemps, le troisième en été et le dernier en post-récolte. Ces relevés sont couplés aux analyses de feuilles (prélèvements réalisés 105j après fleur).

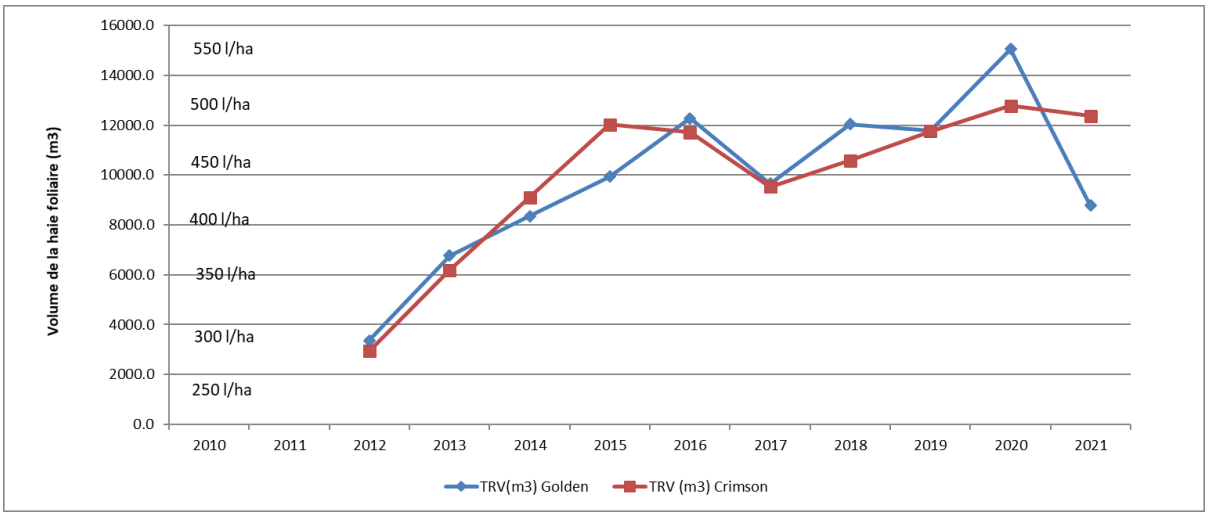
En 2021, les cinétiques d'azote total enregistrées au sein des sol sont semblables entre les 3 vergers, mais en des proportions variables. Le début de saison parait relativement pourvu (21 à 38 UN/ha pour les trois systèmes). Ce taux passe ensuite à 306 UN/ha pour le verger RAI, 247 pour le verger Golden BI, et 158 UN/Ha pour BI RT à mi-saison. A la fin de la saison, le taux se stabilise entre 41 et 53 UN/Ha pour les trois vergers.

Dans le détail, il apparait que les stocks observés en début de saison sont majoritairement constitués de NH4 (forme peu mobile). Les conditions météorologiques du printemps (tempérées et humides) favorisent la conversion totale des ressources de NH4+ en NO3- dans les 3 vergers. Le verger BI RT, plus chargé que les autres, semble consommer d'avantage d'azote sur cette partie de l'année. Vers la fin de saison, les taux de NO3- sont encore importants et contribuent progressivement à un stockage relativement équivalent entre les 3 systèmes sous forme de NH4+.

Les cinétiques observées au cours des années sont assez variables et sont assez corrélées à la charge et aux programmes de fertilisation des différents systèmes. Sur les vergers faible intrants, les restrictions d'apports en eau, couplées aux faibles apports azotés, peuvent entrainer une raréfaction de la ressource pour les arbres et donc impacter calibres et rendements.

- *Interventions phytosanitaires*
  - ✓ Volumes aériens

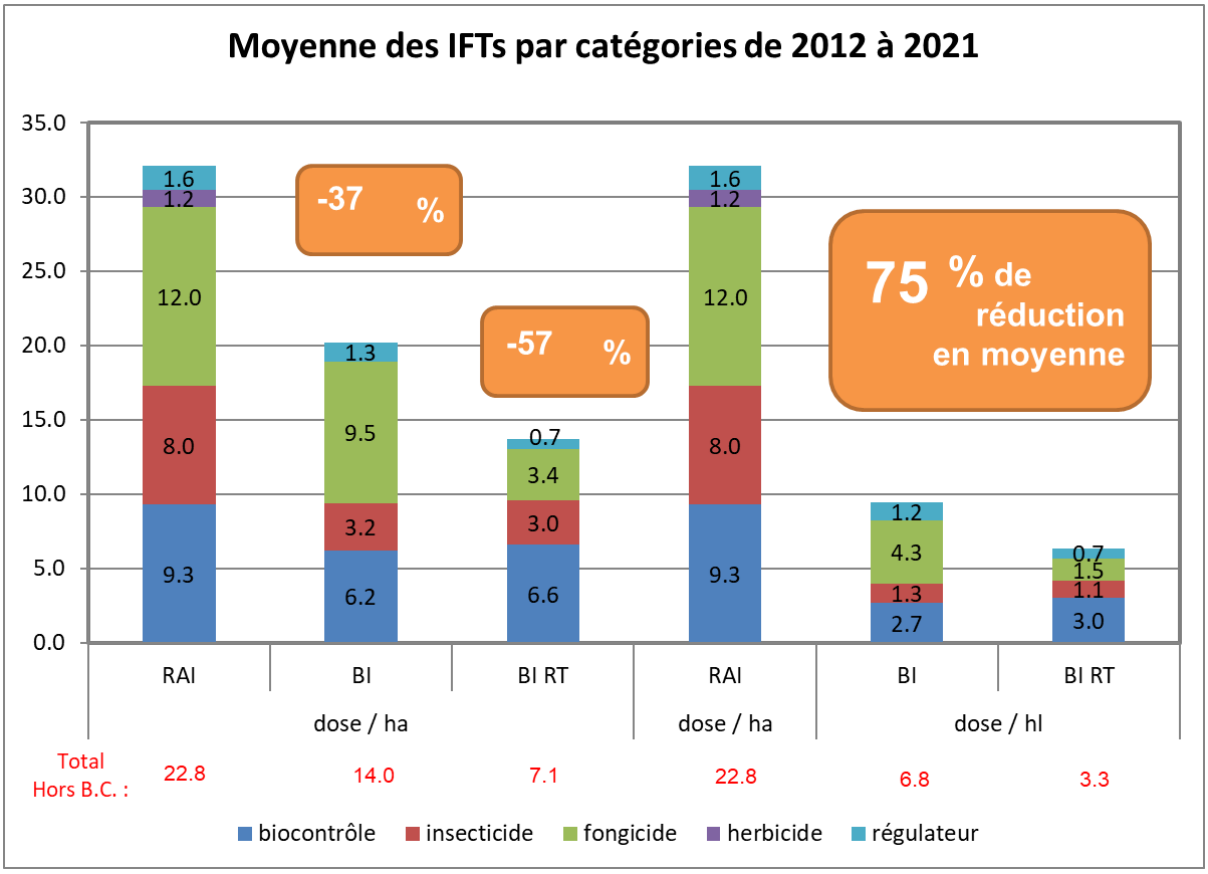
La protection phytosanitaire des vergers Bas Intrants est ajustée en saison en fonction du niveau de développement des arbres.
Le volume aérien, déterminé à partir de la formule du TRV, est établi au débourrement, à la nouaison et au début maturation des fruits, et permet de suivre l'évolution du volume foliaire des parcelles. Ce volume de végétal permet à son tour d'établir le volume de bouillie nécessaire pour le traitement du verger. Il est calculé à l'aide de la formule :
Volume de bouillie = TRV*0.02+200.



En 2021, les mesures réalisées sur les deux vergers faible intrants conduisent à utiliser un volume final de 500 l/ha pour Crimson BI RT et 400 pour Golden BI. En réalité, la majeure partie des traitements réalisés sur ces vergers ont lieu au printemps, époque à laquelle le plein potentiel aérien n'est pas encore atteint. Aussi, les principaux volumes de traitement utilisés pour cette année oscillent entre 300 et 400 l/ha.

- ✓ IFTs

Le graphique ci-dessous présente la moyenne des IFT totaux de 2012 à 2021 par catégorie d'actions. Ces données permettent d'établir l'impact de chaque levier mis en œuvre pour chaque ravageur. La partie gauche de ce graphique représente les IFT totaux en fonction de la dose ha (dose théorique pour les vergers faible intrants) ; tandis que la partie droite présente les IFT totaux en fonction de la dose hl (dose réellement appliquée sur les vergers faible intrants).



En moyenne, le verger RAI emploie 32.1 IFT par an, incluant 9.3 IFT de biocontrôles (soit 29% des traitements réalisés). En comparaison (dose Ha théorique), le verger BI emploie 20.2 IFT dont 6.2 de biocontrôles (30.8%) et le verger BI RT 13.7 IFT dont 6.6 de biocontrôles (48.1%), soit des baisses respectives de 37 % et 57% des IFT totaux.

En comparaison en 2021, le verger RAI emploie 24.3 IFT par an, incluant 9.8 IFT de biocontrôles (soit 40.3% des traitements réalisés). En comparaison (dose Ha théorique), le verger BI emploie 16.2 IFT dont 9.8 de biocontrôles (60.5%) et le verger BI RT 13.6 IFT dont 8.8 de biocontrôles (64.7%), soit des baisses respectives de 33 % et 44% des IFT totaux.
Ces baisses sont principalement liées aux leviers : mécanique (déploiement du filet alt'carpo®), emploi de produits de biocontrôle, et gestion bioagresseurs selon des seuils d'intervention redéfinis.
Les IFTs de biocontrôle sont principalement constitués de soufre, d'huiles minérales, de virus et de gibbérellines, et sont employés sur les 3 vergers.

En moyenne, les biocontrôles représentent 9.3 IFTs pour le verger RAI, 6.2 IFTs pour le verger BI et 6.6 IFTs pour le verger BI RT (respectivement -33.3% et -29% de ces molécules pour BI et BI RT vis-à-vis du verger RAI), ce qui traduit une baisse principalement accès sur l'emploi de molécules classiques (-66.7% et -70.8%).
Dans le détail, ces différences s'expliquent ainsi :

- L'IFT biocontrôle insecticide des vergers Bas Intrants diminue de 64.2% vis-à-vis du verger Raisonné, grâce à l'emploi d'un filet mono-parcelle.
- Par rapport au RAI, l'IFT biocontrôle fongicide du BI augmente de 18.3% (accentuation de l'emploi de soufre), celui de BI RT augmente de 100.6% (réduction du nombre de traitements tavelure du fait de la résistance génétique, mais sensibilité accrue à l'oïdium).
- Aucune différence n'est faite concernant l'emploi de régulateurs de charge pour ces 3 vergers.

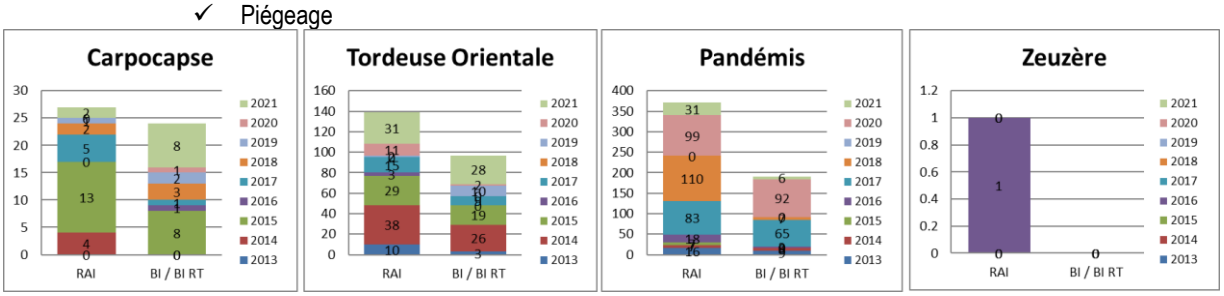
Sur les vergers BI et BI RT, le filet alt'carpo® permet une économie moyenne de 76,6% d'IFT contre la zeuzère et le carpocapse par rapport au RAI.

Concernant les fongicides, le verger RAI enregistre 14.1 IFTs (cumul des IFTs tavelure, oïdium et Biocontrôles cryptogamiques), contre 12.0 IFTs pour BI, soit une impasse de 2.1 traitements en moyenne. Cette différence varie selon le caractère sec ou humide de l'année, du fait d'une stratégie de couverture préventive des risques. Elle pourrait être nettement améliorée grâce à l'emploi d'outils de prévision météorologique et d'OAD plus fins (à postériori, il apparait que de nombreux traitements préventifs sont positionnés inutilement).
Par rapport au verger BI RT, les traitements tavelure représentent 4.5 interventions en moyenne par an. Le levier génétique permet d'économiser près de 65% d'IFT tavelure par rapport au verger RAI. Les 3 IFTs fongiques restants ayant pour cible principale l'oïdium. La réduction des fréquences de traitements fongiques contre la tavelure sur ce verger semble bénéfique à cette maladie secondaire, conduisant à une hausse des traitements de 184.1% quant à cette cible (phénomène largement surestimé du fait de la non-spécificité des produits employés contre la tavelure sur le verger RAI).

Lorsque l'on cumule l'effet transversal de la dose (ajustée au volume foliaire des arbres) à ces premiers leviers, on observe une réduction additionnelle de près de 53% de l'ensemble des IFTs pour les vergers faible intrants.

L'effet combiné des leviers : « dose, filet, biocontrôle et seuil », permet d'obtenir depuis 2012 une réduction moyenne de 75% des IFT totaux sur les vergers faibles intrants, par rapport au verger Référence.
À noter que les conditions météorologiques et nos capacités de prédictions actuelles contribuent à des variations plus ou moins marquées selon les cibles concernées. Aussi, les réductions d'intrants phytosanitaires ne peuvent être considérées comme invariables au cours des saisons.

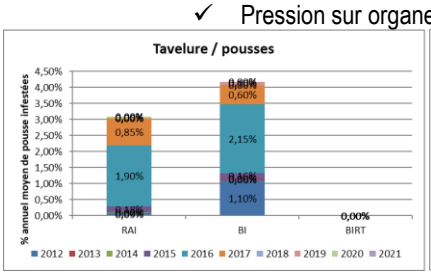
- *Évaluation de la pression en bioagresseurs*
  - ✓ Piégeage

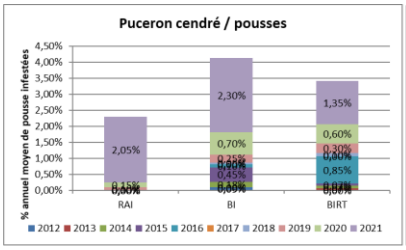


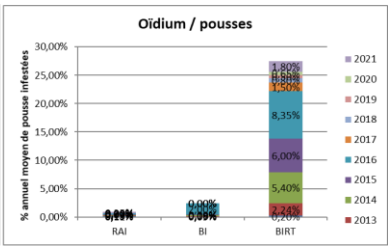
Les différents pièges à phéromones sont installés sur chacune des parcelles. Leurs suivis permettent d'observer l'évolution des principales populations de bioagresseurs en cours de saison.
D'un point de vue climatique, 2021 s'avère être une année plutôt tempérée et proche des années précédentes.
Les conditions climatiques de 2021 sont favorables au développement de bioagresseurs durant la période printanière (pucerons et maladies cryptogamiques se développant sur organes végétatifs). Les fortes températures estivales semblent quant à elles limiter l'explosion des populations de carpocapse et autre papillons (même si les pressions moyennes étaient fortes à modérées sur les parcelles alentours).

Dans l'ensemble, peu de papillons sont capturés en vergers à partir du stade grossissement des fruits, preuve que les stratégies de traitements et de confusion sur la parcelle RAI fonctionnent correctement, et que le filet présent sur la partie faible intrants joue pleinement son rôle de barrière physique.
À noter toutefois que la fermeture de ce filet survient tardivement (reprisage de nombreux trous au cours du chantier d'ouverture), et nécessite une couverture chimique contre la G1 du carpocapse.

✓ Pression sur organes foliaires

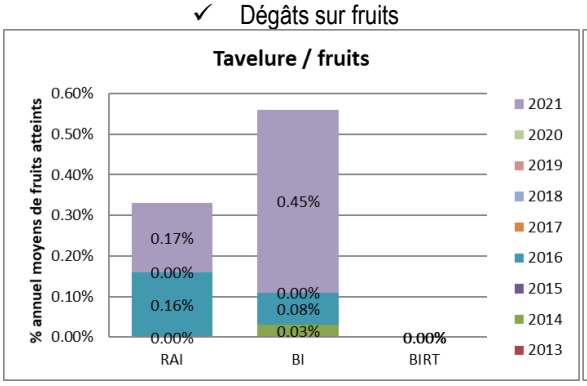


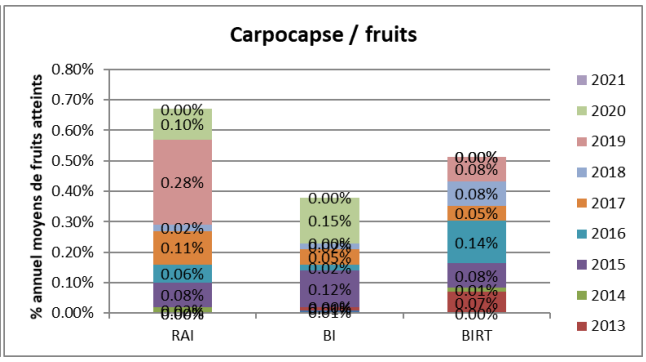




Les suivis hebdomadaires effectués en vergers sont réalisés du débourrement au stade maturation des fruits, en vue d'adapter la stratégie de lutte à l'évolution des populations de bioagresseurs. Les graphiques ci-dessus présentent les symptômes maximums observés par année depuis la plantation des parcelles.
L'hiver et le printemps humides de 2021 s'avèrent plutôt favorables au développement des maladies cryptogamiques. Cependant, très peu de dégâts sont observés sur feuilles au cours de la saison pour l'ensemble des vergers (seulement 0.25% d'oïdium sur le verger RAI et 1.80% sur BI RT).
En 2021, les attaques de pucerons cendrés ont été plus fortes que l'année précédente avec un pic à 2.05% pour le verger RAI, un pic à 2.3% sur le verger BI et 1.35% pour le verger BI RT. Cette tendance s'explique par l'absence de positionnement de pré-floral dans la stratégie de l'année.
Dans l'ensemble, malgré des taux de présence plus importants des populations de bioagresseurs sur les vergers BI et BI RT, celles-ci restent maitrisées (pas d'explosion de foyers au cours du temps). On constate également que la stratégie habituelle de lutte pré-florale contre le puceron cendré permet de le réguler suffisamment pour permettre une action curative des auxiliaires en saison (chrysopes, coccinelles, forficules). À noter également que la nouvelle stratégie de lutte contre l'oïdium (traitement stop calqué sur modèle tavelure) se montre particulièrement efficiente sur le verger BI RT.

✓ Dégâts sur fruits



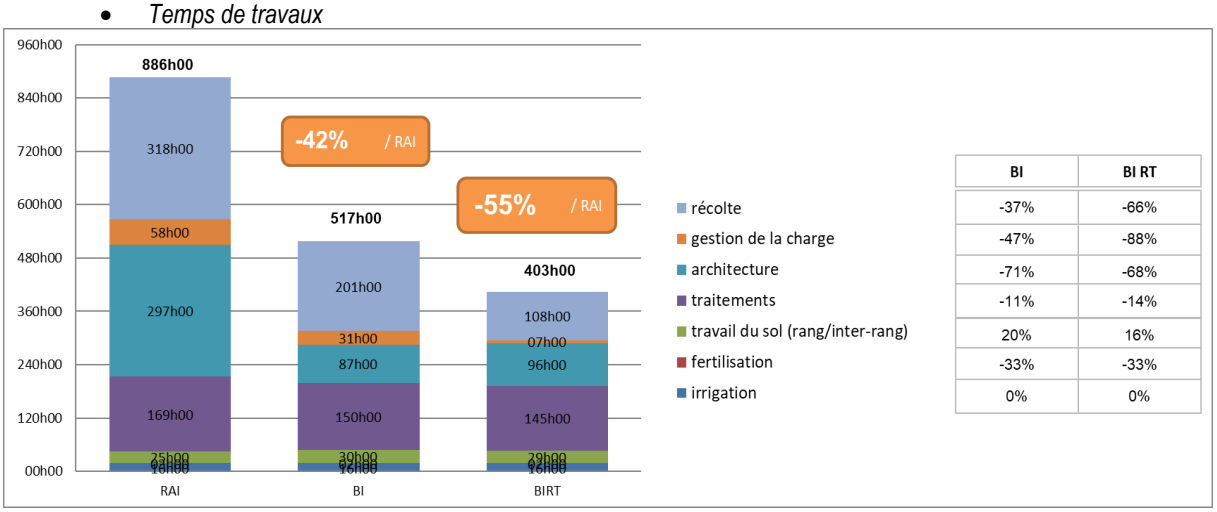


Les graphiques ci-dessus présentent les pourcentages totalisés en verger à la récolte de fruits atteints par la tavelure et le carpocapse.

En 2021, quelques dégâts de tavelure sur fruits sont visibles sur les fruits récoltés dans les vergers Golden RAI et Golden BI, avec respectivement 0.17% et 0.45% d'attaques.
La pression carpocapse en verger semble également modérée (piégeages limités), et ce, sur l'ensemble des vergers de la Pugère (chaleurs estivales néfastes pour les larves). Pour l'année 2021, aucun dégât sur fruits n'a été totalisé sur les trois vergers. Ce ravageur semble également être géré efficacement dans les différents systèmes, malgré une fermeture tardive des filets dans le verger faible intrants, nécessitant une couverture phytosanitaire (2 traitements) durant ce laps de temps. À noter aussi que les filets commencent à se déchirer par endroits (durée de vie moyenne d'un filet mono-parcelle : 7 – 10 ans), nécessitant un gros travail de raccommodage (fermeture hermétique du filet : 2 mois après premiers vols).

Au global, le rehaussement des seuils de présence de bioagresseurs, l'emploi d'une dose adaptée au volume foliaire, le déploiement de barrières physiques, la réduction du nombre d'interventions, etc. en verger ne semblent pas compromettre l'état sanitaire de la production.
À terme, il serait intéressant de réaliser des analyses laboratoire sur les principaux ravageurs observés en verger, afin de déterminer si l'emploi de dose réduite plutôt qu'une dose Ha favorise ou non l'apparition de résistances aux matières actives.

- *Temps de travaux*



	BI	BI RT
récolte	-37%	-66%
gestion de la charge	-47%	-88%
architecture	-71%	-68%
traitements	-11%	-14%
travail du sol (rang/inter-rang)	20%	16%
fertilisation	-33%	-33%
irrigation	0%	0%

Le graphique ci-dessus présente le temps moyen passé par hectare et par an pour chaque type de chantier (récolte, gestion de la charge, architecture…) et ce depuis la plantation des vergers.

De manière générale, la gestion des vergers BI et BI RT permet une réduction des temps de travaux allant respectivement de 42% à 55% vis-à-vis du verger RAI.
Les principales économies s'observent sur les chantiers de taille, de gestion de la charge, et de récolte.
La forme libre donnée aux arbres au sein des vergers faible intrants ne nécessite pas de taille de formation ou d'attachage. Elle consiste en une taille simplifiée permettant de gérer le volume global, et par là même une économie moyenne de temps de l'ordre de 70% en comparaison au verger Référence.
La variété Golden (présente sur les vergers RAI et BI) est plus floribonde que la variété Crimson. Sa bonne capacité de nouaison nécessite d'avantage d'éclaircissage manuel. On note toutefois près de 47% de temps en moins sur le verger BI vis-à-vis du verger RAI pour mener cette opération à bien. La charge globale de Crimson étant par contre plus faible que Golden (BI ou RAI), ne nécessite que très rarement un recours à l'éclaircissage manuel, d'où une réduction de temps plus marquée (-88% de temps par rapport au verger RAI).
Concernant les temps de récolte, les différences entre systèmes sont importantes, et sont apparues dès la 1ère année de production significative (2012). On observe ainsi 37% d'économie pour le verger BI et jusqu'à 66% pour le verger BI RT vis-à-vis du verger RAI. Cette différence s'explique de deux manières : l'aspect variétal et les densités de plantation. En effet, la variété Crimson est moins productive que Golden. D'autre part, le nombre d'arbres hectare sur les vergers faibles intrants est 2,5 fois moins important que pour le verger RAI. Malgré une production à l'arbre supérieure, le tonnage de ces parcelles reste plus faible que celui du verger Référence.
Les temps de traitements (incluant le déploiement et la fermeture des filets, la pose de confusion ou la prophylaxie) sont réduits de 11 à 14% sur les vergers faible intrants, du fait des nombreux leviers de gestion alternatifs (rehausse des seuils d'intervention, impasses sur traitements, barrières physiques, aménagements agroécologiques…). À noter qu'un recours à des OAD plus précis et des équipements optimisés (filets auto-déployant, etc.) permettraient de réduire d'avantage ces temps d'intervention.

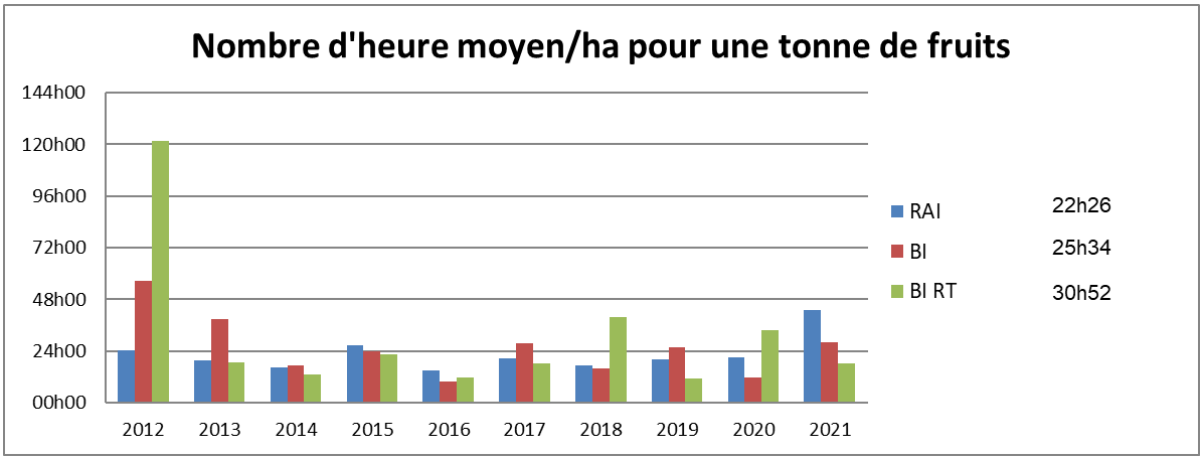
A l'inverse, le travail du sol est plus chronophage sur les vergers faibles intrants (+20%) que sur le verger RAI. Le verger RAI, géré chimiquement et mécaniquement, nécessite en moyenne 24h35/ha de travail contre 30 et 28h06/ha pour les vergers faible intrants, gérés exclusivement de manière mécanique. Cette différence notable est essentiellement liée à l'entretien du rang durant les deux premières années d'installation des parcelles (efficience moins importante du mécanique vis-à-vis du chimique). De plus, depuis 2017, les temps de gestion du rang et de l'inter-rang sont limités au minimum (1 à 2 interventions par an maximum).

Des différences minimes sont également enregistrées entre systèmes. Elles ne sont pas impactées par les densités de plantations, et concernent le pilotage de l'irrigation, et les temps de fertilisation.
A noter que pour permettre une réduction d'eau significative en verger, il est important d'assurer un suivi réactif des sondes et des consignes de pilotage. Depuis l'installation de solénoïdes connectés, les temps d'interventions humaines (ouverture-fermeture de vannes) ont été réduits, et équivalent désormais aux temps passés sur un verger classique.
Les temps de fertilisation sont quant à eux plus fluctuants, car ne représentant qu'une à 2 actions par an, et principalement liés aux critères de charge des vergers.

- *Performances agroéconomiques*

Pour évaluer les performances agroéconomiques du verger, il est intéressant de connaître le nombre d'heures passées pour produire une tonne de fruits. Le graphique ci-dessous représente le temps de travail/ha nécessaire pour produire une tonne

de fruits sur les différents vergers. Ce ratio est établi à partir des temps de travaux et des productions cumulées depuis 2012.

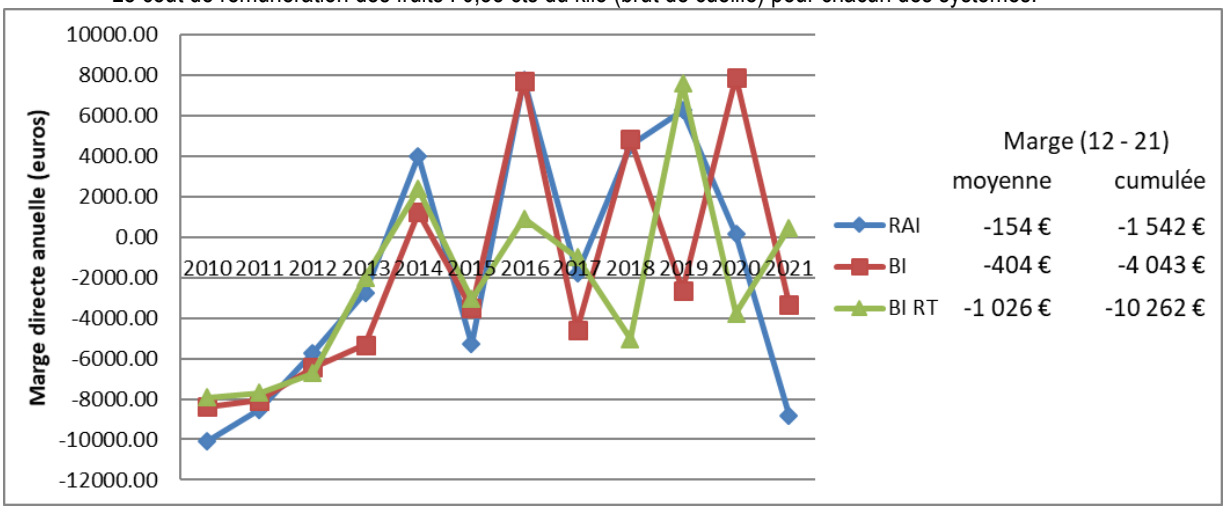


Depuis la première année de production, le verger RAI est le plus efficient. Il lui faut en moyenne 22h26 pour produire une tonne de fruits contre 25h34 pour le verger BI et 30h52 pour le verger BI RT.
Par opposition, entre BI RT et RAI, on remarque que plus le verger est productif, moins le nombre d'heures nécessaires pour produire une tonne de fruits est important. La faible densité hectare des vergers faible intrants en fait des vergers moins efficients en termes de temps de travaux.

- *Analyse économique*

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la marge directe annuelle en euros. Le calcul de cette marge prend en compte :

- Le coût de plantation (filet, palissage, scions, MO, système d'irrigation) + le coût de production sur 2010 et 2011.
- Le coût de main d'œuvre, le coût des intrants (produits phytosanitaires, irrigation et fertilisation), le nombre d'heures de mécanisation du tracteur (traitements, fertilisation et travail du sol), le nombre d'heures de fonctionnement du pulvérisateur pour les traitements.
- L'amortissement du coût de plantation sur 20 ans
- L'amortissement du filet sur 8 ans
- Le coût de rémunération des fruits : 0,35 cts du kilo (brut de cueille) pour chacun des systèmes.



Jusqu'en 2017, les vergers BI et RAI plantés de Golden ont des comportements similaires en termes de marge directe annuelle, et sont très irréguliers. A l'inverse, le verger BI RT, semble plus régulier mais rarement capable de produire une marge directe positive. Ces comportements sont à mettre en relation avec le caractère alternant des parcelles.
Depuis 2018, plusieurs différences apparaissent. Après trois années de bénéfices consécutifs, la marge directe moyenne du verger RAI décroche, passant de 808€ en 2020 à -154€ en 2021 (conséquence directe de la gelée de printemps). L'alternance observée sur le verger BI, qui semblait s'estomper progressivement, reste toujours marquée, faisant chuter la marge directe de -79€ en 2020 à -404€ en 2021. Pour le verger BI RT cependant, malgré une marge annuelle nettement bénéficiaire enregistrée en 2019, et une bonne production en 2021, les bénéfices restent très limités pour l'heure (-1191€ en 2020 pour -1026€ en 2021).

Ces évolutions s'expliquent par un coût de production moyen de 462€/T pour BI RT, contre 389 €/T pour BI et 342 €/T pour RAI. Les coûts de productions moyens enregistrés depuis 2012 restent plus élevés sur les vergers faible intrants, car moins

productifs (tonnages et hors calibres importants, malgré un nombre d'interventions en verger limité), que sur le verger Référence.

Après 9 ans de production, les marges directes des différents vergers sont faibles, et celles des vergers faibles intrants sont encore négatives. La trop faible densité hectare de ces parcelles ne permet pas de compenser le temps de production investi, même si celui-ci s'avère plus faible que pour le verger Référence.
Les évolutions économiques sont à poursuivre dans le temps afin de confirmer ces tendances.

6. Conclusions de l'essai

Depuis la mise en place des vergers en 2010, les résultats montrent qu'une diminution des intrants est possible. Celle-ci peut être conduite sur : l'irrigation, les fertilisants, les produits de traitements, ainsi que sur les temps de travaux.
Dans le même temps, il apparait que les vergers Bas Intrants obtiennent des rendements plus faibles que le verger RAI, malgré une production à l'arbre supérieure. Cette différence est principalement liée aux densités de plantations. Les solutions alternatives de traitements et les seuils de bioagresseurs rehaussés ne semblent pas impacter la qualité de la production.
Si l'on considère le temps moyen nécessaire pour produire une tonne de fruits comme indicateur, il semble que les systèmes BI et BI RT soient moins efficients après 11 années de suivi (dont 9 de production) que le verger RAI.

Les principaux enseignements de cette étude sont que pour être économiquement viables, la densité de plantation des vergers ne doit pas descendre au-dessous de 1200 à 1500 arbres par hectare (même avec un porte-greffe vigoureux). La production des vergers ne doit pas descendre sous un minima de 25 T/ha (pour permettre de dégager une marge positive), à moins de pouvoir réduire les coûts de production à moins de 250 €/T. D'autre part, les réductions d'intrants doivent être réfléchies et envisagées en fonction des modèles de valorisation de la production. Une restriction massive d'eau peut entrainer de fortes pertes économiques, tout comme une mauvaise maitrise des bioagresseurs. Ces facteurs sont d'autant plus importants durant la phase d'installation des vergers.

Cet essai reste à poursuivre sur la phase vieillissante du verger. Des informations quant à la régularité de production, à la pérennité des systèmes, à l'efficience de la dose d'application, à la rentabilité économique, etc. sont encore à acquérir.

Pour avoir des informations complémentaires sur le programme : contact@lapugere.com