



ISARA
23 rue J.Baldassini
69364 LYON CEDEX 07

INRAE Centre Occitanie Montpellier
2 Place Pierre Viala
34060 MONTPELLIER CEDEX 1
FRANCE

LE POMMIER EN AGROFORESTERIE : ANALYSE DES COMPOSANTES DU RENDEMENT

**Document ressource issu du Mémoire de
Fin d'Études**

GAUTIER Anna
Élève Ingénieure ISARA-Lyon

Promotion 51 (2018 – 2023)
Date de la soutenance : 6 septembre 2023

Tuteur Pédagogique : Olivier DUCHENE

Directeur de mémoire :
Pierre-Éric LAURI, ingénieur de recherche,
UMR ABSys

Avec la participation financière de :
GIS Fruit, Département de l'Hérault, Programme ALTO



Le document suivant a pour vocation de résumer le mémoire de fin d'étude afin de le rendre facilement accessible, notamment pour un public de professionnels en arboriculture.

VERGER DE POMMIERS EN AGROFORESTERIE : QUELLES PERSPECTIVES ?

Depuis 2016, une expérimentation sur des pommiers plantés en association avec des noyers est menée sur une parcelle de l'Hérault suivie par INRAE. L'objectif est d'analyser la croissance des pommiers et leur potentiel de rendement en situation agroforestière. Ce document présente les résultats de l'expérimentation entre 2018 et 2023 et les perspectives envisageables d'un verger de pommier en agroforesterie.

QU'EST-CE QUE L'AGROFORESTERIE ?

Loin d'être une pratique récente, l'agroforesterie était déjà en place au Moyen-Âge sous différentes formes : le pré-verger, système associant des animaux de pâture sous des arbres fruitiers, est un exemple d'agroforesterie largement répandu en France entre le 16ème et le 20ème siècle. Les "coltura promiscua", qui eux associent des cultures légumières sous des oliviers, étaient présents en Italie au 18ème siècle. L'agroforesterie est aussi largement répandue en système tropical. Le café par exemple pousse systématiquement sous une strate d'arbres plus hauts, profitant ainsi de leur ombre.

L'agroforesterie peut être définie par l'exploitation des terres avec une association d'arbres et de cultures (céréales, maraîchage, ou encore arbrisseaux ou arbres fruitiers) ou d'animaux (Dupraz, Liagre, 2011). Ce terme englobe en réalité de nombreuses pratiques, qui ont toutes pour point commun de conjuguer sur un même espace des plantes appartenant à des types biologiques différents : herbacées, arbres, ou encore arbustes.



QUELS SONT LES INTÉRÊTS DE L'AGROFORESTERIE ?

Dans un contexte de raréfaction des terres arables, la parcelle agroforestière est présentée comme avantageuse car elle a une double vocation de production : annuelle grâce aux cultures ou aux pâtures, et à long terme avec les produits issus de la sylviculture.

Les arbres sont facteurs de modification des paramètres du climat :

- Ils augmentent l'évapotranspiration et baissent la température de l'air, comparé aux cultures (Bonan, 2008)
- En phase feuillée, d'importants niveaux d'échanges thermiques se créent, et une augmentation de l'humidité absolue moyenne de l'air sous le couvert de l'arbre est observée (Baldy et al., 1993)
- Sous une canopée, l'amplitude de variation de température entre le jour et la nuit est également réduite (Gosme et al., 2016)
- La présence des arbres modifie également les composantes du vent au sol, car l'effet brise-vent se répartit sur toute la parcelle de façon homogène.

Les arbres ont aussi des effets sur la dynamique des eaux :

- Ils facilitent l'infiltration des pluies : la rugosité de surface est augmentée, ce qui freine le ruissellement des eaux et permet le stockage transitoire de l'eau en excès. Le système racinaire des arbres permet l'infiltration profonde de l'eau (Baldy et al., 1993).
- Les racines profondes des arbres permettent une remontée d'eau dans les couches superficielles du sol (« hydraulic lift ») par le biais des racines superficielles (Dawson, 1993).



Exemple de parcelle agroforestière (plante annuelle sous noyers) au Domaine de Restinclières

En résumé, Dupraz et Liagre (2011) affirment qu'en combinant les effets de réduction du rayonnement sous les houppiers et de la vitesse du vent, et de l'augmentation de l'humidité de l'air par transpiration des arbres, la demande en eau des cultures sous un peuplement arboré peut être réduite de 30% en période estivale (dans le sud de la France, pour un peuplement de 50 arbres adultes par hectare).

Comment estimer la productivité d'une parcelle agroforestière ?

La Surface Équivalente Associée (SEA, ou LER en anglais) désigne la surface nécessaire, en séparant arbres et cultures sur deux parcelles différentes, pour obtenir la même production que sur un hectare agroforestier. Obtenir une SEA supérieure à 1 indique que l'association agroforestière est plus productive que les cultures et les arbres séparés. (Dupraz, Liagre, 2011).

Par exemple, l'association de cerisiers et de noyers montre une SEA de 1,3 (Paut et al., 2018)

L'AGROFORESTERIE POUR LES POMMIERS : QUELS AVANTAGES ?

• Réduction des dégâts dus aux excès de rayonnement

Dans le contexte de hausse des températures, les fruits subissent des dégâts dus à l'excès de rayonnement, comme les coups de soleil par exemple. Ceux-ci se manifestent sous la forme de blanchiments de la chair quand les températures à la surface du fruit excèdent les 45°C, puis par une mortalité de la peau et des cellules de la chair après 52°C. Une seule heure d'exposition à des températures telles que celles-ci peuvent suffire à compromettre la commercialisation du fruit (Olivares-Soto et al., 2018; Legave, 2021). L'exposition à des températures élevées pourrait aussi entraîner l'élévation de la concentration en sucres dans le fruit, par le biais de la stimulation intense de l'enzyme impliquée dans le stockage des sucres et par la diminution de la teneur en eau des fruits.

Le contexte de hausse des températures peut également amener à une augmentation des contraintes hydriques. Celles-ci peuvent aussi être à l'origine de la réduction de la croissance du fruit et de la surface foliaire de l'arbre, ce qui a pour conséquence d'inhiber la photosynthèse. Des fentes et des éclatements peuvent également résulter de la mauvaise alimentation en eau, ces phénomènes étant exacerbés par les irrégularités pluviométriques (Legave, 2021).

• Baisse de l'effet du changement climatique sur la phénologie des arbres

Les effets du changement climatique se font également ressentir sur la phénologie de l'arbre.

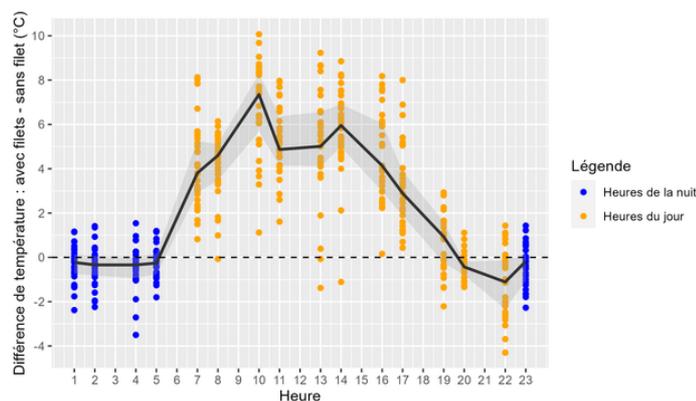
En effet, les différentes levées de dormance des bourgeons sont, pour certaines, dépendantes des facteurs environnementaux et notamment de la température. Dans certaines zones géographiques, des températures plus chaudes au printemps induisent un raccourcissement de la période de besoin en chaleur, et donc une avancée de la sortie d'écodormance. Ceci implique un risque de gel accru, puisque les pommiers fleurissent plus tôt et sont donc plus susceptibles de porter des fleurs pendant les épisodes de gels printaniers qui, eux, interviennent sensiblement aux mêmes périodes.

Il existe également un risque de non concordance des périodes de floraison entre variétés inter-fécondes, ce qui peut poser des difficultés lors de la pollinisation (Farrera, 2023).

Les excès de températures peuvent aussi mener à une réduction de la période effective de pollinisation, et donc à un taux de nouaison réduit.

D'autres phénomènes sont observés en réaction aux fortes températures : les avortements floraux semblent plus fréquents, ainsi que la formation de doubles pistils. Cette spécificité, qui est un trait d'adaptation aux conditions tropicales, mène à la formation de fruits doubles difficilement commercialisables. Les températures élevées ont également tendance à altérer la réceptivité des stigmates chez les arbres fruitiers, ce qui a un impact sur la pénétration du pollen dans le stigmate et le style, et sur sa germination (Legave, 2021).

Pour éviter ces dégâts, les vergers sont fréquemment protégés par des filets d'ombrage. Mais, d'après une étude menée sur les pommeraies du CETA Vidourle, ces filets modifient également les températures au sein du verger : en effet, il fait plus chaud en journée dans les vergers protégés par des filets, une différence allant jusqu'à 5°C pouvant être observée par rapport aux vergers sans filets. Leur utilisation pour répondre aux problèmes liés à la hausse des températures n'est donc pas sans poser question.



Différence de température entre les vergers de pommiers avec filets et ceux sans filet, à 1m du sol, en juillet 2019. La ligne noire représente la médiane de la différence entre la température sous filets gris et la température sans filet, la zone ombrée représente les intervalles interquartiles (Données : CETA Hérault-Vidourle)

EXPERIMENTATION SUR LE POMMIER EN AGROFORESTERIE : PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE ET DE SES RÉSULTATS

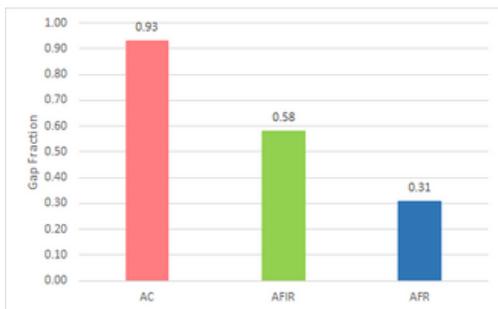
Les résultats présentés sont issus d'une expérimentation menée au Domaine de Restinclières, dans l'Hérault. Des noyers (*Juglans nigra* × *Juglans regia* NG23), cultivés pour le bois d'œuvre, ont été plantés en 1995 sur une parcelle de 1,5 ha. Les rangs de noyer sont espacés de 13m. 149 pommiers ont ensuite été plantés sur la même parcelle, en 2016, sur des lignes espacées de 6,5 mètres.

Les pommiers sont de la variété « Chouquette® Dalinette », avec 10% de pollinisateurs « Story », tous greffés sur les porte-greffes « Geneva® G202 C.O.V. »



Pommiers sur le rang des noyers au Domaine de Restinclières

L'objectif de l'expérimentation est de caractériser la croissance et le fonctionnement reproducteur des pommiers en agroforesterie : pour cela, trois modalités différentes sont testées, qui sont caractérisées par un Gap Fraction différent (soit la quantité de lumière arrivant sur le pommier sans noyer au-dessus, par rapport à la quantité de lumière arrivant sur le pommier avec un noyer présent au-dessus).



Moyenne du Gap Fraction sur les trois modalités en 2022 (issu de Kuhn, 2022)

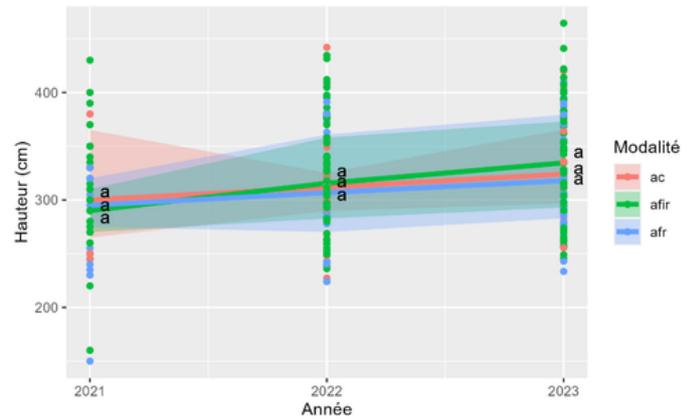
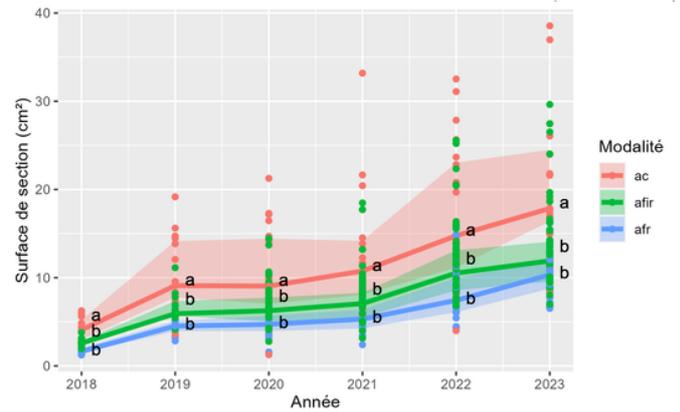
3 modalités sont testées :

- La modalité « témoin agricole » (appelée AC, Agricultural Control) désigne les arbres plantés comme dans un verger classique. Ils sont en pleine lumière.
- La modalité en « inter-rang des noyers » (AFIR, AgroForestry Inter-Row), sont placés à 6,5 mètres en parallèle des rangs de noyers. Ils ont un apport de lumière intermédiaire.
- La modalité « sur le rang des noyers » (AFR : AgroForestry Row), désigne les pommiers plantés sur la même ligne que les noyers et considérés comme bénéficiant d'un bas apport de lumière.

Les résultats présentés sont issus de 6 années de collecte de données, de 2018 à 2023.

Sur les graphiques ci-dessous, les valeurs avec une lettre différente indiquent que les modalités sont statistiquement différentes.

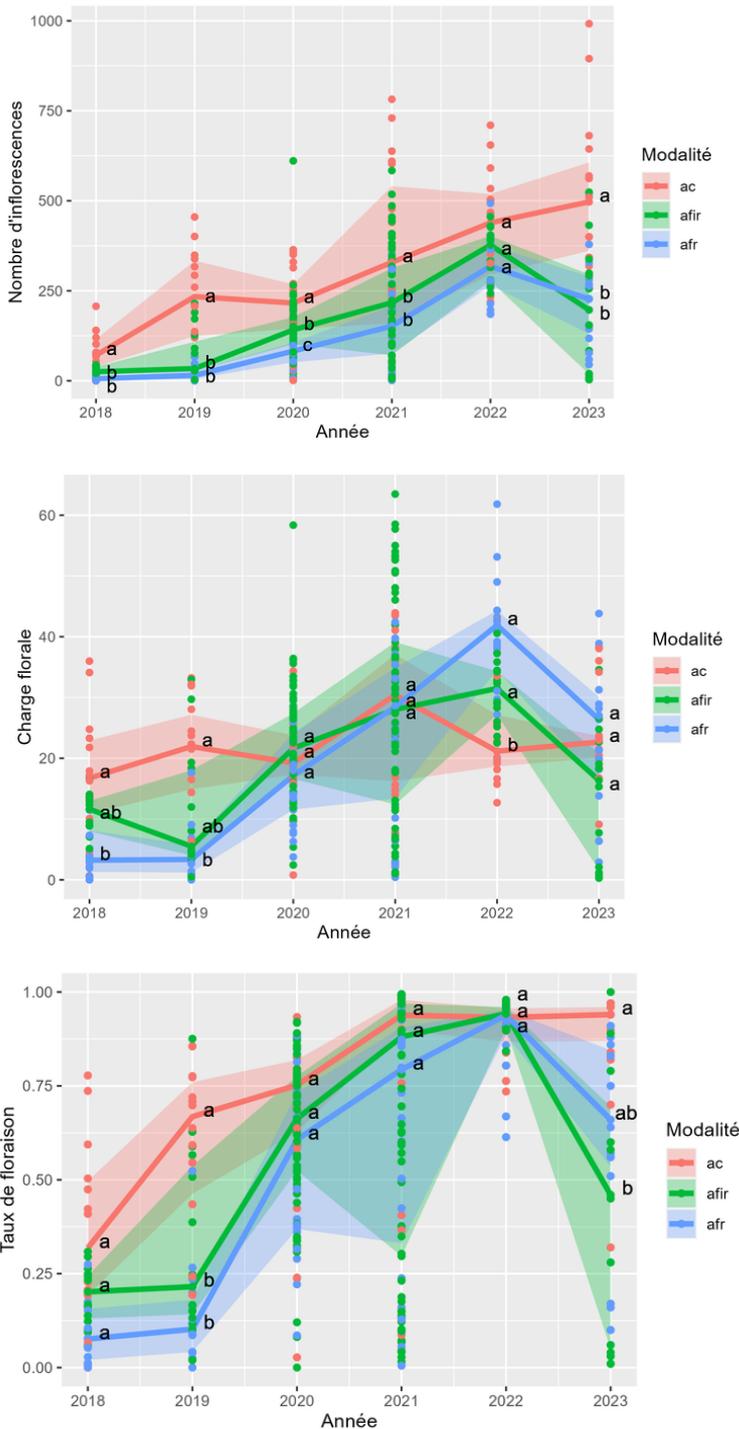
• Croissance végétative



Évolution de la surface de section de tronc des pommiers (en haut), et de la hauteur des pommiers (en bas), en cm² et cm entre 2018 et 2023. La ligne représente la médiane, les zones ombrées représentent les intervalles interquartiles.

La surface de section du tronc croît de manière régulière sur les six années étudiées, avec la modalité AC toujours au-dessus des modalités agroforestières, et les pommiers en inter-rang au-dessus de ceux sur le rang. En revanche, la hauteur des arbres reste la même sur les trois modalités. La mise en situation agroforestière induit donc un développement d'arbres plus minces mais de même hauteur que les arbres en vergers traditionnels. Les analyses faites sur les branches tendent vers la même conclusion : la croissance primaire de l'arbre (responsable de la croissance apicale) n'est pas affectée par l'ombre, au contraire de la croissance secondaire (responsable de la croissance en diamètre du tronc et des branches).

• Floraison

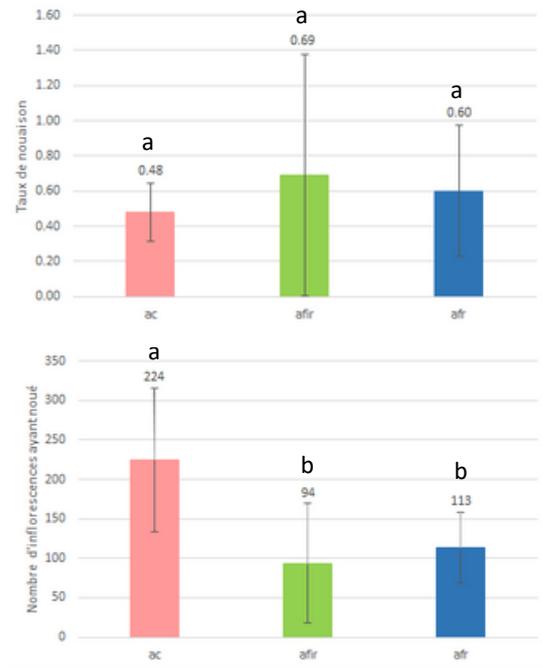


Évolution du nombre d'inflorescences, de la charge florale (nombre d'inflorescences par rapport à la surface de section du tronc) et du taux de floraison (nombre de bourgeons floraux par rapport au nombre total de bourgeons) entre 2018 et 2023.

Le nombre d'inflorescences est plus haut sur AC que sur les deux autres modalités : l'ombre a donc un effet sur le nombre d'inflorescences qui se développent. La charge florale d'AC est forte quand les arbres sont jeunes, puis diminue au fur et à mesure que les arbres vieillissent, où les trois modalités s'équilibrent. Cela peut être expliqué par le fait qu'AC présente certes plus d'inflorescences, mais a aussi des surfaces de section de tronc qui croissent plus vite que sur les deux autres modalités, ce qui diminue la charge florale. Les modalités agroforestières sont donc un peu plus efficaces que la modalité témoin, puisqu'elles présentent un rapport du nombre d'inflorescences sur la surface de section de leur tronc plus élevé, mais il n'y a pas de différence statistique entre les charges florales.

Le taux de floraison est égal entre les modalités sur la plupart des années de l'étude : la mise en situation agroforestière n'a pas d'effet sur la proportion de bourgeons végétatifs ou floraux sur les pommiers.

• Nouaison



Taux de nouaison (nombre d'inflorescences ayant noué par rapport au nombre d'inflorescences) et nombre d'inflorescences ayant noué en 2023. Les barres représentent les écarts-types.

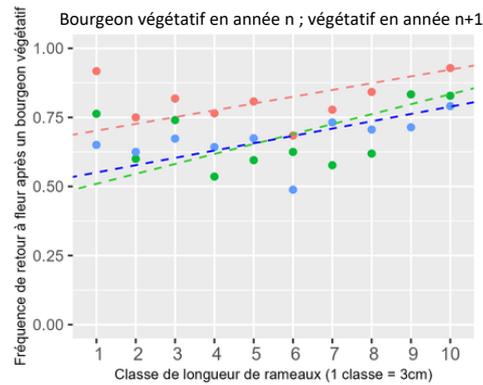
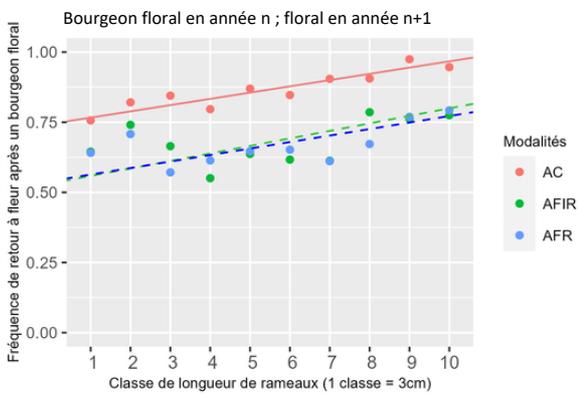
L'étude du nombre d'inflorescences ayant noué donne une idée du potentiel de production du verger, et de sa variation en fonction des modalités. Conjugué à une étude du poids moyen du fruit selon son diamètre, cela donne une indication du rendement en tonne par hectare. Ce nombre doit être ajusté car il est modifié par l'éclaircissage, puis par la chute des fruits pendant leur croissance.

AC en présente plus d'inflorescences ayant noué qu'AFIR et AFR, cela peut être dû au nombre d'inflorescences supérieur pour AC (comme vu précédemment). Le taux de nouaison quant à lui n'est pas affecté par la modalité.

Il est important de noter que la date de débourrement des noyers est tardive : elle arrive après la floraison et la nouaison des pommiers. La présence des noyers au-dessus des pommiers peut donc ne pas avoir d'effet sur la floraison et sur la nouaison par le simple fait que la luminosité n'est pas affectée jusqu'à tard dans la phénologie du pommier. La présence d'autres essences en strate haute, avec une date de débourrement moins tardive, aurait certainement influencé autrement la floraison et la nouaison des pommiers en agroforesterie.

• Retour à fleur

L'analyse du retour à fleurs entre années consécutives est un élément de diagnostic important en arboriculture fruitière, et permet d'appréhender le rendement d'une année sur l'autre.

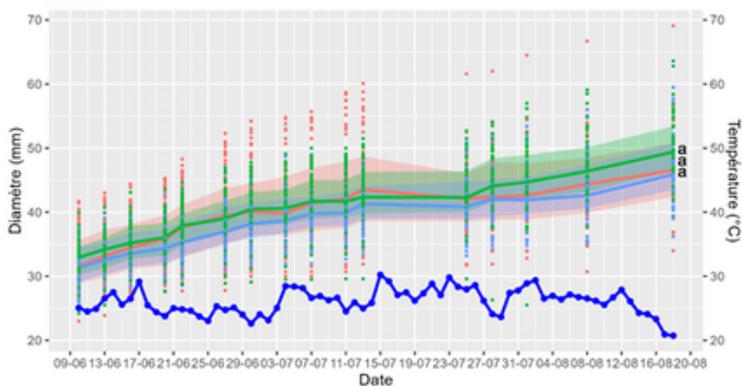


Les graphiques montrent que plus le rameau est long en année n, plus la fréquence de retour à fleur est haute en année n+1, puisque les pentes sont positives. Cette relation est vraie pour les trois modalités. Par contre, les arbres à l'ombre ont une moins grande fréquence de retour à fleur, car leurs ordonnées à l'origine sont plus basses. Ces deux observations sont vraies pour un bourgeon végétatif ou floral en année n.

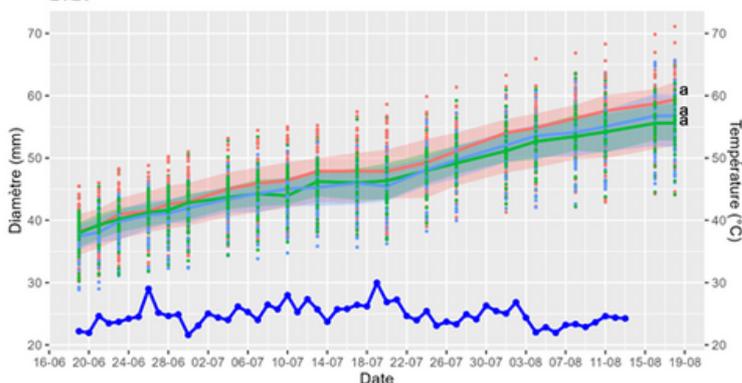
Ceci confirme le fait que la variété Dalinette est peu alternante, et fortement floribonde, mais que le contexte agroforestier affecte négativement le retour à fruit de cette variété, de l'ordre de 20% dans notre expérimentation.

• Croissance des fruits

2022



2023

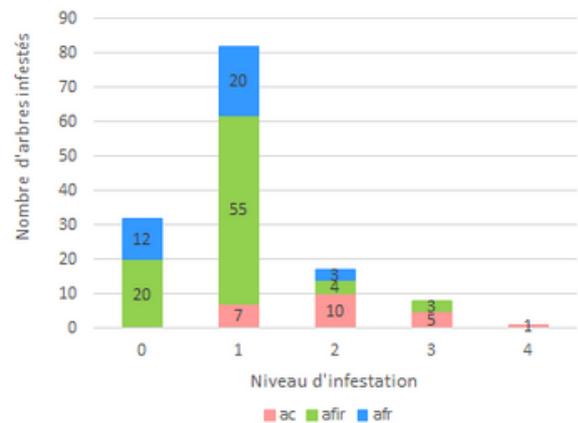


Évolution du diamètre des pommes en mm, en parallèle des températures moyennes en degrés Celsius en 2022 et 2023.

Il n'y a pas de différence statistique du diamètre des pommes entre les modalités à la date d'arrêt des mesures. En 2022, on observe une baisse de diamètre des pommes parallèlement à de fortes températures. On peut supposer que les pommes ont réalloué de l'eau à l'arbre pour assurer sa survie (Tromp, 1984). En 2023, ceci n'est pas observé.

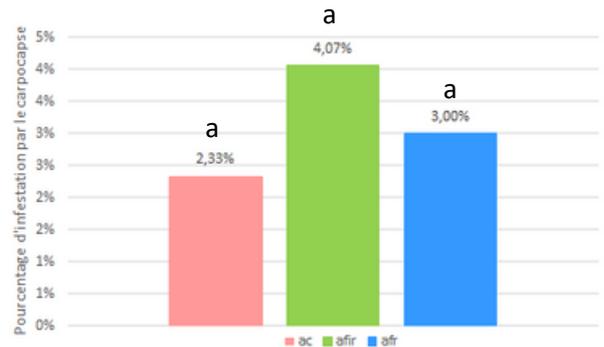
• Effets des bioagresseurs

◦ Puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*)



Nombre d'arbres infestés par les pucerons en fonction de leur classe d'infestation : 0 = arbre non touché ; 1 = impact inférieur à 10% ; 2 = impact compris entre 10 et 25% ; 3 = impact compris entre 25 et 50% ; 4 = impact supérieur à 50%.

◦ Carpocapse (*Cydia pomonella*)



Pourcentage de pommes infestées par les carpocapses en 2023, sur 20 pommes choisies au hasard par arbre.

Les pucerons s'attaquent d'avantage aux arbres en témoin agricole qu'à ceux en agroforesterie (AC : a, AFIR et AFR : b). Cela peut néanmoins également être dû à la répartition spatiale des arbres, les témoins étant sur les bordures de parcelles et donc plus vulnérables. Pour les carpocapses, il n'y a pas de différence entre les modalités. Les carpocapses étant des individus ailés, ils peuvent facilement passer d'une modalité à une autre.

Les pommiers en agroforesterie :

- des arbres de même hauteur mais plus minces
- moins d'inflorescences, mais une charge florale et un taux de nouaison équivalents
- un taux de nouaison similaire
- des pommes de même calibre
- moins d'attaques de pucerons cendrés, autant de carpocapses

QUE RETENIR POUR LA CONCEPTION DE VERGERS AGROFORESTIERS ?

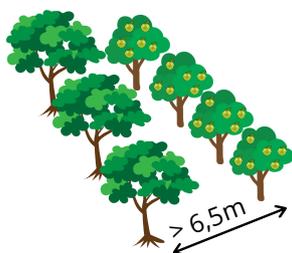
Cette étude nous fournit des pistes pour la conception de vergers de pommiers en agroforesterie.

Premièrement, le choix de la variété plantée sur la parcelle de Restinclières s'est fait sur des critères propres à l'expérimentation, mais il est envisageable de choisir une variété plus propice à la croissance à l'ombre. Par exemple, les vergers de Granny Smith sont fréquemment recouverts de filets d'ombrage afin que la pomme ne jaunisse pas – elle perdrait sa valeur de commercialisation. Remplacer les filets d'ombrage par des arbres serait donc un dispositif pertinent, d'avantage encore si ces filets augmentent les températures dans les vergers.

Ensuite, un système pourrait également être envisagé avec des pommiers plantés avant les arbres de la strate haute ; ils pourraient ainsi acquérir une certaine vigueur et entrer en phase productive sans subir l'effet de l'ombre induite par les autres arbres. Ces derniers seraient plantés plus tard et fourniraient leur ombre au moment où les pommiers sont déjà assez vigoureux pour moins subir cet effet. En revanche, le choix du noyer comme essence en strate haute est pertinent : comme mentionné plus haut, sa date de débourrement tardive laisse au pommier le temps de fleurir et de nouer au soleil, et l'ombre du noyer n'intervient que quand le rayonnement devient plus important. Le choix de l'essence en strate haute reste donc un élément important à prendre en compte dans la conception du système.

L'étude montre également que la modalité en inter-rang des noyers (AFIR) se développe mieux que la modalité sur le rang des noyers (AFR) en terme de composantes du rendement (bien que les résultats présentent souvent une forte variabilité). Un système avec des pommiers en inter-rang des noyers pourrait donc être pertinent, avec des pommiers espacés d'au moins 6,5 mètres de la strate haute.

Enfin, si les filets servent à limiter les excès de rayonnement, leur fonction première est souvent celle d'anti-grêle. Il paraît donc difficile pour un arboriculteur de s'en passer au profit d'arbres en strate haute. Mais les arbres en strate haute pourraient servir à amortir les chutes de grêle sur les pommiers puisqu'ils recevraient les grêlons avant les arbres en-dessous. Des études seraient nécessaires afin d'approfondir cette piste.



Pour un verger en agroforesterie :

- une variété tolérante à l'ombre
- une implantation des pommiers en amont de la strate haute
- des pommiers uniquement en inter-rang
- un potentiel de limitation des dégâts de la grêle et des pucerons cendrés



© Lauri

BIBLIOGRAPHIE

BALDY, Charles, DUPRAZ, Christian et SCHILIZZI, Steven, 1993. Vers de nouvelles agroforesteries en climats tempérés et méditerranéens. Cahiers Agricultures. 1993. pp. 375-386.

BONAN, Gordon B., 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. Science. 13 juin 2008. Vol. 320, n° 5882, pp. 1444-1449. DOI 10.1126/science.1155121.

DAWSON, Todd E., 1993. Hydraulic lift and water use by plants: implications for water balance, performance and plant-plant interactions. Oecologia. octobre 1993. Vol. 95, n° 4, pp. 565-574. DOI 10.1007/BF00317442.

DUPRAZ, Christian et LIAGRE, Fabien, 2011. Agroforesterie, des arbres et des cultures. Groupe France Agricole. Agriproduction. ISBN 978-2-85557-205-5.

FARRERA, Isabelle, 2023. Phénologie des espèces fruitières et changement climatique. Diaporama. INRAE Maugeio. 8 juin 2023.

GOSME, Marie, DUFOUR, Lydie, INURETTA AGUIRRE, HD et DUPRAZ, Christian, 2016. Microclimatic effect of agroforestry on diurnal temperature cycle. 23 mai 2016.

LAURI, DOUARD, S., CHAPPOT DE LA CHANONIE, J. et NORMAND, F., 2022. Biodiversified agrosystems: do we need more knowledge on plant architecture and functioning? The case of fruit trees. Acta Horticulturae. Décembre 2022. N° 1355, pp. 133-140. DOI 10.17660/ActaHortic.2022.1355.17.

LAURI, Pierre-Éric et SIMON, Sylvaine, 2019. Achieving sustainable cultivation of temperate zone tree fruits and berries Volume 2: Case studies [en ligne]. Michigan State University : Burleigh Dodds Science Publishing. [Consulté le 28 mars 2023]. Burleigh Dodds Series in Agricultural Science. ISBN 978-1-78676-212-2. Disponible à l'adresse : <https://shop.bdspublishing.com/store/bds/detail/workgroup?id=3-190-72794>

LEGAVE, Jean-Michel, 2021. Les productions fruitières à l'heure du changement climatique : Risques et opportunités en régions tempérées Ed. 1 [en ligne]. Editions Quae. [Consulté le 31 mars 2023]. ISBN 978-2-7592-3251-2. Disponible à l'adresse : <https://unr-ra.scholarvox.com/catalog/book/docid/88922842>

OLIVARES-SOTO, Héctor, BASTÍAS, Richard M., OLIVARES-SOTO, Héctor et BASTÍAS, Richard M., 2018. Photosynthetic efficiency of apples under protected shade nets. Chilean journal of agricultural research. mars 2018. Vol. 78, n° 1, pp. 126-138. DOI 10.4067/S0718-58392018000100126.

PAUT, R., SABATIER, R. et TCHAMITCHIAN, M., 2018. Horticultural agroforestry systems : a modelling framework to combine diversification and association effects. 2018.

PITCHERS, Benjamin, 2021. ARCHITECTURE AND FRUITING OF APPLE TREE IN AGROFORESTRY – LINKING ARCHITECTURAL DEVELOPMENT, FLOWERING AND XYLEM FLOW. 2021.

TROMP, J., 1984. Diurnal fruit shrinkage in apple as affected by leaf water potential and vapour pressure deficit of the air. Scientia Horticulturae. janvier 1984. Vol. 22, n° 1-2, pp. 81-87. DOI 10.1016/0304-4238(84)90086-4.

Le pommier en agroforesterie : analyse des composantes du rendement

Apple tree in agroforestry : analysis of yield components

Mots-clés : pommier, agroforesterie, arboriculture, architecture végétale, fruits

Key-words : apple tree, agroforestry, arboriculture, plant architecture, fruits

Résumé :

Le verger expérimental agroforestier du Domaine de Restinclières est composé d'une strate haute de noyers, avec laquelle sont placés des pommiers selon trois modalités différentes : en témoin agricole, en inter-rang des noyers et sur le rang des noyers. L'objectif de l'étude menée est de comprendre quel est l'effet de l'agroforesterie sur le pommier, dans un contexte de changement climatique où les vergers subissent des dégâts dus aux excès de températures. Plus précisément, ce stage se concentrait sur l'analyse des composantes du rendement de ce système, en comparant les trois modalités de 2018 à 2023. Cela nécessitait donc de réaliser une collecte de données de terrain pour l'année 2023, et des analyses statistiques sur les données déjà collectées les années précédentes. Les résultats montrent que les pommiers en agroforesterie, par rapport au témoin, présentent une structure plus fine mais sont de même hauteur, ont moins d'inflorescences mais un taux de floraison, de nouaison et une charge florale similaires. Ils ont des fruits de même taille, et le même nombre de chutes de fruit en été. Les pucerons cendrés (*Dysaphis plantaginae*) s'attaquent moins aux pommiers en agroforesterie, les carpocapses (*Cydia pomonella*) ne semblent pas affectés par ce paramètre. La présence de noyers au-dessus des pommiers affecte donc le pommier principalement dans sa croissance végétative, ce qui a un impact sur le rendement final. Des études sur différents aménagements et variétés doivent être menées afin de conclure sur la pertinence de ce système.

Abstract :

The experimental agroforestry orchard at Domaine de Restinclières is composed of a high stratum of walnut trees, with which are placed apple trees in three different modalities : some apple trees serve as the agricultural control, some are placed between the rows of walnut trees, and some are positioned within the rows of walnut trees. The objective of this study is to understand the effect of agroforestry on apple trees, within the context of climate change, where orchards are susceptible to damage from excessive temperatures. More specifically, this internship focused on the yield components of the system, comparing the three modalities from 2018 to 2023. To achieve this, we collected data for 2023, and we also drew upon data collected in previous years. The results indicate that agroforestry apple trees, when compared to the control, have a finer structure but have the same height, fewer inflorescences but a similar rate of flowering, fruit set and flower load. They have the same fruit size, and the same number of fruit falls in summer. Apple aphids (*Dysaphis plantaginae*) are less prevalent in agroforestry apple trees, while codling moths (*Cydia pomonella*) do not appear to be influenced by this factor. The presence of walnut trees above the apple trees predominantly affects the vegetative growth of the trees, which in turn has an impact on the final yield. Further studies on different arrangements and varieties are required draw conclusions regarding the suitability of this system.

Nombre de pages du document final : 50

<p><u>Demandeur (entreprise, organisme...) :</u> INRAE CENTRE OCCITANIE MONTPELLIER</p>
