

Annexe n°8

CERET – EARL Alma

NOTICE DESCRIPTIVE DU PROJET

décembre 25



Table des matières

1.	L'agrivoltaïsme : outil agricole d'adaptation au changement climatique	3
1.1.	Sun'Agri, pionnier de l'agrivoltaïsme dynamique	3
1.2.	L'agrivoltaïsme dynamique par Sun'Agri	3
1.2.1.	Le principe de l'agrivoltaïsme dynamique	3
1.2.2.	Un pilotage agronomique intelligent.....	4
1.2.3.	Une innovation issue d'un programme de recherche aux résultats agronomiques démontrés	4
1.2.4.	Surfaces éligibles aux projets Sun'Agri	6
1.2.5.	Une structure adaptée aux exploitations viticoles et arboricoles.....	7
2.	Le projet agricole de l'EARL Alma	9
2.1.	Présentation du porteur de projet	9
2.2.	Intérêt agronomique et objectifs du projet.....	9
2.2.1.	Un projet répondant à des problématiques agro-climatiques de la filière arboricole en Occitanie.....	9
2.2.2.	Objectifs du projet pour l'exploitation	13
2.3.	Choix de la parcelle de projet.....	15
2.4.	Description du projet agricole	16
2.4.1.	Surface agrivoltaïque et zone témoin	16
2.4.2.	Cultures.....	17
2.4.3.	Mode de culture	17
2.4.4.	Géométrie de culture	18
2.5.	Une gouvernance mettant l'agriculteur au cœur du processus.....	20
3.	Programme de recherche et résultats expérimentaux	23
3.1.	L'aboutissement de 15 ans de R&D et de trois programmes de recherche.....	23
3.1.1.	Positionnement par rapport aux autres technologies d'agrivoltaïsme.....	24
3.1.2.	Les cultures et régions cibles.....	25
3.2.	Des résultats ayant prouvé l'efficacité du système	25
3.2.1.	Synthèse des résultats en viticulture.....	27
3.2.2.	Synthèse des résultats en arboriculture.....	28
3.3.	Enjeux du déploiement à plus grande échelle.....	28

1. L'agrivoltaïsme : outil agricole d'adaptation au changement climatique

1.1. Sun'Agri, pionnier de l'agrivoltaïsme dynamique



Sun'Agri répond à l'urgence du changement climatique en apportant aux agriculteurs une innovation de rupture aux résultats agronomiques démontrés visant à maintenir durablement voire améliorer les productions agricoles tout en produisant de l'électricité d'origine renouvelable et compétitive.

Sun'Agri intègre une équipe multidisciplinaire d'une trentaine de personnes : ingénieurs agronomes, spécialistes en agriculture, ingénieurs en génie mécanique et électrique, mais aussi data scientist, spécialistes de machine learning.

Toute l'équipe de Sun'Agri partage des convictions fortes et l'envie de proposer des solutions porteuses de sens pour le monde agricole.

Les équipes de Sun'Agri sont réparties entre Lyon (équipes Projets et Agro-Opérations), Montpellier (équipes Recherche et Développement) et Paris (équipes juridiques et Pilotage).

1.2. L'agrivoltaïsme dynamique par Sun'Agri

1.2.1. Le principe de l'agrivoltaïsme dynamique

Le fondement de l'agrivoltaïsme dynamique mis en œuvre par Sun'Agri consiste à **modifier le microclimat** (i.e. l'ensemble des paramètres climatiques de la parcelle cultivée : température, humidité, précipitations, intensité lumineuse **pour maximiser le "bien-être" des plantes** à l'aide d'une "persienne" située en hauteur et composée de panneaux photovoltaïques mobiles.

La technologie Sun'Agri repose sur les grands principes suivants :

- Des **persiennes mobiles à +/-90° positionnées au-dessus de cultures**, constituée de panneaux photovoltaïques bifaciaux ;
- Une **structure porteuse adaptable aux besoins de l'exploitant agricole** (entraxe des poteaux, nombre de trackers, hauteur de la structure) ;
- Un **pilotage de la positionnement des panneaux en temps réel** grâce au logiciel AV STUDIO © ;
- Un **suivi agronomique** sur le long terme : tous les projets possèdent une **zone témoin**, sans panneaux, pour comparaison scientifique opérée par des organismes indépendants ;
- Des projets calquées sur une plantation ou une replantation de parcelles agricoles, à densité similaire ;
- Une application mis à disposition des agriculteurs pour le suivi : **MySunAgri**.

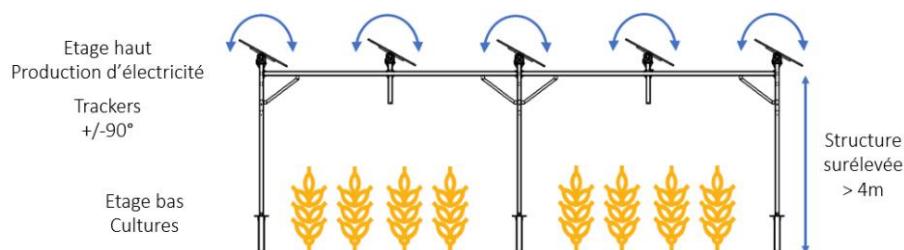


Schéma de la structure Sun'Agri

Le principe du partage lumineux de notre innovation peut être illustré par les trois exemples de positionnements des panneaux photovoltaïques de la figure ci-après.

Selon le cas, la plante peut être :

- 1) **préservée** par un ombrage maximal,
- 2) **favorisée** par un ombrage minimal,
- 3) **protégée** face à des aléas climatiques de type gelée printanière.



Ombrage maximal

Face à des épisodes d'ensoleillement excessif pour limiter voire éviter des stress hydriques et thermiques, ou lorsque la photosynthèse est inopérante



Ombrage minimal

Lorsque le stade physiologique de la plante nécessite une énergie lumineuse maximale, les panneaux sont en effacement



Préservation de la température

Les gelées printanières sont évitées si les panneaux sont mis à plat durant la nuit (+1 à 3°C)

. Trois exemples d'orientation des panneaux

1.2.2. Un pilotage agronomique intelligent

Le pilotage de la persienne est effectué via le logiciel **AV STUDIO** développé par la direction scientifique de Sun'Agri. Ce software unique au monde, véritable innovation technologique, permet d'orienter de façon optimale les panneaux photovoltaïques grâce à des algorithmes :

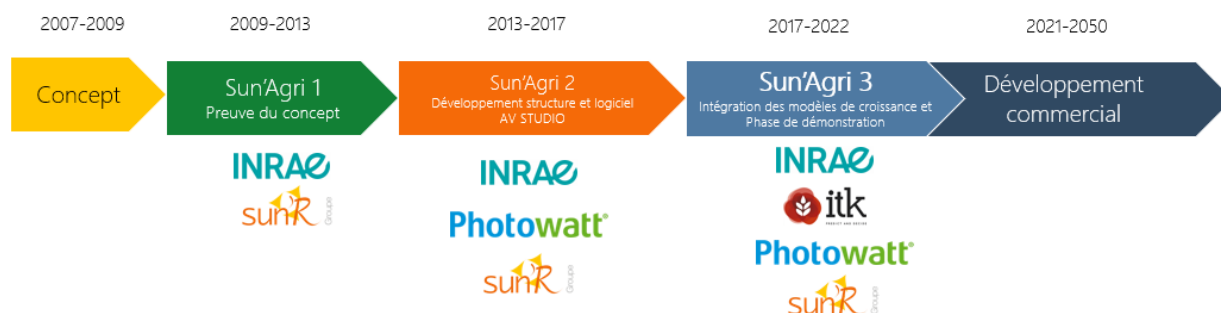
- En temps réel en fonction des données des capteurs installés *in situ* ;
- En tenant compte des conditions climatiques ambiantes ;
- En faisant appel à des modèles agronomiques numériques de croissance des plantes décrivant les comportements de l'espèce (et de la variété) ;
- Et en faisant appel à la technologie du big data et de l'intelligence artificielle.

Le pilotage est prioritairement effectué au bénéfice agronomique, conduisant à accepter une dégradation de la production d'électricité ("*taux d'effacement*").

Le point clé de l'innovation tient au fait que les panneaux sont pivotés de façon à optimiser le micro-climat pour la croissance de la culture, et non la production électrique.

1.2.3. Une innovation issue d'un programme de recherche aux résultats agronomiques démontrés

Pour aboutir à cette technologie, Sun'Agri a travaillé en partenariat avec un écosystème de chercheurs reconnus du monde agricole dont l'INRAE et ITK.



Chronologie des programmes de recherche Sun'Agri

La partie 3 de ce document présente plus en détails :

- Les **trois programmes de recherche successifs** ayant permis d'aboutir à la technologie actuelle ;
- Les **dispositifs expérimentaux** construits ayant permis d'évaluer l'intérêt agronomique de la technologie en fonction des cultures et de créer une base de données expérimentales afin d'alimenter les modèles de croissance permettant **d'établir des stratégies de pilotage des panneaux** ;
- Une **synthèse des résultats agronomiques en arboriculture et viticulture** ;
- Les **démonstrateurs (ou « projets pilotes) d'ores et déjà en fonctionnement** : des projets à plus grande échelle, en condition réelles d'exploitation agricole, portés en partenariat avec des agriculteurs. Ils permettent une démonstration de la technologie dans des caractéristiques de terroirs, cépages et climats différents ;
- Les **enjeux du déploiement** à plus de projets à plus grande échelle.



*Dispositif expérimental en vignes à Piolenc (84) sur les parcelles de la Chambre d'Agriculture 84 (à gauche)
 Dispositif expérimental en arboriculture à Mallemort (13) sur la station expérimentale de la Pugère (au centre)
 Dispositif expérimental en cerisiers à Loriol-sur-Drôme (26) sur les parcelles de l'EARL Clair Fruits (à droite)*



*Démonstrateur agrivoltaïque de Tresserre (66) – Domaine de Nidolères
Première centrale agrivoltaïque mondiale (construite en 2018)*

1.2.4. Surfaces éligibles aux projets Sun'Agri

a. Une pertinence agronomique à valider

Dans un premier temps Sun'Agri **cible les cultures à haute valeur ajoutée dans les zones à fort ensoleillement où l'impact du changement climatique est déjà une contrainte pour les exploitants**. Ces cultures nécessitent une adaptation des systèmes de production afin de maintenir leur exploitation dans les bassins de production actuels.

Les projets Sun'Agri doivent **répondre à un réel besoin d'adaptation des cultures aux conséquences du dérèglement climatique** (stress hydrique et hydrique élevé et croissant, vulnérabilité aux épisodes de gel et de grêle, etc.).

Si l'intérêt de la technologie pour le type de culture visée n'est pas avéré, le projet n'est pas sélectionné.

b. Configuration de la parcelle et compatibilité avec les documents d'urbanisme

Dans un deuxième temps, Sun'Agri applique des filtres, à la maille de chaque parcelle qui correspondent à des contraintes incompressibles :

- Terrain en **zone agricole** (zone A du PLU) ;
- Les parcelles de projet concernent **des plantations nouvelles ou à renouveler** (fin de vie des plants) afin de garantir une possibilité d'accès lors de la phase travaux sans dégrader la production agricole ;
- Les parcelles doivent pouvoir inclure une **parcelle témoin**, adjacente au projet AVD, qui sera nécessaire au bon suivi agronomique du projet.

Un pré-diagnostic sur les sujets urbanisme et les contraintes techniques est réalisé en amont du développement, afin de vérifier qu'aucune contrainte rédhibitoire ne régit la zone. Y sont notamment étudiés les aspects environnementaux et paysagers.

c. Qualification agronomique et définition du projet agricole

Une fois les principaux critères d'éligibilité vérifiés, les ingénieurs agronomes engagent une phase de **définition du projet agricole** avec l'agriculteur.

Le référent agronomique du projet se rend sur place pour rencontrer l'agriculteur et prendre connaissance du projet agrivoltaïque. Lors de cet entretien, une qualification complète est faite sur le projet, abordant tous les éléments nécessaires à la constitution du dossier et pour le montage du projet dans son ensemble.

On retrouve les différents thèmes abordés :

- **Caractéristiques générales du projet** : dimensions, cultures, motivations pour le projet ;
- **Besoins agronomiques** : protection climatique, besoin en ombre/lumière des cultures concernées ;
- **Budget partiel de l'exploitation** : coûts d'implantation, d'arrachage, des travaux mécanisés/manuels, charges d'irrigation, d'assurance, emprunt ;
- **Projet commercial** : débouchés, valorisation (SIQO, label, appellation).

Ces informations permettent par la suite de **proposer un projet complet à l'exploitant agricole** : une stratégie de pilotage adaptée à ses cultures et besoins, une structure sur mesure pour répondre aux problématiques (avec d'éventuels produits complémentaires intégrés : filets, bâches, systèmes d'irrigation), un business plan économiquement viable sur les 30 ans du projet.

Ces informations sont confirmées au moment de l'appel d'offres, puis actualisées avant l'enclenchement des phases de chantier à la suite d'éventuels changements survenus sur le projet initial.

1.2.5. Une structure adaptée aux exploitations viticoles et arboricoles

a. Une durée d'exploitation calée sur la durée de vie des cultures

La durée de vie prévisionnelle de la vigne est d'environ 30 ans, celle d'un verger de 15 ans.

La **durée contractuelle de l'implantation de la structure agrivoltaïque étant de 30 ans**, cela correspond parfaitement à la durée de vie de la vigne et à deux fois celle d'un verger (renouvellement des plants prévue au bout de quinze ans).

b. Une structure adaptée aux exigences du monde agricole

La conception de la structure agrivoltaïque dynamique a été pensée selon les **exigences propres au monde agricole** :



L'association d'une structure et d'un système de trackers optimisé offre de nombreux avantages pour l'agriculteur :

- En hauteur : 4 à 5 mètres pour permettre le **passage d'engins agricoles et éviter le confinement des masses d'air** ;
- En largeur (orientation est-ouest) : 4 à 12m, écartement des poteaux pensés de manière à conserver les **écartements « standards »** des rangs de plantation et utiliser la structure pour palisser les arbres ou les vignes.

De plus, le système d'inclinaison des panneaux (« tracker ») a été conçu pour permettre une **quasi-verticalité des panneaux** ce qui évite les dégâts sur la culture et les sols qui pourraient être causés par le ruissellement de

la pluie sur les panneaux. Grâce à ce système, l'ombrage journalier peut être inférieur à 5% lorsque les besoins physiologiques de la plante le réclament.

Pendant la conception du projet, **l'implantation de la structure agrivoltaïque est réfléchie conjointement avec l'exploitant agricole** de manière à :

- Conserver une densité de plants à l'hectare similaire aux densités de référence de la culture visée ;
- Permettre de préserver l'ensemble de l'itinéraire technique.

2. Le projet agricole de l'EARL Alma

2.1. Présentation du porteur de projet

Le projet CERET concerne l'exploitation agricole EARL Alma – Domaine Bellevue, située dans les Pyrénées-Orientales, et plus précisément à Céret. Installé depuis 1991 sur cette exploitation héritée de ses grands-parents, Alexandre ARNAUDIES possède aujourd'hui 25 hectares en production, avec 15 ha en vignes, 8 ha en cerisier, et le reste en amandiers, raisins de table et autres cultures, conduits en agriculture biologique.

L'exploitation agricole se distingue par sa dynamique d'innovation forte, capable de prendre des risques sur des systèmes en rupture avec les usages traditionnels. A. ARNAUDIES souhaite participer à des solutions innovantes, en développant un verger du futur sous dispositif agrivoltaïque.

Le projet porté par Alexandre ARNAUDIES concernera la culture de cerises et de raisin de table et présentera les caractéristiques suivantes :

Synthèse des caractéristiques agricoles du projet

Caractéristiques	Projet
Technologie	Persiennes agrivoltaïques : • Panneau tracker • Pilotage agronomique
Cultures	Cerise et raisin de table
Distance de plantation	6 m d'inter-rang pour la cerise 2 m d'inter-rang pour le raisin de table
Conduite de culture	Cerise en gobelet Raisin de table palissé
Irrigation	Goutte-à-goutte aérien
Certification	Agriculture biologique
Valorisation	Grossiste, magasin et vente directe
Autres équipements	Filet anti-insecte : paragrêle et Alt'droso monoparcelles pour les cerises
Suivi agronomique	Chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales

2.2. Intérêt agronomique et objectifs du projet

2.2.1. Un projet répondant à des problématiques agro-climatiques de la filière arboricole en Occitanie

L'Occitanie est la 2^{ème} région productrice de fruits, avec **34 000 ha de vergers**, correspondant à 20% des surfaces fruitières françaises. Très diversifiée, la production se répartit entre quatre zones principales : le Tarn-et-Garonne pour la pomme, le kiwi, la prune, le raisin de table, la noisette, le Gard et les Pyrénées-Orientales pour les fruits à noyau, ainsi que le Lot pour la noix. En 2019, on compte **566 000 tonnes de fruits produits**, dont 56% de pommes, générant un chiffre d'affaires de 610 millions d'euros, soit 10% du produit agricole de la région (Chambre d'agriculture Occitanie¹, 2021).

¹ [Chambre d'agriculture Occitanie, 2021](#)

Or aujourd'hui, la filière est fortement menacée par les effets du changement climatique. En 60 ans, il a été observé une **augmentation de la température de +1,92°C** pour la région Occitanie : un accroissement plus marqué que la moyenne nationale. Il a aussi été constaté une augmentation du nombre de jours estivaux (+30 jours en 60 ans), une diminution de la fraîcheur des nuits et un stress hydrique estival plus fort (Oracle Occitanie², 2021). De plus, les arboriculteurs doivent également faire face à des événements climatiques de plus en plus fréquents et intenses, tels que des **gels printaniers**, de violents épisodes de **grêle**, une **pluviométrie** élevée favorisant les maladies, ainsi que des **canicules** et **sécheresses**. Le changement climatique modifie les pratiques culturales, pénalisent fortement les productions, en rendement et qualité, et à terme pourraient impacter durablement les terroirs.

Pour exemple, ces dernières années, la région Occitanie a été sévèrement touchée par divers aléas climatiques de forte ampleur :

- **Gelées printanières :**

Au printemps, les gels peuvent provoquer de nombreux dégâts, et leur impact est particulièrement marqué quand ils succèdent des stades phénologiques sensibles comme la floraison. Que ce soit les fruits à pépins ou à noyau, le gel détruit les bourgeons et les fleurs, brûle les fruits en formation, et dans le cas spécifique des kiwis, endommage les rameaux fructifères et peut provoquer l'éclatement de l'écorce (causant la mort de l'arbre). Les épisodes de gel sont observés chaque année, comme en **2017³, 2018⁴, 2020**. Mais certaines années ont été plus marquantes telles que la **gelée d'avril 2021** dont les effets ont été particulièrement dévastateurs : les températures sont descendues jusqu'à -5°C et -7°C pendant la nuit et 70% à 100% des productions arboricoles ont été détruites, notamment pour les pommes, les prunes, les pêches et les abricots⁵⁶. En **avril 2022** encore, les arboriculteurs connaissent une nouvelle fois un épisode de gel⁷.



*gel de printemps dans des vergers.
(Source : arboriculture-fruitière)*

- **Canicule et sécheresse :**

Les canicules ont des effets conséquents sur les vergers. Le soleil brûle le feuillage ainsi que les fruits, assèche la plante, et peuvent provoquer des arrêts de grossissement des fruits, engendrant à l'évidence de fortes pertes de rendement. Dans les cas les plus désastreux, des incendies peuvent se déclencher et tout ravager. Par ailleurs, les fortes chaleurs ont également un impact sur la phénologie des arbres fruitiers : ceux-ci sont de plus en plus précoces, et l'avancement des stades phénologiques, en particulier des stades sensibles tels que la floraison, rend les cultures plus vulnérables aux gels printaniers.

Outre les pertes engendrées par la canicule, les agriculteurs évoquent également la difficulté du verger à se remettre de ce type d'épisode : si la durée de vie du verger diminue, c'est immédiatement la survie de

² [ORACLE Occitanie, 2021](#)

³ [La dépêche, mai 2017](#)

⁴ [Chambre d'agriculture Pyrénées-Orientales, 2021](#)

⁵ [France3, avril 2021](#)

⁶ [Chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales, 2022](#)

⁷ [DRAAF Occitanie, mai 2022](#)

l'exploitation qui est en jeu. Or les épisodes de canicule sont appelés à se renforcer dans les décennies à venir, à gagner en intensité et à durer potentiellement plusieurs semaines (Serge Zaka, chercheur en agro climatologie).

Ces dernières années, l'Occitanie a connu plusieurs évènements de canicule/ sécheresse, dont le plus marquant se trouve être celui de **juin-juillet 2019** : cette année a connu des températures records en France, avec des pics de température atteignant 45°C. Le Gard, l'Hérault, les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse ont été placés en alerte "rouge canicule" et des incendies dévastateurs ont eu lieu dans le Gard. D'importants dégâts ont été constatés sur les fruits⁸ :

- Les fruits à noyau, tels que les abricotiers et pêchers ont subi d'importantes brûlures sur l'épiderme⁹ ;
- Les fruits à pépins, tels que les poires et les pommes, ont connu un arrêt de grossissement, résultant la récolte de petit calibre. Certains fruits présentent des brûlures, voire ont littéralement cuit¹⁰.



*Pommes et abricots brûlés (canicule de 2019)
(Source : Agroressource & France3)*

Depuis plusieurs années, les épisodes de fortes chaleurs se répètent et s'intensifient, battant régulièrement de nouveaux records de température. Le secteur du Languedoc-Roussillon, et plus particulièrement les Pyrénées-Orientales, est particulièrement touché par une sécheresse extrême et durable.

Selon les bilans de conjoncture agricole régionale, les conditions de chaleur et de sécheresse observées en 2022 et 2023 ont entraîné une proportion excessive de petits calibres, moins valorisés commercialement, ainsi qu'une baisse de la qualité gustative pour certaines variétés précoces. Ces épisodes ont également provoqué une accélération de la maturation, conduisant à des récoltes groupées et à des engorgements ponctuels du marché (DRAAF Occitanie, 2022¹¹ & 2023¹²).

○ **Grêle :**

En parallèle, les vergers sont menacés par des épisodes de grêles, phénomènes fréquents et localisés, qui peuvent avoir lieu entre mars et août. Outre l'impact direct sur le rendement de l'année, le phénomène peut aussi provoquer des blessures sur les branches et les bois qui sont propices au développement de maladies, ainsi que d'engendrer des pertes sur la production de l'année suivante, voir la mort définitive de l'arbre. Ces dernières années, les vergers Occitans ont été considérablement impactés par ce phénomène de plus en plus violent : ce fut notamment le cas en **2017 dans les PO¹³, 2018 et 2019 dans l'Hérault¹⁴¹⁵**, qui selon la DRAAF Occitanie, a engendré de fortes pertes de la production globale de la région.

⁸ [AgroRessources, octobre 2019](#)

⁹ [France3, juillet 2019](#)

¹⁰ [France Bleu, juillet 2019](#)

¹¹ [DRAAF Occitanie, 2022](#)

¹² [DRAAF Occitanie, 2023](#)

¹³ [Chambre d'agriculture Pyrénées-Orientales, 2021](#)

¹⁴ [Midi Libre, mai 2018](#)

¹⁵ [France3, juillet 2019](#)



*Abricots et poires frappés par la grêle (2018-2019)
(Photo : LeParisien & Franceinfo & freshplaza)*

○ **Pluviométrie :**

Les fortes pluies occasionnent également des dégâts importants sur les fruits les plus fragiles. C'est notamment le cas des cerises, dont la forte quantité d'eau peut faire éclater la chair. En **2016**, le climat humide des Pyrénées-Orientales a conduit à l'éclatement des fruits et a fortement retardé la production¹⁶. En **mars 2020**, la pluie en pleine période de floraison a engendré des pertes sur les productions de pêches et abricots (77%) dans les PO, ainsi que l'éclatement des cerises¹⁷. En **mai 2024**, des épisodes de fortes pluies ont perturbé la pollinisation et entraîné une surcharge hydrique des certains fruits. Ces excès d'eau ont également altéré la qualité des cerises par éclatement, provoqué des phénomènes d'éclatement et favorisé le développement de maladies cryptogamiques (DRAAF Occitanie, 2024¹⁸). De plus, une humidité trop importante favorise le développement des maladies, telles que le mildiou.



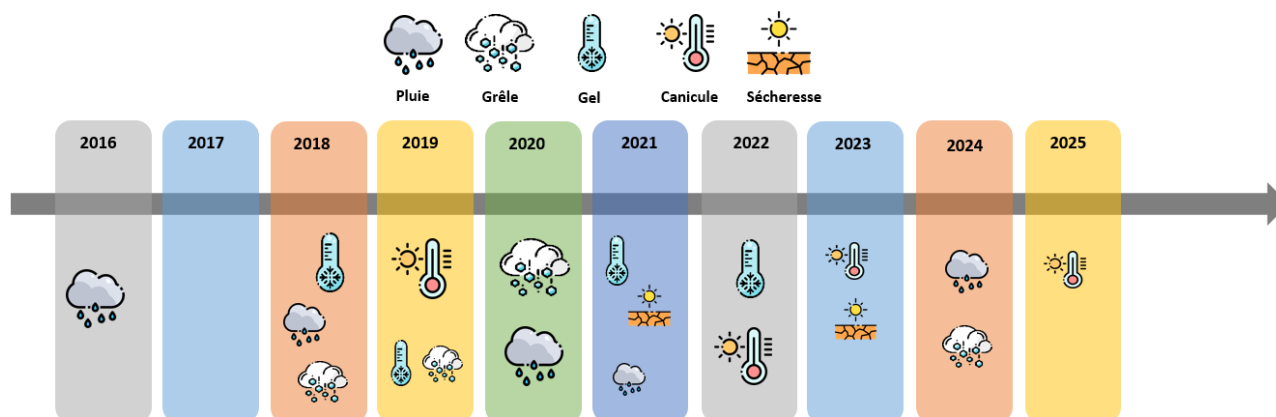
*cerises éclatées
(Photo : France3)*

En résumé, au total sur les dix dernières années, près de 10 années ont connu des événements climatiques aux conséquences importantes :

¹⁶ [FranceAgriMer, 2016](#)

¹⁷ [Chambre d'agriculture Pyrénées-Orientales, 2021](#)

¹⁸ [DRAAF Occitanie, 2024](#)



(Source : Sun'Agri)

Ainsi, dans ces conditions, l'installation d'un système agrivoltaïque dynamique présente un véritable avantage dans l'adaptation des vergers de la région Occitanie face au changement climatique et aux différents aléas climatiques.

2.2.2. Objectifs du projet pour l'exploitation

La cerise de Céret, cultivée dans les Pyrénées-Orientales, est une variété emblématique du territoire, réputée pour sa saveur sucrée et sa chair ferme. Depuis des décennies, cette production locale bénéficie d'un microclimat favorable, combinant ensoleillement généreux, températures douces et sols bien drainés, qui confèrent aux fruits une qualité gustative et une coloration uniques. La cerise de Céret est principalement destinée à la consommation fraîche, et elle constitue un symbole fort de l'agriculture locale, célébrée chaque année lors de la Fête de la Cerise, un événement qui attire producteurs, habitants et touristes. Or aujourd'hui, sa production est menacée. Sa récolte, généralement précoce, nécessite un suivi attentif des conditions climatiques et sanitaires pour préserver sa qualité, car le fruit reste fragile face aux pluies abondantes, à la chaleur extrême ou aux gelées printanières.

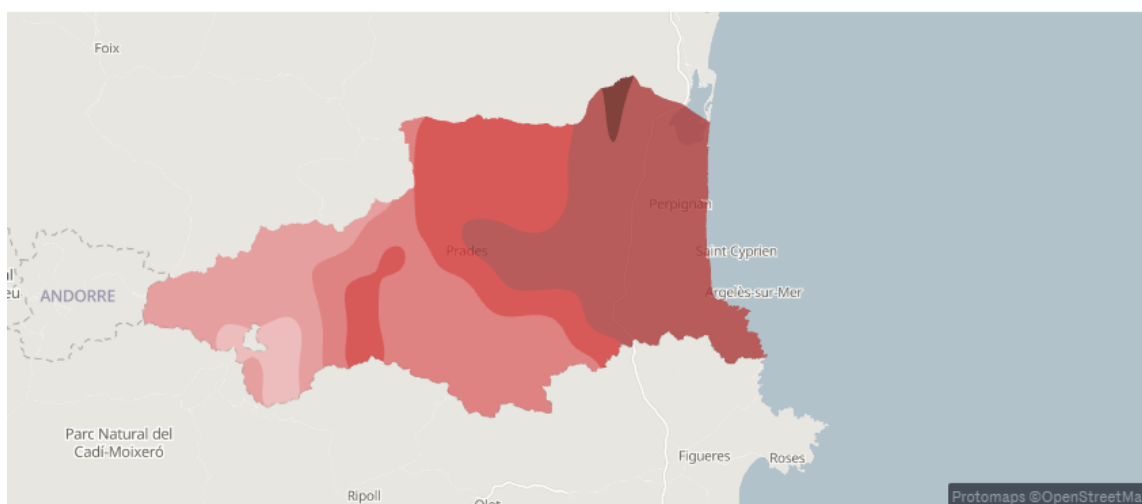
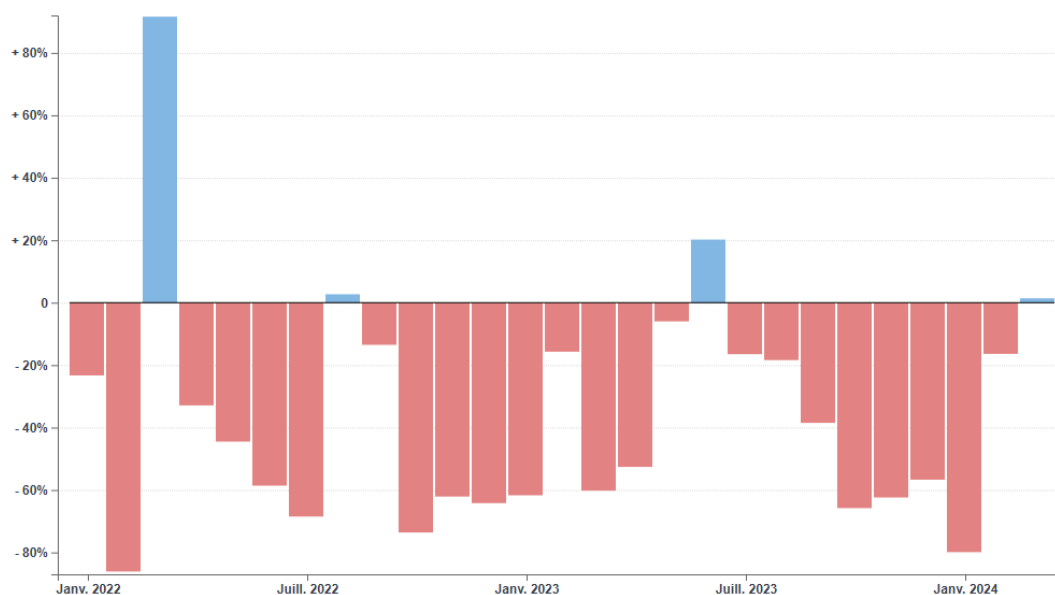
Le secteur viticole est la première filière touchée par les aléas climatiques dans les Pyrénées-Orientales. Depuis quatre ans (2022 à 2025), le département subit de fortes chaleurs estivales ainsi qu'une sécheresse historique de plus de 30 mois, liée à une pluviométrie largement déficitaire et à des ressources en eau sous tension, avec des nappes phréatiques en état critique (Le Monde, 2024¹⁹). Concernant le raisin de cuve, les récoltes atteignent désormais des niveaux historiquement bas, autour de 20 hl/ha, contre 40 hl/ha avant 2020, rendant la situation économique particulièrement difficile pour la filière (Millésime 2024, Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales, 2024²⁰). Pour le raisin de table, ces aléas entraînent également des pertes importantes, notamment à cause du flétrissement du feuillage et des grains, ainsi que des brûlures dues aux fortes températures (Bulletin de santé du végétal, Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales, 2023²¹).

Figure 1 : Le déficit pluviométrique dans les Pyrénées-Orientales

¹⁹ [Le Monde, 2024](#)

²⁰ [Millésime 2024, Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales, 2024](#)

²¹ [Bulletin de santé du végétal, Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales, 2023](#)



Déficit de précipitations :

● < 30 % ● 30 à 40 % ● 40 à 50 % ● 50 à 60 % ● ≥ 70 %

(Source : Le monde/ Météo France, 2024)

Sur son exploitation à Céret, Alexandre ARNAUDIES est contraint de trouver des solutions alternatives pour protéger ses cerisiers et ses vignes de l'impact du changement climatique. En effet, son exploitation est régulièrement touchée par des aléas climatiques, de plus en plus fréquents et intenses, produisant des dégâts presque tous les ans :

- **la pluie**, phénomène qui a lieu tous les deux ou trois ans, engendre l'éclatement des cerises et pénalise en moyenne 50% de la production, quel que soit la variété. En 2023, la DRAAF Occitanie a constaté près de 50% de pertes chez certains opérateurs, du fait de tris liés aux dégâts de cerises éclatées²². En 2024, des orages et des pluies très intenses ont affecté 60 à 70% du verger de Céret²³.
- les **gelées printanières**, notamment celle de l'année 2022²⁴, qui a provoqué 80% de pertes sur sa production ;

²² [DRAAF Occitanie, 2023](#)

²³ [Domaine Saque, 2024](#)

²⁴ [Midi libre, 2022](#)

- Occasionnellement, ses productions subissent des épisodes de grêle, provoquant des impacts sur les fruits de table qui les rendent invendables ;
- Sécheresse et chaleur : Le manque d'eau chronique retarde la maturité et limite la croissance, résultant en une prédominance de petits calibres pour les cerises et l'échaudage de ses vignes.

Par ailleurs, s'ajoute à ces aléas climatiques la problématique de la drosophile *Suzukii* qui a décimé un grand nombre d'hectares de cerisiers en France. L'EARL Alma étant conduite en agriculture biologique, A. ARNAUDIES ne peut pas utiliser de produits phytosanitaires pour lutter contre ce nuisible : or, les traitements alternatifs autorisés en AB ne sont pas satisfaisants. Ainsi la prolifération de la mouche peut engendrer jusqu'à 100% de pertes sur les volumes de production sur le domaine Bellevue. La drosophile *Suzukii* semble pouvoir être contrôlée uniquement par le moyen de filets anti-insectes dont la mise en place peut être facilitée par la présence de la structure agrivoltaïque.

Ainsi, A. ARNAUDIES souhaite installer un système agrivoltaïque dynamique dans le but :

- De protéger sa production des dégâts engendrés par les aléas climatiques, notamment la pluie, les sécheresses et le gel ;
- Profiter de la structure agrivoltaïque pour installer des filets anti-mouche ;
- D'adapter son mode de culture dans un contexte de changement climatique en maîtrisant le microclimat des cerisiers et ainsi avoir une meilleure maîtrise de la production et de la qualité : gagner un peu plus en précocité et obtenir de plus gros calibres ;
- Assurer une production de raisin de table et de cerises plus régulière afin d'alimenter chaque année le marché ;
- Réaliser des économies en eau d'irrigation.

2.3. Choix de la parcelle de projet

La zone de projet a une surface de 7 ha. Les parcelles de projet sont actuellement en jachère, prairie et une partie en arboriculture.

Tableau 1 : Parcelles du projet CERET

Commune	Parcelles	Surface cadastrale (m²)	Antécédant cultural
Céret	000 / AS / 0131	2 550	Jachère
	000 / AS / 0087	23 415	30% en production de prune 30% en vigne et prairie 30% en jachère
	000 / AS / 0083	20 431	Prairie avec herbe prédominante et ressources fourragères ligneuses présentes
	000 / AS / 0080	24 491	Prairie de 6 ans ou plus (couvert herbacé)
Total		70 887	

Carte 1: Délimitation du projet



Ces parcelles ont été retenues en raison de :

- **La présence d'une culture pérenne prévue d'être plantée ou renouvelée**, ce qui permettra l'accès au terrain en phase chantier sans dégrader la production agricole ;
 - o Les parcelles sont aujourd'hui couvertes par de la prairie, en jachère ou par des cultures qui sont amenées à être renouvelées.
- Projet de culture ayant un **besoin de protection** suffisamment élevé pour justifier d'un réel intérêt économique ;
- De la sensibilité du secteur aux **aléas climatiques**, en particulier les fortes chaleurs, l'éclatement des fruits, le stress hydrique, et plus périodiquement les gels printaniers ;
- **Espace disponible pour la mise en place d'une zone témoin** ;

De plus, les caractéristiques techniques (azimut, orientation, topographie) sont compatibles avec un projet agrivoltaïque.

2.4. Description du projet agricole

2.4.1. Surface agrivoltaïque et zone témoin

Le projet consiste en l'installation d'une structure agrivoltaïque ouverte en plein champ sur une parcelle nouvellement plantée en **cerisiers** et en **raisins de table**. L'installation sera répartie en deux îlots distincts de 1.8 ha et 1.6 ha, complétés par deux zones témoin représentatives sans panneaux de 5000 et 4800 m², dédiée à la comparaison agronomique.

La surface agrivoltaïque représentera environ 28% de la surface totale de l'exploitation agricole.

Conformément aux exigences du décret agrivoltaïque, deux zones témoins seront aménagées, une pour chaque culture et sur chacun des îlots. Ces zones permettront de réaliser le suivi agronomique. Elles seront conduites dans des conditions culturales identiques à celles des zones agrivoltaïques et disposeront d'une surface

représentative, sans influence des structures (absence d'ombrage ou d'effet de bord). Les plantations seront effectuées simultanément avec celles des zones équipées.

2.4.2. Cultures

- **Espèces et variétés agricoles :**

Le projet concernera la culture de **deux productions déjà présentes sur l'exploitation d'A. ARNAUDIES**. Le choix des cultures s'appuie sur la logique de renouvellement des plantations, l'équilibre du parcellaire et le besoin de protection face aux aléas climatiques :

- **Les cerisiers** : l'une des cultures principales de l'exploitation, et emblématique du secteur de Ceret. L'agriculteur envisage les variétés suivantes :
 - **Giant Red** : variété précoce à moyenne, à gros calibre, très sucrée mais sensible à l'éclatement.
 - **Frisco** : variété précoce, à teneur élevée en sucres, offrant une bonne tenue et une résistance moyenne à l'éclatement.
 - **Rocket** : variété précoce, de bonne qualité gustative, au fruit ferme et sucré.
- **La vigne** : l'agriculteur prévoit la production de **raisin de table**. Les variétés ne sont pas encore définies. Selon les besoins de l'exploitation, une production de **raisin de cuve** pourra être envisagée ultérieurement, avec un dimensionnement compatible avec celui prévu pour le raisin de table.

- **Production annuelle estimée :**

Avec la mise en place d'un système agrivoltaïque dynamique, A. ARNAUDIES vise un rendement plus stable et régulier, autour de 6 t/ha/an pour la cerise biologique cultivée sous le dispositif, et de 10 à 20 t/ha pour le raisin de table.

Les persiennes agrivoltaïques seront pilotées selon des règles expertes, en fonction des besoins en rayonnement et de protection contre les aléas climatiques. Leur présence permettra d'assurer la protection des cultures contre la pluie, le gel et les fortes chaleurs, et ainsi de limiter les pertes liées aux aléas, et de lisser les rendements sur les années du projet. Les résultats obtenus sur les sites en exploitation de Sun'Agri ont pu démontrer l'intérêt de la protection agrivoltaïque :

- La reprise très satisfaisante des plantations de cerisiers sous AVD ;
 - La réduction notable de la défoliation des cerisiers ;
 - Une diminution du stress hydrique des cerisiers en fin d'été ;
 - Une baisse significative de l'éclatement des cerises ;
 - Une augmentation de +1 à 2°C de la température en période de gel, et réduction de l'impact du gel sur le rendement ;
 - Une baisse de 4°C de la température foliaire en période de fortes chaleurs et réduction du taux de brûlures.
- **Valorisation de la production :**

Le verger agrivoltaïque produira des cerises et du raisin de table biologiques, destinés aux débouchés actuels de l'exploitation : 10 % en vente directe, 30 % en magasins, et 60 % auprès de grossistes.

2.4.3. Mode de culture

- **Certifications :**

L'exploitation est certifiée en "Agriculture Biologique" et HVE.

La certification "Agriculture Biologique" (AB) repose sur un cahier des charges rigoureux afin d'assurer la préservation de la biodiversité, des ressources naturelles ainsi que le respect du bien-être animal. L'agriculteur s'engage ainsi à recourir le moins possible à des intrants chimiques de type engrais et pesticides, afin de produire tout en protégeant les écosystèmes. Ce mode de production exclut également l'usage des OGM, et plus globalement, tous procédés polluants, invitant à utiliser des alternatives durables. En France, en 2021, 2,78 millions d'ha étaient certifiés AB, soit 10,3% du territoire et 13,4% des exploitations (INAO, 20213).

Ainsi, toujours dans la même démarche de respect de l'environnement et afin de mieux valoriser commercialement ses cerises et raisins agrivoltaïques, l'exploitant agricole a la volonté de conserver les certifications suivantes : AB et HVE.

- **Irrigation**

Une irrigation, de type goutte à goutte aérien, sera mise en place à la parcelle dans le but de démultiplier les bienfaits d'un ombrage intelligent. Les ombrières agrivoltaïques permettront de limiter le recours à ce système, par la diminution de l'évapotranspiration, et donc réduction des besoins d'irrigation.

Sur le site de Loriol (en cerise) de Sun'Agri, les persiennes agrivoltaïques ont permis d'économiser entre 43 % et 70 % d'eau d'irrigation par rapport aux témoins pendant les premières années de la plantation, ce qui pourrait contribuer à maintenir l'activité agricole dans des scénarios futurs de sécheresse et de restrictions d'eau. Les sites en vigne ont également pu démontrer une réduction moyenne de 30% de l'irrigation.

- **Mécanisation**

Le dimensionnement du verger agrivoltaïque a été pensé de manière à conserver des distances de plantation strictement égales à celles d'un verger classique afin que la mécanisation soit la plus efficace possible. Ainsi, une partie des travaux sera **mécanisée** à la parcelle, notamment :

- Les entretiens de la parcelle et la tonte ;
- Les traitements.

En capacité d'employer de la main d'œuvre permanente et saisonnière, l'agriculteur réalisera sur la parcelle agrivoltaïque :

- les récoltes manuelles,
- des tailles manuelles.

2.4.4. Géométrie de culture

L'entraxe (espace entre deux poteaux) de 12m a été défini en fonction de l'inter-rang actuellement pratiqué par l'agriculteur, afin de permettre l'implantation des rangs de cerisiers et de raisins.

- **Cerise :**

Les rangées de cerisiers seront plantées :

- Selon un axe nord-sud ;

- Les arbres seront conduits en gobelet ;
- Avec pour distance de plantation : 6m d'inter-rang pour 3 m d'inter-pied.

Le verger agrivoltaïque aura une densité de plantation d'environ 556 pieds/ha, égale à la densité de plantation de référence.

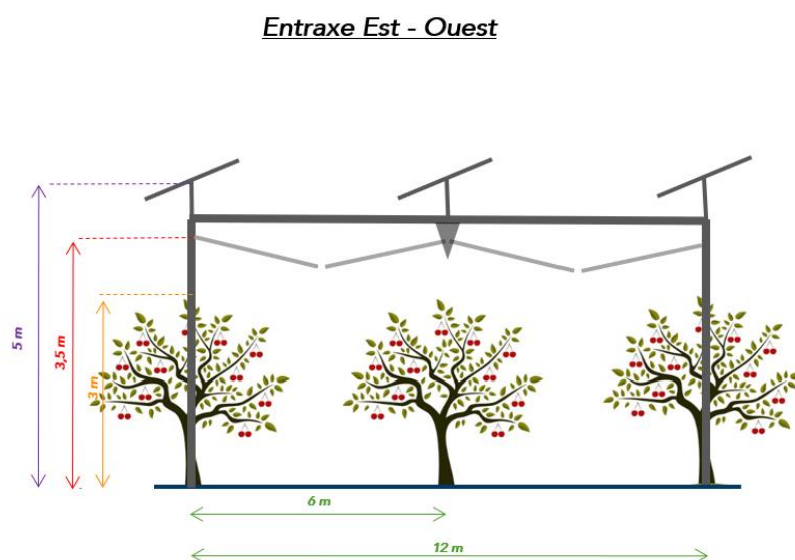


Schéma coupe et vue du ciel de la structure AVD-cerise du projet CERET

Comme schématisé ci-dessus, la structure pourra également servir de support pour l'installation de filet alt-droso. Ceci représente un gain non négligeable sur le coût d'implantation du verger.

- **Raisin de table :**

Les rangées de vignes de table seront plantées :

- Selon un axe nord-sud ;
- Les arbres seront conduits avec un palissage en axe ;
- Avec pour distance de plantation : 2m d'inter-rang pour 1m d'inter-pied.

Le verger agrivoltaïque aura une densité de plantation d'environ 5000 pieds/ha, égale à la densité de plantation de référence.

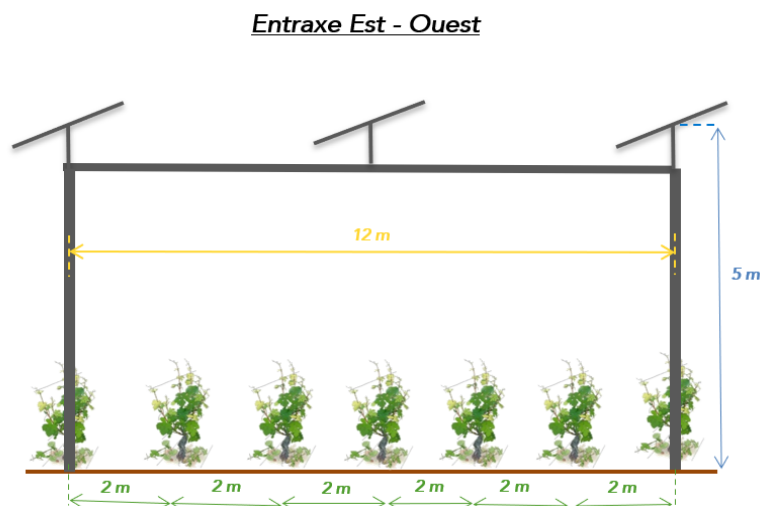
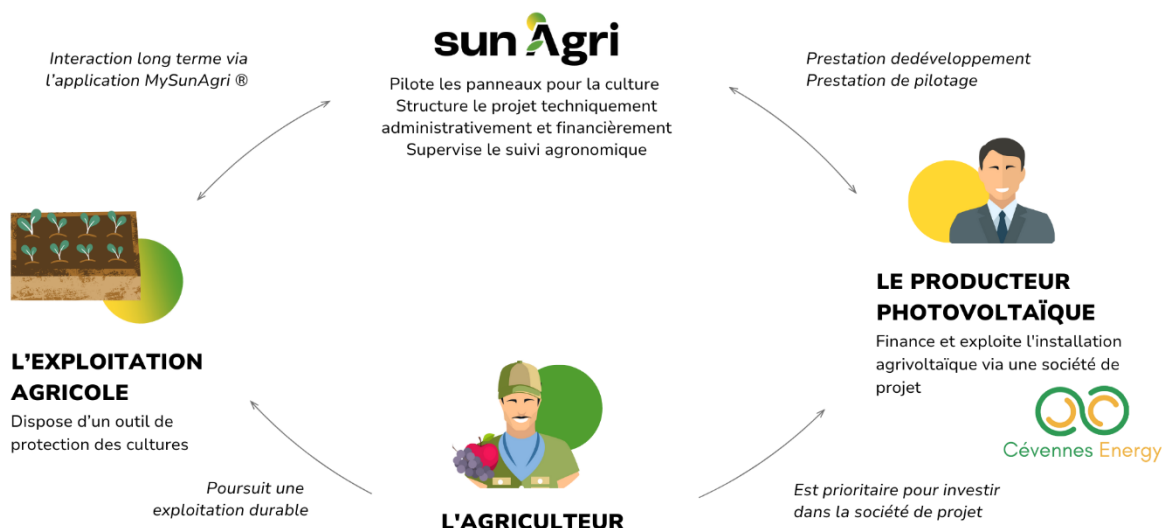


Schéma coupe et vue du ciel de la structure AVD-Raisin du projet CERET

2.5. Une gouvernance mettant l'agriculteur au cœur du processus

Outre les critères d'éligibilité des projets exigeants fixés par Sun'Agri, la société veille par plusieurs engagements forts à garantir la vocation agricole primaire du projet ainsi que la priorité donnée aux cultures et ce sur toute sa durée de vie.

Sun'Agri ne se positionne pas comme investisseur et producteur d'électricité afin de garantir l'absence de conflit d'intérêt et d'assurer la priorité et la performance de la production agricole sur la production électrique.



Business model des projets Sun'Agri

- **L'investisseur :**

Cévennes Energy est issue d'un partenariat entre deux PME historiques du Sud de la France œuvrant dans le domaine des énergies renouvelables : AJM Energy et Eco Delta Développement. La société a été créée fin 2020. Nos bureaux sont situés à Cendras (30) et à Villeneuve-lès-Béziers (34).

Un contrat de services agrivoltaïques est conclu entre Sun'Agri et la Société de projet (SPV) pour toute la durée d'exploitation du projet agrivoltaïque (environ 30 ans).

Ce document s'articule autour des trois enjeux majeurs du pilotage agronomique :

1. Acter la **désoptimisation de la production électrique au bénéfice de la production agricole**,
2. Garantir l'**indépendance financière de Sun'Agri** pour sa prestation de pilotage (rémunération au forfait et non en fonction de la production électrique),
3. Apporter de la **visibilité à l'investisseur concernant la variabilité du taux d'effacement** propre au projet donné afin qu'il puisse monter un dossier et obtenir un financement bancaire.

- **L'agriculteur :**

L'agriculteur est le premier intéressé au projet dans toutes ses composantes, il est au cœur de la conception du projet : son itinéraire technique, ses objectifs et ses priorités sont prises en compte dans la conception de la géométrie du projet.

La structure lui est mise à disposition comme un outil de protection, la vente d'électricité finance la structure.

Par ailleurs, l'agriculteur achète les plants et cultive les terres **sur lesquelles sera implantée la structure, tout au long de sa durée de vie**, et dans les conditions définies avec les ingénieurs agronomes de Sun'Agri.

- **Sun'Agri :**

Sun'Agri sera sur toute la durée d'exploitation du projet le **pilote indépendant du système agrivoltaïque et particulièrement de l'inclinaison des panneaux, à travers les algorithmes propriétaires développés dans le programme Sun'Agri 3.**

Plus particulièrement, Sun'Agri réalise les services agrivoltaïques suivants :

- Définition du cahier des charges du suivi agronomique, en partenariat avec l'organisme sous-traitant,
- Installation d'une instrumentation *in situ* afin de mesurer les variables climatiques et la réponse de la plante à l'ombrage,
- Coordination du suivi agronomique et stockage des données de la parcelle,
- Réalisation d'un suivi socio-économique précis pour chaque projet en lien avec l'organisme de suivi. A partir des modèles d'affaires existants, le travail consiste à mesurer la valeur ajoutée d'un système AVD pour les productions agricoles des projets. Ce suivi sera réalisé sur des productions différentes (viticulture, arboriculture et maraîchage sous abris) et selon des profils d'exploitation distincts. En intégrant les bénéfices additionnels identifiés dans ce contexte nouveau, les modèles d'affaires de ces projets pourront être optimisés,
- Transposition des stratégies de croissance dans le pilotage du système agrivoltaïque dynamique en implantant dans le système d'information du projet pilote des codes développés, en intégrant la gestion des aléas et en tenant compte des résultats du suivi agronomique afin d'adapter la performance du pilotage.

Sun'Agri est l'interlocuteur privilégié de l'agriculteur en phase exploitation, notamment via l'application **MySunAgri**.

L'application utilisateur MySunAgri sera accessible gratuitement, en version mobile ou web, à l'exploitant agricole pour qu'il puisse tirer le meilleur parti de l'AVD.

Elle lui apportera :

- Un accès en temps réel aux données d'instrumentation agronomique et à leur historique ;
- Des prévisions météo locales et des alertes personnalisables selon les données météo et les données capteurs ;
- Une plateforme d'échange de données et d'informations en instantané : transfert de documents, contacts avec Sun'Agri... ;
- La possibilité d'intervenir sur le pilotage dans des cas spécifiques bien définis en amont du projet.

- **Les organismes de suivi agronomiques et scientifiques**

Les projets Sun'Agri s'inscrivent dans un contexte scientifique majeur rassemblant des organismes professionnels et scientifiques aux compétences agronomiques et agricoles, qui interviendront dans le suivi technique de chacun des projets.

Conformément au décret n°2024-318, un organisme indépendant sera désigné responsable du suivi agronomique du projet selon un protocole de suivi agronomique précis pendant 6 ans après la mise en service du projet, reconductible sur toute la durée de vie de l'installation. Un rapport de suivi de la production agricole sera produit tous les 3 ans sur la durée de contrat de rémunération de la production électrique.

Sa contribution sera essentielle :

- Au suivi agronomique des projets grâce à l'expertise terrain des techniciens et des conseillers,
 - Observations des dates d'apparition des stades clés de développement des plantes ;
 - Mesures régulières : stress hydrique, stress thermique, stress radiatif ;
 - Suivi quantitatif et qualitatif des récoltes.
- À l'ancrage territorial des systèmes agrivoltaïques dans les filières de production visées,
- À la diffusion de la technologie par le biais d'un acteur phare du secteur agricole.

Dans le cadre du projet de Alexandre ARNAUDIES, l'organisme de suivi sera potentiellement la chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales. Les démarches sont en cours pour la contractualisation du suivi agronomique.

3. Programme de recherche et résultats expérimentaux

3.1. L'aboutissement de 15 ans de R&D et de trois programmes de recherche

Sun'Agri trouve ses origines en 2009 de la rencontre de deux hommes : **Christian Dupraz** chercheur en Agroforesterie à INRAE et **Antoine Nogier**, président et fondateur du groupe Sun'R. L'objectif d'alors est de savoir sous quelles conditions le photovoltaïque peut améliorer l'agriculture sans entrer en concurrence avec elle.

Trois programmes de recherche d'ampleur croissante, ont successivement été menés pendant une dizaine d'années, sous l'égide de Sun'R avec la **participation de l'INRAE, rejoints au cours du temps par iTK et Photowatt**. Initialement axés sur la recherche fondamentale, les **programmes ont validé l'intérêt de l'agrivoltaïsme dynamique étape par étape et se concentrent désormais, pour le programme en cours, vers l'élaboration des modèles et algorithmes opérationnels de pilotage optimal des panneaux, ainsi que la démonstration grandeur nature des solutions.**

Sun'Agri 1 : La plante a besoin de lumière dans les moments clés

Ce programme a permis de montrer que, sous nos climats, un système agrivoltaïque n'a d'effet globalement positif sur les cultures que s'il est dynamique et capable de laisser passer un maximum de lumière à certaines heures ou périodes précises, qui dépendent de la plante, de son état et des conditions météorologiques. Sun'Agri 1 a ainsi conduit à écarter les ombrières fixes.

Sun'Agri 2 : 1^{er} dispositif complet de pilotage de panneaux pour assurer les besoins des plantes

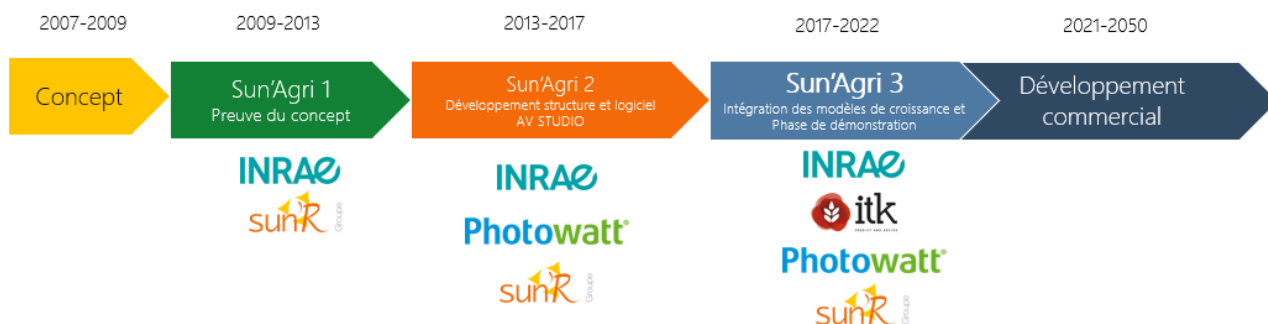
Ce dispositif combine des équipements spécifiques (hardware) et des outils logiciels de pilotage infra-journalier dédiés (software), afin d'optimiser production agricole (prioritaire) et production photovoltaïque (secondaire). Sun'Agri utilise désormais le terme « agrivoltaïque dynamique (AVD) » pour souligner la notion de pilotage.

Sun'Agri 3 : Industrialiser en tenant compte de la spécificité de chaque culture ciblée en France

Ce programme, unique au monde de par son envergure, vise à démontrer les bénéfices de l'AVD en situation réelle sur les 3 filières visées (cultures viticoles, arboricoles et maraîchage sous serre), développer et étendre les modèles de croissance spécifiques à chaque plante, améliorer l'efficacité de la solution technique par l'introduction de produits complémentaires, et proposer des référentiels techniques afin d'encourager un développement harmonieux de cette filière dans le respect de l'intérêt général.

D'autres projets R&D complémentaires à Sun'Agri 3 sont en cours de montage, notamment pour caractériser l'effet de l'ombrage sur les maladies (caractérisation du microclimat propice aux maladies cryptogamiques). Les résultats de l'ensemble de ces recherches sont consolidés grâce à un programme d'analyse scientifique utilisant les méthodes de l'intelligence artificielle afin d'améliorer les modèles agronomiques et les bénéfices du pilotage.

Sun'Agri est devenue en 2019 une filiale dédiée au développement de projets agrivoltaïques dynamiques, et surtout à l'élaboration des outils et modèles de pilotage optimal (pour les plantes) des panneaux. Sun'Agri est le pionnier et le leader mondial de la technologie agrivoltaïque dynamique.



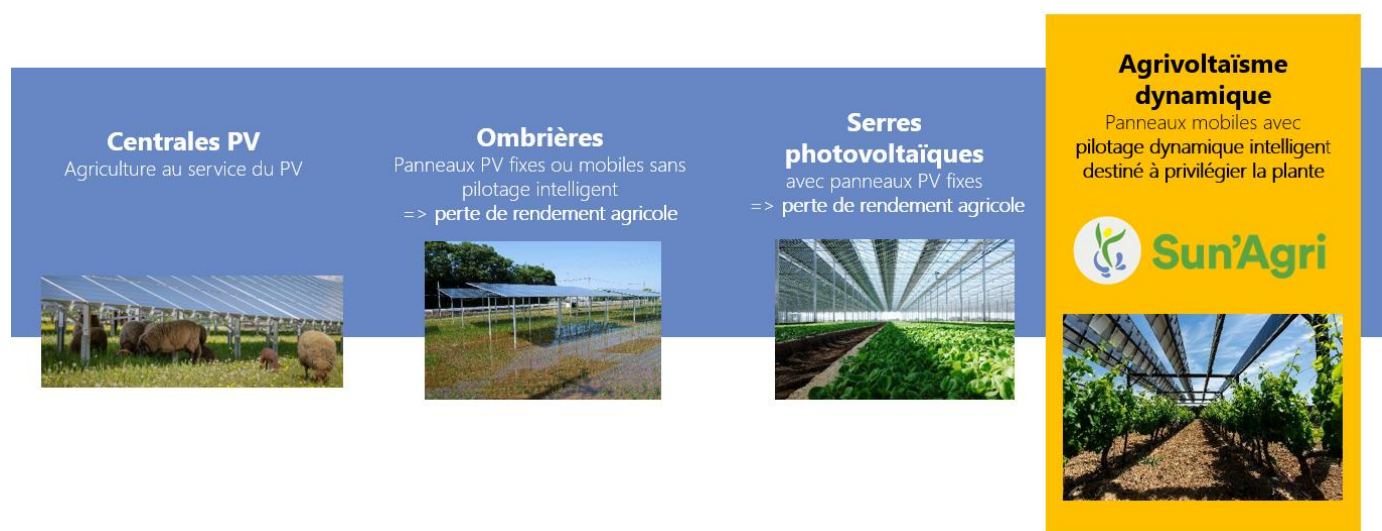
Chronologie du programme de recherche Sun'Agri

Les trois programmes de recherche successifs ont permis d'aboutir à la technologie actuelle et la mise en service de :

- 10 dispositifs expérimentaux ayant permis de valider l'intérêt agronomique de la technologie en fonction des cultures et de créer une base de données expérimentales afin d'alimenter les modèles de croissance permettant d'établir des stratégies de pilotage des panneaux ;
- 13 projets pilotes d'ores et déjà en fonctionnement : des projets à plus grande échelle, en conditions réelles d'exploitation agricole, portés en partenariat avec des agriculteurs. Ils permettent une démonstration de la technologie dans des caractéristiques de terroirs, cépages et climats différents ;

3.1.1. Positionnement par rapport aux autres technologies d'agrivoltaïsme

L'agrivoltaïsme a donné lieu à des initiatives disparates dans le monde depuis une quinzaine d'années, ne donnant généralement pas la priorité à l'agriculture : soit les cultures les moins sensibles sont sélectionnées, soit des pertes de rendement agricole sont acceptées.



Pluralités des couplages agriculture/PV

- Il est possible d'utiliser des panneaux qui peuvent laisser passer beaucoup plus de lumière ou qui la diffusent, et ce même si cela ne résout pas totalement le problème d'un ombrage persistant et hétérogène.
- Certaines installations agrivoltaïques dynamiques utilisent des panneaux ayant une inclinaison fixe vers le sud. Cela ne permet pas d'avoir un ombrage homogène au cours de la journée et entraîne une forte

hétérogénéité de la croissance des cultures (bande d'ombrage et lumière fixes se rapprochant des systèmes de panneaux fixes, comme ceux des serres). Plusieurs stratégies de pilotage (pluie, ombrage partiel de la canopée) ne sont par ailleurs mécaniquement pas possibles.

- Les **serres agricoles** à panneaux solaires fixes intégrés. Ces solutions ont largement été déployées dans le sud de la France avec de nombreuses contre-références : l'excès d'ombrage est particulièrement visible pour les serres. La **culture hivernale est en conséquence presque impossible**
 - La **solution la plus avancée consiste à mettre les panneaux parallèles aux rayons du soleil**. Cette approche demande cependant de veiller à ce que le système de pilotage permette un **mouvement des panneaux suffisamment important pour qu'ils puissent être mis parallèles aux rayons du soleil et qu'ils puissent guider l'eau de pluie**.
- C'est l'agrivoltaïsme dynamique créé par Sun'Agri.

3.1.2. Les cultures et régions cibles

Sun'Agri fait le choix de ne pas opérer de compromis avec la production agricole, et devant son corollaire, à savoir la nécessité de piloter l'ombrage de façon dynamique, Sun'Agri a souhaité privilégier :

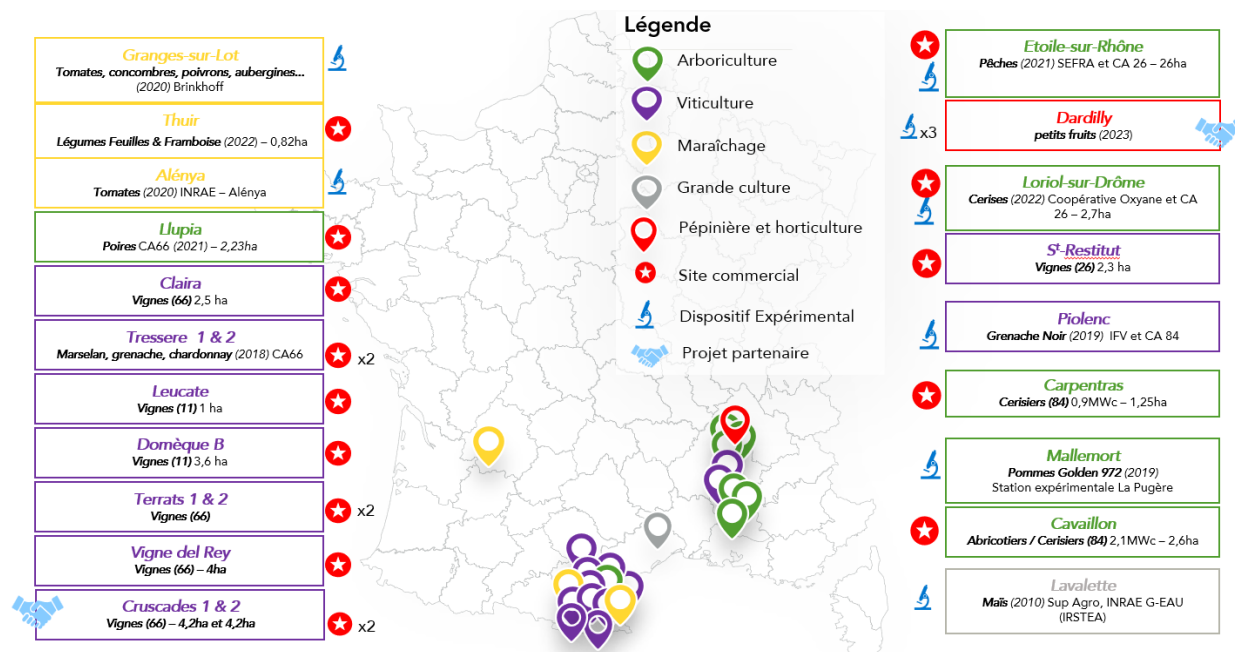
- les **zones géographiques pour lesquelles les stress thermiques et hydriques sont élevés et croissants**, où les changements climatiques provoquent des impacts et une vulnérabilité importante : Sud de la France, pourtour méditerranéen, États-Unis, Caraïbes, Australie, Afrique Subsaharienne... ;
- les cultures de cette zone géographique dont le **besoin de protection est suffisamment élevé** pour justifier d'un réel intérêt économique ;
- enfin, les **cultures pour lesquelles il n'existe pas de solution d'adaptation existante ou du moins satisfaisante**. C'est ce que l'on appelle l'urgence climatique.

Cultures visées	Besoin des cultures
Viticulture (Pour le vin, tous types de cépages)	- Adaptation des vignes menacées durablement par les changements climatiques (cf. Hannah et al, 2013), en particulier par les fortes chaleurs, la sécheresse et les brûlures des baies par le soleil. Concerne la plupart des vins mondiaux spécialement les vins méditerranéens, californiens, australiens... - Diminution / optimisation de la consommation d'eau et des pertes erratiques liées au gel et à la grêle. - Limitation du taux de sucre des baies, et in-fine, du degré d'alcool du vin. - Nécessité de protéger ces cultures pérennes et de garantir leur durée de vie (env 30 ans)
Arboriculture (Abricot, cerisier, pêches, pommes)	- Cultures sensibles aux fortes chaleurs, déficits hydriques, grêle, pluies fortes, gel printanier. - Pertes erratiques et croissante de rendement, liées à ces aléas climatiques. - Synergies avec les usages déjà en vigueur dans ce secteur : utilisation de poteaux avec filets de protection, système d'irrigation - Nécessité de protéger ces cultures perrennes et de garantir leur durée de vie (env 15 ans)
Maraîchage (Concombres, salades, tomates)	- Grand consommateur d'eau, également très sensible aux changements climatiques. - Cultures de plein champs sensibles aux fortes chaleurs, déficits hydriques, grêle, pluies fortes, gel printanier. - Dans les assiettes de tous les consommateurs, toute l'année : extension des périodes de récolte. - Évite le blanchiment des serres ou des abris.

3.2. Des résultats ayant prouvé l'efficacité du système

Aujourd'hui, Sun'Agri possède 17 projets commerciaux et 10 dispositifs expérimentaux, en fonctionnement.

Carte 2 : Références de Sun'Agri (carte mise à jour en avril 2024)



Des recherches expérimentales sur vignes sous panneaux de différentes tailles ont été réalisées en 2018 et 2019 sur le campus de Montpellier SupAgro, complétées par des recherches issues de l'INRAE à Pech Rouge sur dispositif fixe depuis 2016. En 2018, de jeunes plants de vigne ont été plantés dans le domaine des Nidolères (Tresserre) sur 7,5ha, 4,5 ha protégées par la structure agrivoltaïque et 3ha de zone témoin pour le suivi agronomique réalisé par la Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales. En parallèle, la mise en service d'un dispositif expérimental en 2019 à Piolenc (cépage Grenache plantés en 2000) fournit de nombreux résultats analysés par la Chambre d'Agriculture du Vaucluse 84 et l'INRAE (unités LEPSE, PECH ROUGE, SYSTEM et G-EAU ex-IRSTEA).

La mise en service d'un dispositif expérimental en mars 2019 sur une parcelle plantée en pommiers à la station expérimentale arboricole La Pugère (Mallemort, 13) fournit de nombreux résultats. Les suivis agronomiques des pommiers sont réalisés par l'INRAE, et analysés par la station expérimentale de LaPugère et l'INRAE (unités LEPSE, PSH, et G-EAU ex-IRSTEA). En complément de ce premier dispositif, ont été inaugurés en 2022 deux nouveaux dispositifs expérimentaux en arboriculture :

- Le premier sur une parcelle de la SEFRA (Station d'Expérimentation Fruits de Rhône-Alpes) cultivée en pêchers gobelets Kinolea (Figure 3). Le suivi est assuré par la station directement.
- Le deuxième à Loriol-Sur-Drôme (en cerise), chez Christian CLAIR en cerises gobelets. Le suivi est assuré par Oxyane.



*Dispositif expérimental en vignes à Piolenc (84) sur les parcelles de la CA84 (à gauche)
Dispositif expérimental sur pommiers à Mallemort sur la station expérimentale de la Pugère (au centre)
Dispositif expérimental sur cerisiers à Loriol-sur-Drôme (26) sur les parcelles de l'EARL Clair Fruits (à droite)*



Démonstrateur agrivoltaïque de Tresserre (66) – Domaine de Nidolères

3.2.1. Synthèse des résultats en viticulture

La viticulture est la **première filière agricole qui bénéficie de notre solution d'agrivoltaïsme dynamique (AVD) en termes de surface.**

Les dispositifs mis en place par Sun'Agri ont montré que les systèmes agrivoltaïques dynamiques (AVD) installés au-dessus des cultures, et fournissant un ombrage transitoire, sont un outil de protection et d'adaptation aux changements climatiques de la vigne, qui optimise la production viticole **dans sa qualité**, tout en **préservant les rendements** :

- Limitant les excès de rayonnement solaire et des fortes chaleurs : L'ombrage piloté peut diminuer la température des vignes sous AVD jusqu'à -5°C en période caniculaire ; Le feuillage se trouve un meilleur état azoté, traduit par une canopée plus dense.
- Diminuant le risque de gel : avec un écart de température moyen de +2°C lorsque le 0°C approche au printemps, la couverture thermique AVD permet d'éviter des épisodes de gel délétères au débourrement.
- Améliorant le confort hydrique tout en limitant l'irrigation²⁵ : mesuré par un temps de croissance de la plante jusqu'à +14 jours plus long que la zone témoin, et une évapotranspiration potentielle (ETP) diminuée de 40%. Le calendrier d'irrigation s'adapte également en diminuant la quantité d'eau délivrée jusqu'à -30%.
- Menant à un meilleur équilibre aromatique du vin produit : Les baies des zones sous AVD contiennent plus d'anthocyanes (de +10% à +15%), et présente un degré Brix inférieur de 2 à 3° à jour donné grâce à une maturation dans une période plus fraîche, et sont jusqu'à 15% plus acides que celles de contrôle.
- Mutualisant des solutions de protection supplémentaires : par exemple contre la pluie et la grêle avec l'installation de filets à moindres coûts.
- Permettant d'optimiser les rendements : En évitant les conséquences délétères de certains épisodes climatiques.

²⁵ Tous les sites actuellement en fonctionnement en vignes sont irrigués, selon la volonté de l'exploitant viticole

3.2.2. Synthèse des résultats en arboriculture

L'arboriculture est la **deuxième filière agricole qui bénéficie de notre solution d'agrivoltaïsme dynamique (AVD) en termes de surface**. Sun'Agri a dédié plusieurs dispositifs expérimentaux à la recherche en arboriculture agrivoltaïque :

Les dispositifs mis en place par Sun'Agri ont montré que les systèmes agrivoltaïques dynamiques (AVD) installés au-dessus des cultures, et fournissant un ombrage transitoire, sont un outil de protection et d'adaptation aux changements climatiques, qui optimise la production arboricole **dans sa qualité**, tout en **préservant les rendements** :

- Limitant les excès de rayonnement solaire et des fortes chaleurs : L'ombrage piloté peut diminuer la température des cultures sous AVD jusqu'à -5°C en période caniculaire ; Le feuillage se trouve un meilleur état azoté, traduit par une canopée plus dense.
- Diminuant le risque de gel : avec un écart de température moyen de +2°C lorsque le 0°C approche au printemps, la couverture thermique AVD permet d'éviter des épisodes de gel délétères au débourrement.
- Améliorant le confort hydrique tout en limitant l'irrigation : mesuré par un temps de croissance de la plante jusqu'à +14 jours plus long que la zone témoin, et une évapotranspiration potentielle (ETP) diminuée de 40%. Le calendrier d'irrigation s'adapte également en diminuant la quantité d'eau délivrée jusqu'à -30%.
- Permettant d'optimiser les rendements : En évitant les conséquences délétères de certains épisodes climatiques.
- Lissant la qualité : par diminution des brûlures. Aucun impact significatif n'a été observé sur la coloration, le calibre et la fermeté, sur le site de la La Pugère en 2019 et 2020.
- Mutualisant des solutions de protection supplémentaires : par exemple contre la pluie, la grêle et les ravageurs avec l'installation de filets à moindres coûts.

3.3. Enjeux du déploiement à plus grande échelle

Les résultats des travaux de recherche ont démontré que la solution Sun'Agri apporte un bénéfice net pour l'agriculture et une réponse aux contraintes des agriculteurs (baisse des rendements, contrainte sur la ressource hydrique, épisodes climatiques exceptionnels (gel printanier, canicule) provoqués notamment par les changements climatiques. Plusieurs types de cultures ont été testées, et seules celles pour lesquelles la technologie apporte une plus-value ont été retenues. Les travaux ont également permis d'acquérir une compréhension globale du comportement général des espèces retranscrits dans des modèles de croissance.

Chaque projet est différent, chaque variété, selon la région dans laquelle elle est cultivée, est pratiquement exposée à un problème unique :

- D'un point de vue scientifique, une fois acquise une compréhension globale du comportement général des espèces, il est nécessaire d'aborder les spécificités des interactions *variété x localisation* en affinant le pilotage ;
- Les agriculteurs ainsi que les ODG ont besoin de pouvoir se référer à des projets proches de leurs enjeux en termes de cépage et de pédoclimat pour être convaincus ;
- Les territoires et administrations territoriales ont également besoin de références dans leur périmètre géographique.

L'agrivoltaïsme est une opportunité unique de solution d'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques. La notion, émergente, peut prendre divers visages aux finalités agricoles plus ou moins avérées.

La structuration de la filière est capitale pour cadrer le développement, élever les standards et maintenir l'acceptabilité.