



Sun'Agri

ANNEXE N° 7 – NOTICE DESCRIPTIVE
PROJET AGRIVOLTAÏQUE DE PONTEVES

Table des matières

1	Contexte du projet	2
2	L'agrivoltaïsme dynamique : outil agricole d'adaptation au changement climatique	4
2.1	Sun'Agri, filiale du groupe Sun'R	4
2.2	L'agrivoltaïsme dynamique par Sun'Agri	4
2.3	Synergie entre le système agrivoltaïque et la production agricole	7
3	Projet agricole du Domaine des Roches Blanches	9
3.1	Présentation de l'exploitation agricole	9
3.2	Intérêt agronomique du projet	10
3.3	Choix de la parcelle de projet	12
3.4	Description du projet agricole	14
3.5	Synergie entre système agrivoltaïque et production agricole du projet	16
3.6	Intérêt économique du projet pour l'exploitation	19
3.7	Engagements en phase d'exploitation	21
	SYNTHESE DU PROJET AGRICOLE :	22
4	Description technique du projet	23
4.1	Situation	23
4.2	Caractéristiques techniques	23
4.3	Intégration du projet dans son environnement	26
4.4	Alimentation en eau	29
4.5	Documents d'urbanisme	29
4.6	Concertation avec les acteurs locaux	31
	SYNTHESE PARTIE TECHNIQUE DU PROJET	31
5	Programme de recherche et résultats expérimentaux	32
5.1	Dix ans de R&D pour adapter le microclimat des plantes au changement climatique	32
5.2	Résultats des Dispositifs expérimentaux	35
	ANNEXES	37
	Cadre contractuel	37

1 Contexte du projet

L'agrivoltaïsme est né il y a une décennie d'un triple constat posé par Sun'R et l'INRA :

1. Une urgence alimentaire : produire 56% de calories en plus entre 2010 et 2050 pour alimenter la population mondiale alors que l'agriculture intensive est une industrie mature sans espérance de gains de productivité à la hauteur de l'enjeu. Poursuivre l'exploitation des terres agricoles sans perdre de rendement est une nécessité absolue ;
2. La menace des changements climatiques qui affectent les rendements de nombreuses cultures, les derniers événements en France en attestent : gel début mai, grêle début juin et canicule début juillet ont eu des effets désastreux sur les cultures ;
3. Les terres agricoles sont menacées d'artificialisation face à la concurrence photovoltaïque.

L'agrivoltaïsme dynamique développé par Sun'Agri apporte une réponse à ces constats. Il s'agit d'un **outil de régulation agroclimatique** qui permet de protéger les cultures des stress (hydriques, radiatifs et thermiques), de maintenir les rendements d'une année à l'autre, tout en produisant une électricité d'origine photovoltaïque.

Le projet agrivoltaïque « Pontevès » concerne l'exploitation du Domaine des Roches Blanches, dont le siège se trouve sur Pontevès (83). Créé en 1914, il est a été repris depuis 2017 par Sophie et Léon Blanchet, rachetant petit à petit des terres pour arriver aujourd'hui à 17ha en propriété. Le Domaine des Roches Blanches attache une grande importance au respect du terroir et de l'environnement et s'est converti en Agriculture Biologique depuis 2017.

Le Domaine subit les effets du changement climatique, notamment les épisodes de sécheresse de plus en plus fréquents et intenses, qui impactent les rendements et augmentent les besoins en eau des cultures. Aussi, dans une logique de pérennisation et de sécurisation de leur activité, le Domaine des Roches Blanches souhaite mettre en place une solution innovante d'adaptation au changement climatique, en portant un projet agrivoltaïque à l'échelle d'une parcelle entière plantée en **vignes conduite en Agriculture Biologique** sur la commune de Pontevès.

Ce projet intervient dans le cadre du développement des projets pilotes de Sun'Agri, faisant suite à plus de dix ans de recherche et développement en partenariat avec des organismes agronomiques et scientifiques reconnus et soutenu par l'Etat (Programme d'Investissement d'Avenir), ayant permis de valider l'intérêt agronomique et économique de l'outil.

Le projet sera candidat à l'Appel d'Offres Innovation (INNO PPE2 5.1) de la Commission de Régulation de l'Energie fin octobre 2021. La technologie Sun'Agri proposée ici a déjà été maintes fois lauréate des dernières tranches de l'appel d'offres (15 projets lauréats pour INNO 4.2 et 17 pour INNO 4.3), validant à la suite de l'examen des dossiers par l'ADEME la vocation agricole primaire des projets et la synergie entre production agricole et production électrique secondaire.

Un suivi agronomique et une comparaison avec une zone témoin¹ accolée à la structure agrivoltaïque seront néanmoins maintenus, dans une logique d'évaluation des bénéfices de la structure sur les cultures.

Quand le label sera finalisé, **le projet sera candidat à la labellisation par l'AFNOR Certification**. Le projet est d'ores et déjà conforme à la majorité des exigences techniques, particulièrement celles relatives aux critères obligatoires (nous signalerons ces critères obligatoires tout au long du dossier).

¹ La présence de zone témoin et la mise en place d'un suivi agronomique sont des critères obligatoires du label

Le fonctionnement du projet « Pontevès » se base sur un ensemble tripartite :

- La **Domaine des Roches Blanches** qui exploite les cultures et bénéficie du système ;
- **Sun'Agri**, qui pilote le système agrivoltaïque, décide de l'orientation en temps réel des panneaux, maximise la valeur de la production agricole et coordonne le suivi agronomique avec les organismes partenaires (Chambre d'Agriculture du Var notamment) ;
- **Un producteur photovoltaïque** qui assure le financement de la structure et est rémunéré par les bénéfices liés à la vente d'électricité, ici Racines.

2 L'agrivoltaïsme dynamique : outil agricole d'adaptation au changement climatique

2.1 Sun'Agri, filiale du groupe Sun'R

Fondé en 2007, le groupe Sun'R par Antoine Nogier est constitué de trois pôles d'activité centrés sur le développement des énergies renouvelables et engagés dans la transition énergétique :

- **Sun'R Power** : producteur indépendant d'énergie, acteur historique du photovoltaïque en France, Sun'R Power développe, construit et exploite des projets innovants ou à fort impact pour accompagner les territoires dans la transition énergétique ;
- **Volterres** : Volterres commercialise une offre innovante de fourniture d'électricité verte qui donne la possibilité aux entreprises et collectivités de s'approvisionner avec de l'électricité renouvelable produite sur leur territoire, grâce à la blockchain ;
- **Sun'Agri** : pionnier de l'agrivoltaïsme, Sun'Agri répond à l'urgence du changement climatique en apportant aux agriculteurs une innovation de rupture qui améliore durablement leur production tout en générant de l'énergie solaire. La société a été fondée en 2018 à la suite de 10 ans de recherche et développement du groupe Sun'R en collaboration avec l'INRAe pour fonder l'agrivoltaïsme dynamique.

Le siège du groupe est basé à Paris mais l'essentiel des activités de développement est localisé dans les bureaux de l'agence de Lyon, avec des antennes locales à Nantes, Montpellier et Toulouse.

Le groupe compte aujourd'hui soixante-quinze collaborateurs.

Sun'Agri intègre une **équipe particulièrement multidisciplinaire** : ingénieurs agronomes, spécialistes en agriculture, ingénieurs en génie mécanique et électrique, mais aussi data scientists, 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.

Une présentation du programme de recherche Sun'Agri, des différents dispositifs expérimentaux, des cultures cibles et une synthèse des principaux résultats en viticulture et arboriculture est présentée en partie 5 du document.

2.2 L'agrivoltaïsme dynamique par Sun'Agri

Le concept d'agrivoltaïsme a été défini par l'INRAE et Sun'R dès 2010 :

« Nous avons développé le concept de « systèmes agrivoltaïques » définis comme des systèmes de production associant sur une même surface des cultures au sol (qui peuvent être des cultures de plein champ), et des panneaux solaires (maintenus en hauteur par une structure porteuse ouverte permettant la culture mécanisée) » (Publication Dupraz et al., 2010).

Le cahier de la charge de l'Appel d'Offre Innovation de la Commission de la Régulation de l'Energie définit en 2017 :

*« les installations agrivoltaïques sont des installations permettant de coupler une production photovoltaïque secondaire à une production agricole principale en permettant une **synergie** de fonctionnement démontrable »*

Le terme est utilisé depuis mais ne bénéficie pas d'une définition consensuelle. Néanmoins, la vocation agricole des différentes technologies dites « agrivoltaïques » doit être comparée en premier lieu.

2.2.1 Positionnement par rapport aux différents types de couplages agricole-photovoltaïque



Figure 1: Exemples de combinaisons entre l'agriculture ou l'élevage et la production photovoltaïque avec ou sans couplage

Il est constaté différentes propositions aux visages et finalités diverses :

- Les centrales photovoltaïques au sol et sur bâtiments agricoles non destinées à la production agricole (fermes, hangars), avec « caution agricole » (élevage, ruches) participent à l'artificialisation de terres agricoles sans placer la favoriser l'agriculture ;
- Les centrales « Dual Use » fixes ne s'appuyant pas sur des solutions de pilotage agronomique, dégradent nécessairement les performances agronomiques et ne présentent pas d'innovation de rupture :
 - o L'ombrage est utile à certaines heures ou périodes de l'année mais **pas tout le temps**. Les solutions existantes indiquent des **pertes de production agricole**,
 - o Comme la course du soleil varie selon les saisons, il ne peut pas exister de disposition fixe des panneaux ou de tracking convenant tout au long de l'année ;
- Les centrales « Dual Use » mobiles qui suivent le soleil, maximisent la production d'électricité. Sans pilotage agronomique assurant un effacement total de la production électrique (panneaux parallèles aux rayons du soleil) sur certaines périodes (année, mois ou journée) quelle que soit la hauteur d'implantation, elles dégradent nécessairement le rendement agricole et ne présentent pas d'innovation majeure ;
- 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**.

2.2.2 La solution d'agrivoltaïsme développée par Sun'Agri

Au-delà du simple fait de les faire cohabiter sur un même terrain, **le système agrivoltaïque développé par Sun'Agri crée une réelle symbiose entre agriculture et production d'énergie**. La solution innovante que Sun'Agri propose repose d'une part sur une **structure porteuse** minimisant l'emprise au sol et permettant le passage d'engins agricoles, d'autre part sur un **système de pilotage** de l'inclinaison des panneaux à la manière d'une persienne. Le pilotage automatisé est basé sur une **modélisation de la croissance des cultures** dans l'environnement agrivoltaïque et sur un modèle d'optimisation visant à **créer les meilleures conditions microclimatiques** pour la culture.

Le système agrivoltaïque apporte à l'agriculture **une véritable solution en réponse au changement climatique**, par la création d'un microclimat contrôlé et une économie substantielle des flux intrants. Grâce à l'ombrage apporté par les panneaux, pilotés en temps réel, il permet de réduire les ressources en eau employées pour l'agriculture et de réduire l'amplitude thermique sous la structure.

Le système, a vocation à être déployé sur des cultures ayant un besoin d'adaptation, et à produire une électricité photovoltaïque compétitive. **Le potentiel de l'agrivoltaïsme s'exprime pleinement dans les zones de forts stress hydrique et thermique**, et dans lesquelles les changements climatiques et/ou les épisodes climatiques extrêmes (vent, grêle, gel) ont un effet important.

A contrario des approches décrites précédemment, les travaux de R&D menés par Sun'Agri ont donc permis de développer un système permettant d'**améliorer les performances agricoles**.

→ Résultats expérimentaux en viticulture :

Une présentation des programmes de recherche menés par Sun'Agri et l'INRAE, des différents dispositifs de recherche, des cultures cibles et une synthèse des principaux résultats en viticulture, validés par l'INRAE, est présentée en partie 5 de ce document.

La technologie Sun'Agri fonctionne sur deux étages :

- Un étage bas est réservé à la **culture agricole (produit principal du système)** ;
- Un étage haut est réservé à la **production électrique**. Les panneaux photovoltaïques sont pilotables sur un axe Nord-Sud grâce un système de trackers.

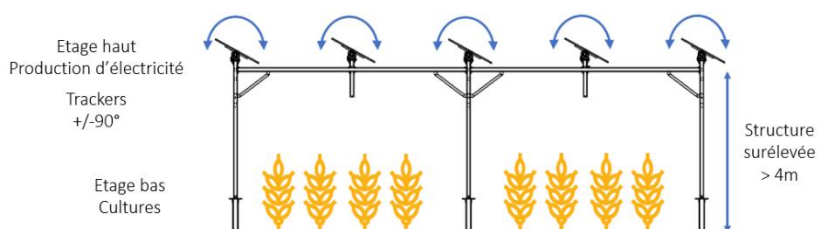


Figure 2: Illustration de la structure AVD

Le point clé de l'innovation tient au fait que les panneaux sont pilotés de façon à optimiser la croissance de la culture, et faire passer au second plan la production électrique.

Le pilotage « intelligent » est défini selon les besoins physiologiques de la culture. Il est donc possible de contrôler à chaque instant l'ombrage apporté aux plantes, dans l'optique d'une amélioration systématique de la production agricole par rapport à des conditions de plein champ.

Le principe du partage lumineux² 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 :

- **préservée** par un ombrage maximal ;
- **favorisée** par un ombrage minimal ;
- **protégée** face à des aléas climatiques de type gelée printanière.

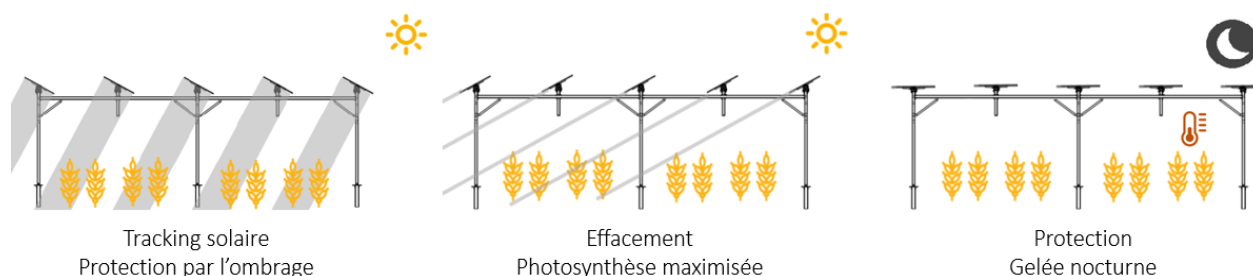


Figure 3. Trois exemples d'orientation des panneaux

² Le partage lumineux est cohérent avec la culture visée – critère du label

Ces évolutions permettent, en modifiant le microclimat reçu par la plante (température, ensoleillement, hygrométrie), de :

- Garantir une amélioration nette de la production agricole ;
- Tout en produisant une énergie renouvelable compétitive ;
- Et en apportant des réponses aux impacts des changements climatiques.

2.3 Synergie entre le système agrivoltaïque et la production agricole

2.3.1 Un pilotage agronomique intelligent

AV Studio est un logiciel développé depuis plus de 10 ans par la direction scientifique du groupe Sun'R. Véritable innovation technologique, ce software unique au monde utilise les modèles de croissance de chaque plante pour piloter de façon optimale l'orientation des panneaux photovoltaïques.

L'architecture de la suite logicielle s'articule selon différents modèles :

- Modèles agronomiques permettant de décrire l'assimilation photosynthétique des plantes sous ombrage fluctuant ;
- Modèles de comportement hydrique :
 - Décrivant l'eau de la racine à l'évapotranspiration sous ombrage fluctuant
 - Modélisant l'écoulement de la pluie sur les panneaux et dans le sol
- Prévisions météorologiques et capteurs in situ développés pour la prévision de température / ensoleillement / hygrométrie ;
- Modèle d'optimisation du positionnement des panneaux permettant de calculer la trajectoire optimale des panneaux au cours de l'heure et de la journée.

2.3.2 Une structure adaptée aux exploitations viticoles

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

La durée de vie prévisionnelle d'un pied de vigne est **de 30 ans**.

La durée contractuelle de l'implantation de la structure agrivoltaïque étant de 30 ans, cela correspondra parfaitement à la durée de vie du vignoble.

2.3.2.2 Une structure adaptée aux exigences du monde agricole et de l'agriculteur partenaire

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) : écartement des poteaux pensés de manière à conserver les **écartements « standards »** des rangs de plantation et utiliser la structure pour palisser les arbres.

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.

2.3.2.3 Un système réversible

Le producteur d'électricité s'engage à démanteler à ses frais l'installation (cout provisionné dans le cout initial du projet) **au bout des 30 ans d'exploitation**. Le site sera remis en état sans aucune dégradation. L'exploitant agricole a la possibilité, s'il le souhaite, de garder la structure.

Le système est implanté grâce à une **technologie de pieux battus en acier**, qui présente plusieurs avantages

- Absence de béton donc d'imperméabilisation des sols ;
- Occupation du sol minime (pieux « en H » - maximum 15cm x 15cm) équivalente à celle d'un poteau de palissage ;
- Facilité de démantèlement en fin d'exploitation (les pieux sont intégralement retirés) ;
- Aucune pollution des sols.

Le système est conçu pour que :

- La structure soit entièrement **démontable** et facilement recyclée (composée à 95% d'acier) ;
- Les panneaux soient recyclables (via la filière PV cycle) et présentant une durabilité accrue à l'environnement agronomique (résistants aux traitements phytosanitaires) ;
- Les ancrages de la structure en pieux battus (en acier) puissent être **entièrement retirés** ;
- La remise en état et la poursuite de l'exploitation agricole sur la parcelle soient rapides après la phase de démontage de la structure.

Sur l'ensemble des projets, **Sun'Agri impose contractuellement au producteur d'électricité le démantèlement complet de la structure et la remise en état du site au bout de 30 ans, à ses frais (provisionné dès la conception du projet).**

2.3.3 Qualification agronomique des projets Sun'Agri

Outre les aspects liés à la configuration de la parcelle et la compatibilité avec les documents d'urbanisme, les projets retenus par Sun'Agri doivent avant tout respecter des critères n'opérant pas de compromis avec la production agricole :

- 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.) ;
- **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 ;
- **Aucun loyer n'est versé à l'agriculteur** : la structure agrivoltaïque est un outil au bénéfice de l'exploitation agricole.

Le référent agronomique du projet se rend sur place pour rencontrer l'exploitant 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 de l'appel d'offres 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 au client : 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) ainsi qu'un business plan économiquement viable sur les 30 ans du projet.

3 Projet agricole du Domaine des Roches Blanches

3.1 Présentation de l'exploitation agricole

Le projet agrivoltaïque « Pontevès » concerne **le Domaine des Roches Blanches**, dont le siège est situé à Pontevès (83) au cœur de la Provence Verte. Créé en 1914, il est géré depuis 2017 par Sophie et Léon Blanchet, acquérant depuis trois ans des terres pour atteindre 17 hectares aujourd'hui. Le Domaine se développe au gré de l'obtention de Droits à Planter.

La démarche du Domaine est tournée vers la recherche de la qualité plutôt que du volume, respectant le terroir avec une méthode de culture respectueuse des écosystèmes. Le Domaine s'est d'ailleurs converti en Agriculture Biologique dès 2017.

Ce projet serait le **premier projet agrivoltaïque grande échelle en vignes bio en Région Sud**.

3.2 Intérêt agronomique du projet

3.2.1 Un projet répondant à des problématiques agro-climatiques ³

La vigne est considérée comme étant très sensible au stress climatique, et de la même façon au changement climatique. Des aléas de plus en plus intenses et redondants impactent désormais chaque campagne de production en Vallée du Rhône et viennent directement menacer la pérennité de la filière :

- Des gelées printanières désastreuses pour les productions

Les vignes font régulièrement face à des gelées printanières pouvant être désastreuses pour la production (jusqu'à 100% de pertes du volume total pour certaines exploitations lors de l'épisode de gel d'avril 2021). Que ce soit sur les bourgeons et les fleurs, ou encore plus sensibles sur les très jeunes fruits, le gel printanier devient de plus en plus récurrent avec le changement climatique. En effet, la sortie de l'hiver se fait dans des températures de plus en plus douces et de plus en plus tôt, avançant le débourrement et la floraison et rendant les vignes très sensibles à une vague de froid printanière.

En prévention de gelées, les viticulteurs installent des bougies nocturnes dans les vignes dans le but d'augmenter d'un ou deux degrés Celsius la température de l'air proche des plants. Cette technique est très onéreuse, chronophage et souvent peu efficace.

- ➔ Les stratégies de pilotage de la technologie Sun'Agri incluent une protection face au grand froid : les panneaux du dispositif AVD (AgriVoltaïsme Dynamique) s'orientent horizontalement, parallèles au sol, couvrant ainsi de manière maximale la surface projetée au sol lorsque les températures deviennent trop faibles pour le bien-être de la culture. La chaleur du sol emmagasinée la journée peut ainsi mieux être conservée la nuit jusqu'à l'aube. Ces quelques degrés supplémentaires sous le dispositif par rapport à la zone témoin sont particulièrement bénéfiques lorsque la température approche 0°C, afin d'éviter le gel, et protéger notamment les organes les plus sensibles du plants comme les bourgeons.
- ➔ Les gelées printanières pourront être maîtrisées grâce à l'inertie thermique du système agrivoltaïque. En positionnant les panneaux photovoltaïques horizontalement, les travaux de Sun'Agri ont montré que la température nocturne sous le dispositif est en moyenne supérieure de 3°C par rapport à la température hors panneaux.

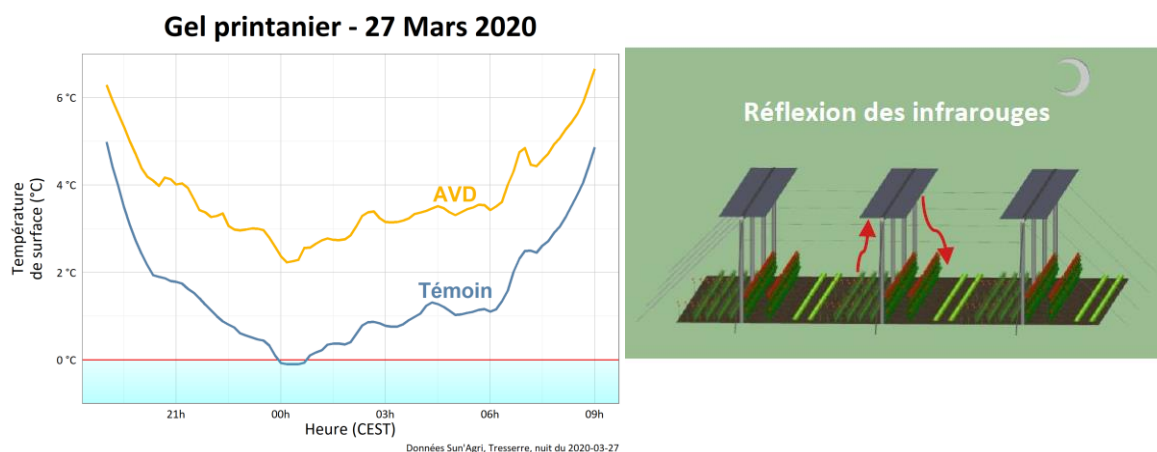


Figure 5. Effet du système AVD sur la température nocturne, en cas de mise des panneaux à plat

³ Le projet répond à un besoin exprimé, critère obligatoire du label

Cette différence de température suffirait pour protéger la vigne de M et Mme Blanchet. **Les pertes subies dues aux gels tardifs, dans les conditions d'exploitation à Pontevès, ont pu se chiffrer à hauteur de 40% de la production d'une parcelle (mars 2020).** La solution agrivoltaïque se substituerait ainsi aux systèmes actuels (bougies, etc.) coûteux, polluants, chronophages et souvent inefficaces.

- **Des épisodes de grêle de plus en plus violents**

Le risque de grêle augmente ces dernières années et protéger les vignes devient une condition *sine qua non* pour ne pas exposer l'exploitation à des risques trop importants. En moyenne, les vignobles de la Vallée du Rhône subissent près d'un épisode de grêle par an, impactant parfois 80% de la production, avec des conséquences négatives sur le végétal comme les violents orages de mai 2019 dans le Vaucluse.

→ La structure agrivoltaïque permet d'envisager un système d'accroche de filets para-grêle et de coupler la protection

- **Des périodes d'ensoleillement excessifs entraînant brûlures sur fruits et forte consommation en eau**

Aujourd'hui, le Domaine des Roches est contraint de trouver des solutions alternatives pour protéger ses vignes des **chaleurs excessives** de plus en plus fréquentes. La sécheresse et les excès de chaleur s'accroissent chaque année depuis dix ans, et sont eux aussi responsables de nombreuses pertes directes sur la production, et d'autres à plus long terme sur les vignes.

Les **brûlures** ont des effets délétères, à l'instar des dégâts catastrophiques qui ont eu lieu fin juin et début juillet 2019 au cours d'épisodes caniculaires : des vignes ont littéralement grillé en seulement une après-midi « comme brûlées au chalumeau ». La canicule faisait en effet suite à un mois de juin relativement frais, et la différence de température (la température à l'ombre a atteint à certains endroits 45°, et la température foliaire a dépassé 55° localement) a été fatale pour les vignobles.



Figure 6. Vignes brûlées par le soleil lors de la canicule de juillet 2019 dans le Gard et l'Hérault (France TV info, 29/06/2019)

Outre la perte de récolte engendrée par cette canicule, les agriculteurs interviewés dans le reportage cité ci-dessus ont immédiatement évoqué la capacité du vignoble à se remettre de cet épisode : si la durée de vie du vignoble diminue, c'est immédiatement la survie de l'exploitation qui est en jeu. Or les épisodes climatiques tels que la canicule de début juillet 2019, sont appelés à se renforcer dans les décennies qui viennent, à gagner en intensité et à durer potentiellement plusieurs semaines (Serge Zaka, chercheur en agro climatologie à iTK).

Par ailleurs, du fait de **vendanges de plus en plus précoces** (à partir du 15 août), la composition des baies n'est parfois pas suffisamment complexe pour garantir des vins équilibrés et une palette aromatique intéressante répondant aux attentes du marché vinicole. Apporter de l'ombrage aux vignes permet de retarder la période des vendanges tout en conservant des taux de sucre raisonnables.

→ En apportant de l'ombrage de manière intelligente via un système agrivoltaïque dynamique, on pourrait empêcher ce phénomène et réduire le taux d'évapotranspiration des vignes, comme les travaux de Sun'Agri l'ont démontré. En baissant **l'état de stress hydrique de la vigne**, cette solution permettra au Domaine des

*Roches Blanches d'obtenir des **rendements lissés d'une année sur l'autre** mais également de **réduire la consommation en eau des vignes**. Cet effet découle de la régulation du microclimat à l'ombre des panneaux, offrant des conditions hydriques, thermiques et radiatives plus confortables aux plantes. Ainsi on réduit la transpiration, l'irrigation et la consommation en eau. Les modalités ombrées montrent également une réserve eau supérieure (La Pugère, G-EAU, 2019 & 2020). Il a également été mesuré une économie d'eau sous AVD avec des apports en irrigation jusqu'à 30% inférieurs par rapport à la zone témoin (La Pugère, G-EAU, 2019).*

A toutes ces problématiques, **l'agrivoltaïsme dynamique se veut être une solution de protection et de gestion du microclimat pour les vignes**. En apportant une protection physique directe contre la pluie, en régulant les températures extrêmes ou encore en garantissant aux plantes un confort hydrique qu'elles n'auraient pas en plein champ, cette technologie permet de répondre aux problématiques que la filière doit affronter aujourd'hui.

Sophie et Léon Blanchet ont manifesté un vif intérêt pour la solution agrivoltaïque Sun'Agri en vue de répondre à l'ensemble de ces problématiques, et d'y associer une démarche environnementale tournée vers l'innovation : coupler une production agricole et une production d'électricité photovoltaïque sur une même parcelle en synergie, tout en limitant le recours à des intrants chimiques grâce à la protection apportée par les panneaux et au couplage de la structure avec filets anti-insectes.

3.2.2 Objectifs du projet pour l'exploitation

Le projet a vocation d'apporter une solution d'adaptation aux problématiques agro-climatiques subies par le Domaine des Roches Blanches et a pour objectifs :

- de **protéger la vigne** contre les aléas climatiques de plus en plus fréquents et intenses, impactant le rendement (gel, grêle, sécheresse, canicule etc.) et les profils aromatiques des vins ;
- de **diminuer le besoin en eau de la vigne** en réduisant le phénomène d'évapotranspiration grâce à la régulation du micro-climat à l'ombre des panneaux ;
- **d'assurer une sécurité des revenus agricoles de la jeune exploitation, grandissante**, en lissant les volumes annuels de production ;
- de **conforter la démarche respectueuse de l'environnement et du terroir** entreprise par le Domaine depuis quelques années.

3.3 Choix de la parcelle de projet

La zone de projet couvre une surface de 9,27ha constitué par les parcelles **G199 à G209**, située au nord-est de la commune de Pontevès, sur le lieu-dit « Les Valettes Basses ».

Ce bloc parcellaire a été récemment acheté par le Domaine, qui envisage de la **planter progressivement en vignes**, au gré des obtention des droits à planter. Ainsi, la partie du sud de la zone de projet a été plantée au début de l'année 2020, le nord le sera début 2022 et le centre de la parcelle (concernée par le projet) le sera début 2024.

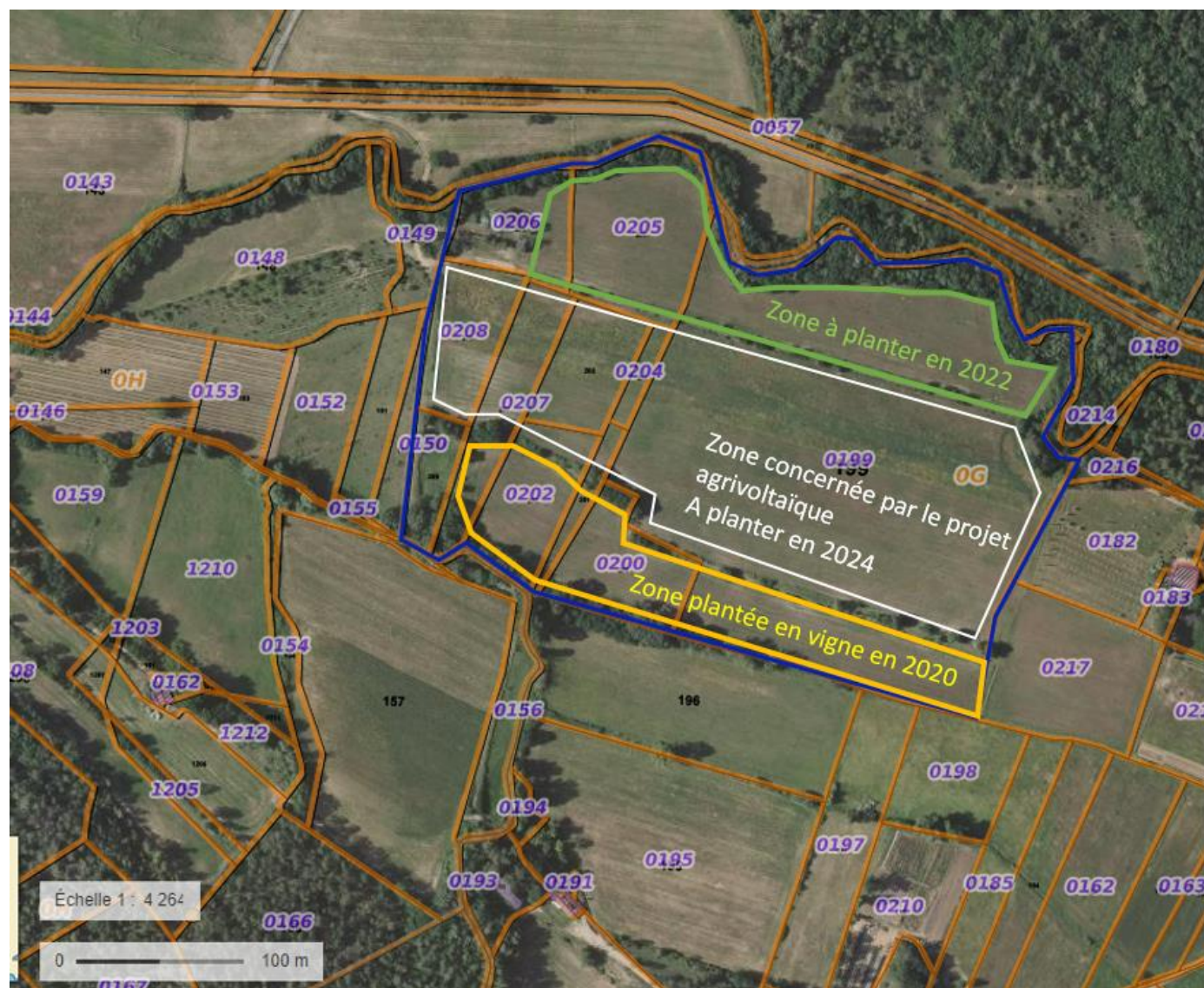


Figure 7. Découpage de la zone de projet



Figure 8. A gauche : partie sud de la zone de projet (plantée en vignes en 2020). A droite : partie nord (qui sera plantée en 2022) – Non concernées par le projet

La partie de centrale de la zone de projet est la seule concernée par le projet agrivoltaïque. Le Domaine a obtenu des droits à planter pour 3,63ha sur cet espace pour 2023-2024. Elle est aujourd’hui plantée en sainfoin.



Figure 9. Parcelle concernée par la structure (partie centrale de la ZIP) – Cultivée en sainfoin d’ici à la réalisation du projet

Cette parcelle du Domaine des Roches Blanches répond parfaitement aux critères de sélection auxquels se tient Sun’Agri :

- **Culture nouvelle ou à renouveler**, ce qui permettra l’accès au terrain en phase chantier sans dégrader la production agricole ;
- **Projet de culture ayant un besoin de protection suffisamment élevé pour justifier d’un réel intérêt économique** ;
- **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.

3.4 Description du projet agricole

Le projet consiste en une **structure agrivoltaïque de 2,75ha ouverte positionnée sur une parcelle nouvellement plantée en vignes ainsi qu’une zone témoin sans panneaux de 0,6ha, qui sera menée en conditions identiques, répondant aux exigences du label, et qui servira pour la comparaison agronomique.**

3.4.1 Cultures

Espèces et variétés agricoles :

Le cépage sélectionné par le Domaine est **rouge (Pinot)**.

Production annuelle estimée :

En installant un système agrivoltaïque dynamique, le Domaine espère obtenir un rendement « lissé » avoisinant **60hL/ha** (aujourd’hui rendement autour de 50 hL/ha). L’objectif est d’homogénéiser les rendements d’une année sur l’autre, en évitant les pertes en volume et en quantité, provoquées par les épisodes climatiques (sécheresse, grêle, vent).

Valorisation de la production :

Les vignes de cette parcelle agrivoltaïque produiront des **raisins de cuve**, destinés à la **vinification**. Le Domaine des Roches Blanches commercialise aujourd’hui auprès d’un négociant mais a un projet de mise en bouteille à la propriété (30% - 15-20 hL/an).

3.4.2 Mode de culture

Certifications

Tout comme l'ensemble du Domaine Viticole, la production de la parcelle agrivoltaïque sera certifiée en **Agriculture Biologique**, selon un cahier des charges précis.

Celui-ci interdit entre autres l'usage de pesticides et fertilisants d'origine chimique de synthèse.

Par ailleurs, afin de mieux valoriser commercialement son vin agrivoltaïque, l'exploitant agricole a la volonté de conserver l'**IGP (Indication Géographique Protégée) « Coteaux du Verdon »**.

Irrigation

Une irrigation de type **goutte-à-goutte enterré** sera mise en place. Ce système sera combiné à la structure agrivoltaïque et permettra d'apporter la juste quantité d'eau nécessaire à la plante, dans une logique de réduction de la consommation de la ressource (Cf §4.4 pour le détail de la consommation en eau).

Mécanisation

Le dimensionnement du vignoble agrivoltaïque a été pensé de manière que la mécanisation soit la plus efficace possible. Ainsi, l'ensemble des travaux seront mécanisés à la parcelle, comme la vendange, la taille ou le labour.

Complémentarité avec d'autres outils

La structure servira de support pour un **filet paragrêle et anti-insectes**, positionné à 4 mètres de hauteur, qui apportera une protection supplémentaire au vignoble et empêchera l'accès aux ravageurs des cultures, diminuant en parallèle l'apport en produits phytosanitaires (outre le fait qu'il s'agit déjà d'une vigne en Agriculture Biologique).

3.4.3 Géométrie de culture

Les rangées de vignes seront plantées :

- Selon un **axe nord-sud** ;
- Avec pour distance de plantation : 2,25m d'inter-rang pour 1m d'inter-pied, ce qui est strictement identique à un vignoble classique. Pour permettre la continuité de la mécanisation dans l'exploitation un rang de vignes sur cinq, sous les poteaux des panneaux, ne sera pas planté. Le vignoble agrivoltaïque aura une densité de plantation de **3721 pieds/ha**.
- Le Domaine envisage la **plantation de plantes médicinales** sur les rangs non plantés en vignes (sur la rangée de poteaux), venant encore souligner le caractère innovant du projet.

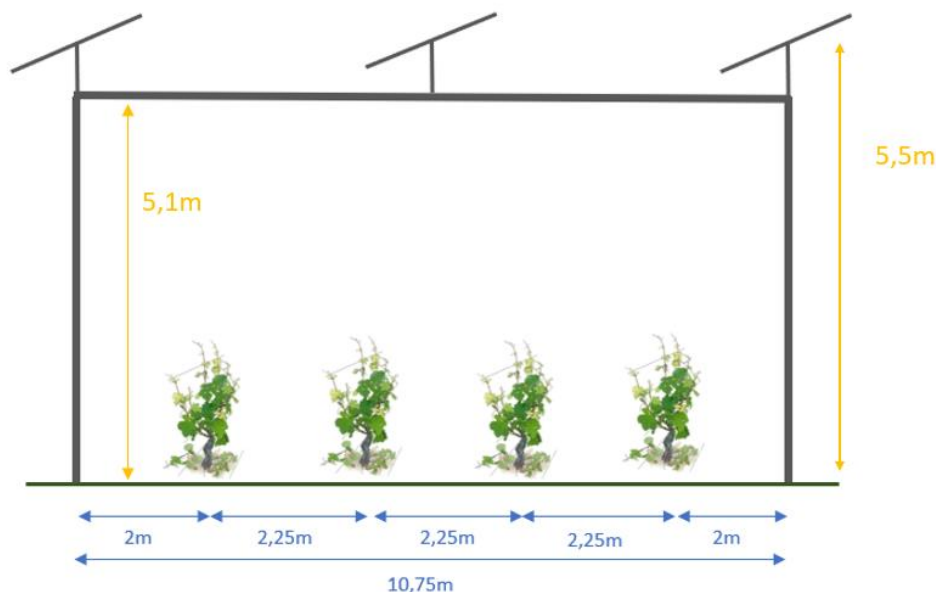


Figure 10. Schéma de la structure (coupe est-ouest)

3.5 Synergie entre système agrivoltaïque et production agricole du projet

3.5.1 Synergie validée par l'Appel d'offre Innovation du Ministère de la transition écologique

Ce projet agrivoltaïque sera candidat **à l'appel d'offres Innovation PPE2 5.1 de la Commission de Régulation de l'Énergie en octobre 2021** - Famille 2 « Installations agrivoltaïques innovantes ». Le cahier des charges indique que sont considérés comme agrivoltaïques des installations « permettant de coupler une production photovoltaïque secondaire à une production agricole principale en permettant une **synergie** de fonctionnement démontrable ».

Ainsi, les critères de sélection des projets lauréats se basent sur deux critères que sont l'innovation et la synergie avec la production agricole. Le dossier de candidature, examiné et noté par l'ADEME, comprendra entre autres les éléments suivants :

- Un mémoire technique sur la synergie avec l'usage agricole (Pièce n°5) ;
- Un rapport de contribution à l'innovation (Pièce n°4) – Présentation de l'innovation Sun'Agri ;

La Pièce 5 présente notamment :

- Les problématiques agro-climatiques auxquels l'exploitation est confrontée ;
- Les objectifs attendus du projet agrivoltaïque (agronomiques et économiques) ;
- Le projet agricole défini en concertation entre l'agriculteur et les agronomes de Sun'Agri : cultures, mode de culture envisagé ;
- Une note d'expert reconnu (laboratoire de recherche, expert agronome, etc) justifiant de façon précise et argumentée que le projet présente une vocation de production agricole viable et pérenne ;
- La convention de suivi agricole : l'ADEME attend des lauréats qu'ils transmettent annuellement les données issues du suivi agronomique

En désignant lauréat plus de trente projets utilisant la technologie Sun'Agri sur les deux derniers appels d'offres, le Ministère de la Transition écologique, à travers la CRE et l'ADEME, a approuvé la synergie agricole des projets Sun'Agri avec priorisation de la culture.

3.5.2 Acteurs et rôles respectifs

Le projet est porté par plusieurs acteurs indépendants motivés à promouvoir et développer l'agrivoltaïsme dynamique.

3.5.2.1 L'exploitant agricole : implication dans le projet et prise en compte des intérêts

Le Domaine des Roches Blanches cultivera les terres sur lesquelles sera implantée la structure tout au long de sa durée de vie et bénéficiera d'un outil de protection de ses cultures.

Le Domaine est le premier intéressé au projet dans toutes ses composantes : son itinéraire technique, ses objectifs et ses priorités ont été la base de la conception de la géométrie du projet.

3.5.2.2 Le producteur d'électricité

Sun'Agri développe, fait construire et pilote le projet pour le compte **d'un tiers investisseur qui sera le producteur d'électricité**. 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.

En l'espèce, l'investisseur principal sera la plateforme d'investissement Râcines créée par RGreen Invest, société française fondée en 2010 afin de permettre aux investisseurs institutionnels d'orienter leurs capitaux vers le financement de projets liés à la transition énergétique, gérant à ce jour 1600 MW d'actifs et ayant soutenu plus de 500 projets en Europe.

Cette nouvelle plateforme entièrement dédiée au financement de projets agrivoltaïques a pour ambition de devenir la première plateforme d'investissement dans des projets d'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques. Elle fédérera à ses côtés des banques et investisseurs en capital (tels que BPI France, le Crédit Agricole, la Banque Européenne d'Investissement) qui rejoindront d'autres investisseurs déjà identifiés par Sun'Agri (tels que l'Agence Régionale Energie Climat (AREC) Occitanie avec laquelle Sun'Agri a signé en Octobre 2019 un accord de co-investissement dans les projets occitans).

Râcines s'engage aux côtés de Sun'Agri dans les standards de la charte [« Cultivons Demain ! »](#), première initiative française de soutien à l'adaptation de l'agriculture face aux changements climatiques, en co-investissant au côté des agriculteurs qui le souhaitent et en structurant leur financement.

Les producteurs d'électricité s'engagent à suivre la charte Sun'Agri qui est la suivante :

- **L'agriculteur ne touche pas de loyer** : le système agrivoltaïque lui permet d'augmenter le revenu de son exploitation à travers une augmentation qualitative et/ou quantitative de sa production agricole.
- **Priorisation du pilotage des panneaux en fonction des besoins des cultures**. Il est convenu avec le producteur électrique via un contrat de service avec Sun'Agri que le pilotage des panneaux est fait en fonction des besoins des plantes.
- **Validation des cultures** : Sun'Agri valide uniquement les cultures qui sont adaptées au système agrivoltaïque. Certaines cultures ne sont pas compatibles (besoin de lumière trop important, ...)
- **Proposer à l'agriculteur d'investir dans l'outil agrivoltaïque**. Dans la mesure du possible, le producteur électrique propose à l'agriculteur d'investir dans le système afin qu'il puisse bénéficier également des revenus de la vente d'électricité.

3.5.2.3 Le pilote de la centrale AVD : Sun'Agri

En phase de développement du projet, Sun'Agri se charge de la conception du projet en co-construction avec l'agriculteur et se charge de concevoir les dossiers de demandes d'autorisation d'urbanisme.

En phase construction, Sun'Agri intervient comme assistant à la maîtrise d'ouvrage.

Enfin, **Sun'Agri** sera sur toute la durée d'exploitation du projet, à **savoir 30 ans**, le pilote indépendant du système agrivoltaïque et particulièrement de l'inclinaison des panneaux en fonction des besoins de la plante, à travers les algorithmes propriétaires développés dans le programme Sun'Agri 3.

Sun'Agri est l'interlocuteur privilégié de l'agriculteur en phase exploitation. Une application, MySunAgri®, sera mise à disposition du Domaine et sera notamment paramétrée pour l'informer des données agro-climatiques et lui fournir des alertes en temps réel.

3.5.3 Les organismes de suivi agronomiques et scientifiques

Comme pour l'ensemble des projets agrivoltaïques Sun'Agri, le projet de Pontevès s'inscrit dans un contexte scientifique majeur rassemblant des organismes professionnels et scientifiques aux compétences agronomiques et agricoles, qui interviendront dans le suivi technique de ce projet.

Tout d'abord, la **Chambre d'Agriculture du Var (CA83)** sera responsable du suivi agronomique du projet selon un protocole de suivi agronomique précis. Cela est cadré dans une convention de suivi d'une durée de 5 ans liant Sun'Agri et l'organisme.

Sa contribution sera essentielle :

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

Différents partenaires du programme Sun'Agri 3 interviendront également, en parallèle des travaux réalisés sur les dispositifs expérimentaux, dans le suivi du système AVD conjointement au suivi de la CA83.

Sun'Agri :

- définit le cahier des charges du suivi agronomique, en partenariat avec les partenaires agronomes de Sun'Agri 3 (INRAE, iTK) et l'organisme sous-traitant ;
- coordonne le suivi agronomique et récupère / stocke les données de la parcelle ;
- réalise un suivi socio-économique précis pour chaque projet. A partir des modèles d'affaires existants, le travail consiste à mesurer la valeur ajoutée d'un système AVD pour les productions agricoles des démonstrateurs. 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 ;
- transpose les stratégies de croissance dans le pilotage du système agrivoltaïque dynamique en implantant dans le système d'information du projet 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.

L'INRAE (UE Pech Rouge ; UMR G-Eau) contribuent au suivi agronomique exécuté par la CA83 en comparant les résultats à ceux du dispositif expérimental viticole de Piolenc. Leurs compétences agronomiques permettront de comparer les meilleures consignes de pilotage des panneaux en fonction des pratiques testées au cours du projet.

L'UMR MISTEA (INRAE) est en charge de mettre en place et d'organiser le stockage des données (à l'échelle du téraoctet) sur les références technico-économiques agrivoltaïques de l'ensemble des dispositifs expérimentaux, des projets du programme Sun'Agri 3 et des projets agrivoltaïques dont fait partie le projet de Pontevès, et de s'assurer du bon accès aux données auprès des différents partenaires.

La société iTK est chargée des activités de modélisation agronomique du consortium Sun'Agri 3. Elle accompagne de près le suivi agronomique pratiqué par les chambres d'agriculture et les laboratoires de recherche du programme Sun'Agri 3, afin d'alimenter en retour ses modèles agronomiques par les données issues des cultures sous système agrivoltaïque. Ils seront ainsi améliorés de façon continue et seront testés en conditions réelles.

Un descriptif des éléments contractuels reliant les différentes parties est présenté en annexe du dossier.

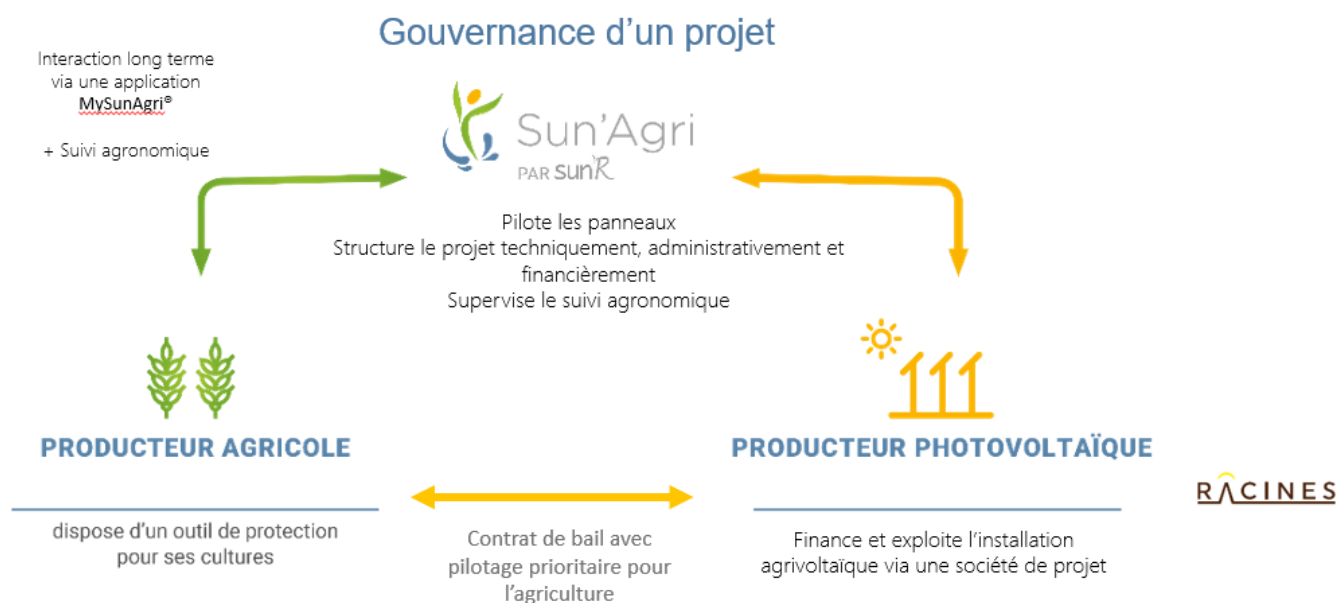


Figure 10. Gouvernance d'un projet Sun'Agri

3.6 Intérêt économique du projet pour l'exploitation

Dans le cadre du cahier des charges de l'appel d'offres innovation figure l'obligation de présenter un **modèle d'affaires prévisionnel visant à démontrer l'apport de la structure sur le chiffre d'affaires de l'exploitation**.

Méthodologie : La modélisation économique de l'exploitation agricole consiste dans le calcul de la différence entre le résultat du budget partiel (charges et produits concernés par le projet agrivoltaïque) avec système agrivoltaïque et celui sans, sur la durée du projet. Cela revient à comparer les résultats de la parcelle agrivoltaïque avec les résultats de la zone témoin.

Le gain économique que l'on cherche à identifier dépend uniquement de l'amélioration des performances de l'exploitation grâce au système d'agrivoltaïsme.

1. Visite à la parcelle du futur projet, échanges avec l'agriculteur lors d'un entretien de qualification agronomique pour récupérer ses données technico-économiques ;
2. Simulation de budgets partiels sur les 30 ans de l'implantation du système agrivoltaïque ;
3. Mise à jour de cette évaluation pendant la phase d'exploitation grâce à un suivi socio-économique.

Plusieurs hypothèses ont été formulées, appliquées au **contexte de production agricole du Domaine des Roches Blanches** :

- **Surface en vignes plantés sous dispositif agrivoltaïque dynamique = 2,75 ha**
- **Augmentation des coûts de travaux mécanisés** : liés à la présence de la structure au vignoble, variable selon les travaux à mener (et donc selon les années) et dégressif sur les 10 premières années d'exploitation, une augmentation moyenne estimée à +15%.
- **Diminution de la densité de plantation** : une vendange mécanisée est impossible sur le rang de poteaux de la structure agrivoltaïque, soit 1 rangée sur 5. Cette rangée ne sera pas plantée, ou éventuellement pour un enherbement contrôlé. La perte de densité sera compensée grâce à une légère modification des distances de plantation.
- **Suppression des coûts d'assurance** : en protégeant physiquement son vignoble, l'exploitant viticole ne souscrit plus à une assurance aléas climatiques.
- **Diminution de la consommation en eau de la plante** : -20% de coût d'irrigation. L'ombrage permettrait de diminuer le phénomène d'évapotranspiration des plantes. En limitant leurs pertes hydriques, elles consomment moins d'eau.
- **Limitation des pertes sur la récolte lors de grêle** : simulation d'une dizaine d'épisodes de grêle sur 30 ans, soit environ tous les 3 ans. Cet évènement est ordinairement à l'origine de 30% de pertes sur la totalité de la production ces années-là par blessures des baies et feuilles, prolifération de ravageurs et cassures des rameaux (certaines années, cet indicateur peut monter à 100% de pertes). Grâce à la protection agrivoltaïque, on évite la majorité des pertes, en descendant à 10% de pertes sur la récolte.
- **Limitation des pertes sur la récolte lors de gel** : simulation de 2 épisodes de gel sur 30 ans en N+10 et N+20. Cet évènement est ordinairement à l'origine de 40 à 50% de pertes sur la totalité de la production ces années-là par brûlures voire mort des plants. Grâce à la protection agrivoltaïque, on estime les pertes à seulement 10% (dans le cas de températures trop faibles pour l'action de microclimat créée par les panneaux).
- **Limitation des pertes sur la récolte lors de sécheresse** : simulation d'une vingtaine d'épisodes de sécheresse sur 30 ans, quasiment tous les ans. Cet évènement – récent – est ordinairement à l'origine de 15% de pertes sur la totalité de la production ces années-là par brûlures et échaudage des baies. Grâce à la protection agrivoltaïque, on évite toutes les pertes.
- **Alternative à l'irrigation** : la protection apportée par les panneaux permet une réduction de l'ETP et du stress hydrique, et donc de la consommation en eau de la plante. Cette solution est donc une alternative pour les vignobles non irrigués.

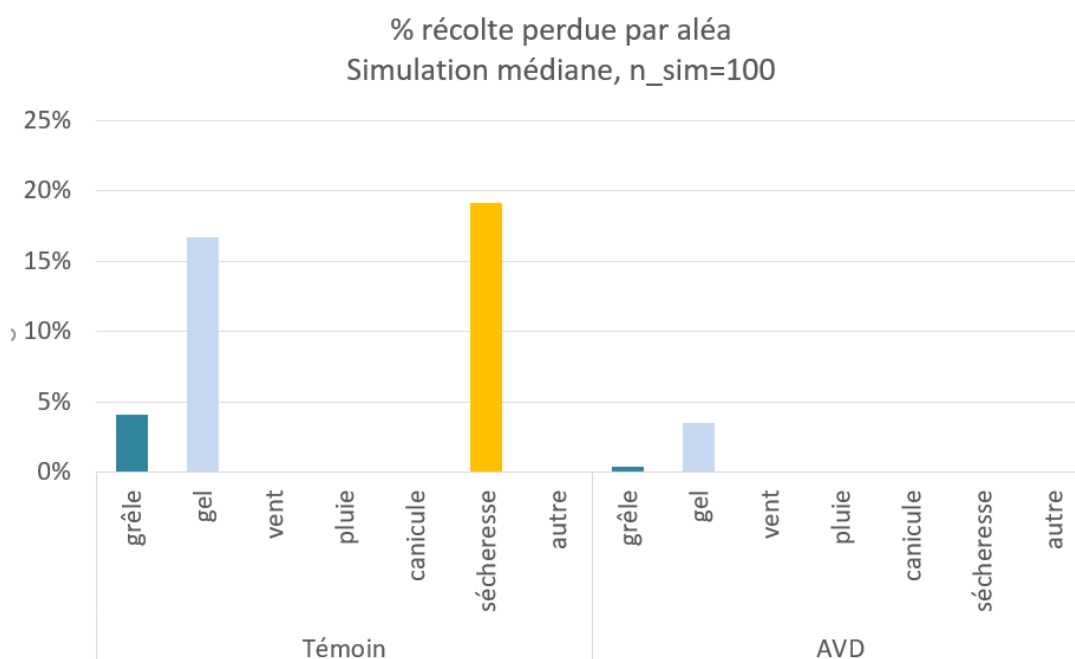


Figure 9 : Estimation du pourcentage de récolte perdue en fonction de l'aléa – sur la zone témoin et sous la structure AVD

Les simulations issues de ces hypothèses ont permis d'estimer l'évolution du gain net cumulé sur 30 ans comme illustré sur le graphique ci-dessous :

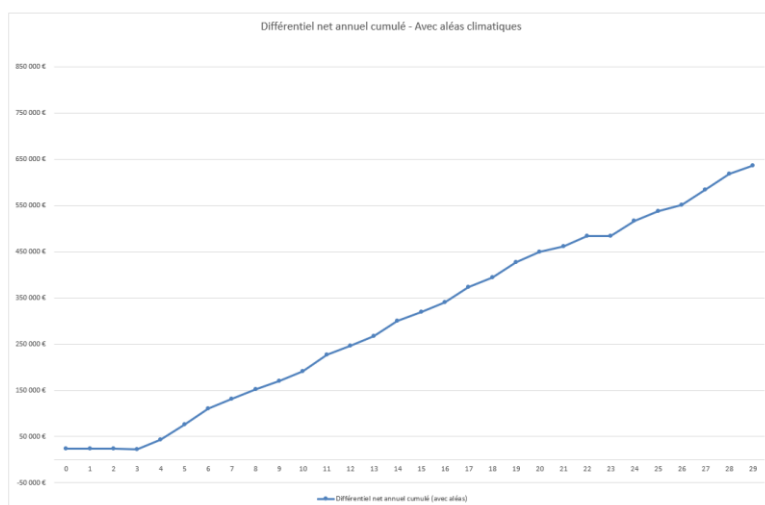


Figure 10 : Evolution du gain net cumulé sur 30 ans en situation agrivoltaïque dynamique pour le Domaine des Roches Blanches

En prenant en compte les charges impactées (cf. consommation en eau, coût des temps de travaux mécanisés, protection des vignes...) et les gains réalisés récapitulés dans le tableau ci-dessus, le système agrivoltaïque dynamique apporterait **un gain net total sur 30 ans de 636 575€ pour la surface considérée de 2,75ha**. Soit un **gain annuel moyen de 21 219€** sur la durée considérée.

Ainsi, **le système agrivoltaïque dynamique apporte un bénéfice net au Domaine des Roches Blanches**, en comparaison à une situation sans système agrivoltaïque dynamique.

3.7 Engagements en phase d'exploitation

Une fois le projet construit, plusieurs engagements permettront d'assurer la pérennité de la vocation agricole primaire du projet :

- **Suivi agronomique** : engagement sur 5 ans et engagement de diffusion des résultats ;
- **Suivi écologique** : engagement sur 5 ans (Cf §4.3.1.2 et Annexe 9. Diagnostic écologique) ;
- **Une interaction sur le long terme avec l'agriculteur**, à travers des échanges sur site tous les deux mois avec un membre de Sun'Agri et l'établissement d'un dialogue via l'application MySunAgri® (exemple : possibilité donnée à l'agriculteur de positionner les panneaux en position sécurité en cas d'urgence) ;
- **Labellisation du projet par l'AFNOR Certification** : à ce stade l'impact sur la performance agricole sera mesuré pour évaluer le maintien du label.

Pour rappel le projet est labellisé à chaque étape de la vie du projet :

- Phase développement : évaluation des moyens sur la base d'une évaluation documentaire ;
- Mise en service et à la mise en culture : audit sur site par l'AFNOR pour valider la mise en œuvre des engagements
- Suivi en exploitation : évaluation documentaire et audit par l'AFNOR sur le site de l'installation, afin de vérifier la pérennité des engagements pris.

SYNTHESE DU PROJET AGRICOLE :

- **Un projet s'insérant dans une démarche de développement d'un vignoble pour deux jeunes agriculteurs (obtention de droits à planter) ;**
- Une recherche de solution d'adaptation au changement climatique pour la **pérennisation du rendement** d'une exploitation jeune et grandissante ;
- Une géométrie de la structure et des cultures définies **selon les exigences et contraintes agricoles** du Domaine des Roches Blanches ;
- Une réflexion agroécologique avec **la combinaison vignes-plantes médicinales** ;
- Un **suivi agronomique opéré par la Chambre d'Agriculture du Var**, qui permettra d'assurer un pilotage adapté aux besoins de la plante dans le temps.

4 Description technique du projet

4.1 Situation

Le projet envisagé est **situé dans une zone agricole** située au nord-est de la commune de Pontevès (83)

La zone de projet s'insère dans une petite plaine viticole, ceinturée par des reliefs forestiers.

4.2 Caractéristiques techniques

4.2.1 Implantation

Les parcelles concernées par le projet sont **G199 à G208**.

La zone de projet couvre une surface de 9,2ha et est accessible directement par un chemin partant de la RD560, qui passe au nord du site.

- **Une structure agrivoltaïque de 2,75ha de puissance 2,5MWc ;**
- **Une zone témoin de 0,6 ha** sans structure agrivoltaïque, nécessaire au suivi agronomique pour comparaison et évaluation des résultats sous ombrage piloté ;
- **Un local technique de 30m²** combinant poste de livraison et poste de transformation.

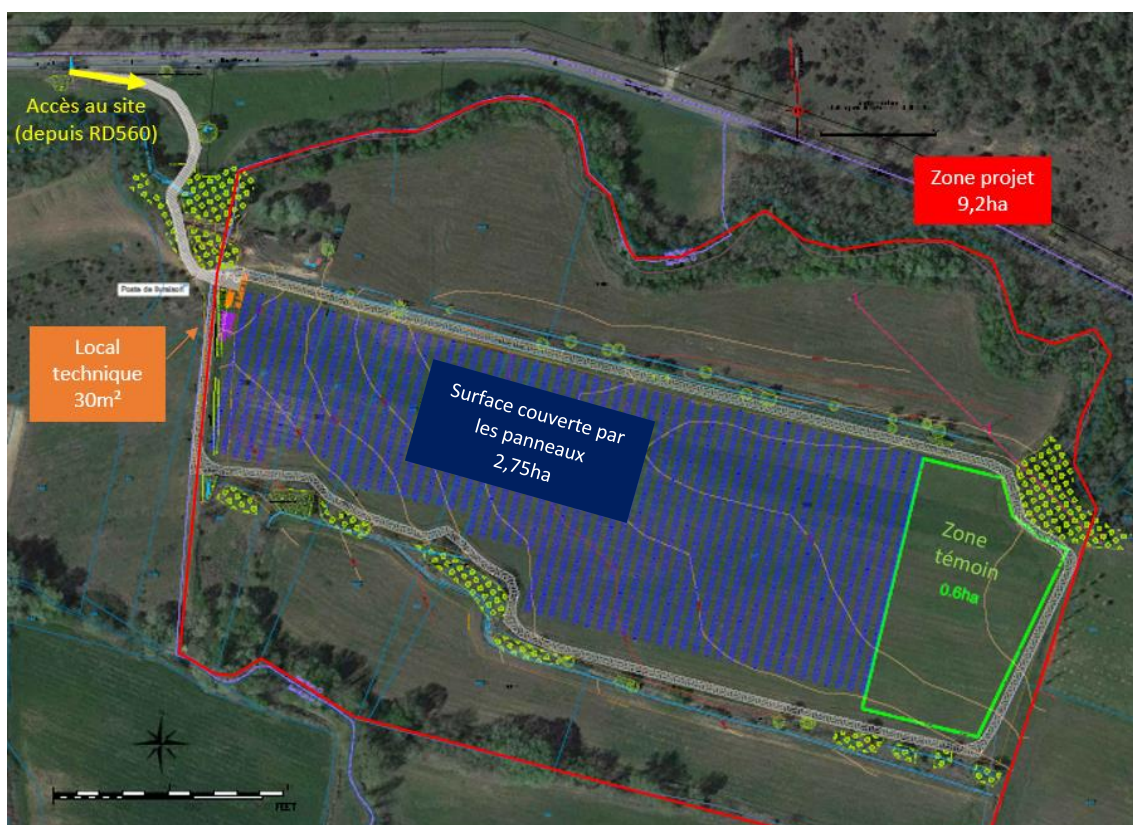


Figure 11 : Plan d'implantation simplifié

→ Cf Plan de masse en Annexe 4

4.2.2 Description de l'installation technique

Le **local technique**, combinant un poste de livraison et un poste de transformation, aura une superficie de 29,5 m² de surface de plancher et sera surélevé de 0,7m par rapport au terrain naturel.

La structure agrivoltaïque comprendra :

- **Une structure métallique** supportant les panneaux, composée de poteaux type pieux battus d'une hauteur de 5m et de largeur 15cm par 15cm. Cette hauteur est compatible avec le passage d'engins agricoles. Les poteaux seront espacés de 10,75 m sur l'axe est-ouest et de 9 m sur l'axe nord-sud. Cette configuration a été définie en concertation avec le Domaine des Roches Blanches, en fonction de ses besoins d'exploitation ;
- **Des rangées panneaux photovoltaïques bi-faciaux positionnés sur trackers**, qui pivotent en fonction de la course du soleil. Les trackers sont positionnés sur un axe placé à 40cm au-dessus de la structure métallique, soit à une hauteur de 5,5m. Les panneaux peuvent pivoter sur un angle de 0 à 90° et la dimension de la structure permet un effacement total ;
Le revêtement des panneaux est en verre anti-réfléchissant de teinte bleu foncé.

Il n'y aura pas de clôture sur le site.

4.2.3 Emprise au sol et impact sur la pluie

4.2.3.1 Emprise au sol

- Structure agrivoltaïque :

L'emprise au sol correspond à la surface des panneaux projetée au sol. Les poteaux de la structure étant situés sous les panneaux, ils ne sont pas intégrés. Ainsi l'emprise au sol de la structure agrivoltaïque est la suivante :

$$\text{Emprise structure AVD} = \text{'nombre de panneaux'} \times \text{'surface de chaque panneau'} = 4\,584 \times 2,3 = \mathbf{10\,543,2\,m^2}$$

- Local technique :

L'emprise au sol du local technique correspond à sa surface au sol soit :

$$\text{Emprise local technique} = \mathbf{29,5\,m^2}$$

- Emprise au sol totale :

Elle correspond à la somme de l'emprise au sol de la structure AVD et celle du local technique.

L'emprise au sol totale du projet est donc de 10 572,7 56 m².

4.2.3.2 Occupation du sol

L'occupation au sol du système est minimisée afin de gêner le moins possible le passage des engins agricoles.

Les fondations retenues pour la structure sont de type pieux battus « en H » de 15cm de large. Au total, il y aura 322 pieux battus, chacun espacés de 10,75m (est-ouest) et de 9m (nord-sud).

La surface d'occupation au sol du projet est donc de : $(0,15 \times 0,15) \times 322 = 7,245\,m^2$.

Soit un pourcentage d'occupation du sol de : $((0,15 \times 0,15) / (10,75 \times 9)) \times 100 = 0,02\,\%$

L'occupation du sol du projet est de 7,245m², soit 0,02%.

4.2.3.3 Imperméabilisation des sols

La surface d'occupation de la structure agrivoltaïque (et donc d'imperméabilisation) est très minime et n'entraîne pas d'impact particulier sur les écoulements des eaux de pluie.

La structure est composée de rangées de panneaux mobiles espacées de 2,75m. Seule la surface des panneaux intercepte la pluie, le reste est ouvert et la laisse passer.

La solution ne possède pas de système de récupération de l'eau de pluie. Ainsi, la pluie tombant sur les panneaux (largeur de 2,10m) ruissellera et tombera ensuite au sol entre deux rangs d'arbres.

La quantité d'eau au sol sous le dispositif agrivoltaïque est similaire à une surface sans dispositif. L'impact des panneaux sur l'homogénéité de la redistribution de pluie sur la parcelle est donc marginal.

4.2.3.4 Stratégie de pilotage des panneaux en cas de pluie

Les travaux de recherche de Sun'Agri visent également à mettre en œuvre un pilotage en temps réel des panneaux pour réduire l'interception des pluies par la structure et ainsi limiter les sources d'hétérogénéités : Effet rideaux d'eau (notamment dans la redistribution de la pluie) par rapport à des systèmes non pilotés (à panneaux fixes).

Les modèles temps-réel développés s'intéressent à l'impact soudain d'un événement climatique comme la pluie et permettent de piloter les panneaux de manière à répartir de manière optimale l'eau de pluie sur les cultures.

Le système de pilotage permet une amplitude de rotation des panneaux suffisamment importante pour qu'ils puissent être mis parallèles à l'inclinaison de la pluie et ainsi interceptent le moins possible cette dernière.

Cet algorithme de pilotage lors d'évènement pluvieux a fait l'objet d'une publication scientifique :

Y. Elamri, B. Cheviron, A. Mange, C. Dejean, F. Liron, G. Belaud (2017)
Rain concentration and sheltering effect of solar panels on cultivated plots
Hydrology and Earth System Sciences, Volume 22, Pages 1285-1298

4.2.4 Etude des accès

L'accès au site se fait depuis la RD560 au nord de la zone puis par le chemin rural existant desservant la parcelle.

Le chemin d'accès actuel devra faire l'objet d'un éventuel élargissement afin de faire minimum 3,5m de large et conserver un rayon de courbure suffisant dans les virages, afin de permettre le passage de poids lourds durant la phase chantier.

L'ouvrage hydraulique actuel permettant la traversée du ruisseau de Fauvery n'est pas suffisamment large (d'environ 2,5 m) ni solide pour permettre le passage d'engins lourds de chantier. Il s'agira donc de renforcer la buse avec doublement du tuyau (PVC ultra-renforcé). Les mesures écologiques liées à ces travaux sont détaillées en Annexe 9. Diagnostic écologique.

4.2.5 Stationnement et chemins

Le stationnement des véhicules nécessaires à l'exploitation de la centrale agrivoltaïque se fera en dehors des voies publiques.

Au sein de la zone de projet, des chemins agricoles d'exploitation, d'une largeur minimale de 3,5m entoureront la structure et permettront d'y accéder facilement pour des interventions techniques. Ces chemins serviront majoritairement à l'activité agricole (passage des engins).

4.2.6 Raccordement électrique et alimentation en électricité

Le projet ne nécessitera pas de nouveau raccordement électrique en soutirage.

L'électricité produite par les panneaux ayant vocation à être injectée sur le réseau national, une demande de raccordement pour une puissance de 2,5MWc va être réalisée auprès d'Enedis par le maître d'ouvrage une fois le permis de construire obtenu.

Le tracé du raccordement ainsi que le poste d'injection retenu ne peuvent donc être connus qu'après le résultat de l'étude technique menée par le gestionnaire de réseau et ne peuvent donc pas être communiqués à ce stade.

Enedis priorise le passage des câbles le long du domaine public et l'enfouissement des câbles. Ils recherchent le raccordement souterrain au réseau HTA le plus proche. Concernant le passage du ruisseau, un passage en aérien pourra être envisagé afin d'éviter un impact supplémentaire en phases travaux sur le cours d'eau.

L'électricité sera possiblement injectée dans le réseau national à travers le **poste source de Barjols**, celui-ci étant le plus proche du site du projet (~5,5km) et faisant l'objet d'une augmentation de capacité dans le cadre de la révision du S3REnR PACA.

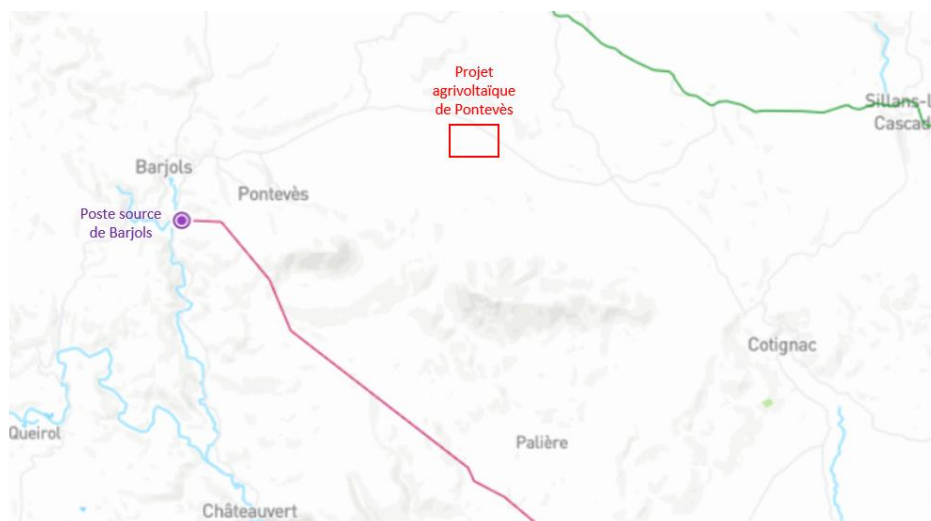


Figure 12 : Localisation du poste source de Barjols (Source : capareseau.fr)

4.2.7 Démantèlement – Réversibilité de l'installation

Cf §2.3.2.3

4.3 Intégration du projet dans son environnement

4.3.1 Intégration du projet dans le milieu naturel

4.3.1.1 Premier retour d'expérience – Inventaire naturaliste sur le parc agrivoltaïque en exploitation de Tresserre (66)

Dans l'optique d'obtenir un premier retour d'expérience sur l'intégration des centrales agrivoltaïques dans le milieu naturel, Sun'Agri a sollicité sur cinq ans le bureau d'étude naturaliste Artifex pour évaluer le cortège faune/flore sur la parcelle sous panneaux en comparaison avec la parcelle témoin pour le parc agrivoltaïque en exploitation de Tresserre (66).

L'étude va se poursuivre sur plusieurs années afin d'opérer un véritable recul, mais les premiers résultats suivants sont observés (2020/2021) :

- Si la phase la plus impactante pour la biodiversité est la construction du parc, un retour rapide et croissant de la biodiversité locale a été observé après sa mise en service (plus rapide que des parcs photovoltaïques de plein champ). La diversité faunistique témoigne d'une réappropriation progressive sur le parc et ses abords (favorisée par une gestion raisonnée de l'exploitation viticole) ;
- Quelques comportements laissent apparaître une fonctionnalité positive de la structure pour la faune. Un cortège d'espèces communes locales y a trouvé refuge (petits reptiles), certains passereaux nidifient dans les structures métalliques creuses (deux colonies confirmées), certains mammifères terrestres s'abritent sous les persiennes pour se reposer et se rafraîchir lors des fortes chaleurs ;
- Les espèces d'oiseaux chassant ou se nourrissant en vol préfèrent la parcelle témoin ;
- Il est noté une diversité floristique plus importante sur la zone témoin. La proportion d'espèces sciaphiles (affectionnant les milieux ombragés) est plus importante sur la structure ;

- L'installation ne semble pas hermétique au développement des insectes et à l'activité des chiroptères, qui chassent aussi bien sur la parcelle en agrivoltaïsme que sur la zone témoin.

4.3.1.2 Réalisation d'un diagnostic écologique

Pour le projet de Pontevès, Sun'Agri a fait appel au bureau d'étude Naturalia pour la **réalisation d'un diagnostic écologique**. Le bureau d'étude a réalisé un état initial de la zone lors de sorties terrain au printemps et à l'été et a analysé les effets potentiels du projet sur la biodiversité. L'étude est présentée en Annexe 9 de ce dossier.

Le secteur d'étude n'est compris dans aucun périmètre d'inventaire ou de protection des milieux naturels.

L'étude a mis en évidence des **enjeux principalement situés au niveau** :

- Du cours d'eau limitrophe de la zone de projet au nord (ruisseau de Fauvery), notamment favorable à la reproduction d'amphibiens et zone de fraie potentielle ;
- Des boisements humides, notamment favorable au gîte arboricole de chiroptères et à la nidification d'oiseaux,
- Des milieux secs, propices aux reptiles, à l'entomofaune patrimoniale, à la nidification d'oiseaux et, dans une moindre mesure, à la flore patrimoniale.

La structure, s'implantant sur une parcelle cultivée en sainfoin, ne vient pas recouper ces espaces. Néanmoins, un certain nombre de mesures d'insertion environnementale du projet (détaillées au paragraphe suivant) ont été et vont être mises en place.

Naturalia conclut que, **de par sa nature, sa conception, ses modalités de construction et les mesures entreprises pour réduire ses impacts, le projet agrivoltaïque de Pontevès n'aura que des incidences résiduelles faibles à négligeables sur la biodiversité et souligne qu'une part d'entre elles est inhérente à l'activité agricole en elle-même.**

4.3.1.3 Mesures favorisant la biodiversité et suivi écologique

Le diagnostic écologique présenté en Annexe 10 détaille les mesures suivantes, que Sun'Agri s'engage à mettre en œuvre :

- Mesure d'évitement en amont :
 - o Implantation réfléchie du projet (appui sur des chemins existants, absence de coupes d'arbres, évitement et préservation des haies et des fourrés, recul aux espaces à enjeux, etc.)
 - o Protection des secteurs d'intérêt écologique lors du chantier (préservation des secteurs à enjeux et limitation des emprises, des voies d'accès et des zones de stockage).
- Mesures de réduction en phase chantier :
 - o Adaptation du calendrier de réalisation du chantier ;
 - o Débroussaillage respectueux de la biodiversité ;
 - o Création d'habitats de substitution pour la petite faune (hibernaculum et nichoirs à oiseaux);
 - o Suivi de la phase chantier par un écologue.
- Mesures d'accompagnement destinées à favoriser la biodiversité :
 - o Constitution de haies éco-paysagère ;
 - o Maintien des bandes enherbées ;
- Mesures de suivi écologique en phase exploitation :
 - o Suivi des aménagements pour la faune terrestre et volantes ;
 - o Suivi de l'avifaune nicheuse et de la faune terrestre (avec attention particulière sur le suivi de la recolonisation et/ou du maintien des espèces patrimoniales).

Les mesures et le suivi écologique permettront d'améliorer l'intégration du projet dans le milieu naturel, d'alimenter une base de données sur la biodiversité en milieu agricole et d'obtenir un référentiel en viticulture, à l'instar du projet de Tresserre, de l'intégration des projets agrivoltaïques dans le milieu agricole.

4.3.2 Intégration paysagère du projet

4.3.2.1 Conclusion de l'étude paysagère

Pour le projet de Pontevès, Sun'Agri a fait appel au bureau d'étude Résonance, pour la **réalisation d'une étude paysagère**.

Celle-ci présente les résultats de l'analyse de l'état actuel de l'environnement du site choisi pour le projet. Elle détaille ensuite la démarche de conception du projet dans une logique de moindre impact et présente les effets de l'implantation retenue sur le paysage. Les mesures d'évitement, de réduction et de compensation inhérentes au projet y sont résumées.

Le site retenu est **localisé en retrait des différents sites patrimoniaux alentours et ne présente aucune visibilité avec un édifice protégé**. La zone de projet est située dans une petite plaine viticole, ceinturée par des massifs forestiers. Aux abords de la zone d'implantation, un maillage d'espaces forestiers, de haies et d'arbres isolés crée des **phénomènes de cloisonnement et enferme le site par rapport à son environnement extérieur** (notamment côté RD560). Ainsi, de manière générale, le **projet ne sera donc que très faiblement visible pour les usagers du territoire**.

L'incidence paysagère du projet est qualifiée de nulle à très faible. Il existe néanmoins quelques habitations dans le voisinage immédiat, susceptibles d'être impactées par le projet.

L'étude est présentée en Annexe 11.

4.3.2.2 Mesures paysagères

Pour limiter les incidences visuelles sur le voisinage, des mesures de réduction et d'accompagnement ont été prises dans le choix d'implantation du parc agrivoltaïque :

- **La structure a été positionnée sur la partie centrale de la zone d'étude**, la plus en retrait des habitations et présentant le moins de visibilité car entourée de masques végétaux ;
- **L'implantation du parc agrivoltaïque sur le secteur présentant le moins de visibilité pour les habitations proches**. En particulier, la présence de filtres arborés existants permettra de réduire la visibilité du projet pour l'habitation située au Sud de la ZIP ;
- **L'implantation de la zone témoin à l'Est de la ZIP**, en interface avec l'habitation la plus proche du projet, conduisant à un **retrait de 70 m** de la centrale agrivoltaïque par rapport à la limite de propriété ;
- **La plantation d'une haie arborée en limite est**, qui viendra former un masque visuel pour l'habitation riveraine à l'est, **ainsi qu'en limite ouest**.

De la même manière, **le local technique a été positionné à l'entrée du site**, au cœur de la ceinture arborée, le rendant invisible depuis l'extérieur. Dans l'optique de réduire davantage son incidence visuelle, il sera revêtu d'une **teinte discrète et en harmonie avec le paysage** qui se mariera davantage dans l'environnement qu'une teinte claire.

4.3.2.3 Documents photographiques

Conformément aux prescriptions de l'article R421.2 du code de l'urbanisme est joint au dossier une série de photos du terrain existant et de son environnement ainsi qu'une vue panoramique permettant d'apprécier l'état du site

Des éléments permettant d'apprécier l'insertion paysagère du projet sont présentées dans l'étude paysagère (Annexe 10) ainsi que dans l'Annexe 3.

4.3.2.4 Patrimoine archéologique

La parcelle d'implantation du projet n'est pas concernée par une Zone de Présomption de Prescription Archéologique du département du Var. Cependant, des mesures d'archéologies préventives seront engagées si la Direction Régionale des Affaires Culturelles les prescrit.

4.4 Alimentation en eau

4.4.1 Réseau d'irrigation

Le système d'irrigation choisie pour la parcelle sera de **type goutte-à-goutte enterré** dans le but **d'apporter la juste quantité nécessaire en eau à la plante et ainsi optimiser la consommation de la ressource**. Le tuyau passera au niveau du premier fil de palissage.

L'eau proviendra majoritairement du puits du forage (déclaré) déjà présent sur la parcelle.

La consommation d'eau sera réduite par rapport à de la viticulture classique.

4.4.2 Estimation de la consommation en eau

La structure agrivoltaïque permettra à la culture de cerisiers de consommer significativement moins d'eau qu'une culture sans système agrivoltaïque (entre **20% et 25%** de consommation en moins).

En effet une réduction du rayonnement par l'effet d'ombrage des panneaux agrivoltaïques, réduira dans ces conditions la transpiration des plantes et permettra *in fine* une économie d'eau, économie d'autant plus intéressante dans le cadre des changements globaux. En particulier, en zone méditerranéenne, les projections indiquent une amplification de la durée et de l'intensité des vagues de chaleur et des sécheresses estivales.

A titre indicatif, les besoins en eau d'une culture en arboriculture se situent entre 1000 et 2500 m³ / ha /an.

Le projet consistant en la culture de 2,6ha de zone AVD et à 0,6ha de zone témoin, nous estimons une consommation annuelle de :

$2,75 \times 1750 \times 0,8 \text{ (zone AVD)} + 0,6 \times 1750 = \mathbf{4\ 900\ m^3 / an.}$

Le système d'irrigation actuel est suffisant pour subvenir aux besoins en eau des futures plantations, et la création de forage supplémentaire n'est donc pas nécessaire.

4.5 Documents d'urbanisme

4.5.1 PLU de Pontevès

La zone de projet est localisée en **zone agricole A du PLU de Pontevès**, autorisant les installations nécessaires aux activités agricoles et les équipements d'intérêt collectifs.

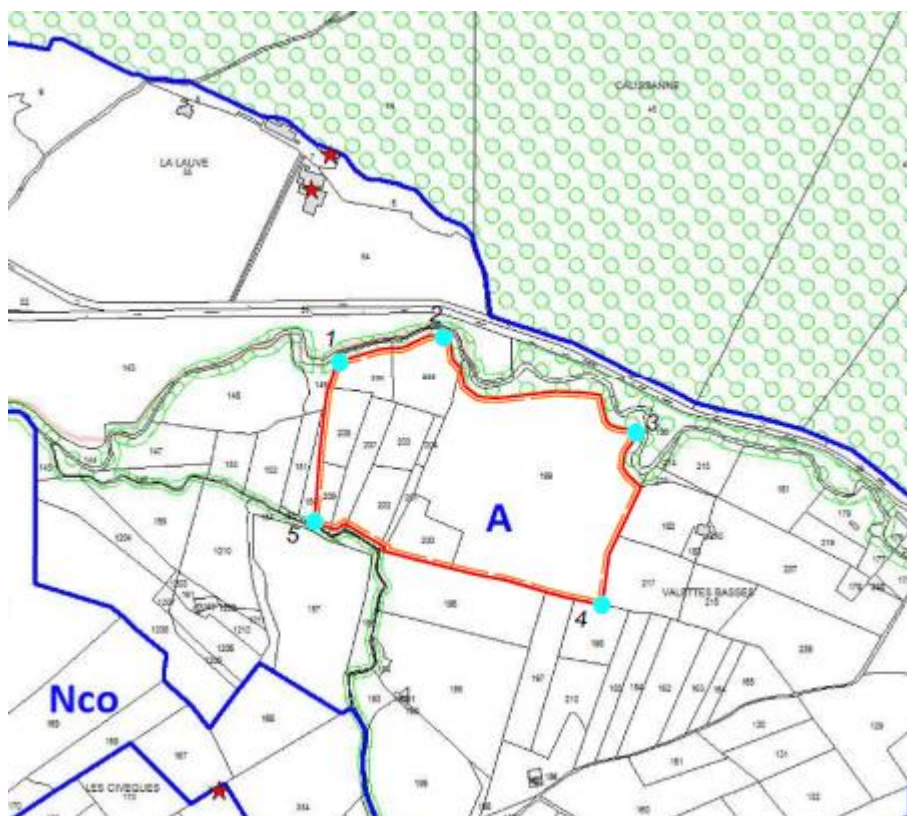


Figure 13 : Extrait du zonage du PLU de Pontevès

4.5.2 Risques naturels et technologiques

- Risque sismique

La commune de Pontevès est classée en **zonage sismique 1 (très faible)**. La commune n'est pas couverte par un Plan de Prévention des Risques Sismiques. Au regard de ses caractéristiques, le projet n'est pas susceptible d'avoir un impact sur la sismicité de la zone, ni d'en être impacté.

- Aléa retrait-gonflement des argiles

La parcelle est située en **aléa faible retrait-gonflement des argiles**. La commune n'est pas concernée par un Plan de Prévention Retrait-Gonflements. Au regard de ses caractéristiques, le projet n'est pas susceptible d'avoir un impact sur le retrait-gonflement des argiles, ni d'en être impacté.

- Risque d'inondation

La commune n'est pas concernée par un PPRI.

4.6 Concertation avec les acteurs locaux

Des réunions de concertations ont été organisées afin d'informer et d'intégrer le maximum d'acteurs à la démarche de développement du projet.

Tout au long du développement du projet	Réunions d'avancement régulières avec le Domaine des Roches Blanches
22 janvier 2021	Présentation du projet à la Chambre d'Agriculture du Var Echanges réguliers depuis et signature de la convention agronomique
07 juillet 2021	Présentation de la technologie Sun'Agri et du projet de Pontevès à la DREAL PACA
22 juillet 2021	Présentation de la technologie Sun'Agri et du projet de Pontevès à la DDTM83 (Réfèrent territorial Provence Verte / Provence Verdon / Lacs et Gorges du Verdon)

SYNTHESE PARTIE TECHNIQUE DU PROJET

- Une structure agrivoltaïque sur **2,75ha** assortie d'une zone témoin sans panneaux de **0,6ha** ;
 - Un projet s'insérant dans les **temporalités du travail agricole** (Droits à planter) du Domaine des Roches Blanches et dans une démarche de développement durable mise en place par le Domaine ;
 - Un **projet innovant d'adaptation au changement climatique**, unique dans le département (vignes en Agriculture Biologique avec réflexion sur un couplage avec plantation de plantes aromatiques ou médicinales) ;
 - Une **véritable réflexion sur l'insertion paysagère** prenant en compte la proximité avec les habitations ;
 - Une zone de projet correspondant à un milieu cultivé. Une conception maintenant les espaces identifiés comme à enjeux dans le diagnostic écologique ;
- Des **mesures écologiques** à chacun des stades de la vie du projet visant à réduire l'impact du projet sur le milieu naturel et favoriser la biodiversité en milieu agricole ;
- Une **occupation du sol très faible** et une structure entièrement démontable et recyclable ;
 - Une **économie de la consommation de la ressource en eau** attendue ;
 - Une durée d'exploitation de **30 ans** et un démantèlement encadré via le cadre contractuel.

5 Programme de recherche et résultats expérimentaux

5.1 Dix ans de R&D pour adapter le microclimat des plantes au changement climatique

5.1.1 Programme Sun'Agri 3

Sun'Agri trouve ses origines en 2009 de la rencontre de 2 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.

3 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 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.

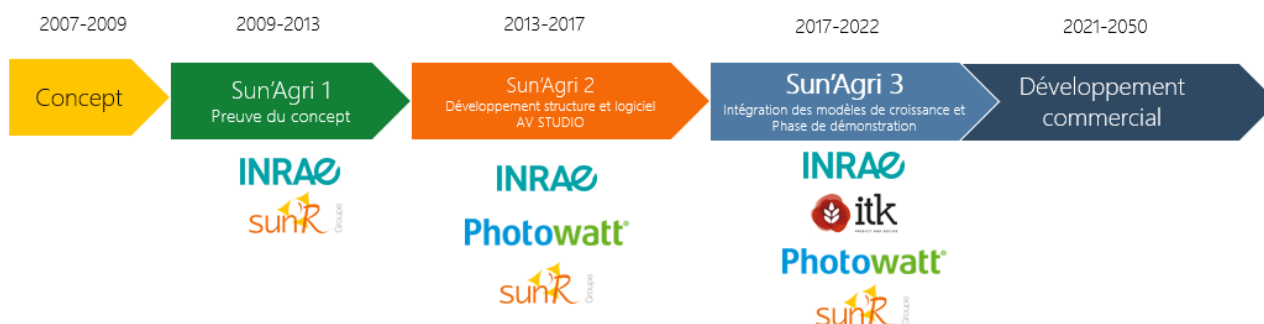
- **2009 – 2012 : Sun'Agri 1.** Les principaux résultats obtenus ont démontré qu'en pleine densité des panneaux, les rendements sont fortement réduits (de l'ordre de 40%). En condition de semi-densité (30% d'ombrage), certaines cultures ont maintenu un rendement agricole équivalent, voire supérieure à des cultures témoin (sans panneaux).
- **2013 – 2017 : Sun'Agri 2.** Développement du socle logiciel et hardware, et mise en place du premier modèle agrivoltaïque sur la laitue et la vigne. Les panneaux sont mobiles. Deux thèses : une première présentant une modélisation du développement écophysologique de la laitue. Et une présentant un modèle de bilan hydrique sous-système agrivoltaïque dynamique.
- **2017 – 2022 : Sun'Agri 3.**

Le projet Sun'Agri 3 s'inscrit dans le prolongement direct des projets Sun'Agri 1 et Sun'Agri 2 et vise à préparer le déploiement commercial de systèmes agrivoltaïques.

Ce programme bénéficie du soutien de l'Etat puisqu'il a été lauréat du Programme d'Investissement d'Avenir de l'ADEME (subvention obtenue : 7 millions d'euros).

Les axes principaux de Sun'Agri 3 sont :

- La construction de démonstrateurs à échelle commerciale de la technologie
- L'élargissement des protocoles de pilotage à différentes espèces cultivées
- La mise en place d'une unité de recherche agronomique dédiée à l'agrivoltaïsme
- L'établissement des normes relatives à cette discipline entièrement nouvelle
- Des approfondissements du développement des produits (structure, panneaux, etc...).



Chronologie du programme de recherche Sun'Agri

-  3 thèses soutenues
4 en cours (soutenances en 2022/2023)
-  3 brevets
-  7 laboratoires INRAE
14 chercheurs à temps plein
-  Des récompenses et une reconnaissance par la profession



5.1.2 Cultures cibles

Devant le choix de Sun'Agri 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.
Arboriculture (Abricot, cerisier, pêches, pommes)	- Cultures sensibles aux fortes chaleurs, déficits hydriques, grêle, pluies fortes, gel printanier. - Pertes erratiques et croissantes de rendement croissantes liées à ces aléas climatiques. - Synergies avec les usages déjà en vigueur dans ce secteur : utilisation de poteaux avec filets de protection.
Maraîchage sous abri (Concombres, salades, tomates)	- Grand consommateur d'eau, également très sensible aux changements climatiques. - Dans les assiettes de tous les consommateurs, 365 jours par an : extension des périodes de récolte. - Meilleure LER que sur des serres verres photovoltaïques (PV) classiques. - Évite le blanchiment des serres ou des abris.

5.1.3 Les dispositifs agrivoltaïques de Sun'Agri

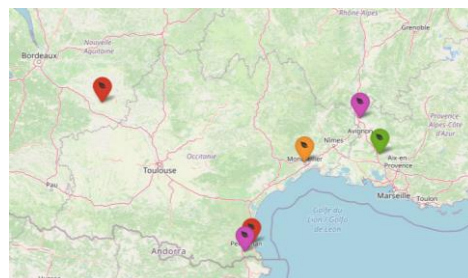
Sun'Agri dispose aujourd'hui de 7 dispositifs avec lesquels sont étudiés l'impact d'un ombrage spécifique sur culture, dont :

- 3 sur vigne, 1 sur pommier, 2 sur maraichage et 1 sur grandes cultures
- 6 dispositifs expérimentaux (< 1000m²) et 1 démonstrateur (plusieurs ha)
- 6 dispositifs intégrant la technologie d'agrivoltaïsme dynamique (AVD), et 1 avec un ombrage fixe

DE viti @Piolenc	DE arbo « LaPugère » @Mallemort	Mar. @Alénia	Grandes Cult. @Lavalette	DE Mar. @Clairac	Viti @LaGaillarde
					
> 7 Avr.2019	> Mar.2019	A partir de Q1.2021	> 2009, et v2 en Fev.2019	> Été 2020	> Mar.2018
AVD plein champ: 680m ² 2 zones témoins 340m ²	AVD plein champ: 720m ² (30m*24m) Zone témoin: 300m ²	Sous toile (été 2020) Puis AVD sur serre (Q1.2021)	PV fixe plein champ 820m ² , ZT 400m ²	AVD sur serre: 5000m ²	Panneaux d'ombrage 230 bois + Témoin = ombrière
Grenache Noir (2000), sol plat exposé à contraintes h%	Golden 972 de 2010, 4m inter-rang, 1,3m entre-pied = 23*7 = 161 arbres	Tomates	Culture de Maïs	Tomates, poivrons aubergines, ...	Syrah, clone 747 (2015)
Test de 2 stratégies AVD, validation des modèles Cropsim vigne et AV-studio	Test de 3 stratégies d'ombrage + Calibration du modèle QualiTree	Impact ombrage, et calibration modèle de croissance	4 modalités d'ombrage allant de 20 % à 50 %	Comparaison rendement, modèle de croissance	11 modalités, calibration et la validation des modèles Cropsim vigne et AV-studio
CA84 = proprio et presta suivi cultural	Station expérimentale SEFRA	INRAE – Alénia	Sup Agro, INRAE G-EAU (IRSTEA)	Brinkhoff	INRAE LEPSE

Vue globale des 6 dispositifs expérimentaux pour l'étude de l'ombrage intermittent sur culture

Ces dispositifs ainsi que la mise à disposition d'un programme de travail encadré par des experts et scientifiques, ont généré une moisson de données très importante depuis leur mise en service, complétée par un historique d'expérimentations issu de l'INRAE à Pech Rouge sur un dispositif fixe depuis 2016.



Un projet AVD grande échelle a été installé en 2018 sur 4,5ha sur une nouvelle exploitation viticole, au Domaine de Nidolères à Tresserre (66). Trois cépages ont été plantés : Grenache Blanc, Chardonnay et Marselan, également sur la parcelle témoin adjacente de 3ha. La 1ère récolte est prévue en 2021. Le suivi agronomique est réalisé par la CA66.



Projet agrivoltaïque du domaine de Nidolères – Tresserre (66)

5.2 Résultats des Dispositifs expérimentaux

5.2.1.1 Références en viticulture – Synthèse des résultats expérimentaux

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 de hauts rendements**:

- **Limitant les excès de rayonnement solaire et de 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'irrigation:** mesuré par un temps de croissance de la plante jusque +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 jusque -34%.
- **Menant à un meilleur équilibre aromatique du vin produit:** Les baies des modalités 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 jusque 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.

Ces données expérimentales sont issues de **trois programmes de recherche et développement en collaboration avec l'INRAE** (fusion de l'INRA et IRSTEA) depuis 2009: de Sun'Agri 1 à Sun'Agri 3 (TRL 8) et la phase actuelle d'industrialisation et de démonstration à grande échelle.

La viticulture est la première filière agricole qui bénéficie de notre solution d'agrivoltaïsme dynamique (AVD) en termes de surface: Des données expérimentales sur vignes sous panneaux de différentes tailles ont été réalisées en 2018 et 2019 sur le campus de Montpellier SupAgro, complétées par un historique d'expérimentations issus 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, au-dessus desquels est construit le 1^{er} démonstrateur AVD sur 4,5ha

suivi agronomiquement par la CA66. 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 CA84 et l'INRAE (unités LEPSE, PECH ROUGE, SYSTEM et G-EAU ex-IRSTEA).

Les dispositifs AVD sont prêts à être déployés sur la filière vigne à plus grande échelle, et ainsi entrer en phase pilote de commercialisation.

5.2.1.2 Arboriculture

5.2.2 Références en arboriculture

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 des arbres fruitiers, qui optimise leur production de fruits **en qualité**, tout en **préservant de hauts rendements**, en :

- **Limitant les excès de rayonnement solaire et de fortes chaleurs:** L'ombrage piloté peut diminuer la température des fruitiers sous AVD jusqu'à -4°C en période caniculaire et conserver une meilleure humidité relative ; les feuilles apicales ne se recroquevillent pas et l'activité photosynthétique peut être maintenue ;
- **Diminuant le risque de gel:** avec un écart de température moyen de quelques degrés lorsque le 0°C approche au printemps, la couverture thermique AVD permet d'éviter des épisodes de gel très délétères notamment dans la période de débourrement ;
- **Améliorant le confort hydrique tout en limitant l'irrigation:** les apports en irrigation sont en moyenne jusque 30% inférieurs par rapport à la zone témoin, accompagné d'une diminution de la consommation réelle en eau ; d'importants stress hydriques ponctuels (+63% en témoin en épisode caniculaire) sont évités ;
- **Menant à une qualité de production lissée:** Des pommes à la fermeté et au calibre inchangés, une coloration sous contrôle, et des fruits moins sucrés ;
- **Régulant la production:** En évitant les conséquences délétères de certains épisodes climatiques, et en accentuant l'éclaircissage naturel en apportant une quantité d'ombrage spécifique à un stade défini et ainsi maîtrisé naturellement la chute des fruits ;
- **Mutualisant des solutions de protection supplémentaires :** par exemple contre la pluie et la grêle avec l'installation de filets à moindres coûts.

Ces données expérimentales sont issues de **trois programmes de recherche et développement en collaboration avec l'INRAE** (fusion de l'INRA et IRSTEA) depuis 2009: de Sun'Agri 1 à Sun'Agri 3 et la phase actuelle d'industrialisation et de démonstration à grande échelle.

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).

Les dispositifs AVD sont prêts à être déployés sur la filière arbre fruitier à plus grande échelle, et ainsi entrer en phase pilote de commercialisation.

ANNEXES

Cadre contractuel

Promesse de bail et bail emphytéotique

En phase développement et afin de sécuriser le projet, **une promesse de bail est signée pour une durée de 5 ans**. Si les études sont concluantes et que le projet obtient l'ensemble des autorisations, un **bail emphytéotique d'une durée de 30 ans** lie le propriétaire des terrains et le producteur d'électricité. Il est également signé par l'exploitant agricole si ce dernier n'est pas le propriétaire des terrains. Une division en volume est effectuée permettant au propriétaire de garder des droits réels sur le sol jusqu'au-dessus de la culture. Seul le volume au-dessus des cultures est pris à bail.

Une **convention de servitudes** pour le raccordement des câbles, l'accès au site, etc. peut également être signée au cas par cas.

Convention agrivoltaïque

La **convention agrivoltaïque** est un contrat tripartite liant le prestataire de pilotage (Sun'Agri) à la société de projet détenue par le producteur d'électricité et à l'exploitant agricole (et le propriétaire du terrain dans le cas de fermage). Elle régit les interactions entre ces trois parties, notamment le contrat de service agrivoltaïque que fournit Sun'Agri à la société de projet, la mise à disposition du terrain agricole par l'exploitant (ou le propriétaire), le pilotage des panneaux et la mise à disposition d'une application de type OAD à l'exploitant par Sun'Agri.

Cette convention encadre les interactions des trois acteurs du projet, sur toute la durée de son exploitation, soit trente ans.

Convention de suivi agronomique des cultures entre l'agriculteur et un organisme professionnel ou scientifique

La convention de suivi agronomique permet de désigner un organisme indépendant de la société de projet (Chambre d'Agriculture, station expérimentale, organisme technique, etc.) pour effectuer le suivi agronomique du projet sur une durée de 5 ans.

Elle lie Sun'Agri et l'organisme autour d'un protocole défini en amont et précisé au moment de la mise en service du projet. Ce suivi agronomique a pour objectif d'évaluer l'effet d'un dispositif agrivoltaïque par rapport à une zone témoin conduite dans les mêmes conditions, de remonter des données alimentant les algorithmes de pilotage, et permettant éventuellement de rectifier les stratégies actuelles.

