

PROJET DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE

Projet de construction d'ombrières photovoltaïques mobiles pour
cerisiers à Pierrelatte (26700)



SARL VITIBENTE

Monsieur Bruno BENTE

26700 PIERRELATTE

SOMMAIRE

1	Définition d'une installation agrivoltaïque.....	5
2	Présentation de l'exploitation.....	6
3	Appréciation du caractère agrivoltaïque des ombrières mobiles sur cerisiers (L.111-27 du code de l'urbanisme)	7
3.1	Parcelle agricole à considérer au titre de l'article R. 314-108 du code de l'énergie	7
3.2	Justification Technique de Conformité aux Services Énergétiques et Non-Atteinte Substantielle selon le Code de l'Énergie	8
3.2.1	Amélioration du potentiel et de l'impact agronomique	8
3.2.2	Adaptation au changement climatique	9
3.2.3	Protection contre les aléas	11
3.2.4	Les ombrières agricoles mobiles destinés aux cerisiers sont réversibles	16
3.2.5	Conclusion	17
3.3	Note technique justifiant la production agricole comme activité principale selon l'article R. 314-118 du code de l'énergie.....	19
3.3.1	Taux de couverture des ombrières agrivoltaïques mobiles	19
3.3.2	Perte de surface agricole	20
3.3.3	Culture de cerisiers en gobelet avec récolte mécanisée	21
3.3.4	Irrigation à la replantation.....	21
3.3.5	Adaptabilité et intégration mécanique	22
3.3.6	Démantèlement et réversibilité des ombrières mobiles	22
3.4	Justification Technique de la Production Agricole Significative et Durable selon les Articles R. 314-114 à R. 314-117 du Code de l'Énergie	27
3.4.1	Retour d'expérience	27
3.4.2	Historique des rendements de l'EARL VITIBENTE	28
3.5	Suivi agronomique et Obligation de disposer d'une zone témoin en application de l'article R. 314-114 du code de l'énergie	30
3.6	Justificatif prouvant que l'exploitant agricole est actif.....	32
4	La préservation du sol en phase chantier	32
4.1	Les bonnes pratiques mises en place par Technique Solaire pour la préservation des sols agricoles.....	32
4.2	L'accompagnement de BIO3G pour revitaliser les sols agricoles	33
5	Conclusion.....	34
6	Contacts.....	35

Cette note explicative du projet agricole, sur lequel Bruno Bente (exploitant agricole à titre principal vivant à Lamotte du Rhône) travaille depuis janvier 2023 aux côtés de Technique Solaire, a comme objectif de démontrer le lien de nécessité entre le développement de sa production de cerises et les structures d'ombrières photovoltaïques pour s'adapter aux besoins du verger.

Ces ombrières ont été dimensionnées sur-mesure, en fonction de l'itinéraire technique, des engins agricoles de l'agriculteur et des besoins de l'agriculteur.

Sa culture vieillissante de vignes mères est confrontée à des conditions climatiques de plus en plus extrêmes (stress hydriques, thermiques et radiatifs) mais surtout à une crise du milieu viticole qui engendre de nombreux invendus et impayés pour les pépiniéristes, raison pour laquelle Bruno Bente souhaite la remplacer avec un nouveau verger de cerise qui sera protégé par des panneaux photovoltaïques.

Ce projet bénéficiera d'une Convention de Suivi Agronomique entre la Chambre d'Agriculture de la Drôme, Bruno Bente et Technique Solaire. Lors de ce suivi, les **performances agronomiques sont mesurées et comparées à une zone témoin**.

Il est à noter que Technique Solaire **s'est doté d'une équipe d'agronomes** : ingénieur agronome, docteur en agronomie, étudiants en école agronomique (AgroParisTech, etc.), permettant **le développement des projets à travers le prisme agricole et le bon suivi agronomique des projets agrivoltaïques**.

Commune d'implantation	PIERRELATTE (26700)
Type de centrale	Ombrières photovoltaïques mobiles pour cerisiers
Technologie utilisée	8 410 modules mobiles Structure réversible qui sera recyclée en fin de vie (durée de vie supérieure à 40 ans).
Puissance crête installée	Environ 5 735 kWc
Production estimée	Environ 10 019 000 kWh soit la consommation annuelle d'environ 3 643 foyers (hors chauffage et eau chaude sanitaire).
Surface utile totale au projet	75 375 m² soit 16% de la SAU totale de l'exploitation Une zone témoin de 3 796 m² indiquée dans les dessins techniques, est prévue pour comparer les rendements agricoles.
Taux de couverture des structures	27 %
Suivi agronomique et partage des données et retours d'expérience	Une Convention de Suivi Agronomique sur 20 ans est établie avec la Chambre d'Agriculture de la Drôme dans le cadre de ce projet et l'ensemble des données agronomiques pourra être transmis aux membres de la CDPENAF.

Pour rappel, la France est un acteur majeur de la production agricole en Europe, positionnée au 1er rang européen (soit 95 milliards d'euros par an en 2023) ; 46 % du territoire français est alloué à l'usage agricole. Or depuis des décennies, le secteur agricole traverse une profonde mutation socioéconomique, avec :

- une concentration des exploitations (hausse de formes sociétaires et grandes exploitations agricoles) ;
- une baisse des aides aux productions agricoles passant à un budget total de 7,69 Md€ en 2005 à 6,67 Md€ en 2019 ;
- une baisse de l'emploi salarié et non salarié, accompagnée d'une baisse de la part des personnes de moins de 40 ans travaillant dans le secteur agricole.

De plus, face au dérèglement climatique, la vulnérabilité des exploitations agricoles s'accroît avec une dégradation potentielle des débouchés agricoles (baisse des rendements, perte de qualité des produits) et une augmentation des coûts d'exploitation pour la mise en place de moyens de luttés contre les aléas météorologiques et biologiques délétères : sécheresse, gel « tardif », bioagresseurs, maladies etc.

Dans un contexte de transition énergétique et écologique, l'agriculture est appelée à lutter contre le réchauffement climatique ou encore la surexploitation de l'eau. En effet, la Stratégie Nationale Bas Carbone préconise, d'ici 2050, une réduction de 50% des émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture, soit environ 40 Mt de CO₂ (10% de la part totale nationale) . Cette transition agricole reste un défi important pour les propriétaires et les exploitants dont les principales problématiques concernent leur capacité d'investissement, le risque de perte de chiffre d'affaires ou encore le besoin de nouvelles solutions techniques.

Dans ce contexte, la recherche de solutions techniques et financières a mené à une réflexion vers une synergie entre l'agriculture et le développement de projets photovoltaïques : pan primordial de la transition écologique. Les développeurs photovoltaïques, en partenariat avec leurs partenaires agricoles, se sont intéressés au développement de projets dits « agrivoltaïques », pour venir répondre aux enjeux de la transition agricole et énergétique.

1 Définition d'une installation agrivoltaïque¹

Est considérée comme agrivoltaïque une installation qui apporte directement à la parcelle agricole au moins l'un des services suivants, en garantissant à un agriculteur actif une production agricole significative et un revenu durable en étant issu :

- **L'amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques** qui consiste en une amélioration des qualités agronomiques du sol, en une augmentation du rendement de la production agricole ou, à défaut, au maintien de ce rendement ou au moins à la réduction de la baisse tendancielle du rendement qui est observée au niveau local ;
- **L'adaptation au changement climatique** : limitation des effets néfastes du changement climatique se traduisant par une augmentation du rendement de la production agricole ou, à défaut, à la réduction, voire au maintien, du taux de la réduction tendancielle du rendement qui est observée au niveau local, ou par une amélioration de la qualité de la production agricole ;
- **La protection contre les aléas météorologiques** qui apprécie au regard de la protection apportée par les modules agrivoltaïques contre au moins une forme d'aléa météorologique, ponctuel et exogène à la conduite de l'exploitation et qui fait peser un risque sur la quantité ou la qualité de la production agricole, à l'exclusion des aléas strictement économiques et financiers ;
- **L'amélioration du bien-être animal** qui s'apprécie au regard de l'amélioration du confort thermique des animaux, démontrable par l'observation d'une diminution des températures dans les espaces accessibles aux animaux à l'abri des modules photovoltaïques et par l'apport de services ou de structures améliorant les conditions de vie des animaux.

Une installation **ne pourra pas être considérée comme agrivoltaïque** si elle :

- **Ne comporte pas une zone témoin d'une superficie** d'au moins 5% de la surface agrivoltaïque installée, dans une limite d'un hectare ;
- **Ne permet pas une production agricole significative** soit si la moyenne du rendement par hectare observé sur la parcelle est supérieure à 90% de la moyenne du rendement par hectare observé sur une zone témoin ;
- **Ne permet pas à la production agricole d'être l'activité principale de la parcelle agricole** soit si plus de 10% de la superficie de la parcelle agricole n'est plus exploitable du fait de l'installation agrivoltaïque ; si la hauteur de l'installation agrivoltaïque ainsi que l'espacement inter-rangées ne permettent une exploitation normale (sécurité physique, abri des animaux, passage des engins agricoles) ;
- **Ne permet pas des opérations de démantèlement et de remise en état d'un site** après exploitation comprenant (1) le démantèlement des installations de production, y compris l'excavation de toutes les fondations et installations enterrées ; (2) la remise en état des terrains, en garantissant notamment le maintien de leur vocation initiale ; (3) la réutilisation, le recyclage, la valorisation ou à défaut l'élimination des déchets de démolition ou de démantèlement dans les filières dûment autorisées à cet effet.

¹ Selon le décret n° 2024-318 du 8 avril 2024 relatif au développement de l'agrivoltaïsme et aux conditions d'implantation des installations photovoltaïques sur des terrains agricoles, naturels ou forestiers.

2 Présentation de l'exploitation

L'exploitation se situe au lieu-dit « Grange Neuve » sur la commune de PIERRELATTE (26700 ; Figure 1). Les bâtiments de stockage ainsi que les bureaux appartiennent à Monsieur Bruno BENTE, en sa qualité de propriétaire. La surface agricole utile (SAU) de l'exploitation est d'un peu plus de 75 hectares.

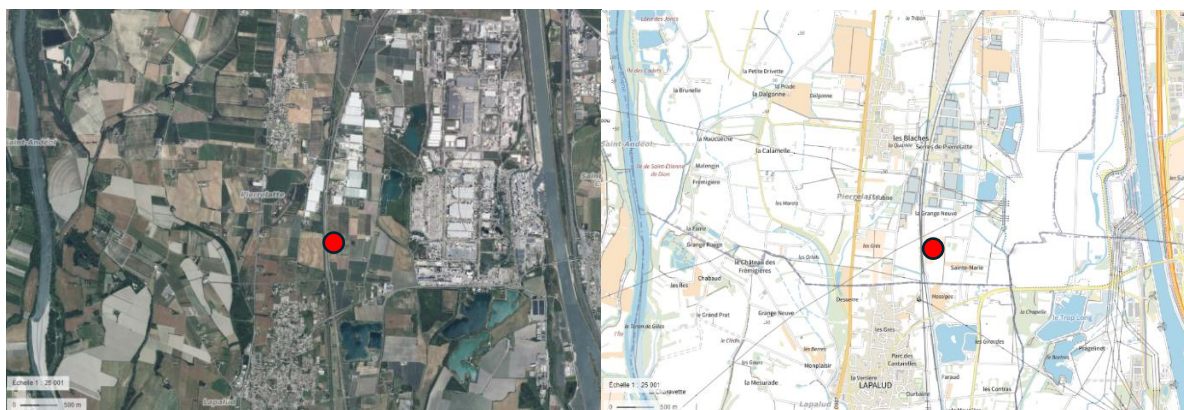


Figure 1 : Photo aérienne et plan IGN de l'exploitation.

L'exploitation agricole de la famille Bente trouve ses origines dans les années 1960, lorsque Gunther Bente, père de Bruno Bente, a débuté son activité à Lamotte-du-Rhône. À l'époque, il se consacrait principalement au maraîchage, à l'arboriculture ainsi qu'à la culture de la vigne mère de porte-greffe.

À la fin des années 1980, Bruno Bente rejoint l'exploitation familiale pour travailler aux côtés de son père, avant d'en prendre progressivement la relève. À la suite des inondations majeures survenues à Lamotte-du-Rhône en 1992 et 2003, Bruno Bente prend la décision stratégique d'acquérir des terres à Pierrelatte, situées hors zone inondable. En 2015, il y fait construire deux hangars afin de regrouper et mécaniser les activités liées à la production de porte-greffes, jusqu'alors dispersées sur plusieurs sites.

Aujourd'hui, l'exploitation s'étend sur une surface totale de 75 hectares, comprenant 45 hectares dédiés à la production de porte-greffes et 30 hectares consacrés à l'arboriculture, avec des vergers de pommiers, poiriers et cerisiers destinés à l'industrie.

La culture des cerises pour l'industrie a été introduite en 1999 avec une première plantation, exploitée pendant 25 ans avant d'être arrachée. Un second verger, planté en 2013, est actuellement en production.

En 2014, Clément Bente, fils de Bruno, a intégré l'exploitation. Il y travaille aujourd'hui en collaboration avec son beau-frère, Alexandre, assurant ainsi la continuité de cette exploitation familiale.

En résumé :

- Propriétaire de l'exploitation : **SARL VITIBENTE**
- Surface de l'exploitation : **75 ha**
- Exploitation entièrement mécanisée : toutes les machines appartiennent à Monsieur Bente
- Vente effectuée en direct avec les usines de transformation **APT UNION** et **ST MAMET**
- Historique de rendements : **15 t/ha** de cerise pour industrie

3 Appréciation du caractère agrivoltaïque des ombrières mobiles sur cerisiers (L.111-27 du code de l'urbanisme)

3.1 Parcelle agricole à considérer au titre de l'article R. 314-108 du code de l'énergie

Le guide d'application des dispositions réglementaires relatives aux installations agrivoltaïques précise que la **parcelle agricole** à prendre en compte pour un projet agrivoltaïque (selon l'article R. 314-108) correspond à une zone aux **caractéristiques agricoles homogènes**, englobant toutes les installations photovoltaïques de manière **continue**.

Cette continuité est maintenue si la densité des panneaux reste constante. Une réduction injustifiée de cette densité peut obliger à **scinder la parcelle en plusieurs unités**. De plus, la présence d'**obstacles physiques** (route, haie, butte, etc.) traversant l'installation entraîne également la division en **parcelles distinctes**.

Les infrastructures annexes (pistes, voies d'entretien, équipements de raccordement) ne sont pas comprises dans la surface agricole définie.

Ainsi, dans le cadre de l'installation agrivoltaïque de M Bente, la parcelle agricole à considérer est de **62 066 m²**.

Compte tenu de la configuration du site agricole et des pratiques culturales, le projet global s'étend sur une SAU de 7,5 ha (soit 10% de la SAU totale de l'exploitation ; Figure 2).



Figure 2 : Plan de masse du projet agrivoltaïque.

Le terrain du projet est plat et ne nécessitera donc pas de travaux de terrassement pour l'installation du nouveau verger. Le terrain est en dehors de zonage de protection ou d'inventaire naturaliste, en dehors

de toute zone humide référencée sur SIGRESEAU, en dehors de tout périmètre présentant une sensibilité paysagère ou du patrimoine bâti.

M. Bente souhaite débiter une culture de cerisiers pour remplacer sa culture vieillissante de vignes mères en leur apportant un outil de protection climatique. La vocation agricole du site sera donc maintenue et pérennisée par la mise en place d'ombrières photovoltaïques mobiles pour cerisiers.

3.2 Justification Technique de Conformité aux Services Énergétiques et Non-Atteinte Substantielle selon le Code de l'Énergie

Les critères de conformité aux exigences de la loi pour un projet agrivoltaïque ont été étudiés spécifiquement pour le présent projet et les principaux résultats sont présentés dans les sections suivantes :

3.2.1 Amélioration du potentiel et de l'impact agronomique

Les jours échaudants sont une source de stress pour l'arbre : l'évapotranspiration augmente alors que la photosynthèse est limitée, tout comme l'accumulation de glucide et de sucre. Associé à des vents secs, l'augmentation des jours chauds a pour conséquence des risques accrus de brûlures, une maturation inégale du fruit, un manque de coloration, une chair trop molle ou une durée de conservation réduite. La qualité des fruits étant sensible à la chaleur et à l'hygrométrie, la production est étroitement liée quantitativement et qualitativement à l'irrigation et nécessite une maîtrise technique importante dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau.

Plus généralement, des impacts potentiels sur la qualité du fruit pourraient être multiples, du fait de la diversité des aspects de cette qualité et de l'importance des influences climatiques (cumuls et rythmes tant de température que de pluviométrie). L'éclatement de la cerise constitue un exemple préoccupant de caractère de qualité qui pourrait être de plus en plus soumis à des irrégularités de pluviométrie (Figure 3). Récemment, des épisodes orageux en mai et juin ont fortement pénalisé la production française (en 2007 et 2008; perte estimée à 30-40% pour 2008).

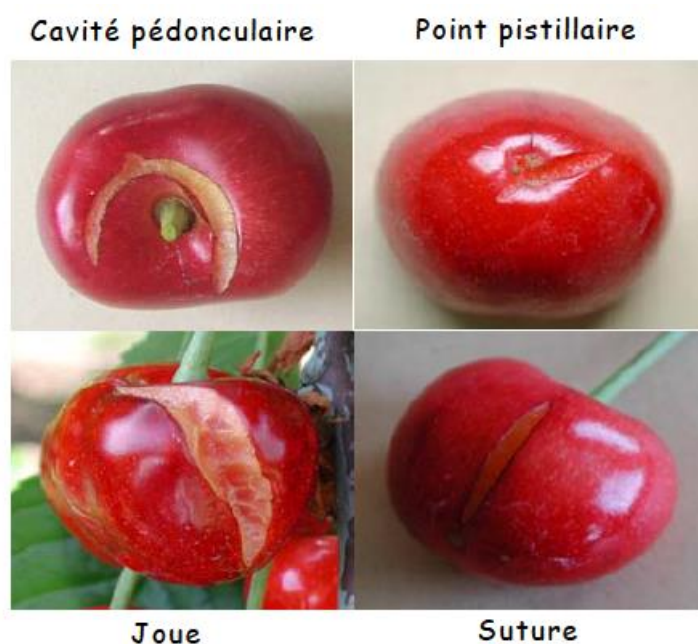


Figure 3 : L'éclatement du fruit chez le cerisier : illustration d'un caractère de qualité du fruit sous influence climatique (Source J. Quéro Garcia, INRA Bordeaux)

Le réchauffement climatique avance les stades phénologiques. L'avancement du début de la floraison implique un rapprochement des périodes de gels printaniers avec l'apparition de fleurs. Ce rapprochement calendaire entraîne donc un risque de gel sur ces dernières. Les températures négatives au début du printemps, causent d'importants dégâts dans les vergers, avec jusqu'à 50% de perte de rendements induite par le gel, et dans certains vergers, une demande de reconnaissance de calamités est effectuée²³.

Les calamités agricoles sont aussi fréquemment associées aux épisodes de grêle. Il s'avère qu'aucun lien significatif associe ces événements météorologiques délétères avec le réchauffement climatique. Néanmoins les fruitiers non protégés subissent des pertes importantes. La nécessité de protéger systématiquement les vergers se fait ressentir par la filière, avec un investissement non négligeable estimé à 20 000 €/ha pour l'achat de la structure et des filets, et de 30 h/ha avec trois techniciens agricoles pour le pliage et le repliage⁴.

3.2.2 Adaptation au changement climatique

D'après l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique (ORACLE), en Occitanie, depuis les 50 dernières années, **le climat subit un dérèglement climatique** qui s'exprime notamment à travers :

- **Augmentation du nombre de jours estivaux (> 25°C)** de 4,9 jours tous les dix ans, soit +21,5 j depuis 63 ans. Une augmentation des journées chaudes implique également une augmentation de l'évapotranspiration. La menace de stress hydrique s'ajoute à celle de stress thermique.
- **Durcissement des conditions hydriques des exploitations agricoles** avec un besoin accru en eau dans un contexte d'augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresses estivales. Les observations menées par l'ORECC⁵, quant aux impacts du changement climatique sur l'évolution des bilans hydriques mettent en évidence une augmentation des déficits hydriques, notamment à partir des années 90. Ces évolutions sont liées en particulier à une augmentation de l'évaporation, elle-même en lien avec une augmentation des températures.

Dans la Drôme, **de nombreux événements météorologiques et leurs impacts sur des cérisiers ont été constatés** par les services de l'état ces dernières années⁶⁷:

- **Gel d'avril 2024** : La Commission nationale du 11 décembre 2024 a reconnu des pertes de récolte sur cerises, abricots, pommes, prunes et vignes (AOC Clairette et Crémant de Die) suite au gel survenu du 19 au 21 avril 2024, touchant 34 communes des Baronnies et du Diois. La téléprocédure pour déposer les demandes d'indemnisation était ouverte du 13 mars au 10 avril 2025.
- **Excès de pluie de mars à juin 2024** : La Commission nationale du 16 octobre 2024 a reconnu des pertes de récolte sur l'ensemble du département pour plusieurs cultures, dont

² <https://www.francebleu.fr/infos/agriculture-peche/les-arboriculteurs-du-tarn-et-garonne-se-preparent-au-gel-1648488015>

³ https://lopinion.com/articles/actualite/15474_gel-printanier-procedure-calamite-agricole-tarn-et-garonne

⁴ <https://www.lafranceagricole.fr/environnement/article/732973/filets-et-assurance-pour-faire-face-a-la-grele-dans-les-vergers>

⁵ Etat des connaissances – Activités économiques Agriculture et Changement climatique en Auvergne-Rhône-Alpes – ORECC – Février 2017

⁶ <https://www.drome.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Agriculture.-forets-et-developpement-rural/Agriculture/Aleas-climatiques-calamites-agricoles-et-Indemnite-de-solidarite-nationale-assurance-recolte>

⁷ https://www.drome.gouv.fr/contenu/telechargement/15596/108928/file/cp-_dossiers_d_indemnisation_calamites_agricoles-20200218.pdf

les cerises, en raison des excès de pluie prolongés de mars à juin 2024. La téléprocédure pour déposer les demandes d'indemnisation était close depuis le 24 décembre 2024.

- **Orages de grêle de juin et juillet 2019** : Le comité national de gestion des risques en agriculture (CNGRA) du 16 octobre 2019 a donné un avis favorable à la demande de reconnaissance en calamité agricole suite aux orages (grêle et vent) des 15 juin et 6 juillet 2019, affectant notamment les cerisiers.

Pour prévenir de ces événements météorologiques délétères, l'installation d'une infrastructure agrivoltaïque pour cerisier se présente comme une solution efficace, alternative à l'installation d'éléments de protection, tels que :

- **filets anti-grêles ou opacifiants**: coût à l'achat (12 000 – 20 000 €/ha) tous les 10 ans et le coût de main d'œuvre annuel pour le pliage/dépliage (environ 2000 €/ha/an)⁸,
- **protections « anti-gel »** : p. ex. tour antigel (achat + frais de fonctionnement : 1000 €/ha), bougies (achat 2500 €/ha, sans frais de main d'œuvre)

En effet, **les panneaux photovoltaïques offrent une solution de pointe** pour protéger les vergers **des aléas climatiques** tout en répondant aux exigences **opérationnelles des machines agricoles**. La structure de ces panneaux solaires est spécialement conçue pour s'adapter aux besoins des plantes et aux contraintes mécaniques, garantissant ainsi une protection optimale et une efficacité opérationnelle. **Les panneaux mobiles** offrent une flexibilité du taux de couverture, variant de 0% en position verticale à 50% en position horizontale.

Cette variabilité va permettre de :

- **Diminuer la température sur les organes**, les panneaux minimisent le stress thermique, prévenant ainsi les brûlures des feuilles et des fruits, avec une diminution mesurée jusqu'à 8°C à la surface du fruit, à Llupia (66), le 9 juillet 2023⁹ ;
- **Diminuer le phénomène d'évapotranspiration** en permettant de conserver l'eau dans le sol. Des études menées à différentes latitudes (Espagne, France, Allemagne) et sur différentes cultures (p. ex. pommiers, vignes) révèlent une baisse de l'ordre de 20-30% de l'évapotranspiration et donc de la consommation d'eau pour l'irrigation¹⁰ ;
- **Optimiser le taux de lumières** en fonction du stage phénologique via un taux de couverture variant de 0% en position verticale à 50% en position horizontale. Cette variabilité permet de gérer efficacement l'ombrage et la lumière en fonction des besoins physiologiques des cerisiers optimisant ainsi la croissance et la santé des plantes ;
- **Créer un écran thermique**, conservant plus longtemps la chaleur accumulée la journée, ralentissant la chute de température durant la nuit et permettant alors de **lutter contre les effets du gel, notamment lors des périodes de floraison**. Des études ont montré un gain de 2°C lors des épisodes de gel⁵ ;
- **Dévier la grêle et la pluie afin qu'elles ne tombent pas directement sur les cerisiers via un pilotage des panneaux à l'horizontale**. Cette configuration permet de diminuer la cassure des différents organes mais aussi de réduire les risques de maladies cryptogamiques (p. ex. mildiou). Dans le cas d'un verger de pommiers agrivoltaïque, il a été démontré une augmentation de 190% du rendement grâce à la protection contre la grêle¹¹.

⁸ <https://www.lafranceagricole.fr/environnement/article/732973/filets-et-assurance-pour-faire-face-a-la-grele-dans-les-vergers>

⁹ Agrivoltaïsme : des résultats agronomiques records – Edition spéciale SITEVI 2023 – Sun Agri

¹⁰ SolarPower - Europe's Agrisolar Best Practice Guidelines – Version 2 - 2023

¹¹ Juillion, P., Lopez, G., Fumey, D., Lesniak, V., Génard, M., & Vercambre, G. (2022). Shading apple trees with an agrivoltaic system: Impact on water relations, leaf morphophysiological characteristics and yield determinants. *Scientia Horticulturae*, 306, 111434.

En conclusion, les panneaux solaires **apportent un service notable pour le verger** avec une **protection significative** des plants **contre les fortes chaleurs, la grêle, les pluies et les gelées, tout en permettant un passage sans entrave des machines agricoles**. Cette intégration technologique favorise non seulement la résilience des vergers face aux aléas climatiques mais aussi l'amélioration continue de la qualité et du rendement de la production de cerise.

3.2.3 Protection contre les aléas

L'association rang panneaux photovoltaïques – rang de cerisier : une barrière physique efficace

Technique Solaire propose cette géométrie pour conserver une protection efficace des cultures sous-jacentes des fortes chaleurs ou encore de la grêle. En effet, pailler les rangs de panneaux solaires aux rangs de cerisiers, protège plus efficacement les plants lors d'événements météorologiques délétères (p. ex. la grêle, la pluie).

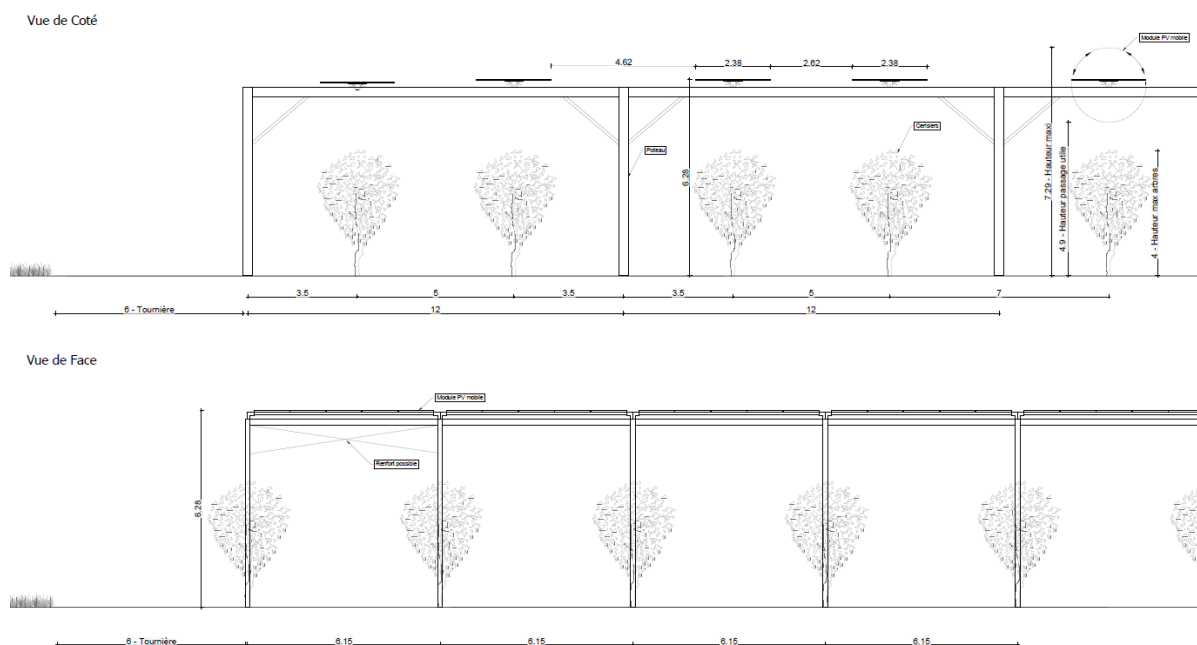


Figure 4 : Plans de coupe de la structure

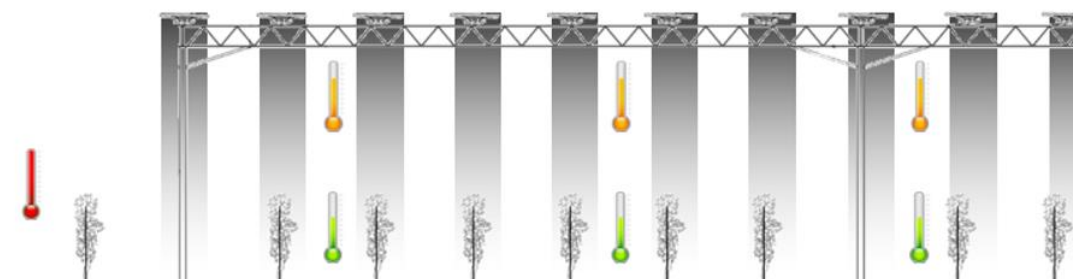
La course est-ouest des panneaux solaires :

Les panneaux solaires sont pilotables à l'échelle horaire et se déplacent d'est en ouest selon les consignes définies par un algorithme. L'orientation des panneaux se repose sur quatre grands modes :

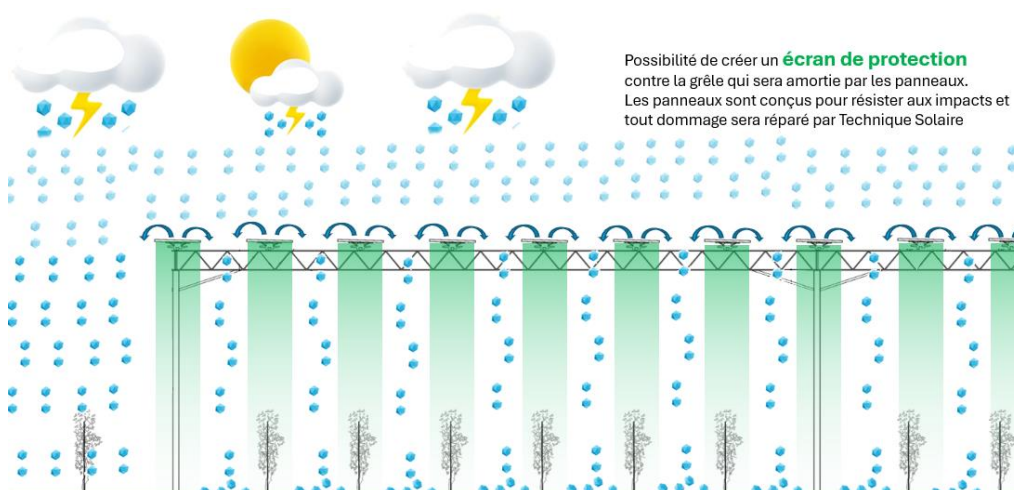
- **Protection face aux fortes chaleurs, à une trop forte lumière.** Dans ce cas, les panneaux sont positionnés pour ombrager au maximum les rangées de cerisiers. Il est à souligner que l'association d'un rang de cerisiers avec un rang de panneaux est nécessaire pour avoir un effet optimal de cette protection :



Possibilité d'ombrager les cerisiers lorsque le soleil est au zénith en été permettant d'abaisser la température sous structure, d'éviter les brûlures et de limiter l'irrigation.



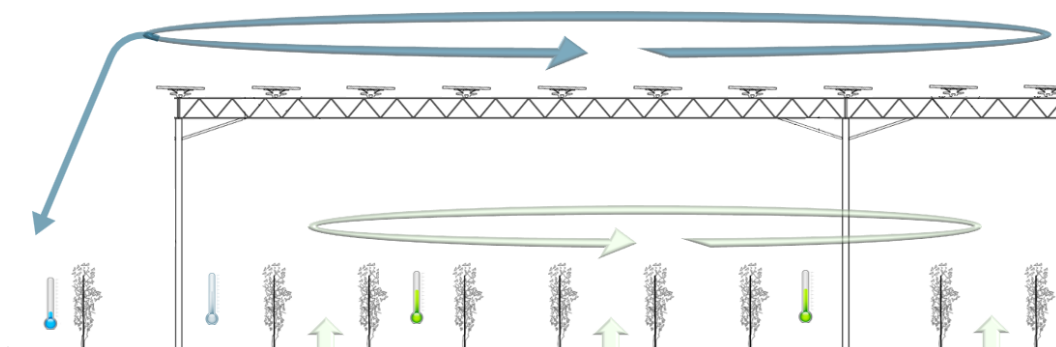
- **Protection face aux événements météorologiques déléters** : épisodes gélifs ou épisodes de grêle. Dans ce cas les panneaux solaires sont à l'horizontal pour optimiser leur rôle de bouclier thermique mais aussi de barrière physique :



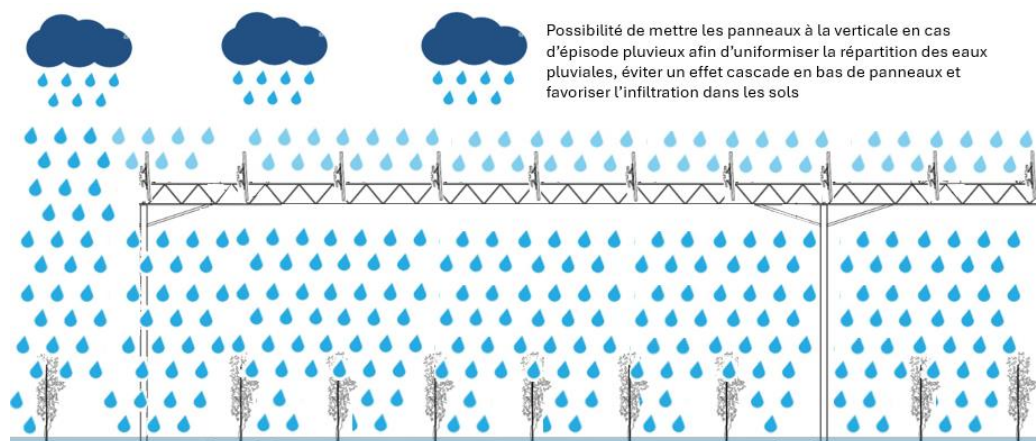
Possibilité de créer un **écran de protection** contre la grêle qui sera amortie par les panneaux. Les panneaux sont conçus pour résister aux impacts et tout dommage sera réparé par Technique Solaire



Possibilité de créer un écran thermique en cas de chute des températures et de gélées afin de bénéficier de quelques degrés accumulés dans la journée

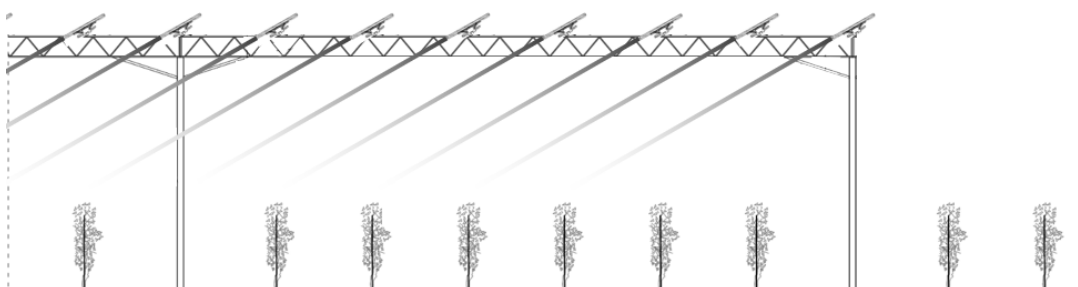


- **Homogénéisation des eaux de pluie.** Lors d'épisodes de pluie, il est important de positionner les panneaux à la verticale afin de ne pas perturber le cycle de l'eau naturel et plus particulièrement l'homogénéité de leur retombée. Cette stratégie limite la création d'eau stagnante aux pieds des cerisiers, réduisant ainsi le risque d'asphyxie racinaire et/ou la prolifération de maladies cryptogamiques (p. ex. mildiou, oïdium, etc.).

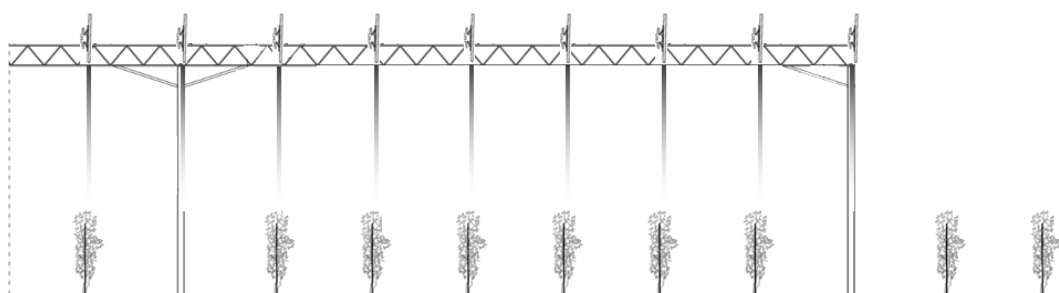


- **L'optimisation de la photosynthèse par effacement** : pour atteindre les seuils de lumière optimaux pour la photosynthèse lors des différents stades phénologiques, les panneaux solaires seront positionnés parallèles au rayon du soleil, **appelé « effacement »**. Cette position assure alors un ombrage minimal sur les cerisiers, soit une réception proche de 100% de la lumière naturelle.

Effacement des panneaux dès la matinée
Pour optimiser la photosynthèse

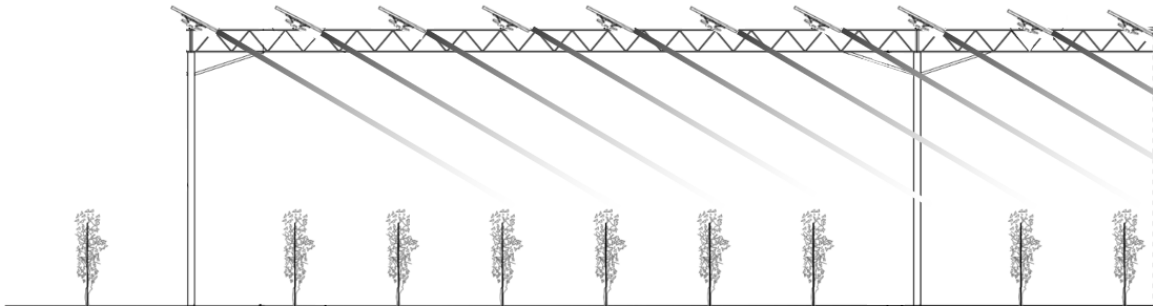


Possibilité d'effacement des panneaux **dans la journée**
pour optimiser la photosynthèse

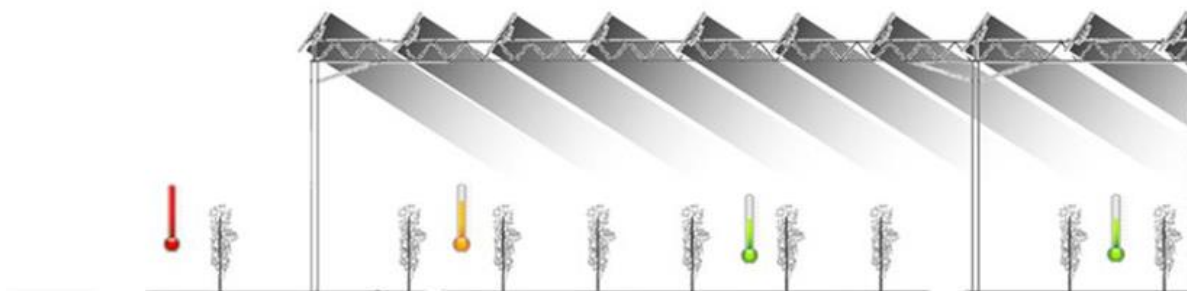




Possibilité d'effacement des panneaux **jusque dans la soirée** pour optimiser la photosynthèse



Possibilité d'ombrager les cerisiers en fin de journée en été en cas de canicule. Cela permet de faire baisser la température de quelques degrés et de limiter l'irrigation.



Les schémas ci-dessus ne correspondent pas exactement aux plans de coupe du projet de M Bente (Figure 4). Ils permettent uniquement d'illustrer la technologie tracking.

Ces différents modes constituent le cœur de la stratégie du pilotage des panneaux solaires. Leurs occurrences seront définies au cours des différents stades phénologiques et selon un algorithme de pilotage reposant sur :

- Les prévisions météorologiques locales, donnant lieu à une anticipation des épisodes de grêle, de gel, de fortes chaleurs, d'intempéries, etc.,
- Les résultats des modèles agronomiques, donnant lieu à une prévision du rendement agricole,
- Les mesures des conditions météorologiques à l'échelle de la parcelle, à partir des stations météorologiques connectées mises en place dans le cadre du projet,
- Les mesures issues du suivi agronomique et des observations de M. Bente.

Ces approches interagissent pour former un système de pilotage intégré. Les prévisions météorologiques permettent une anticipation des aléas climatiques, mais aussi alimentent les modèles agronomiques apportant une vision prospective du rendement agricole de la parcelle. Les mesures à

l'échelle parcellaire et les observations terrain assurent une précision locale, renforçant la pertinence des ajustements opérés. Cette interdépendance garantit une gestion optimale des panneaux solaires, alliant protection climatique et optimisation agronomique, pour maximiser le rendement et la résilience des cultures tout au long de la saison.

L'algorithme de pilotage des panneaux solaires

Selon un algorithme de pilotage s'appuyant sur des modélisations agronomiques issues du monde de la recherche (p. ex. modèle STICS¹²), des prévisions météorologiques locales, des mesures des conditions météorologiques de la parcelle, des observations de l'agriculteur et du bureau d'étude agronomique, les panneaux solaires seront pilotés à l'échelle horaire. La solution de pilotage a été développée par une entreprise spécialisée dans l'agrivoltaïsme : Insolight.

Insolight

Insolight, fondée en 2015 et basée à Lausanne, est une entreprise spécialisée dans l'agrivoltaïsme. Elle propose une solution innovante baptisée Insolagrín, qui combine production d'énergie solaire et optimisation des cultures agricoles. Insolight collabore avec le monde de la recherche, comme avec Agroscope, centre fédéral suisse de recherche et développement pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, dans le cadre de développement de techniques agricoles innovations dans le secteur de production de baies en Suisse.

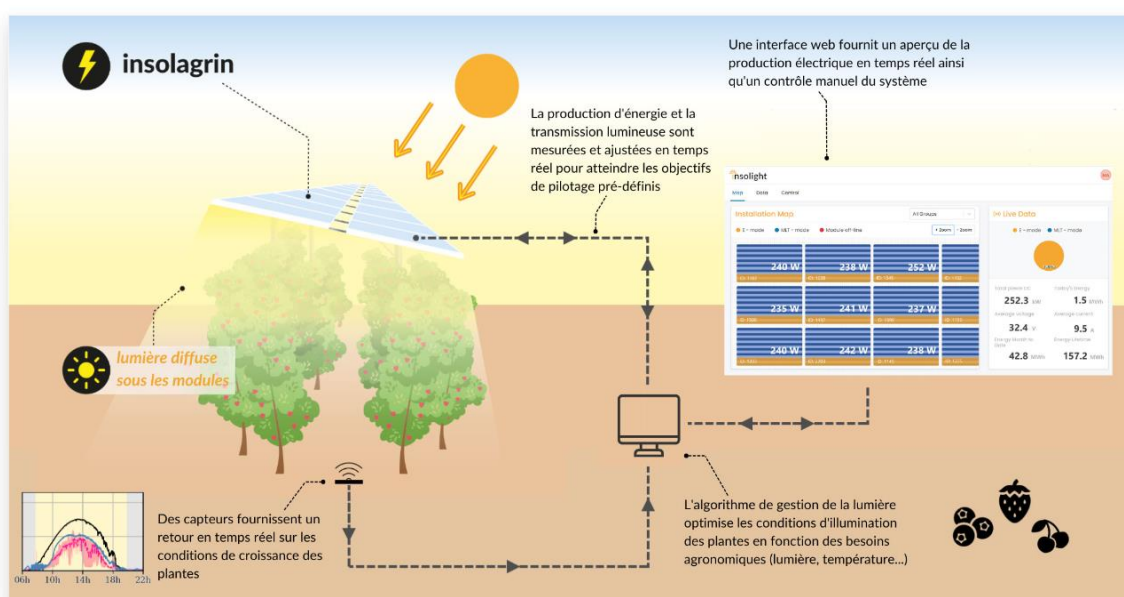


Figure 5 : Principe de l'outil « Insolagrín » proposé par Insolight.

Insolagrín repose sur un algorithme de pilotage des panneaux solaires permettant de contrôler la lumière transmise aux cultures, tout en les protégeant des aléas climatiques tels que la grêle ou le gel. Le système est piloté grâce à des capteurs mesurant les conditions environnementales, permettant un ajustement automatique de l'ombrage selon les besoins des plantes.

¹² Le modèle STICS (Simulateur Multidisciplinaire pour les Cultures Standard) est un modèle agro-environnemental conçu par l'INRAE, pour simuler le fonctionnement des cultures agricoles en interaction avec leur environnement. Il permet de prédire la croissance des plantes, le rendement, et les flux de carbone, d'eau et d'azote dans le sol et la plante.

Un scénario de pilotage prévisionnel

Une stratégie de pilotage a été définie de début mars (fin de la dormance : réveil végétatif) jusqu'à la récolte (mai), avec un taux d'effacement de 15%. Ce taux d'effacement correspond à une dégradation de 15% de la production d'énergie photovoltaïque sur cette période. Il est estimé comme le rapport entre la production d'électricité sans effacement et avec effacement de début mars à mi-septembre. Cette dégradation de production d'énergie donne lieu à une optimisation de la production. Cette optimisation repose une nouvelle fois sur les différents modes explicités précédemment : protection face aux fortes chaleurs, aux forts ensoleillements, aux épisodes de grêle ou encore gélifs et à l'optimisation de la photosynthèse (période d'effacement) lors de conditions de température et de lumière optimales.

Il est à souligner qu'à partir des premières mesures agronomiques, la stratégie de pilotage des panneaux sera affinée. L'adaptation de la stratégie de pilotage des panneaux photovoltaïque sera effectué pour optimiser les rendements selon la variabilité des conditions météorologique locales. Les prévisions météorologiques locales auront vocation à alerter des événements météorologiques délétères (grêle, gel) donnant lieu à un pilotage spécifique des panneaux solaires.

3.2.4 Les ombrières agricoles mobiles destinés aux cerisiers sont réversibles

Pour assurer la conformité de notre projet d'ombrières agricoles mobiles sur cerisiers avec l'article L314-36 du Code de l'énergie, nous avons conçu notre installation de manière à garantir sa réversibilité complète. La remise en état du site comprendra le démontage et l'évacuation des éléments suivants :

- Les modules photovoltaïques ;
- Les câbles électriques ;
- Les onduleurs ;
- Les structures et les fondations ;
- Les locaux techniques (transformateur, poste de livraison) ;
- La clôture périphérique le cas échéant.

Les délais nécessaires au démantèlement de l'installation varient en fonction de la taille et de la complexité du projet, avec un ordre de grandeur général d'environ 6 mois. Le démantèlement en fin d'exploitation se fera en fonction de la future utilisation du terrain, permettant ainsi une restauration intégrale des terres agricoles à leur état initial. Cette capacité de réversibilité démontre notre engagement à respecter les principes de l'agrovoltaïsme, en intégrant des solutions technologiques durables et respectueuses de l'environnement.

3.2.5 Conclusion

	Apport du projet	Description de l'apport / De l'atteinte
Amélioration du potentiel et de l'impact agronomique	Oui Non	La structure et le taux de couverture ont été optimisés pour accompagner la remise en culture de ces parcelles et pérenniser la production, conformément aux attentes du décret II de l'article L. 314-36. Ces mesures améliorent les qualités agronomiques du sol et visent à augmenter ou maintenir le rendement agricole. En cas de baisse locale du rendement, elles contribuent à réduire cette diminution. Cette initiative permet aussi de remettre en activité des terrains agricoles inexploités, en assurant une production régulière malgré les aléas climatiques. Ainsi, cette démarche répond aux exigences du décret et constitue une solution durable pour la remise en culture et la pérennisation de la production agricole.
Adaptation au changement climatique	Oui Non	L'ombrage et la protection que la structure apporte permettent de sécuriser les plants et leur production en : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduisant le stress hydrique : Limite l'évapotranspiration et améliore l'efficacité de l'eau. ▪ Créant un écran thermique : Protège contre les excès de chaleur, conservant la chaleur lors de gel. Ces mesures permettent de maintenir ou d'augmenter le rendement agricole et d'améliorer la qualité de la production, tout en limitant les effets néfastes du changement climatique.
Protection contre les aléas	Oui Non	La structure permet trois protections majeures : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction de l'effet d'échaudage : L'ombrage des panneaux diminue les risques de brûlures causées par un excès de rayonnement solaire, protégeant ainsi la qualité de la production agricole. ▪ Limitation de l'impact de la grêle et des fortes pluies : Les panneaux protègent les cultures contre les dommages physiques causés par la grêle et les fortes précipitations, préservant ainsi la quantité de la production agricole. ▪ Augmentation des températures nocturnes contre le gel : La structure aide à conserver la chaleur durant la nuit, réduisant ainsi les risques de dommages liés aux gelées précoces ou tardives. Ces protections majeures permettent de sécuriser les cultures contre les aléas météorologiques ponctuels et exogènes, conformément aux exigences du décret, en préservant à la fois la quantité et la qualité de la production agricole.
Amélioration du bien-être animal	Oui Non	Non applicable.

En conclusion, le projet de Monsieur Bente respecte pleinement les exigences du décret en matière d'agrivoltaïsme. Il garantit les services attendus pour l'activité agricole, que ce soit en termes d'amélioration du potentiel agronomique, d'adaptation au changement climatique ou de protection contre les aléas. De plus, il assure une **production agricole significative** ainsi qu'un **revenu durable (voir 3.4.4)**, conformément aux articles R. 314-114 et R. 314-117. Ainsi, ce projet s'inscrit pleinement dans le cadre réglementaire et contribue au développement harmonieux de l'agrivoltaïsme.

3.3 Note technique justifiant la production agricole comme activité principale selon l'article R. 314-118 du code de l'énergie

3.3.1 Taux de couverture des ombrières agrivoltaïques mobiles

Le taux de couverture d'une installation agrivoltaïque est défini comme le rapport entre, d'une part la **surface maximale projetée perpendiculairement au sol** des modules photovoltaïques sur la parcelle agricole définie à l'article R. 314-108 **dans des conditions normales d'utilisation** et, d'autre part, la **surface de la parcelle agricole** définie à l'article R. 314-108. **Les conditions normales d'utilisation seront proposées par le pétitionnaire.**

« Une attention particulière doit être portée sur les conditions normales d'utilisation proposées dans le cas d'ombrières mobiles. Dans le cas où le pétitionnaire propose de calculer le taux de couverture à partir d'une inclinaison spécifique, il faut veiller que la pente soit cohérente avec les conditions normales d'utilisation. Voici le calcul proposé, faisant référence à l'annexe 4 des Instructions techniques du 18/02/2025 :

« Le principe général pour le calcul du taux de couverture pour les centrales en trackers, mono-axes et bi-axes, est que la surface de la parcelle doit inclure toutes les positions possibles d'inclinaison ou de rotation des panneaux. »

- Longueur moyenne des rangées : $L = 156,7 \text{ m}$
- Nombre de rangées : $\text{rang} = 66$
- Longueur réel des panneaux : $l = 2,382 \text{ m}$
- Inclinaison des panneaux par rapport à l'horizontal : $\alpha = 48^\circ$
- Longueur projetée des panneaux = $l \times \cos(\alpha) = 1.525 \text{ m}$
- Surface inter rangée = $(\text{inter-rang} - \text{longueur projetée des panneaux}) \times (\text{rang} - 1) \times L = 36\,851 \text{ m}^2$
- $$\text{Taux de couverture} = \frac{\text{Longueur projetée des panneaux} \times L \times \text{rang}}{\text{Longueur projetée des panneaux} \times L \times \text{rang} + \text{surface inter rangée}}$$
- **Taux de couverture = 27 % »**

Le taux d'effacement va varier selon les besoins de la plante et des périodes de l'année. Les stades phénologiques requérant le plus de lumière sont le débourrement, la floraison, et le début de la véraison (jusqu'à mi-véraison environ).

Plusieurs scénarios d'effacement ont été affinés de manière à protéger les cultures pendant les heures chaudes en été, en faisant de l'ombrage, et en fonction des rendements prévisionnels obtenus sur un simulateur agronomique.

Ainsi, dans le cadre du projet de Monsieur Bente, avec une prise en compte d'un **taux d'effacement de 11%** adapté aux stades phénologiques du cerisier, il est obtenu un taux de couverture réel de 27%.

3.3.2 Perte de surface agricole

Au vu du contexte géologique et de la structure envisagée, la solution d'ancrage envisagée est celle des pieux battus de type IPE220, d'une profondeur de 3 à 4 mètres.

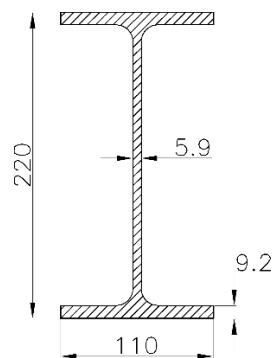
Si l'étude géotechnique montre la nécessité de réaliser un préforage voire de bétonner le pourtour de la fondation (sol trop dur ou pas assez porteur par exemple), Technique Solaire suivra l'avis du géotechnicien. Dans tous les cas, l'usage de béton sera utilisé en très petite quantité (diamètre 300mm sur 3m de profondeur au maximum et uniquement dans les zones sensibles du terrain).

La technique de pieux battus nécessite les étapes suivantes :

- Battage des pieux à la force hydraulique d'une batteuse.
- Si besoin de préforer : préforage à la tarière et évacuation des déblais sur site ou en déchèterie.
- Assemblage du pieu battu avec un poteau par boulonnage simple

Après une étude de dimensionnement plus précise, nous pouvons compter 925 pieux (+/- 1%) d'une profondeur de 3,5 mètres.

La fondation de type IPE220 occupe une emprise au sol de 30,6 cm², avec une longueur maximale de 22 cm.



Afin de garantir la sécurité des opérations agricoles et d'éviter tout risque d'endommagement du matériel ou des structures, une zone de dégagement de 20 cm est prévue autour de chaque fondation. Cette zone, bien que nécessaire, ne pourra pas être exploitée à des fins agricoles.

Ainsi, chaque fondation est intégrée dans un périmètre de sécurité équivalant à un cercle de 40 cm de rayon, soit une surface de 0,51 m². En cumulant l'ensemble des fondations, la surface non exploitable est estimée à 472 m². À cela s'ajoutent 36 m² occupés par le poste de livraison et 104 m² destinés à l'installation d'une poche souple.

La surface agricole totale perdue s'élève donc à 612 m², ce qui représente environ 1 % de la surface utile du projet. Cette perte reste ainsi très limitée, garantissant une préservation maximale des surfaces agricoles.

3.3.3 Culture de cerisiers en gobelet avec récolte mécanisée

M Bente exploite actuellement un verger pour la production de cerises blanches (var. Napoléon et Rainier) destinées à l'industrie. Les cerisiers, taillés en gobelet (voir ci-dessous), sont espacés de 6m et la récolte est entièrement mécanisée.



Figure 6 : Taillage de cerisier en gobelet

La récolte mécanisée s'effectue à l'aide d'un tracteur muni d'un bras mécanique qui vient agripper le tronc et d'une corolle qui va entourer l'arbre de sa bâche de 3m de rayon. Le bras mécanique applique une vibration sur l'arbre afin de faire tomber les cerises sur la bâche pour les collecter dans des caisses.



Figure 7 : Récolte mécanisée en corolle

La nouvelle plantation prévue sous structure agrivoltaïque conserve le fonctionnement de culture de M. Bente. La récolte par corolle mécanisée est possible grâce à une structure asymétrique sur mesure assurant un rayon de minimum 3,5m autour de chaque arbre afin d'assurer l'encerclement de la corolle autour des cerisiers. La hauteur sous structure de 6m permet le passage des machines sans encombrement.

L'intégralité de sa production est revendue directement aux usines de transformation APT UNION et ST MAMET.

3.3.4 Irrigation à la replantation

Le projet inclut une réflexion préalable sur la gestion de l'eau nécessaire au moment de la replantation.

La parcelle dispose déjà d'un forage équipé d'une pompe. Un système de goutte-à-goutte autorégulé, suspendu aux poteaux de la structure agrivoltaïque, est prévu. Cette configuration facilite le passage de l'intercep et contribue à limiter l'usage de produits phytosanitaires.

L'irrigation est pilotée à l'aide d'un programmeur SOLEM, tandis que l'aide à la décision repose sur des capteurs hygrométriques WEENAT. Ces capteurs mesurent en continu l'état hydrique du sol et, grâce à une modélisation météo, permettent d'anticiper les besoins en eau des arbres.

Les ombrières installées apportent un double bénéfice :

- Elles améliorent l'infiltration des eaux de pluie dans le sol tout en servant de support au système d'irrigation, augmentant ainsi la disponibilité en eau au niveau racinaire.
- Elles réduisent les besoins hydriques des jeunes plants en limitant l'évapotranspiration grâce à l'ombrage partiel qu'elles procurent.

3.3.5 Adaptabilité et intégration mécanique

L'implantation du projet est définie sur mesure et adaptée aux méthodes d'exploitation de M. Bente, ainsi qu'à la forme de la parcelle. L'espacement de 2,6m entre chaque rangée de panneaux et de 2,3m entre chaque rangée de panneaux et rangée de poteaux est soigneusement calculé pour garantir un taux de couverture optimal tout en permettant le passage des machines agricoles, telles que le tracteur qui mesure 3,8m de hauteur et 2,8m de largeur.

Malgré que l'itinéraire technique de récolte se fasse d'Est en Ouest, la distance de 5m entre chaque cerisier permet également une circulation du tracteur du Nord au Sud.

Le fait de pouvoir circuler dans les deux sens, et de posséder une structure photovoltaïque intégrant d'ores et déjà les contraintes imposées par les machines agricoles possédées par M. Bente, permettront de faciliter l'entretien : traitement, travail du sol, récolte...

3.3.6 Démantèlement et réversibilité des ombrières mobiles

Le producteur d'électricité Technique Solaire s'engage à démanteler à ses frais l'installation de Monsieur Bente (coût provisionné dans le coût initial du projet) au bout des 30 ans d'exploitation. Cet engagement d'offrir le démantèlement a été pris contractuellement dans la Promesse de Bail de signée par Monsieur Bente en janvier 2025, conformément aux nouvelles demandes du cahier des charges de la Commission de Régulation de l'Energie pour candidater à une future session d'appel d'offre en vue d'obtenir un tarif d'achat de l'électricité.

Propriété du Bâtiment, de l'Équipement et des travaux et aménagements de raccordement :

- Pendant toute la durée du Bail à Construction, les Bâtiments, l'Équipement installé, tous travaux et aménagements de raccordement effectués par le Bénéficiaire ainsi que toutes améliorations apportées notamment sur l'Équipement par le Bénéficiaire, y compris les Équipements Associés, seront et resteront sa propriété.
- A l'expiration du Bail à Construction, les Bâtiments, l'Équipement, les travaux et aménagements de raccordement ainsi que toutes les améliorations apportées notamment sur l'Équipement par le Bénéficiaire deviendront la propriété du Promettant, sans indemnité ni remboursement d'impenses.
- A l'expiration du Bail à construction, Le Bénéficiaire s'engage à financer le démantèlement des modules photovoltaïques, au cas où le promettant ne souhaiterait pas les récupérer.

Après cette expiration, le Promettant, s'il le désire, pourra vendre l'électricité produite, et fera son affaire personnelle de l'obtention de toutes les autorisations nécessaires en vigueur à cette date, sans aucune garantie de la part du Bénéficiaire.

Le Promettant aura également la possibilité de demander au Bénéficiaire de démanteler le Parc Solaire et ce par lettre recommandée avec accusé réception au plus tard un an avant l'expiration du Bail. Dans cette hypothèse, le Bénéficiaire devra démanteler le Parc Solaire conformément à la loi applicable au moment de la demande ou à défaut dans les conditions prévues dans le cadre de l'Appel d'Offre de la CRE.

Figure 8 : Extrait de la promesse de bail signée par Monsieur Bente

La durée du chantier de démantèlement sera plus courte (environ 3 mois) que celui de la construction. Il fera l'objet d'une concertation avec les propriétaires fonciers afin qu'il soit compatible avec l'usage futur du site qui sera remis en état sans aucune dégradation. L'exploitant agricole a la possibilité, s'il le souhaite, de garder la structure. Le système est conçu pour que :

- La structure soit entièrement démontable et facilement recyclée (composée à 95% d'acier) ;
- Les panneaux soient recyclables via des organismes type OREN (ex-PV Cycle) ;
- Les ancrages de la structure en pieux battus (en acier) pourront être facilement retirés.

Des études de sol et investigations géotechniques seront réalisées prochainement sur le terrain de Monsieur Bente par un bureau d'études spécialisé en vue d'appréhender les conditions de sol et de fondation des ouvrages. L'objectif est de s'assurer que le terrain est bien adapté et que le système d'ombrières sera facilement démantelable :

Cette étude est basée sur :

L'exploitation des données bibliographiques et documents à disposition ;

D'un examen visuel de l'ensemble du site ;

De sondages à la pelle mécanique et de la réalisation de sondages géotechniques :

Type d'investigation	Spécificités	Quantités pour le parc
Sondage à la tarière	Reconnaitances lithologiques jusqu'à 5 m de profondeur ou au refus, afin de caractériser la nature de formations de surface	3 sondages
Sondage destructif	Forage destructif de 12 m de profondeur, permettant une reconnaissance lithologique et hydrogéologique des formations au droit du projet	3 unités
Profil pressiométrique	1 essai tous les 1,50 m sur les forages destructifs	8 essais par sondage
Sondage au pénétromètre dynamique	Menés à 10 m ou au refus afin de caractériser l'épaisseur des formations de surface et de reconnaître le toit du substratum	6 unités

Des essais conduits en laboratoire sur les échantillons prélevés lors de la campagne d'investigations :


Type d'essais en laboratoire	Spécificités	Quantités
Classification GTR	Teneur en eau Courbes granulométriques VBS ou Limites d'Atterberg	2 unités
Corrosion des aciers par le sol	Selon cadre normatif DIN 50929	2 unités

Corrosion des bétons par le sol	Selon cadre normatif DIN 50929	2 unités
Test de limite d'ATTERBERG	Détermination des indices de liquidité et plasticité	2 unités

De calculs et modélisation du prédimensionnement des fondations préconisées et adaptées au projet.

Ces investigations permettront de déterminer si les fondations pourront être réalisées avec des pieux battus afin d'éviter le coulage de plots en bétons, comme c'est le cas avec les pieux forés. Les pieux battus seront toujours à privilégier, et si nécessaire, des pieux vissés pourraient être utilisés. Les structures seront ancrées dans le sol avec des pieux. Le battage se fera avec une batteuse hydraulique qui sera dimensionnée en fonction de la force nécessaire pour réaliser cette activité. Ce type de machine est le plus souvent sur chenille pour pouvoir circuler sur tout type de terrain permettant également une portance plus faible sur le sol. Davantage d'études pourront montrer si un pré forage est nécessaire pour faciliter le battage. L'option des massifs avec béton est écartée en l'état.

Le lot électrique (modules, onduleurs, câbles) et portiques en acier pourront être démonté facilement avec le même outillage qu'au montage.



anteagroup

Création d'unabri climatique à Cami de Vilanova
Etude géotechnique de conception – Mission GZAVP

6. Etude des fondations du projet

6.1. Fondations de type profilés battus

Au regard des différents retour d'expériences sur des projets similaires, la solution de fondation envisageable pour les tables du parc photovoltaïque est la suivante :

- Fondations semi-profondes, type pieux battus « profilé C »

Cette solution consiste à battre des profilés métalliques directement dans le sol (encaissant), constitué ici de formations argileuses.



Figure 16: Exemple de pieux de type profilé métallique battu dans le sol (source : Antea Group)

Au stade actuel de l'étude, le profilé C utilisé dans le cadre de ce prédimensionnement est un profilé de type C12x70x96x70x12x2.5. Ses caractéristiques retenues, au stade présent du prédimensionnement, sont les suivantes :

- Périmètre : 520 mm ;
- Diamètre : 119 mm.

Il est rappelé que le dimensionnement final des pieux métalliques battus ouverts (BAO), adaptés aux contraintes de projet, devra faire l'objet d'une vérification de stabilité aux différents cas de charge, dans le cadre d'une étude de conception géotechnique en phase Projet – Mission G2-PRO au sens de la Norme NF P 94-500, une fois le modèle de fondation arrêté par le porteur de projet.

Figure 9 : Exemple d'étude de fondations réalisé par le Bureau d'études ANTEA



Figure 10 : Illustration de travaux de fondations avec pieux battus

La fin de vie de l'installation est anticipée comme partie intégrante du projet.

Ces modalités exactes seront établies pendant l'exploitation de la centrale en fonction de l'évolution des techniques de démantèlement et de recyclage. Les choix de conception sont faits de manière à augmenter les durées de vie des centrales et faciliter le démantèlement. La question de la fin de vie des matériaux défectueux, usés ou à remplacer et traitée de la même manière.

Technique Solaire a pour cette raison encouragé, dans la mesure de ses moyens, ses fournisseurs à développer des démarches exemplaires, que ce soit au niveau des supports de fixations, de toute la chaîne de conversion électrique ou des panneaux photovoltaïques. Par conséquent, lors du démantèlement de la centrale, l'ensemble des matériaux de base de l'installation (verre, semi-conducteur, structures métalliques, composants électroniques...) seront recyclés ou valorisés dans les filières adéquates.

Démantèlement de la structure et remise en état du site de Monsieur Henric

Les différentes étapes de ce démantèlement sont détaillées ci-après :

Éléments	Type de fixation	Méthode de démantèlement
Panneaux photovoltaïques	Vissés sur les structures porteuses	Simple dévissage
Structures métalliques	Fixées sur les pieux battus	Simple déboulonnage
Fondations pieux battus/vissés	Enfoncés dans le sol	Enlevés et évacués
Bâtiments techniques	Posés au sol à l'aide d'une grue	Enlevés à l'aide d'une grue
Câbles de raccordement interne à la centrale	Enfouis dans la terre ou posés sur des traverses aériennes	Enlevés et évacués
Portail et éventuelles clôture	Enfoncés dans le sol	Enlevés et évacués
Chemins SDIS	Concassés déversés au sol	Matériaux retirés du sol

Exemple de déroulement classique d'un démantèlement :

	MOIS 1				MOIS 2				MOIS 3			
Mise en place base vie et containers												
Démontage panneaux et structures												
Retrait du câblage interne												
Enlèvement équipements électriques												
Remise en état du terrain												

Pour aborder la meilleure option de remise en état du site au regard de la faune et de la flore et des habitats qui se seront installés pendant l'exploitation de la centrale, un état initial du site a été réalisé (Annexe 1 : Notice environnementale du dossier de cas par cas). Il sera complété d'un inventaire faune flore lors du démantèlement.

Les inventaires réalisés présenteront :

- Les enjeux écologiques du site et les menaces sur la biodiversité
- Une ou plusieurs solutions de réaménagement post production de la centrale photovoltaïque en adéquation avec les caractéristiques du site
- Des préconisations de gestion à moyen terme

Recyclage des panneaux et de la chaîne électrique

Les fournisseurs de modules photovoltaïques s'engagent à recycler l'intégralité des modules ayant servis à l'exploitation de la centrale en passant par l'entreprise SOREN (ex-PV Cycle), qui est l'éco-organisme agréé par les pouvoirs publics en matière de collecte et de traitement des panneaux photovoltaïques en France. Les modules photovoltaïques contiennent des matériaux qui peuvent être récupérés et réutilisés pour fabriquer de nouveaux modules ou d'autres produits. Les matériaux tels que le verre, l'aluminium ou les éléments semi-conducteurs peuvent être valorisés une fois récupérés. Le silicium pourra être récupéré s'il est intact pour la fabrication de nouvelles cellules photovoltaïques ou fondu et intégré dans un lingot.

La collecte et le recyclage des modules permettent non seulement de réduire le volume des déchets produits lors du démantèlement en fin de vie de la centrale mais permet également de réduire la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication de nouveaux modules.

Le taux de recyclage moyen d'un panneau photovoltaïque est ainsi élevé et se situe au-delà de 90%, le panneau ayant une durée de vie entre 40 et 50 ans.

Concernant les onduleurs et autres équipements électriques, la directive européenne n°2002/96/CE (DEEE) portant sur les déchets d'équipements électriques et électroniques, a été adoptée au sein de l'Union Européenne en 2002. Elle a été transposée en droit national en 2005 (Décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005), les fabricants d'appareils électroniques, notamment les fabricants d'onduleurs, sont soumis à ce décret.

Technique Solaire s'engage donc dans ce sens à suivre la réglementation en vigueur.

En conclusion, la réversibilité des structures dans leur intégralité, leur démantèlement en fin de vie, le recyclage des éléments constitutifs de celles-ci, et la remise en état du terrain sont donc bien techniquement garantis, économiquement pris en compte et contractuellement exprimés pour le projet de Monsieur Bente avec son partenaire Technique Solaire.

3.4 Justification Technique de la Production Agricole Significative et Durable selon les Articles R. 314-114 à R. 314-117 du Code de l'Énergie

Pour l'ensemble des installations agrivoltaïques hors élevage, la production agricole est considérée comme significative si la moyenne du rendement par hectare observé sur la parcelle à considérer au titre du R. 314-108 du code de l'énergie est supérieure à 90 % de la moyenne du rendement par hectare observé sur la zone témoin ou un référentiel en faisant office.

3.4.1 Retour d'expérience

Sun'Agri, pionner de l'agrivoltaïsme en France, étudie actuellement le comportement des cerisiers sous ombrage partiel dynamique. Pour la saison de 2023, dans le Drôme, les débouchés agricoles ont été maintenus¹³. L'installation agrivoltaïque surjacente est très proche de celle développée par Technique Solaire avec une intensité d'ombrage variant de 0 à 50%. Des études académiques se sont intéressées à l'impact de l'ombrage, par l'intermédiaire de filets, sur le phénomène de « double pistil ». Ce phénomène induit la formation d'un fruit double, qui est alors déclassé et non commercialisé. La formation de double pistils est sensible aux températures supérieures à 30°C. Il a été démontré que la température au voisinage des cerisiers diminue de 1,2°C avec un 50 % d'ombrage (filets opacifiants). La diminution de la température induit une diminution du nombre de double pistils et de brûlures sur les feuilles et les fruits et donc une meilleure rentabilité de la parcelle¹⁴.

Il est attendu que l'abris climatique conçu par Technique Solaire apporte un service de protection en limitant les phénomènes délétères associés au dérèglement climatique, tout en respectant un rendement significatif pour la pérennité de l'exploitation. Plus précisément, il est attendu que les rendements sur plusieurs années soient exemptés de baisses drastiques associées aux événements extrêmes (gel, grêle, forts vents). De plus, les panneaux solaires permettront de conserver la qualité des débouchés avec une diminution des déclassement des fruits associé au phénomène de brûlure, d'éclatement ou encore de double pistil. Cette ombre apportée par la structure aura pour effet supplémentaire de limiter l'évapotranspiration et donc optimiser l'irrigation dans un contexte de pénurie d'eau.

¹³ <https://www.pv-magazine.fr/2023/09/11/sunagri-deploie-une-nouvelle-installation-agrivoltaique-sur-cerises-dans-la-drome/>

¹⁴ Beppu, K., & Kataoka, I. (1999). Artificial shading reduces the occurrence of double pistils in Satohnishiki'sweet cherry. *Scientia Horticulturae* 83 (2000) 241-247, (1246), 241-247.

3.4.2 Historique des rendements de l'EARL VITIBENTE

Monsieur Bente a planté son premier verger de cerisiers en 1999. Ces dernières années, il a dû faire face à de nombreux aléas, comme le montre la figure 11 ci-dessous. En conditions normales, les rendements pourraient atteindre environ 15 tonnes par hectare. Toutefois, ils varient actuellement entre 2 et 15 t/ha, en raison notamment des aléas climatiques, de problèmes sanitaires rencontrés en 2020 et de l'arrachage partiel du verger en 2023.

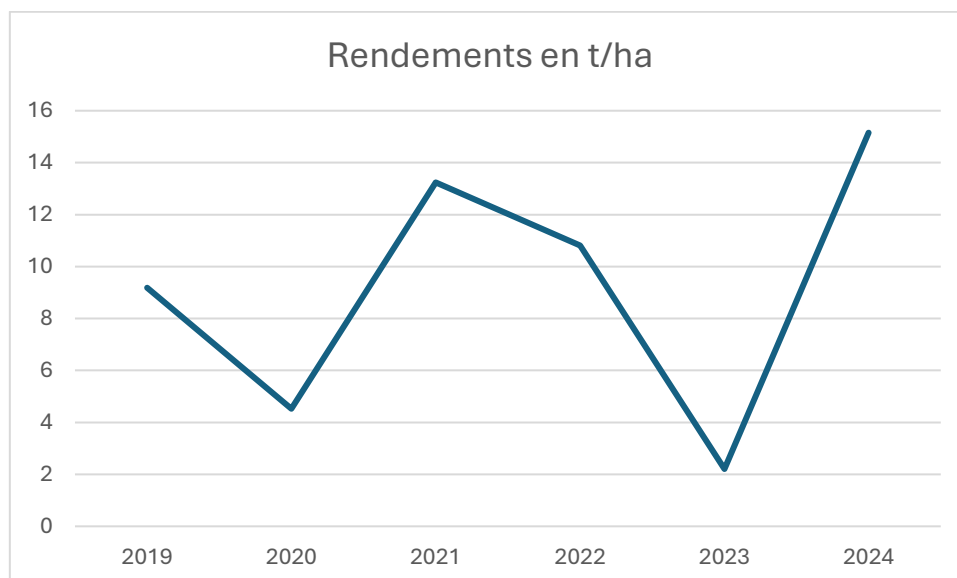


Figure 11 : Evolution des rendements de l'exploitation de M Bente issu de ses déclarations de récoltes depuis l'exercice 2019

Les cerisiers actuels de Monsieur Bente sont plantés avec un espacement de 6x5m entre eux. La nouvelle plantation sous structure asymétrique permet de garder une moyenne de 6m d'écart entre les arbres en alternant un espacement de 5m et de 7m sur la largeur et un espacement de 6,15m sur la longueur (Figure 4). Ainsi, la densité d'arbre passe de 333 cerisiers par hectare en culture traditionnelle à 282 cerisiers par hectare sous la structure agrivoltaïque soit une perte de densité de 15%.

Cette baisse de densité sera compensée par un étalement horizontal de l'arbre, pour occuper un maximum d'espace sous ombrière et permettre d'assurer une perte de rendement nettement inférieure à 10% comme souhaité.

Les éléments concernant la zone témoin sont présentés dans le paragraphe 3.5 ci-dessous.

Ce projet agricole photovoltaïque est une véritable opportunité pour l'exploitant, car l'installation d'un nouveau verger de cerisiers correspond à un investissement important, chiffré à environ 30 000 €/ha lorsqu'elles sont plantées de façon conventionnelle à 6m (Tableau 3). Technique Solaire s'engage à participer au financement de cette nouvelle plantation grâce aux compléments de revenus convenus avec Monsieur Bente à hauteur de 200 000€, à la signature du bail afin de compenser les pertes économiques liées à l'arrachage de ses vignes mères notamment.

Tableau 1 : Estimation des coûts de plantation pour le projet de M Bente à Pierrelatte à partir des données de Chambres d'agricultures (hors heures de mécanisation)

	Coût à l'hectare
Plantation	Densité pour 282 cerisiers / ha
Cout d'un plan de jeune cerisier 10€	2 820 €
Irrigation (Fourniture et installation)	3 000 €
Frais d'arrachage, mise en tas, travail du sol, décompactage et plantation manuelle à la tarière.	4 000 €
Entretien sans récolte pendant 7ans minimum (broyage x5, arrosage, engrais, intercep x4, taille de formation) 2000€/an	14 000 €
<u>Total</u>	23 820 €

Un cerisier est à maturité au bout de 10 ans mais peut commencer à entrer en production au bout de 7 ans avec un potentiel de production inférieur. Dans le cas de M. Bente, les coopératives/usines de transformation APTUNION et ST MAMET s'engagent à lui acheter toute sa production de 15 t/ha. Il est estimé que le chiffre d'affaires, par hectare et par an, à **maturité** (soit après un minimum 7 ans), sera au moins **identique entre des cerisiers conventionnels et des cerisiers sous ombrières photovoltaïques** (Tableau 4). Même en prenant en compte une perte maximale de 10% tolérée par la loi APER, le rendement attendu sera d'environ 13.5 t/ ha (maximum de la production duquel il est retirée la perte potentielle dû à l'atelier arboricole agrivoltaïque). Il est important de noter que ces estimations de chiffres d'affaires ne tiennent pas compte des pertes de rendement dues aux aléas climatiques (Figure 11), contre lesquels la structure agrivoltaïque offre une protection.

Tableau 2 : Estimation du chiffre d'affaires entre un verger de cerisiers conventionnel et sous pergolas agricoles photovoltaïques sans prise en compte des aléas climatiques extrêmes rencontrés dans le cadre d'une culture conventionnelle.

Chiffre d'affaire annuel par hectare (à maturité) entre un atelier conventionnel et un atelier agrivoltaïque		
	Conventionnel	Agrivoltaïque
Densité de plantation (arbre/ha)	333	282
Rendement annuel attendus (t/ha)	15	13,5
Prix de vente en 2023 (€/t)	820	820
Chiffre d'affaire (€/ha)	12300	11070

Il est estimé que l'atelier agricole photovoltaïque à une meilleure rentabilité que le conventionnel (Figure 12) malgré la baisse de rendement grâce aux économies réalisées lors de l'installation de la nouvelle plantation. **Il est à souligné que l'estimation réalisée dans le Tableau 2 repose sur l'absence d'impacts issus d'aléas climatiques délétères sur l'atelier conventionnel**, soit une production maximale sur la période considérée et l'absence de dégénérescence des arbres, pour les deux types d'atelier.

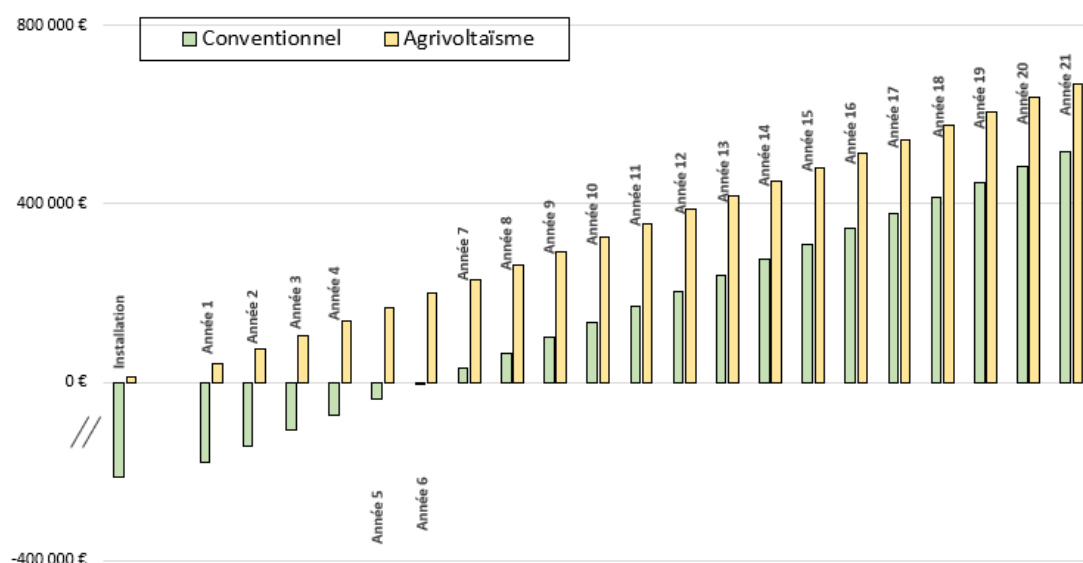


Figure 12 : Estimation du bénéfice prévisionnel de l'année 0 à l'année 21 après plantation, selon les hypothèses de travail explicités précédemment.

En ce qui concerne les coûts d'exploitation des cerisiers, ceux-ci seront sensiblement les mêmes entre des vergers conventionnels et des vergers sous pergolas agricoles photovoltaïques. L'agriculteur estime même que la protection apportée par les pergolas pourrait entraîner une réduction des traitements phytosanitaires par la limitation du contact entre les cerises et la pluie.

La réduction considérable de l'investissement pour l'installation de l'atelier agricole photovoltaïque permet d'avoir une production rentable dès les premières années de production. Pendant les années d'exploitation, les abris climatiques photovoltaïques permettent aussi de réduire les coûts liés à l'irrigation, en réduisant l'évapotranspiration. Le système agricole photovoltaïque pérennise les exploitations agricoles grâce à une meilleure compétitivité et à des conditions de travail plus attractives. En effet, les panneaux solaires limitent l'arrivée d'eau au niveau des plants, prévenant d'un terrain non praticable mais aussi permet une couverture face aux forts ensoleillements ou encore aux fortes intempéries (pluie, neige, grêle) pour les techniciens agricoles lors de leurs interventions sur les rangs (taillage, récolte, etc.).

Ce projet va donc permettre à l'exploitation de mettre en culture ou de replanter dans des conditions d'exploitation optimales, en réduisant considérablement l'investissement initial ainsi que les risques de pertes de production liés aux aléas climatiques. En diminuant les pertes de production, l'Agriculteur souhaiterait résilier son assurance de « perte d'exploitation ».

3.5 Suivi agronomique et Obligation de disposer d'une zone témoin en application de l'article R. 314-114 du code de l'énergie

Conformément au Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales sur bâtiments, serres agrivoltaïques, hangars, ombrières et ombrières agrivoltaïques de puissance supérieure à 500 kWc », édité par la CRE, il est obligatoire que le projet soit suivi sur toute la durée du contrat de rémunération (20 ans). Ce suivi, financé par Technique Solaire, est assuré par un organisme indépendant (p. ex. chambre d'agriculture, bureau d'étude, organisme professionnel, etc.). Dans ce cas il sera réalisé par

la chambre d'agriculture de la Drôme qui sera chargé du suivi de ce projet sur une dizaine d'années minimum.

Lors du suivi, les performances agronomiques et financières de la parcelle agrivoltaïque sont mesurées et comparées à une zone témoin. Cette zone témoin ne comportant aucune installation équipée de modules photovoltaïques ni apportant de l'ombre est située à proximité immédiate de l'installation agrivoltaïque, connaît des conditions pédoclimatiques équivalentes et est cultivée dans les mêmes conditions (espèces et variétés de cultures, densité de culture, itinéraire technique) que la parcelle sur laquelle est située l'installation agrivoltaïque. Les résultats sont délivrés tous les 3 ans à la CRE et constituent un retour d'expérience. Les écarts notables de production entre l'ombrière agrivoltaïque ou la serre agrivoltaïque et celle de la zone témoin doivent être justifiés.

Il est à noter que Technique Solaire, dans sa démarche de suivi agricole de ses projets, s'est doté d'une équipe dédiée à cette thématique, composée notamment de profils experts (ingénieur agronome, docteur en sciences de l'environnement...). La zone témoin du projet servira à comparer la production agricole avec la parcelle du projet afin d'évaluer l'impact de la structure sur les rendements.

Cette zone témoin est prévue au sud du projet sur la même parcelle, afin de garantir les mêmes conditions pédoclimatiques et ainsi, permettre une comparaison des plus justes entre la parcelle du projet et la parcelle témoin. Au sein de cette zone témoin, on retrouvera au moins 98 cerisiers sans la moindre interaction avec les ombrières photovoltaïques.

Elle sera mise en place sur 3 796 m² minimum soit 6 % de la surface utile du projet.

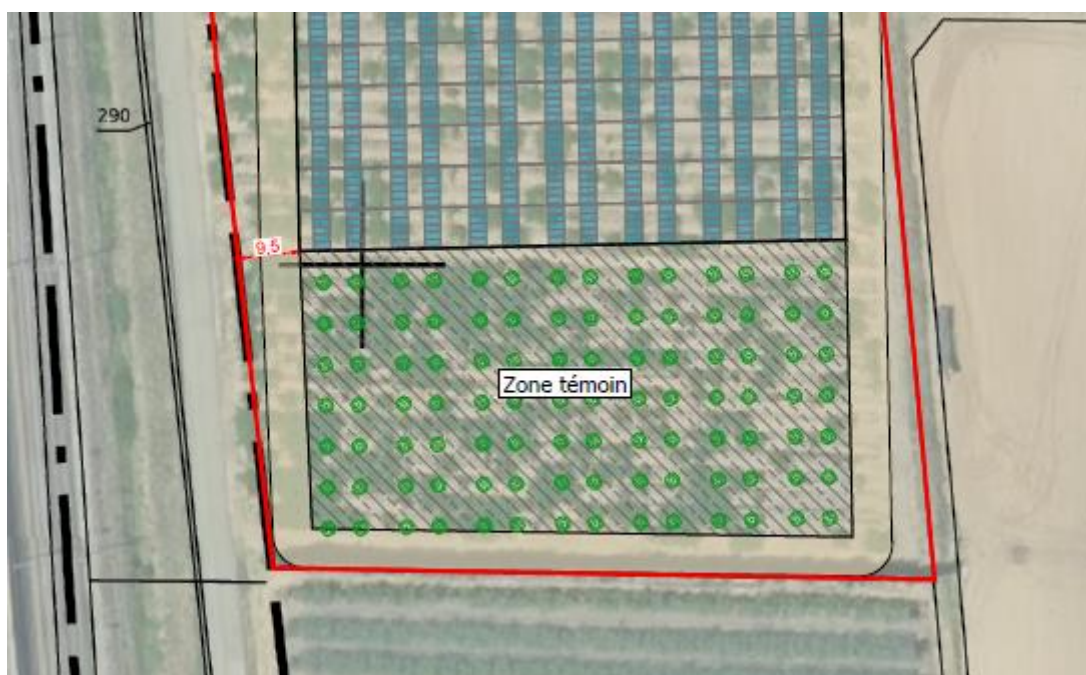


Figure 13 : Zone témoin issue de projet

3.6 Justificatif prouvant que l'exploitant agricole est actif

Avignon, le 13/06/2024



santé
famille
retraite
services

Attestation d'affiliation société
n° 84_DDA_20240613_115



Code de sécurité :
248441EC063D3BC

Pour contrôler cette attestation
connectez-vous :
<http://verification-attestations.msa.fr>

La validité de cette attestation et le détail des informations contenues peuvent être contrôlés :
- en ligne sur notre site <https://alpes-vaocluse.msa.fr>
rubrique services en ligne > vérification d'attestations
- en contactant la Mutualité Sociale Agricole ALPES-VAUCLUSE ou son délégataire
Ce contrôle peut être effectué pendant un an après publication de l'attestation.

SARL VITIBENTE
LE SANGLAS
84840 LAMOTTE DU RHONE

La Mutualité Sociale Agricole ALPES-VAUCLUSE certifie que l'entreprise

SARL VITIBENTE
LE SANGLAS
84840 LAMOTTE DU RHONE

509406815

est affiliée auprès de notre organisme depuis le 09/12/2008.

Elle est constituée de :

Nom Prénom Matricule	Date d'affiliation	Qualité
BENTE BRUNO 1641230202234	09/12/2008	membre de société non salarié agricole à titre principal

A la date du 13/06/2024

- la superficie mise en valeur par l'entreprise est de 12,5641 ha dont 1,4233 ha en cultures spécialisées.
- l'activité NAF 0130z (reproduction de plantes) est exercée à titre principal.

Attestation délivrée pour servir et valoir ce que de droit, produite par la MSA sous forme dématérialisée dans les conditions de sécurité requises par la loi.

Mutualité Sociale Agricole ALPES-VAUCLUSE
1, place des Maraîchers 84056 AVIGNON CEDEX
04.90.13.66.66 - <https://alpes-vaocluse.msa.fr>

Figure 14 : Attestation MSA de la SARL VITIBENTE dont Monsieur BENTE est le propriétaire

4 La préservation du sol en phase chantier

4.1 Les bonnes pratiques mises en place par Technique Solaire pour la préservation des sols agricoles

Technique Solaire, lors de la phase chantier, met en place différentes actions pour limiter la détérioration du sol, avec :

- L'intégration et la concertation, avant le lancement du chantier, avec l'agriculteur : validation des chemins, définition des fourrières des engins de chantier, sensibilisation des équipes chantier sur la sensibilité du sol,

- L'utilisation privilégiée d'engins de chantier à chenille pour une augmentation de la portance au sol,
- L'exclusion d'une phase de terrassement et/ou du prélèvement de l'horizon organique (sauf pour la serre),
- La mise en place de chemins pour les engins de chantier,
- La mise en culture avant le début de la phase chantier d'une variété à fort enracinement (ex. sorgho, luzerne) et si possible un faible travail du sol (p. ex. labour) selon l'agriculteur.

Concernant d'éventuelles fondations pour les structures, **la technique des pieux battus est la technique envisagée** : aucune excavation n'est requise ; pas d'ancrage en béton en sous-sol ; pas de déblais ni de refoulement du sol.

4.2 L'accompagnement de BIO3G pour revitaliser les sols agricoles

Depuis 1997, la société BIO3G conçoit, fabrique et commercialise une gamme de produits naturels et innovants destinés aux agriculteurs et aux professionnels de l'espace vert. Plutôt que de perfuser le sol et les végétaux d'apports chimiques, la société BIO3G propose de stimuler la vie du sol à travers une gamme d'activateurs de sol et de produits foliaires à base d'algues.



Le service technique de la société BIO3G est composé d'experts agronomes qui se déplacent sur tout le territoire pour diagnostiquer l'état des sols, conseiller les agriculteurs et proposer les solutions les plus adaptées pour répondre à leurs problématiques et à leurs enjeux.

La société BIO3G travaille en partenariat avec différents laboratoires et réalise chaque année plus de 3000 analyses de sol, fourrages, rameaux, sarments et effluents d'élevage, lui permettant de réaliser des diagnostics précis, sur toutes les productions.

Homologué sous le n° d'AMM 1200070, le biostimulant RHIZEOS® a été développé en collaboration avec le CNRS. Il s'agit d'un complexe de micro-nutriments qui stimule l'activité microbienne dans la zone racinaire. D'après une étude académique¹⁵, le biostimulant RHIZEOS®, en agissant sur les communautés bactériennes, permet de :

- Stimuler la minéralisation et l'humification des matières organiques dans le sol induisant une aération du sol avec une augmentation de la porosité,
- Stimuler les échanges entre le sol et les racines ce qui augmente l'absorption d'eau et de nutriments des végétaux,
- Stimuler la rétention des nutriments dans le sol avec des complexe hydro-rétenteur.

L'association des bonnes pratiques mises en place par Technique Solaire et l'expertise de BIO3G sur la stimulation des communautés bactériennes du sol ont pour vocation de préserver partiellement le sol du phénomène de compaction mais aussi d'accompagner l'agriculteur à la réception de son installation agrivoltaïque pour la bonne réussite de son nouvel atelier agricole.

5 Conclusion

La filière de la culture de cerise française est confrontée à de nombreux défis tels que la répétition d'aléas climatiques extrêmes ou encore l'émergence de nouveaux acteurs internationaux. Face à ces enjeux, il est impératif d'adopter des solutions innovantes pour assurer la pérennité des exploitations agricoles tout en maintenant un équilibre économique viable.

Dans ce contexte et celui de la crise viticole, Bruno Bente souhaite diversifier ses cultures et péreniser son exploitation en débutant un nouveau verger de cerisiers pour remplacer ses vignes mères vieillissantes et profiter de cette rotation pour davantage protéger ses vergers.

L'installation agrivoltaïque, qui serait pilotée par Bruno Bente avec l'aide de Technique Solaire selon les besoins des cerisiers, permettra d'augmenter les produits d'exploitation, en considérant les seules améliorations des performances de l'activité agricole, essentiellement qualitatives, et de diminution des pertes liées aux épisodes climatiques extrêmes. Le système représentera un rôle de bouclier défensif pour lisser les productions annuelles en limitant la part de cerisier abimés par les aléas climatiques : coups de soleil, fortes pluies, grêle, gels et autres.

Cette solution aura pour finalité de stabiliser la production de Bruno Bente, avec une plus grande régularité des débouchés via la revente aux usines de transformation APT UNION et ST MAMET.

Le suivi agronomique de ce projet innovant permettra le partage régulier de données et retour d'expérience sur le comportement de la culture sous ombrage partiel dynamique auprès des membres de la CDPENAF.

Le projet respecte donc strictement **les critères définis par le Code de l'Énergie (L.111-27 et R.314-108 à R.314-118)** en matière d'agrivoltaïsme :

- ✓ **Maintien de la vocation agricole principale** avec une production significative de cerises.
- ✓ **Amélioration du potentiel agronomique et de la résilience climatique** grâce à un ombrage partiel dynamique.
- ✓ **Aucune atteinte substantielle à l'activité agricole**, avec une mécanisation préservée et une densité de plantation optimisée.
- ✓ **Démantèlement et réversibilité garantis**, assurant la flexibilité à long terme de l'exploitation.
- ✓ **Suivi agronomique régulier**, permettant d'analyser et partager les retours d'expérience avec les instances agricoles compétentes.

Ce projet innovant illustre une **approche durable et intégrée de l'agrivoltaïsme**, conciliant **protection des cultures, maintien des rendements et adaptation au changement climatique**. Il représente une opportunité majeure pour l'agriculture locale en démontrant que **la cohabitation entre production agricole et énergie renouvelable** est non seulement possible, mais bénéfique pour l'exploitant et son territoire.