

# PROJET DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE

Mise en culture de Kiwis Verts avec installation  
d'ombrières agrivoltaïques



**EARL Vent des Vosges**

M. Arnaud SIMONIN

La Guyonnière Aubigny, 85430 AUBIGNY-LES-CLOUZEUX

06 24 48 79 64 / [arnaud-simonin@orange.fr](mailto:arnaud-simonin@orange.fr)

# TABLE DES MATIERES

CONTEXTE AGRICOLE .....	4
LE MARCHE DU KIWI VERT EN FRANCE .....	4
<i>L'offre</i> .....	4
<i>La demande</i> .....	5
FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION .....	5
L'EXPLOITATION VENT DES VOSGES .....	5
LE PROJET D'ABRIS CLIMATIQUE PHOTOVOLTAIQUE .....	6
LA STRUCTURE PHOTOVOLTAÏQUE : UN ABRI CLIMATIQUE FIXE.....	6
LOCALISATION, DIMENSION ET EMPRISE AU SOL.....	6
LE PARTENARIAT ENTRE M. SIMONIN ET TECHNIQUE SOLAIRE .....	8
<i>Le financement des structures contre la revente d'électricité</i> .....	8
<i>Un projet agrivoltaïque à impact positif</i> .....	9
DESCRIPTION DE LA SYNERGIE ENTRE LA PRODUCTION AGRICOLE ET LE SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE .....	9
LES BESOINS AGRICOLES IDENTIFIES .....	9
<i>La Pseudomonas syringae pathovar actinidiae (PSA)</i> .....	9
<i>L'impact des aléas climatiques</i> .....	10
<i>Les enjeux agricoles de l'exploitation</i> .....	11
LES SERVICES APPORTES EN REPONSES AUX BESOINS AGRICOLES IDENTIFIES.....	12
<i>Une synergie technique</i> .....	12
<i>Une synergie économique</i> .....	13
PARTAGE LUMINEUX ENTRE LA PRODUCTION ELECTRIQUE ET AGRICOLE .....	14
<i>Impact de la baisse de lumière sur les vergers de kiwi</i> .....	14
<i>Ombrage estimé sous les panneaux solaires</i> .....	16
SUIVI AGRONOMIQUE .....	17
LA PRESERVATION DU SOL AGRICOLE .....	17
LE SOL AGRICOLE : DEFINITION.....	17
<i>La composante physique</i> .....	17
<i>La composante chimique</i> .....	18
<i>La composante biologique</i> .....	18
LES BONNES PRATIQUES MISES EN PLACE PAR TECHNIQUE SOLAIRE POUR LA PRESERVATION DES SOLS AGRICOLES .....	19
L'ACCOMPAGNEMENT DE BIO3G POUR REVITALISER LES SOLS .....	19
CONCLUSION .....	20
ANNEXE 1 : MOYENS DE LUTTE PASSIVE ET ACTIVE .....	21
CONTACTS .....	25
PETITIONNAIRE DU PROJET .....	25
MAITRE D'ŒUVRE .....	25

La France est un acteur majeur de la production agricole en Europe, positionnée au 1<sup>er</sup> rang européen en termes de productions végétales, animales et de services agricoles (soit 77 milliards d'euros par an en 2019)<sup>1</sup>, 46 % du territoire français est alloué à l'usage agricole. Or depuis quelques décennies, le secteur agricole traverse une profonde mutation socioéconomique, avec :

- une concentration des exploitations agricoles, soit une hausse des formes sociétaires et des grandes exploitations ;
- une baisse des aides aux productions agricoles passant à un budget total de 7,69 M€ en 2005 à 6,67 M€ 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<sup>2</sup>.

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, *Influenza* 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 CO<sub>2</sub> (10 % de la part totale nationale)<sup>3</sup>.

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.

Chez Technique Solaire, l'investissement est porté par le groupe, permettant à l'agriculteur de développer son nouveau projet agricole tout en préservant sa capacité d'investissement propre. Ce modèle d'affaire assure le financement de la construction de l'installation agrivoltaïque ainsi que l'achat du matériel technique nécessaire à la mise en place et à la pérennité de l'activité agricole, ainsi que les éléments de protection supplémentaires pour garantir une prévention optimale face aux aléas climatiques, aux risques biologiques et sanitaires.

La conception des installations agrivoltaïques est menée en étroite collaboration entre l'Agriculteur et Technique Solaire, avec comme point de départ : l'identification des besoins agricoles pour répondre au mieux au développement de l'atelier agricole et finalement à travers le financement le développement du secteur agricole local *et extensio* régional.

---

<sup>1</sup> Eurostat - Comptes de l'agriculture (2019 provisoire)

<sup>2</sup> Mémento Statistique Agricole 2020 – L'agriculture, la forêt, la pêche et les industries agroalimentaires –Février 2020 - Agreste

<sup>3</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

## CONTEXTE AGRICOLE

### Le marché du kiwi vert en France

#### L'offre

La superficie consacrée à la culture de kiwi dans le monde est de l'ordre de 140 000 hectares et reste orientée à la hausse. La France est le 6ème producteur mondial et le 3ème producteur européen derrière l'Italie et la Grèce, avec 55 000 à 65 000 tonnes de kiwis produits par an sur une surface de 3 800ha. Elle est majoritairement localisée dans le sud-ouest et plus particulièrement dans le département du Lot-et-Garonne et des Landes (Tableau 1).

Tableau 1 : Part de la production moyenne nationale de kiwi vert 'Hayward' en France par département producteur (2017-2019)

Principales régions et départements de production	Part de la Production nationale
<b>Sud-Ouest</b>	
Lot-et-Garonne	23%
Landes	18%
Tarn-et-Garonne	21%
Pyrénées-Atlantiques	9%
Gironde	2%
<b>Rhône-Alpes</b>	
Drôme	4%
Ardèche	4%
<b>Corse</b>	
Haute-Corse	6%
<b>Languedoc-Roussillon</b>	
Gard	3%
Pyrénées-Orientales	2%

Sources : Agreste - Statistique Agricole Annuelle, CTIFL

En 20 ans, la production française a diminué de 32% pour une baisse de surface de 8%. La production de ces 4 dernières années reste inférieure de 9% à celle de la moyenne quinquennale. Cette baisse de production s'explique par le vieillissement du verger Français et par une baisse de la dynamique de plantation depuis l'arrivée de PSA en France (2010).

#### La consommation de kiwi en France

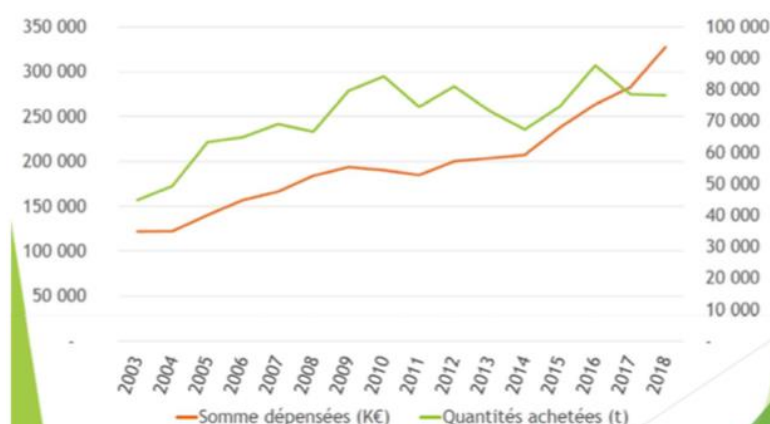
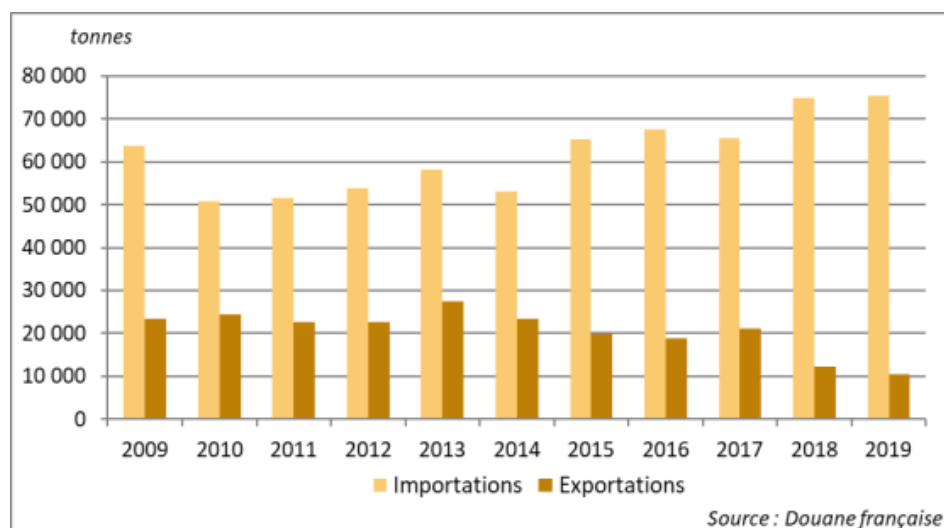


Figure 1 : Évolution de la consommation de kiwis en France de 2003 à 2018 (source : FranceAgrimer)

## La demande

Avec une augmentation considérable du prix d'achat, la situation est très favorable à la production de kiwis. En moyenne, sur la période 2017-2019, le volume commercialisé en frais de kiwis s'établit à près de 98 000t, tandis que la production nationale est en moyenne de 55 000 à 65 000t. En France, la consommation de kiwis verts 'Hayward' a doublé entre 2003 (150 000t) et 2015 (300 000t ; Figure 3). La filière française a donc déficit structurel de 40 000t, ce qui représente près de 1 000ha de vergers. Afin de pallier cette demande en hausse, les importations augmentent régulièrement chaque année avec 50 000t en 2010 contre 75 000t en 2019, alors que les exportations diminuent sur cette même période, - 12 000 t (Figure 2).



**Figure 2** : Évolution du commerce extérieur français (source : CTIFL)

En conclusion, la filière kiwi française est actuellement déficitaire et le potentiel de croissance important, la diversification des exploitations agricoles par cette production est donc une opportunité.

## FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION

### L'exploitation Vent des Vosges

L'exploitation Vent des Vosges a été fondée par Arnaud Simonin en avril 2016 pour l'élevage de vaches laitières et la production de lait ainsi qu'une activité de culture. Dans le cadre de son activité, l'EARL Vent des Vosges a souhaité se tourner vers la culture du kiwi, qui trouve de bons débouchés sur le marché français. Le lancement de cette activité, couplée au partenariat avec Technique Solaire pour l'édification de la structure, permettra à l'exploitation de diversifier son activité sans porter seule le financement de la mise en culture et de s'assurer une opération financière venant sécuriser la viabilité économique de toute l'exploitation.

# LE PROJET D'ABRIS CLIMATIQUE PHOTOVOLTAÏQUE

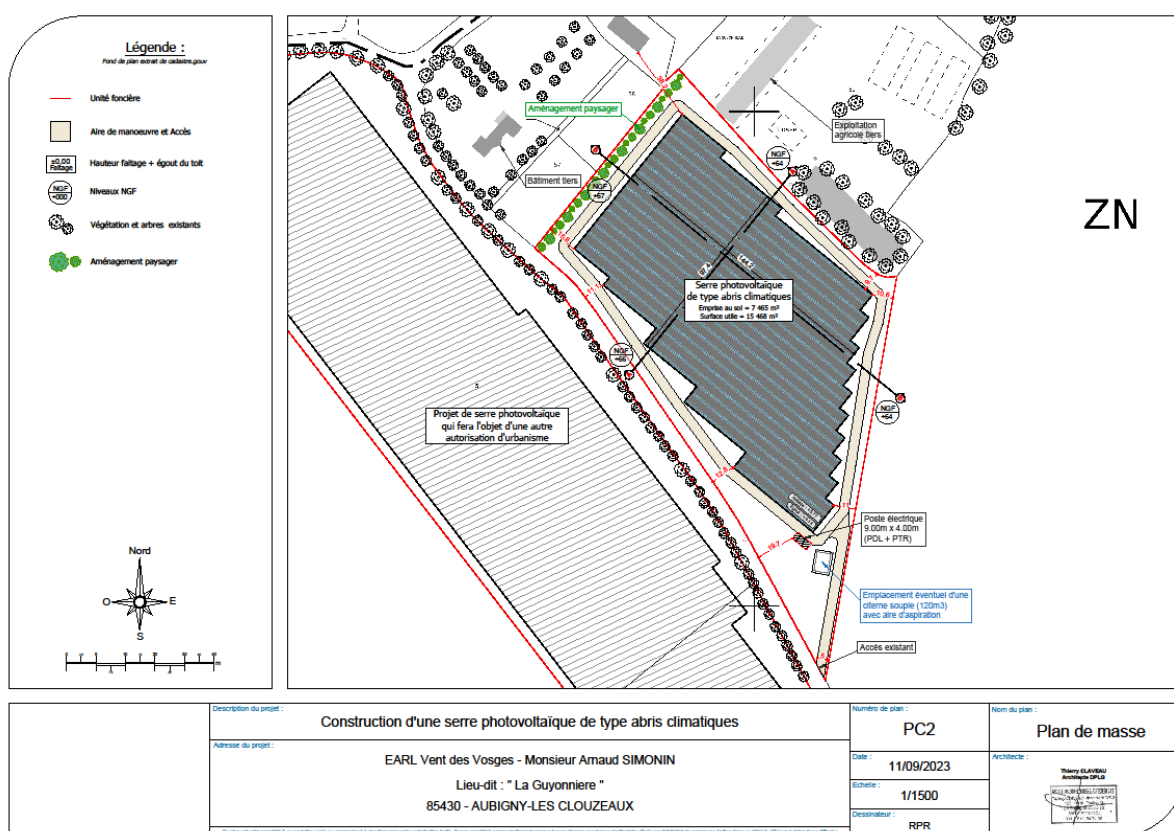
## La structure photovoltaïque : un abri climatique fixe

M. Simonin et Technique Solaire ont pour souhait la mise en place d'une installation « agrivoltaïque », dont la première vocation est de répondre aux besoins de l'agriculteur, soit la protection des cultures de kiwis verts aux aléas climatiques (p.ex. grêles, gel, etc.) et aux bioagresseurs (p.ex. PSA). Dans ce sens, il a été proposé à M. Simonin, la mise en place d'abris climatiques non mobiles sous la forme de panneaux solaires fixes, surélevés au-dessus des rangs de kiwis verts

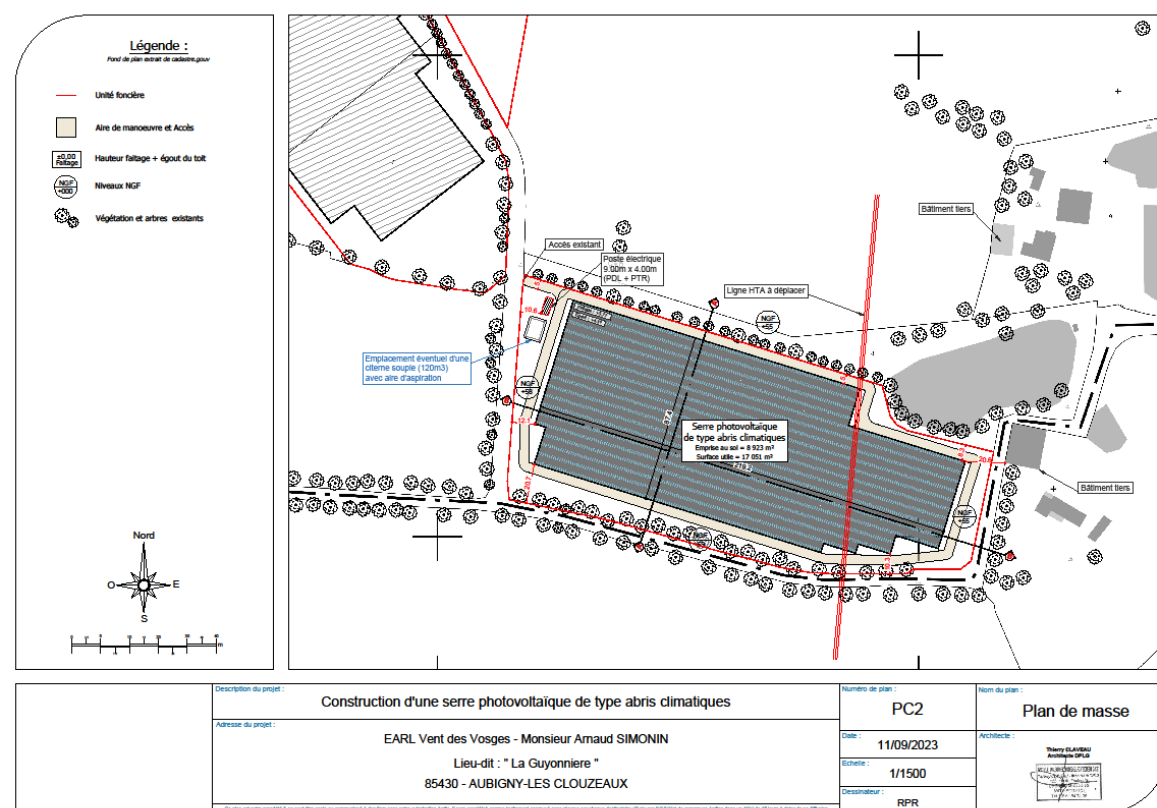
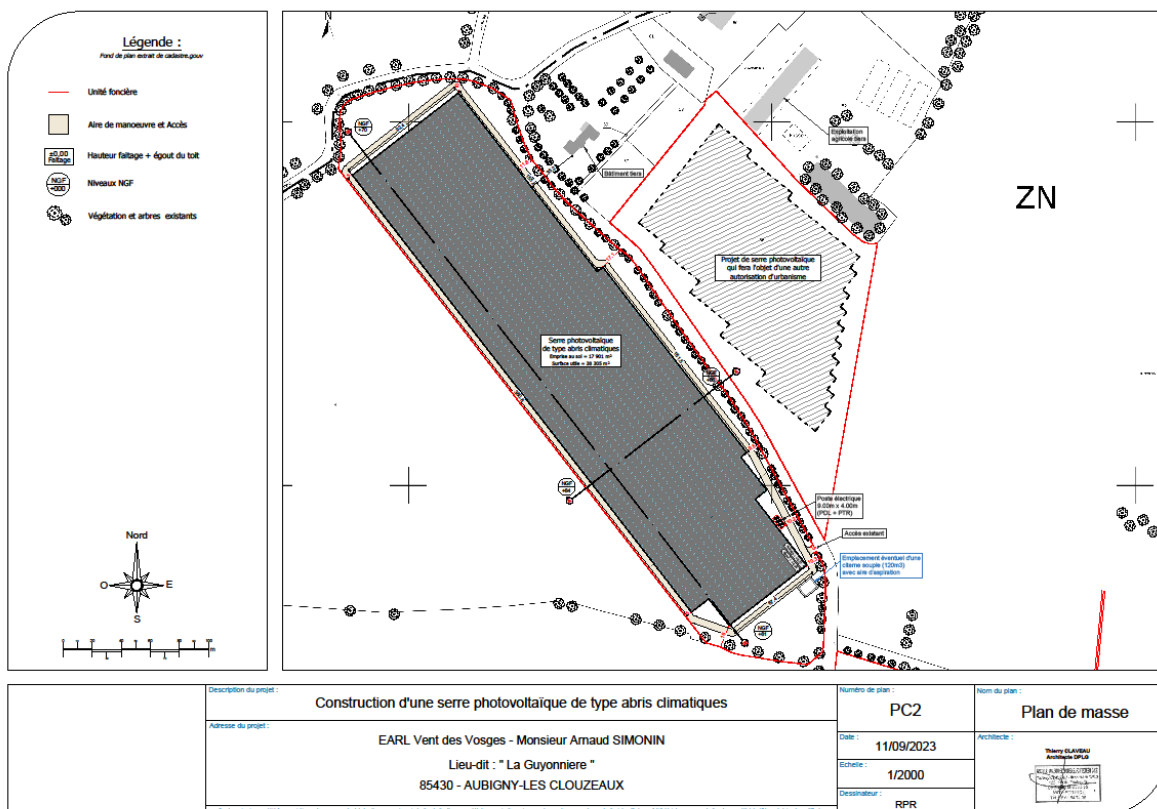
## Localisation, dimension et emprise au sol

Dès la genèse du projet, Technique Solaire a développé et conçu l'abri climatique photovoltaïque selon tous les impératifs techniques et mécaniques de la production de kiwis, et a adapté la structure agrivoltaïque à l'usage agricole recherché, en optimisant l'espace exploitable sous la structure. La structure agrivoltaïque ne contraint ainsi pas les interventions techniques (implantation, entretien, interventions phytosanitaires, récolte, etc.) indispensables à la conduite de la culture.

Compte tenu de la configuration du site agricole et des pratiques culturales, le projet global s'étend sur une surface agricole utile de 70 824 m<sup>2</sup> avec une emprise au sol de l'installation agrivoltaïque de 34 289 m<sup>2</sup>, répartie sur trois unités foncières, d'où résultent trois permis de construire (Figure 3).

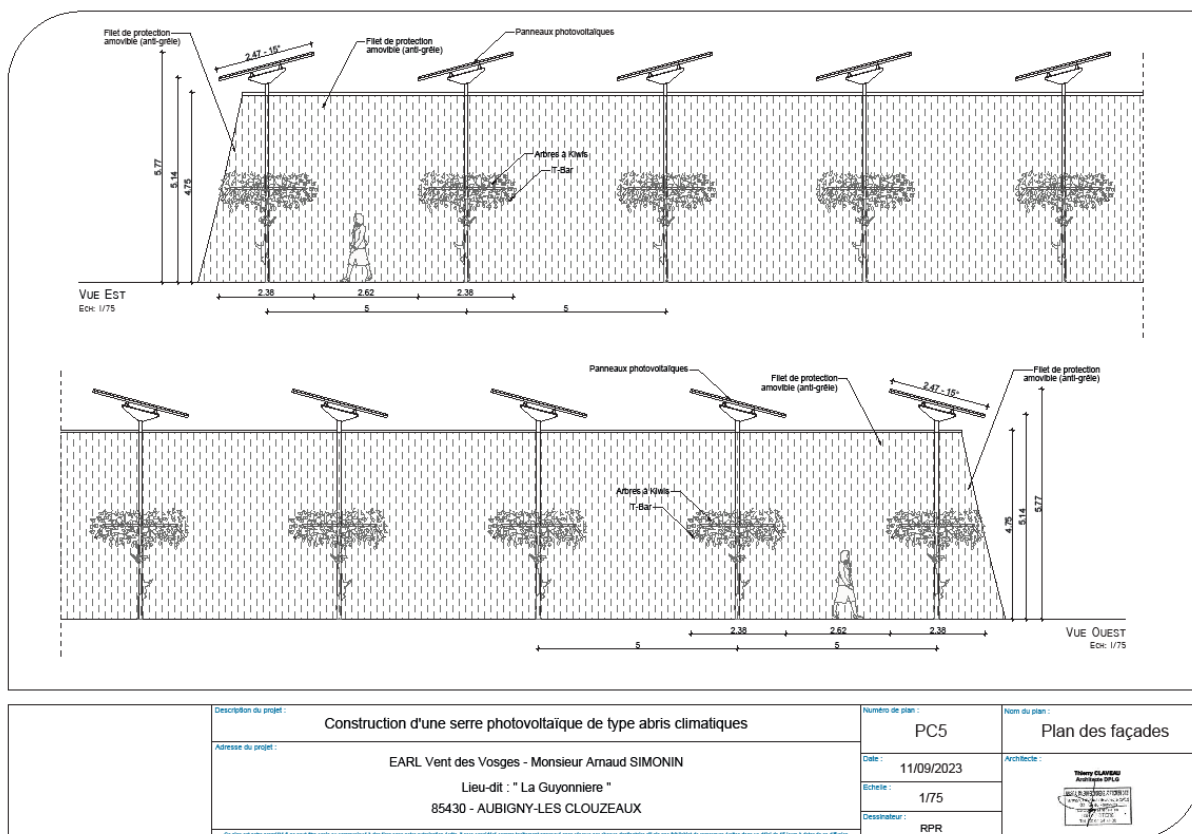






**Figure 3** : Plans de masse du projet agrivoltaïque

La structure proposée est celle de panneaux fixes, orientés NO-SE. Un espacement de 5 m entre chaque rangée de panneaux est respecté, en adéquation avec les méthodes de culture et les machines utilisées par l'exploitant. Les dimensions verticales seront au minimum de 4,75 m en partie basse et de 5,77 m en partie haute (Figure 4). La largeur d'un panneau projeté au sol sera au maximum de 2,38 m avec des tables d'un rampant de 2,47 m, inclinées à 15°. La structure photovoltaïque a pour objectif de pouvoir être valorisée en tant que support pour la production de kiwis (palissage).



**Figure 4** : Coupe longitudinale d'un rang de l'installation photovoltaïque (en m)

L'implantation du futur verger prend à la fois compte du tracé des parcelles cadastrales et les contraintes d'exploitation : les rangs s'étendront sur la même longueur que les rangs des panneaux solaires. Le fait d'avoir des rangs plus ou moins égaux permet de faciliter l'entretien du verger (dosage des traitements et pression du système d'irrigation identique).

## Le partenariat entre M. SIMONIN et TECHNIQUE SOLAIRE

Le développement et la construction d'abris climatique photovoltaïque au lieu-dit « La Guyonnière » est fait dans le cadre d'un bail à construction et d'un prêt à usage entre Monsieur SIMONIN et TECHNIQUE SOLAIRE.

### Le financement des structures contre la revente d'électricité

Le projet est financé intégralement par TECHNIQUE SOLAIRE avec des fonds propres et de la dette remboursée par la revente de l'électricité produite par les panneaux pendant la durée du bail. L'exploitation de l'EARL Vent des Vosges a la jouissance des abris climatiques à titre gratuit pendant



la durée du bail ainsi que le financement des plants. Les revenus issus de la revente de l'électricité servent à financer le projet et à assurer l'exploitation et la maintenance de l'installation photovoltaïque. Par ailleurs, l'exploitant pourra s'il le souhaite revendre l'énergie pour son propre compte à l'issue du bail.

### Un projet agrivoltaïque à impact positif

L'option d'installation d'une unité de production photovoltaïque sur les abris climatiques est motivée par la volonté d'inscrire le projet dans une démarche de développement durable, en produisant de l'électricité au moyen d'une source d'énergie renouvelable et non polluante.

**La production moyenne annuelle de l'abri climatique serait d'environ  
7 541 238 kWh**

Le bilan environnemental d'une installation utilisant les énergies renouvelables se mesure en calculant les économies réalisées en ressources non renouvelables. En France, la quantité équivalente de CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère par la production électrique s'élève à 0,089 kg/kWh (ratio européen : 0.360kg/kWh).

**L'équipement du projet en abris climatiques photovoltaïques permettrait donc d'éviter l'émission d'environ 671 T/an de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, soit 20 130 tonnes de CO<sub>2</sub> sur 30 ans (ratio français).**

À titre de comparaison, la production réalisée équivaldrait à la consommation annuelle en électricité (hors chauffage et eau chaude sanitaire) d'environ 2 742 foyers (à raison de 2750 kWh/an/foyer). Ces projets participeront à faire d'Aubigny-Les-Clouzeaux un territoire à énergie positive.

## DESCRIPTION DE LA SYNERGIE ENTRE LA PRODUCTION AGRICOLE ET LE SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

### Les besoins agricoles identifiés

Les besoins agricoles identifiés ont pour objectif de sécuriser les rendements agricoles face aux aléas climatiques et aux bioagresseurs pour maintenir une rentabilité stable à long terme de l'exploitation agricole.

### La *Pseudomonas syringae* pathovar *actinidiae* (PSA)

Le chancre bactérien du kiwi est causé par la bactérie *Pseudomonas syringae* pathovar *actinidiae* (PSA). Cet organisme est sur la liste A2 de l'OEPP (*European and Mediterranean Plant Protection Organization*) et il est classé en catégorie D2. La bactérie a été identifiée pour la première fois en France en 2010, elle est présente notamment en Midi-Pyrénées, Aquitaine, Pays de la Loire et Rhône-Alpes. Tous les plants sont susceptibles d'être touchés, autant les pieds mâles que pieds femelles, avec une plus grande sensibilité des jeunes plants (< 5ans). La présence de cette bactérie a déjà réalisé des dégâts en France, comme dans la Drôme en 2017, avec une perte de 60% des productions<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> <https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/2014/11/18/drome-la-recolte-des-kiwis-mise-mal-594876.html>



**Figure 5** : Symptômes de la PSA sur différents organes du kiwi (Source : Fredon Occitanie)

La contamination des vergers peut se faire toute l'année, avec des périodes plus ou moins propices. Les exsudats bactériens qui suintent à partir des chancres pendant l'hiver et au début du printemps constituent une forte source d'*inoculum*. Dispersés par le vent, ils vont pouvoir contaminer les plants à proximité. Les printemps pluvieux et/ou avec de forts taux d'humidité accompagnés de températures fraîches (12°C à 18°C) sont très favorables à la multiplication rapide de la bactérie. À l'inverse, les fortes chaleurs estivales (> 25°C) sont défavorables à l'infection et la dispersion de la bactérie, mais des chancres peuvent se former sur l'écorce à cette période en cas de forte infection. La migration systémique de la bactérie via le système vasculaire en fait un redoutable pathogène et semble se faire préférentiellement au cours du printemps, mais les infections *via* les lenticelles ou toute autre blessure qu'elle soit naturelle (chute de feuilles) ou non (taille) peut se faire à partir de l'automne. Il existe donc deux phases majeures d'infection : l'automne et le printemps. La PSA montre aussi une capacité de survie importante. Il a été démontré que cette bactérie pouvait survivre pendant 45 jours sur des organes détachés et dans de l'eau de pluie au moins six mois (si absence de stérilisation). Sa capacité de vascularisation, soit le fait qu'elle se propage dans le système vasculaire à partir des blessures naturelles et artificielles, implique qu'à cette phase, sans traitement curatif, la bactérie est impossible à atteindre.

À l'heure actuelle, aucun produit phytosanitaire homologué n'existe en traitement curatif. Les principales stratégies de lutte visent à ralentir ou à arrêter la propagation de la maladie dans le verger et à empêcher de nouvelles infections ; elles sont donc basées sur des traitements cupriques aux stades sensibles et sur de la prophylaxie. Une surveillance régulière des vergers est indispensable pour détecter le plus rapidement possible les premiers symptômes de la maladie. Il est essentiel d'inspecter régulièrement les plants, particulièrement au printemps et en automne, quand les conditions climatiques sont les plus favorables au développement de la maladie. Cette surveillance permet de détecter les symptômes et de retirer du verger les parties infectées afin d'empêcher toute propagation de la maladie (Figure 1). La meilleure protection contre ce fléau est la mise en place de bâche, or l'investissement d'une telle infrastructure est très onéreux : 30 000 à 40 000€/ha.

### **L'impact des aléas climatiques**

Le gel (température à partir de - 2 à - 0,5°C) induit la nécrose des bourgeons, la destruction des latérales, l'éclatement de l'écorce et parfois la mort de l'arbre. Pour lutter activement contre le gel, il est couramment utilisé l'aspersion d'eau pour créer une couche de glace protégeant la fleur. L'aspersion est déclenchée à partir de 0°C (3 - 4mm/heure). En 2020, en Corse, un redoux printanier, suivi par une gelée tardive (début avril) a induit une perte de 50% de la production d'une culture de kiwis<sup>5</sup>. Ce moyen

<sup>5</sup> <https://www.corsematin.com/articles/brules-par-le-gel-en-corse-la-production-de-kiwis-en-danger-117021>

de lutte, selon sa durée d'action, a pour risque de saturer les sols en eau et donc de générer de l'asphyxie racinaire.

Les vents violents : le kiwi est une liane dont les rameaux fragiles peuvent être cassés par le vent. Cela affaiblit la plante et crée des portes d'entrée pour les maladies, dont la PSA.

La grêle : la récurrence des phénomènes climatiques violents dont la grêle peuvent en quelques minutes ravager une production, surtout lors de la floraison, jusqu'à la récolte, où le risque est accru.

Les sécheresses et les excès d'eau : L'enracinement assez superficiel et localisé, des plants de kiwis induit une vulnérabilité face aux stress hydriques, ce qui justifie des coefficients culturaux supérieurs à 1. Mais les excès d'eau sont préjudiciables à la culture : après 24h de stagnation d'eau, certaines racines dépérissent. Cette double sensibilité (au stress et à l'excès d'eau) rend l'utilisation de tensiomètres très pertinente. L'utilisation de la micro-irrigation permet de tenir compte de ces particularités. Le kiwi peut nécessiter jusqu'à 2 000m<sup>3</sup>/ha/an d'eau avec un besoin de mi-mai à octobre qui peut atteindre les 250m<sup>3</sup>/ha/mois, un système d'irrigation est donc indispensable.

### Les enjeux agricoles de l'exploitation

Ce projet agrivoltaïque a pour objectif de sécuriser les débouchés en prévenant ses vergers des impacts multiples du dérèglement climatique et des insectes nuisibles (Figure 6).

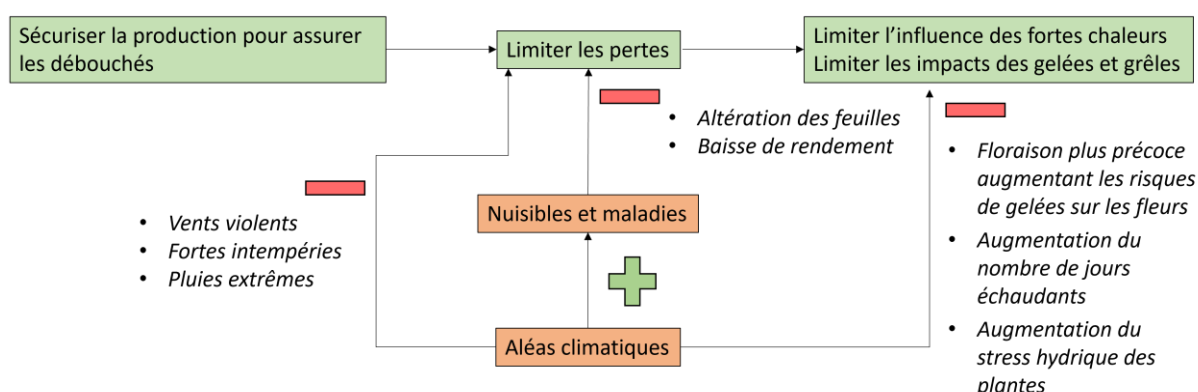


Figure 6 : Besoins agricoles identifiés et les menaces associées

L'exploitation souhaite également réduire son apport en eau dans les vergers, et cela ne semble pour l'instant pas cohérent avec les phénomènes climatiques : diminution des précipitations et augmentation de l'évapotranspiration. L'ombrage des panneaux solaires limitera l'évapotranspiration ainsi que le stress hydriques des plantes et *in fine* permettra une optimisation de l'irrigation. En effet des études menées à différentes latitudes (Espagne, France, Allemagne) et sur différentes cultures (p. ex. pommiers, vignes) sous panneaux solaires révèlent une baisse de l'ordre de 20-30% de l'évapotranspiration<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> SolarPower - Europe's Agrivoltaic Best Practice Guidelines – Version 2 - 2023

## Les services apportés en réponses aux besoins agricoles identifiés

### Une synergie technique

La solution technique de l'abri climatique photovoltaïque développée par Technique Solaire consiste en une structure photovoltaïque. D'un point de vue agronomique, l'abris climatique photovoltaïque offrira les avantages suivants :

- L'optimisation de l'irrigation : comme mentionné précédemment, la culture de kiwi nécessite une grande quantité d'eau et plus particulièrement lors de la floraison. Or la présence surjacente de panneaux solaires le long des rangs de kiwis induit une baisse de l'évapotranspiration. Il est à noter que l'évapotranspiration est en augmentation significative depuis ces dernières années. Hassanpour et al. (2018)<sup>7</sup> ont démontré que lors de jours échaudant, l'ombrage et les températures plus basses sous les panneaux solaires induisent une baisse du stress hydrique et donc une baisse de la perte d'eau suite à l'évaporation et la transpiration des plantes ;
- Protection contre les fortes pluies, les grêlons, le vent, chaleurs excessives et les brûlures estivales : les cultures de kiwis sont fragiles vis-à-vis des vents violents (cassure des cannes), des impacts des grêlons et des fortes pluies. Ces trois éléments ont comme effet direct de perturber la bonne croissance des plants, la floraison, la maturation des fruits et indirectement d'affaiblir l'état physiologique des plants de kiwis qui seront encore plus vulnérables à l'invasion de PSA. Or la protection induite par la présence des panneaux solaires au-dessus des plantations, limite considérablement l'impact des grêlons. De plus, le ruissellement de l'eau le long des panneaux solaires jusqu'à leur bord, positionnés au-dessus des inter-rangs, réduit considérablement l'hygrométrie au niveau des plants, limitant la prolifération de PSA. Les filets anti-grêles amovibles soutenus aux supports des panneaux solaires permettront d'optimiser la protection physique contre la grêle, les fortes pluies et les vents violents. Pour finir, les panneaux solaires joueront un rôle de protection face aux brûlures sur les feuilles en limitant lors des épisodes de fort ensoleillement, la quantité de lumière reçu directement sur les différents organes de la plante. Les vergers seront protégés des chaleurs excessives lors d'épisodes caniculaires, car la température peut être inférieure de 5°C sous les abris climatiques.
- Protection contre la prolifération de la PSA : comme cité précédemment, en préservant les plants de kiwis dans un bon état physiologique (p.ex. cassure, stress hydrique) et en limitant la saturation en eau du sol et du microclimat sous les panneaux solaires, la contamination redoutable de la PSA de la culture est alors limitée.
- Protection contre le gel : sous les abris climatiques, la production bénéficiera d'une plus forte inertie thermique et les extrêmes de température seraient plus faibles, ce qui permettra de la protéger contre le gel. D'après certaines études menées, lors des gelées printanières, les panneaux positionnés à l'horizontale permettent de préserver la température au sol (+1 à 3°C).

Au-delà de l'optimisation de l'irrigation, et de la protection contre les aléas climatiques et contre la contamination par PSA, les abris climatiques photovoltaïques présentent d'autres atouts comme des meilleures conditions de travail pour la main-d'œuvre avec une protection face à l'ensoleillement mais aussi un déplacement favorisé des ouvriers (enlèvement dans la boue) dû à la réduction de la saturation en eau du sol. De plus, la structure supportant les panneaux solaires (poteaux de soutien) seront utilisés pour le palissage (en T-bar). En effet, les câbles soutenant les sarments des pieds de kiwis

---

<sup>7</sup> Hassanpour Adeg, E., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PloS one, 13(11)

seront alors tendus entre les poteaux, favorisant à la fois la mise en place de la culture mais aussi diminuant l'investissement relatif au palissage des rangs.

Dans toutes les productions agrivoltaïques, en plus des avantages décrits précédemment, il est essentiel d'étudier la productivité totale de la parcelle associant production agricole et d'énergie. Les abris climatiques photovoltaïques permettent de décupler la productivité de la terre<sup>8</sup>. Il est à noter que des moyens de lutte, plus ou moins efficaces, et souvent coûteux, existent pour lutter contre la prolifération des bioagresseurs et des événements climatiques délétères, de plus en plus fréquents dus aux dérèglements climatiques. Une revue synthétique appliquée à l'arboriculture est proposée ci-dessous avec la présentation des moyens de lutte passive et active (Annexe 1).

### Une synergie économique

#### Les coûts de mise en place de l'exploitation :

La mise en place d'un hectare de kiwi vert représente un investissement d'en moyenne 50 000€, dont 50% pour les infrastructures (Tableau 2).

**Tableau 2 : Coûts (€/ha) selon les postes, de la mise en place d'une culture de kiwis verts**

Poste	Coût en €/ha
Préparation du sol	6 000 €
Amendement/fertilisation	3 000 €
Infrastructures/Filets	25 000 €
Irrigation	7 000 €
Plants (700 plants/ha)	6 000 €
Main d'œuvre et mécanisation	3 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>50 000 €</b>

Un verger de kiwi va entrer en production qu'à partir de sa 4<sup>ième</sup> année de plantation. Les 3 premières années étant consacrées au développement végétatif de la plante et donc à la formation des arbres (étape primordiale pour garantir une bonne entrée en production). À partir de la 4<sup>ième</sup> année, le rendement potentiel du kiwi vert est de 10t/ha pour atteindre 35t/ha à partir de la 7<sup>ième</sup> ou 8<sup>ième</sup> année.

#### Etude économique prévisionnelle :

Ci-dessous sont présentées les marges brutes pluriannuelles prévisionnelles par hectare pour le kiwi vert (Tableau 3).

**Tableau 3 : Tableau récapitulatif des marges (€/ha) pour une plantation de kiwis verts**

Kiwis verts Hypothèse de vente optimiste	Plantation 2022	2023	2024	2025	2026 et +	2040
Rendement				10 000	20 000	30 000
Poids récolté en catégorie 1				9 000	18 000	27 000

<sup>8</sup> Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Renewable Energy, 36(10), 2725-2732.

Produit brut/ha (à 1,50€/kg)				13 500	27 000	40 500
Intrants	600	550	450	2 250	2 250	2 250
Main d'œuvre	3 350	2 380	2 000	5 950	6 700	7 600
Mécanisation	1 070	535	535	535	535	535
Total charges opérationnelles	5 020	3 465	2 985	8 735	9 485	10 385
Amortissements				2 580	2 580	
Marge brute	-5 020	-3 465	-2 985	2 185	14 935	30 115

Les 3 premières années sont déficitaires car le verger n'est pas en production. En revanche, en pleine production, la marge brute prévisionnelle du kiwi vert est de 30 000€/ha, ce qui est très confortable. En moyenne, en pleine production et en considérant une baisse de productivité liée aux installations PV, la marge brute du kiwi vert serait de 30 115€/ha.

La mise en culture traditionnelle d'un champ de kiwis est un investissement coûteux qui doit être amorti à moyen terme (minimum 10ans),

En plus d'avantages techniques, les abris climatiques photovoltaïques ont un avantage économique essentiel : la vente de l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques permet de financer la construction des abris (structure, filets, palissage) et l'acquisition des plants et évite ainsi à l'exploitant un investissement de départ trop important. Ces coûts d'implantation représentent en moyenne 90% de l'investissement de départ. La réduction considérable de l'investissement initial permet d'avoir une production rentable dès les premières récoltes (soit environ 3ans), sans avoir à contracter un emprunt sur plusieurs années. Pendant les années d'exploitation des vergers de kiwis, les abris climatiques photovoltaïques permettent aussi de réduire les coûts de production, l'exploitant n'a plus besoin de souscrire à une assurance protégeant ses récoltes contre la grêle.

Ce projet va donc permettre à l'exploitation de mettre en culture de nouvelles parcelles 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 se dé souscrire son assurance « perte d'exploitation ».

## Partage lumineux entre la production électrique et agricole

### Impact de la baisse de lumière sur les vergers de kiwi

L'impact des fortes chaleurs sur les cultures de kiwis se traduit par une chute précoce des fruits et des feuilles, des brûlures sur les fruits et une période de stockage réduite après la récolte. En Chine, les fortes température de l'air (> 35 °C) ont induit des pertes de 20 % jusqu'à 70 % de rendements sur des cultures de kiwis<sup>[1]</sup>.

Pour prévenir de ces fortes chaleurs, associées à de fortes irradiances, les kiwiculteurs se munissent de filets limitant la quantité de radiations sur les cultures. Pour mieux comprendre l'impact de ce moyen de prévention, différentes études se sont intéressées à l'impact de différentes intensités d'ombrage, associées à ces filets occultants, sur les rendements et sur la qualité des fruits récoltés (Tableau 4).

Tableau 4 : Présentation du cultivar, de la géographie, de la culture et de l'ombrage



AUTEUR	CULTIVAR	GEOGRAPHIE	CARACTERISTIQUES	OMBRAGE
SNELGARD & HOPKIRK, 1988	HAYWARD	N.Z.	NE-SO / INTER-RANG 4,7 M	50 %
WANG ET AL., 2007	A. DELICIOSA (MILIANG-1)	CHINE - HUNAN	-	70 %
BASILE ET AL., 2012	HAYWARD	SUD DE ITALIE	N-S / 4,5M D'INTER-RANG	20-25 %
ANTOGNOZZI ET AL., (1994)	HAYWARD	N.Z.	N-S / 5M D'INTER-RANG	15-35 %
SNELGARD ET AL., 2001	HAYWARD	N.Z.	E-O / INTER-RANG 3,0 M	55 %

#### Impact de la température sur la croissance :

Lors des fortes chaleurs (> 37°C) les actinidiés ombragés ont subis moins de perte de feuilles et de fruits, avec moins de manque de « coups de soleil »<sup>[2]</sup>. Il a été observé que lors des fortes chaleurs, l'actinidé continue sa croissance des parties végétatives (feuilles et tiges), la plante devient plus vigoureuse, et *a contrario* les fruits ont moins de ressources allouées pour leur développement. L'ombrage n'a pas d'impact sur la croissance des tiges<sup>[3]</sup>

#### Impact de l'ombrage sur les rendements :

Wang et al. (2006) ont démontré que 'Hayward' (*A. deliciosa*) n'est pas sensible à l'ombre (70 %) avec une absence de perte de rendement (taille des fruits) ou sur la quantité de sucre accumulé dans les fruits. Au contraire, Snelgard & Hopkirk<sup>[4]</sup> ont démontré qu'un ombrage de 50 % sur les cultures de kiwis impacte le rendement de l'ordre de 15 %. Cette baisse de rendement est à associer avec une baisse du poids sec des fruits à la récolte et finalement un déclassement plus important du nombre de fruits non commercialisables (< 70g ; notion de calibre). Néanmoins il est important de souligner que le nombre de fruits par pied impacte directement leur poids. Ainsi le rendement par pied n'est pas forcément impacté si le poids des fruits, plus grand avec un ombrage, compense le nombre de fruits plus faible<sup>12</sup>. Ce phénomène est dépendant de la quantité de C à allouer aux fruits et donc au ratio feuille/fruit<sup>11</sup>. Il a été simulée, une baisse de calibre des fruits avec une diminution de l'ordre de 1,6 - à 2,0 g par 100 fruits sur un même pied. Il a été simulé, une baisse de calibre des fruits avec une diminution de l'ordre de 1,6 - à 2,0 g par 100 fruits sur un même pied<sup>12</sup>. En effet, la « taille en vert », soit la coupe des parties végétatives (feuilles et tiges), doit être réalisée de manière consciencieuse pour optimiser le grossissement des fruits et donc éviter la perte de chiffre d'affaire due à de trop petits calibres.

#### Impact de l'ombrage sur la qualité des kiwis :

L'accumulation de sucre au cours du temps est ralentie, les fruits sont moins fermes et il existe un retard de 2 à 3 jours lors de la maturation pour obtenir la maturité nécessaire à la récolte (6,2°Brix)<sup>12</sup>. Cette observation sur le décalage a aussi été réalisée par Snelgard et al. (1991) avec 3 à 5 jours de retard pour le début du débourrement sous un ombrage de 55 %. Antognozzi et al. (1994)<sup>[5]</sup>, ont démontré que l'accumulation de sucre et de chlorophylle *a*, qui débute 8 semaines après la floraison, est moins importante dans les fruits ombragés.

#### Ce qu'il faut retenir :

L'ombrage des cultures kiwis prévient une perte des fruits, comme observé en Chine avec des températures supérieures à 35°C.

Les cultures de kiwi sont consommatrices d'une grande quantité d'eau, l'ombrage permet une baisse des coûts.

Les fruits qui interceptent une intensité lumineuse de + de 80  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  en été, seront bon pour la vente.

L'ombrage porté sur les cultures de kiwis impacte le rendement avec une diminution du nombre de fruits par pieds lié à une baisse du nombre de fleurs.

La « taille en vert » est une pratique très importante lors de la culture de kiwis sous ombrage, car le ratio feuille/fruit permet de limiter l'impact de l'ombrage sur la qualité (calibre, quantité de sucre) des

[1] Zhong, C.-H., Zeng, Q.-T. and Wang, Z.-Y. (2002). Effects of fruit bagging on premature fruit drop and fruit quality. *Hunan Agri. Sci.* 2002(4):34–35.

[2] Wang, Z. Y., Yuan, F. R., He, K. J., & Bu, F. W. (2006, February). Effects of overhead shading on yield and fruit quality of kiwifruit in regions with high temperatures in summer. In VI International Symposium on Kiwifruit 753 (pp. 399-407).

[3] Snelgar, W. P., Manson, P. J., & Hopkirk, G. (1991). Effect of overhead shading on fruit size and yield potential of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of horticultural science*, 66(3), 261-273

[4] Snelgar, W. P., & Hopkirk, G. (1988). Effect of overhead shading on yield and fruit quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of horticultural science*, 63(4), 731-742.

[5] Antognozzi, E., Boco, M., Famiani, F., Palliotti, A., & Tombesi, A. (1993, September). Effect of different light intensity on quality and storage life of kiwifruit. In International Symposium on Quality of Fruit and Vegetables: Influence of Pre-and Post-Harvest Factors and Technology 379 (pp. 483-490).

### Ombrage estimé sous les panneaux solaires

Une simulation de l'ombrage, réalisée grâce à l'outil SketchUp (*package* DL-Light), a été réalisée définissant ainsi la répartition moyenne et la quantité moyenne de lumière reçue sur le plan horizontal et sur le plan vertical des rangs de vigne, au cours de la saison d'été (Figure 7).

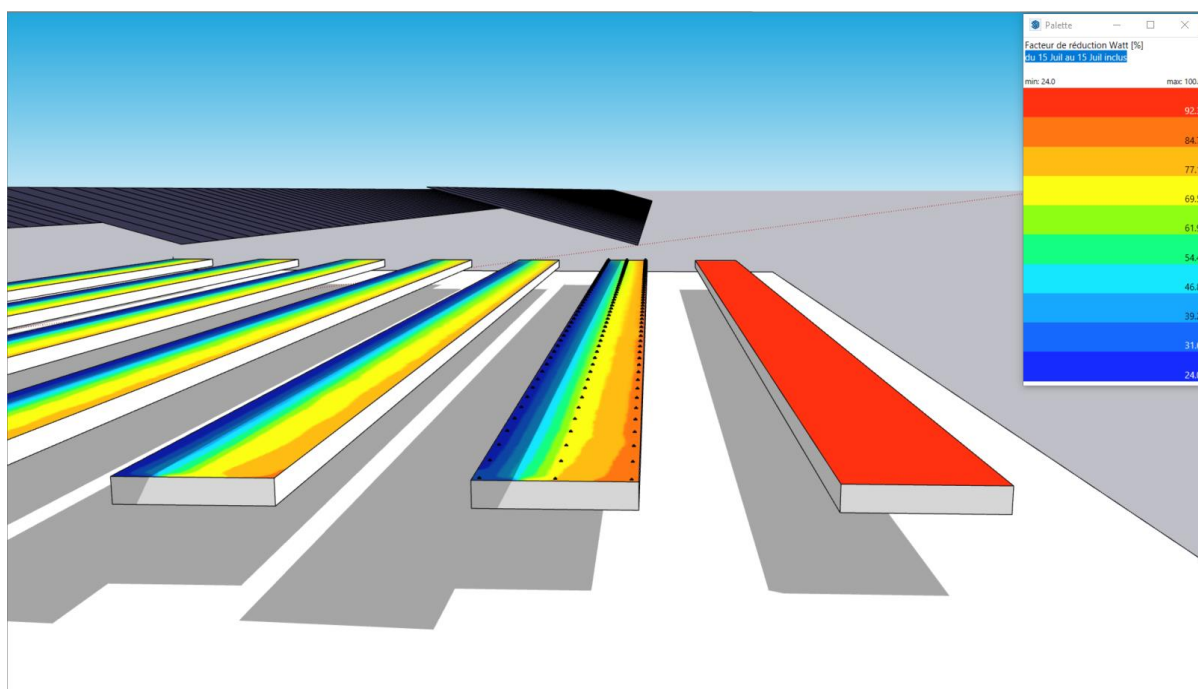


Figure 7 : Répartition du facteur de réduction de la lumière sur le plan horizontal des rangs de

vergers (cultivé selon la méthode de pergola) de kiwi pour la saison d'été (source : SketchUp et le package « DL-Light »).

Les résultats montrent que le facteur de réduction moyen de la quantité de reçue au cours de l'été, en présence de panneaux solaire, varie de seulement 80% (à droite, soit au sud), à 68% (au milieu) et à 55% (au nord, soit à gauche), par rapport au référentiel, sans panneaux solaires (100% en rouge).

D'après l'étude bibliographique et la simulation de lumière, il est attendu que l'abris climatique apporte un service de protection en limitant les phénomènes délétères associés aux aléas climatiques. Plus précisément, il est attendu que les rendements sur plusieurs années soit exemptés de baisses drastiques associées aux événements extrêmes (gel, grêle, forts vents).

## Suivi agronomique

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.). 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.

## La préservation du sol agricole

### Le sol agricole : définition

La fertilité d'un sol repose sur trois piliers : physique, chimique et biologique. Il suffit qu'un seul de ces piliers soit altéré pour impacter la fertilité globale du sol.

#### La composante physique

Un sol compacté laisse peu circuler l'air et l'eau et constitue un frein mécanique au développement racinaire. En surface, la compaction peut être à l'origine de la formation d'une croûte de battance, faisant rempart à la levée. En profondeur, le manque d'oxygène peut entraîner une asphyxie des horizons du sol, fortement préjudiciable au rendement des cultures.



***Sol compacté, pauvre en  
matière organique, peu  
fertile***



***Sol souple, riche en matière  
organique, fertile***

### **La composante chimique**

Le sol est un écosystème vivant dans lequel les micro-organismes digèrent la matière organique et la transforment en éléments simples utilisables par les racines des végétaux pour produire de la biomasse. Mais ce processus ne fonctionne que dans un milieu chimiquement équilibré : un pH trop faible ou trop élevé, une carence en minéraux ou en oligo-éléments peuvent freiner ou bloquer complètement le cycle de recyclage de la matière organique. Le sol s'appauvrit et des signes de carence apparaissent sur les cultures, impactant alors le rendement.

### **La composante biologique**

La matière organique est le carburant de l'ensemble de la vie du sol. Elle a différentes origines possibles : résidus de cultures (racines, chaumes, pailles) ou apports extérieurs (amendements, composts, fumiers). Si les micro-organismes du sol jouent un rôle essentiel dans la minéralisation de cette matière organique (bactéries) et la production d'humus (champignons), les macro-organismes sont les artisans de sa décomposition. Sans l'activité biologique du sol, il n'y a pas de minéralisation, pas d'humus produit, pas de porosité pour assurer la circulation de l'eau et de l'air et à terme, pas de croissance possible pour les végétaux.

Ainsi, le sol est un support, réservoir et habitat dont la préservation est essentielle, pour le maintien de la biodiversité, le rendement des futures cultures qui y seront implantées, la réduction des gaz à effet de serre, la préservation de la ressource en eau, etc. La phase chantier, impliquant le passage d'engins de plusieurs tonnes, voire de dizaines de tonnes a un impact négatif non négligeable sur la santé de ce sol. En effet, la compaction du sol induit une déstructuration du sol avec une perte importante de porosité, induisant une asphyxie de l'activité biologique des sols et des racines, une moins bonne capacité de drainage de l'eau et des difficultés racinaires à pénétrer ce dernier. C'est pourquoi, il est essentiel de mettre en place des pratiques permettant de prévenir la compaction et de régénérer le sol, et ce à différentes étapes de la vie du chantier, et impliquant différentes parties prenantes.

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

Il y a trois étapes principales lors d'un chantier permettant l'installation d'une installation agrivoltaïque chez Technique Solaire, ces dernières nécessitant des engins de poids et charges à l'essieu différents :



**Figure 8 : Les différentes étapes de la phase chantier d'une installation agrivoltaïque chez Technique solaire**

De tels engins induisent une compaction du sol, soit une augmentation de la densité apparente du sol (kg/m<sup>3</sup> de sol) et une diminution de la porosité du sol.

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'exclusion d'une phase de terrassement e/ou du prélèvement de l'horizon organique,
- 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

Ces bonnes pratiques vont permettre de réduire la compaction du sol agricole lors de la phase chantier et seront complétées en après la phase chantier par la collaboration des équipes de BIO3G.

## L'accompagnement de BIO3G pour revitaliser les sols

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 académique<sup>9</sup>, 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.

## Conclusion

Ce projet agrivoltaïque est une véritable opportunité car l'installation d'un atelier arboricole correspond à un investissement important. La soultte et le financement de l'installation auront pour conséquence de projeter rapidement et à moindre frais l'exploitant dans ce nouvel atelier arboricole, avec une sécurisation des rendements. En effet, le système agrivoltaïque, développé par Technique Solaire, représente une véritable protection face aux risques météorologiques et biologiques identifiés. Cette barrière physique aura pour finalité de prévenir d'évènements extrêmes de plus en plus récurrents et ainsi de stabiliser la production agricole, avec une plus grande régularité des débouchés.

---

9 Hellequin, E., Monard, C., Quaiser, A., Henriot, M., Klarzynski, O., & Binet, F. (2018). Specific recruitment of soil bacteria and fungi decomposers following a biostimulant application increased crop residues mineralization. *PLoS one*, 13(12), e0209089.



## Annexe 1 : Moyens de lutte passive et active

Présentation des différents aléas climatiques associés à leurs moyens de lutte passive et leur principe

ALEAS	MOYEN	PRINCIPE
GEL DE PRINTEMPS	CHOIX DE LA PARCELLE	ÉVITER D'INSTALLER LA CULTURE EN ZONE GELIVE : « CREUX DE TERRAIN » OU LES FONDS DE VALLEES, DANS LESQUELS LES MASSES D'AIR FROID RISQUENT DE S'ACCUMULER ET STAGNER
	PRATIQUES CULTURALES	UN SOL NON TRAVAILLE ET/OU NON ENHERBE LIMITE LES EFFETS DES GELEES, UN ENHERBEMENT PEU DENSE SE COMPORTE PRESQUE COMME UN SOL NU. IL EST IMPORTANT DE VEILLER A FAUCHER OU BROYER LE COUVERT PLUSIEURS JOURS AVANT UN EPISODE DE GEL, AFIN DE LUI LAISSER LE TEMPS DE DISPARAITRE ET DE NE PLUS PRODUIRE DE MULCH ISOLANT
	FERTILISATION	APPORT EN NUTRIMENTS AZOTES, EN CALCIUM ET EN POTASSIUM EST FAVORABLE A UNE MEILLEURE RESISTANCE DE LA PLANTE AU GEL
GRELE/GEL	DISPERSION PARCELLAIRE	DISPERSION DES PARCELLES D'UNE MEME EXPLOITATION AFIN DE NE PAS EN EXPOSER L'ENSEMBLE DE LA PRODUCTION A UNE MEME AVERSE DE GRELE OU UN MEME EPISODE GEL
ABATS D'EAU	CHOIX DE LA PARCELLE	PRIVILEGIER LES PARCELLES SAINES ET DRAINANTES, A LA TEXTURE LEGERE, ET AVEC UNE FAIBLE PENTE NATURELLE POUR EVITER LES STAGNATIONS D'EAU
	SYSTEME DE DRAINAGE	LE DRAINAGE EST L'OPERATION QUI CONSISTE A FAVORISER ARTIFICIELLEMENT L'EVACUATION DE L'EAU PRESENTE DANS LA COUCHE SUPERIEURE DU SOL. CETTE EVACUATION DE L'EAU STOCKEE DANS LE SOL PEUT SE FAIRE A L'AIDE DE DRAINS AGRICOLES (TUBES PLASTIQUES PERFOREES) ENTERRES DANS LE SOL A UNE PROFONDEUR ET UN ECARTEMENT CALCULE, MAIS EGALEMENT A L'AIDE DE FOSSES.

Présentation des différents aléas climatiques associés à leurs moyens de lutte active : leur avantage/inconvénient, leur principe et leur coût.

ALEAS	MOYEN	PRINCIPE	AVANTAGES	INCONVENIENTS	COUT
GEL DE PRINTE MPS	TOURS ANTIGEL	UNIFORMISER LES TEMPERATURES EN MELANGEANT LA COUCHE D'AIR CHAUDE EN ALTITUDE ET LA COUCHE D'AIR FROIDE AU SOL. EFFICACE JUSQU'A - 4°C.	PROTECTION PLUS LARGE, SURTOUT EN RESEAUX. UNE FOIS INSTALLEE, MIS EN SERVICE SIMPLE.	POLLUTION VISUELLE ET SONORE, ET PROBLEMATIQUES D'ENTRETIEN. INEFFICACE EN CAS DE VENT SUPERIEUR A 10KM/H, ET CONTRE LES GELS "RADIATIFS" OU GELEES NOIRES.	INVESTISSEMENT DE 40000 € POUR 5 HA, SOIT 800 €/HA + 250 €/HA DE FRAIS DE FONCTIONNEMENT.
	EOLIENNE MOBILE	IDENTIQUE A CELUI DES TOURS FIXES, MAIS POUR PROTEGER 3HA SEULEMENT. EFFICACE JUSQU'A - 3°C.	MOINS COUTEUSES QU'UNE EOLIENNE FIXE, ET MOINS DE POLLUTION VISUELLE.	INEFFICACE EN CAS DE VENT SUPERIEUR A 8 KM/H, ET CONTRE LES GELS "RADIATIFS" OU GELEES NOIRES. NECESSITE DE LES STOCKER.	INVESTISSEMENT DE 30000 € POUR 3 HA, SOIT 1000 €/HA + 100€/HA DE FRAIS DE FONCTIONNEMENT.
	CONVECTEURS A AIR CHAUD : APPELES "CANONS A AIR CHAUD"	ILS DIFFUSENT DE L'AIR CHAUD, ET PROTEGENT ENVIRON 0,5HA JUSQU'A -3°C	EFFICACE CONTRE TOUS LES TYPES DE GEL ET ADAPTE AUX PARCELLES AVEC DES RUPTURES DE PAYSAGE.	BRUYANT ET EFFICACITE REDUITE EN CAS DE VENT >10KM/H.	INVESTISSEMENT 7000€, SOIT 1400€/HA + FRAIS DE FONCTIONNEMENT 300€/HA.
	ASPERSION : SYSTEME PERENNE DE "BRUMISATION" DES VERGERS PENDANT L'ALERTE GEL.	LE PASSAGE DE L'EAU DE L'ETAT LIQUIDE A L'ETAT SOLIDE VA PRODUIRE DE LA CHALEUR ET MAINTENIR A 0°C LA TEMPERATURE ENTRE LE BOURGEON ET LA COUCHE DE GLACE.	EFFICACE CONTRE TOUS LES TYPES DE GEL, JUSQU'A -7°C.	FORTE CONSOMMATION EN EAU (40 M3/HA/H) ET FORT RUISSELLEMENT SUPERFICIEL.	INVESTISSEMENT ENTRE 8000 € ET 140000 €/HA, SOIT 1000 €/HA + FRAIS DE FONCTIONNEMENT 350 €/HA.

	BOUGIES OU BUCHES CALORIFIQUES	RECHAUFFEMENT DE L'AIR, EFFICACE JUSQU'À -4°C. IL FAUT 400 BOUGIES POUR PROTEGER 1HA PENDANT 8H.	ADAPTE AUX PETITES PARCELLES.	LA MANUTENTION RESTE LOURDE (20H/HA POUR 2 NUITS)	INVESTISSEMENT 2500€/HA + FRAIS DE MAIN D'ŒUVRE.
GRELE	FILETS PARAGRELES	DEPLOIEMENT DE FILETS POUR PROTEGER LES PARTIES VEGETATIVES DE LA TOMBEE DES GRELONS.	EN THEORIE, PROTECTION TOTALE DE LA PARCELLE. AUCUNE CONTRAINTE D'ACCES AUX ARBRES. REDUCTION DES APPORTS D'IRRIGATION. EFFET D'OMBRAGE LIMITANT LES COUPS DE SOLEIL SUR LES FRUITS.	EFFET D'OMBRAGE IMPACTANT LA QUALITE DU FRUIT. BESOIN IMPORTANT EN MAIN D'ŒUVRE POUR LES OPERATIONS D'INSTALLATION ET DE DEPLOIEMENT/FERMETURE DES FILETS.	INVESTISSEMENT MATERIEL DE 10 000 A 15 000 €/HA. L'INSTALLATION DU FILET LA PREMIERE ANNEE NECESSITE EN MOYENNE 200 H/HA ET 100 H/HA LES ANNEES SUIVANTES
	CANONS ANTI-GRELE	CREATION D'ONDES DE CHOCS DIRIGEEES VERS LE NUAGE EMPECHANT L'AGGLOMERATION DE GRELES	INSTALLATION BIEN MOINS COUTEUSE QU'UNE SOLUTION INTEGRANT DES FILETS, COUT D'UTILISATION ET DE MAINTENANCE TRES REDUIT	NUISANCES SONORES POSSIBLE POUR LE VOISINAGE, NECESSITE DE DECLANCHER L'EQUIPEMENT AVANT L'ARRIVEE DE L'ORAGE. LE CANON ANTI-GRELE N'ETANT PAS OU PEU EFFICACE SUR DES GRELONS DEJA FORMES.	INVESTISSEMENT DE 40 A 50000 €/CANON. COUT D'UTILISATION : 2€/ HA/ H
	GENERATEURS A IODURE D'ARGENT	LIMITATION DE LA TAILLE DES GRELONS PAR ASPERSION D'IODURE A LA BASE DES NUAGES. LORS DE LEUR CHUTE, CES GRELONS POURRONT SOIT FONDRE POUR	PRESENCE D'UN DISPOSITIF D'ALERTE DES DIFFERENTS OPERATEURS CONCERNES POUR METTRE EN ŒUVRE LES GENERATEURS.	NECESSITE D'ANTICIPER EN AMONT LE RISQUE D'ORAGE ET DE METTRE EN ŒUVRE PLUSIEURS GENERATEURS	INVESTISSEMENT DE 1 500 € PAR GENERATEUR (SOIT 4 A 5 €/HA, POUR LE RESEAU BOURGOGNE BEAUJOLAIS) +COUT DE FONCTIONNEMENT : 730 €/AN DE

		PRECIPITER SOUS FORME DE PLUIE	MANIPULATION AISEE DES GENERATEURS.		CONSOMMABLE PAR GENERATEUR
VENT	FILET BRISE- VENT	REDUIRE LA VITESSE DU VENT ET ATTENUER LES RAFALES. REDUCTION MOYENNE DE LA VITESSE DU VENT DE 50% SUR 10 FOIS SA HAUTEUR ET DE 25% ENTRE 10 ET 20 FOIS CE MEME PARAMETRE	REDUCTION DES DEGATS CAUSES PAR LE VENT COMME LA CASSURE DE LA TIGE DOMINANTE, LA TORSION DU POINT DE GREFFE, LE FROTTEMENT DES BRANCHES SUR LES FRUITS, LES DECHIRURES AUX FEUILLES ET LA DESSICCATION. REDUCTION DE LA DERIVE LORS DES TRAITEMENTS.	POLLUTION VISUELLE (MAUVAISE INTEGRATION PAYSAGERE)	15 A 20 €/ML (FILET DE 4 M DE HAUTEUR, HORS POTEAUX ET FILS)
	HAIES BRISE VENT	LES HAIES BRISE- VENT SONT DES RANGÉES D'ARBRES ET/OU D'ARBUSTES DONT LA FONCTION PRINCIPALE EST DE REDUIRE LE VENT.	IDENTIQUE AUX FILETS, MAIS AVEC UNE PARFAITE INTEGRATION PAYSAGERE. METHODE PLUS DURABLE.	EFFET TARDIF DUE A LA POUSSE DES PLANTES	100 M DE HAIE : 100 € DE PLANTS 150 € DE PAILLAGE 10 H DE TRAVAIL A 2 PERSONNES

## CONTACTS

### Pétitionnaire du projet

**EARL Vent des Vosges**

Monsieur Arnaud SIMONIN

Lieu-dit : "La Guyonnière"  
85430 Aubigny-Les Clouzeaux

Tél : 06 24 48 79 64  
[arnaud-simonin@orange.fr](mailto:arnaud-simonin@orange.fr)

### Maître d'œuvre



TECHNIQUE SOLAIRE  
26 rue Annet Segeron  
86580 Biard

Louis ROUSSEL, Chef de projet  
Tél : 06 60 86 86 36  
[louis.rousseau@techniquesolaire.com](mailto:louis.rousseau@techniquesolaire.com)

Romain PROUX, Service Urbanisme  
Tél : 06 64 95 52 44 / 05 49 56 01 19  
[romain.proux@techniquesolaire.com](mailto:romain.proux@techniquesolaire.com)