



Etude préalable agricole

Projet agrivoltaïque de Fontaine-Mâcon et Avant-lès-Marcilly (10)

Etude réalisée par **Agriterra Group**
D'après le décret n°2016-1190 du 31 août 2016
Réalisée en **juillet 2023**

Demandeur : **Akuo Western Europe and Overseas (AWEO)**

Réfèrent Akuo : **Mathieu Vulvin** – vulvin@akuoenergy.com
Référente Agriterra : **Elise Gresse** – gresse@agriterra-group.com

TABLE DES MATIÈRES

| | | | |
|--|-----------|--|-----------|
| 1. Le cadre de l'EPA..... | 3 | 4. Le projet agrivoltaïque..... | 33 |
| 1.1 L'EPA et la réglementation..... | 4 | 4.1 L'agrivoltaïsme – loi du 11 mars 2023..... | 34 |
| 1.2 La méthodologie du calcul d'impact..... | 6 | 4.2 Illustrations de centrales agrivoltaïques en service..... | 35 |
| 1.3 Les parties prenantes techniques du projet..... | 7 | 4.3 La séquence Eviter, Réduire, ou Compenser..... | 36 |
| | | 4.3.1 Trackers et grandes cultures..... | 37 |
| 2. Description du projet, contexte agricole et délimitation du territoire concerné..... | 8 | 4.4 Calcul de la SAU maintenue avec les panneaux..... | 42 |
| 2.1 Description du projet..... | 9 | 4.5 Impact des panneaux sur les sols..... | 43 |
| 2.1.1 Localisation..... | 9 | 4.6 La synergie agrivoltaïque..... | 44 |
| 2.1.2 Caractéristiques du parc agrivoltaïque..... | 10 | 4.7 Analyse des effets du projet sur les filières amont-aval..... | 45 |
| 2.1.3 Compatibilité avec les règlements d'urbanisme..... | 11 | 4.8 Evaluation économique de l'agriculture présente sur le site avant et après projet..... | 46 |
| 2.2 Contexte agricole global..... | 12 | 4.9 Impact du projet sur le résultat courant de l'exploitation..... | 48 |
| 2.2.1 Occupation du territoire et agriculture dans l'Aube..... | 12 | 4.10 Propositions afin d'assurer un maintien de l'activité agricole..... | 49 |
| 2.2.3 Le paysage agricole Auboïs..... | 13 | 4.11 Synthèse du projet..... | 51 |
| 2.2.2 Effectifs et orientations économiques des exploitations agricoles..... | 14 | | |
| 2.2.4 Irrigation dans l'Aube..... | 15 | 5. Annexes..... | 52 |
| 2.3 Définition du périmètre d'étude..... | 16 | 5.1 Détails des calculs..... | 53 |
| 3. Analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire retenu..... | 17 | 5.2 Analyses de sol du site d'étude..... | 54 |
| 3.1 Périmètre élargi..... | 18 | 5.3 Mécanisation sur le projet..... | 55 |
| 3.1.1 Les chiffres clés de l'agriculture au sein du périmètres élargi..... | 18 | 5.4 Recherche et suivi technique sur les sites Agrinergie® d'Akuo..... | 58 |
| 3.1.2 Circuits courts et démarches de qualité..... | 20 | 5.5 Références scientifiques sur l'agrivoltaïsme..... | 63 |
| 3.1.3 Filières agricoles..... | 22 | 5.6 Relations contractuelles entre les parties prenantes..... | 81 |
| 3.2 Site d'étude..... | 24 | | |
| 3.2.1 Exploitation concernée par le projet..... | 24 | | |
| 3.2.2 Productions agricoles sur le site..... | 25 | | |
| 3.2.3 Potentiel agronomique..... | 26 | | |
| 3.2.4 Contexte climatique du territoire..... | 28 | | |
| 3.2.5 Analyse fonctionnelle du site..... | 29 | | |
| 3.2.6 Enjeux environnementaux du site d'étude..... | 30 | | |
| 3.3 Enjeux de l'économie agricole du territoire..... | 31 | | |
| 3.4 Evaluation économique de l'agriculture présente sur le site sans le projet..... | 32 | | |



Le cadre de l'EPA

L'EPA et la réglementation (1/2) : projets soumis à étude préalable agricole

L'article 28 de la loi d'Avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt (LAAF) n°2014-1170 du 13 octobre 2014 introduit à l'article L112-1-3 du Code Rural et de la Pêche Maritime (CRPM) **l'obligation de produire une étude préalable pour le maître d'ouvrage d'un projet de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements susceptibles d'avoir des conséquences négatives importantes sur l'économie agricole.**

Cette étude comporte notamment **les mesures envisagées par le maître d'ouvrage pour éviter et réduire les effets négatifs notables du projet** et, dans certains cas, les **mesures de compensation collective** visant à consolider l'économie agricole du territoire.

L'article D112-1-18 du CRPM précise que **seuls les projets remplissant cumulativement les conditions de nature, de localisation et de consistance** détaillées ci-dessous, sont soumis à l'obligation d'étude préalable :



➤ Conditions de nature :

Projets soumis à une étude d'impact de façon systématique dans les conditions prévues à l'article R122-2 du code de l'environnement.

Le projet est soumis à étude d'impact



➤ Conditions de localisation :

En présence d'un document d'urbanisme opposable :

- **Zone agricole, forestière ou naturelle affectée à activité agricole dans les 5 ans précédant la demande**
- Zone à urbaniser affectée à activité agricole dans les 5 ans précédant la demande

En l'absence de document d'urbanisme :

- Toute surface affectée à activité agricole dans les 5 ans précédant la demande

Le projet se situe sur **37,4 ha de SAU en zone A et RNU affectés à une activité agricole dans les 5 ans précédant le projet**



➤ Conditions de consistance :

Surface prélevée affectée à l'activité agricole supérieure ou égale à 5 hectares

La surface prélevée à l'agriculture est supérieure au seuil CDPENAF de 1 ha en vigueur dans l'Aube

Le projet remplit cumulativement les trois conditions et est donc soumis à une étude préalable agricole.

L'EPA et la réglementation (2/2) : composition de l'étude préalable agricole *(article D112-1-19 du CRPM)*

1. **Une description du projet** et la **délimitation du territoire concerné** ;



2. **Une analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire concerné.**
Elle porte sur la production agricole primaire, la première transformation et la commercialisation par les exploitants agricoles et justifie le périmètre retenu par l'étude ;



3. **L'étude des effets positifs et négatifs du projet sur l'économie agricole de ce territoire.** Elle intègre une évaluation de l'impact sur l'emploi ainsi qu'une évaluation financière globale des impacts, y compris les effets cumulés avec d'autres projets connus ;



4. **Les mesures envisagées et retenues pour éviter et réduire les effets négatifs notables du projet.** L'étude établit que ces mesures ont été correctement étudiées. Elle indique, le cas échéant, les raisons pour lesquelles elles n'ont pas été retenues ou sont jugées insuffisantes



5. **Le cas échéant, les mesures de compensation collective envisagées** pour consolider l'économie agricole du territoire concerné, l'évaluation de leur coût et les modalités de leur mise en œuvre.

La méthodologie du calcul d'impact

Le décret n°2016-1190 paru le 31 août 2016 précise que l'économie agricole du territoire porte sur **la production agricole primaire, la première transformation et la commercialisation**.

Pour calculer la production agricole primaire, la méthode de cette étude s'appuie sur **le produit brut moyen par ha dégagé par les exploitations qui sont présentes sur le site d'étude**, lesquelles sont sériées par système de production. Le produit brut - qui prend en compte les charges de production, les charges de structures, les impôts, les taxes, le fermage, le financement des investissements et la rémunération du travail - permet de représenter **la valeur économique créée par l'activité de production et permet de prendre en compte la filière amont**. Il est déterminé à partir des données économiques régionales du Grand Est issues des [mémentos agricoles de l'AGRESTE](#).

Afin de déterminer le potentiel économique des filières aval (première transformation + commercialisation), Agriterra s'appuie sur un rapport régional établi entre la valeur ajoutée créée par les industries de l'agroalimentaire (IAA), et celui du produit brut agricole. En effet, de la même manière que le produit brut agricole prend en compte la filière amont, le chiffre d'affaires des industries agroalimentaires inclut également le produit brut agricole. Ainsi, **afin d'éviter un double compte de la valeur dégagée par les exploitations agricoles, il convient de raisonner en termes de valeur ajoutée (VA) permise par ces achats de produits bruts agricoles et non en chiffre d'affaires**. Le ratio utilisé pour calculer l'économie générée par la filière aval est donc :

VA des IAA (hors artisanat commercial) 2019-2021 / Production totale agricole 2019-2021 (hors services) = 5 418 / 13 971 (M d'€) = 0,67* (données issues de [l'Agreste Grand Est](#))

Afin de corriger les effets de la conjoncture, **les valeurs retenues correspondent à la moyenne des 3 derniers résultats économiques disponibles**.

*Détails des calculs en [annexe 5.1](#)



Calcul de l'impact du projet sur l'économie agricole du territoire :



Les parties prenantes techniques du projet



Akuo est un **producteur français indépendant d'énergies renouvelables** :

- Présent sur l'ensemble de la chaîne de valeur (développement, financement, construction et exploitation)
- 1,4 GW en opération en 2022, implantation dans plus de 20 pays sur l'ensemble des continents
- Plus de 450 salariés (siège social à Paris)

Akuo porte une vision d'un **développement inclusif et durable proche des territoires**. Akuo a notamment créé en 2009 le concept d'Agrienergie®, qui permet de faire **cohabiter production agricole et production électrique renouvelable sur un même espace** dans des conditions qui garantissent la viabilité des deux systèmes.

Akuo a également créé **AkuoCoop**, une **plateforme de financement participatif** qui permet à tous les citoyens de financer des projets de centrales de production d'énergie renouvelable. Sur les 15 projets déjà financés par Akuo, plus de 15M€ ont déjà été prêtés par environ 5 500 personnes. Akuo déploie aujourd'hui ce financement sur toutes ses centrales et **souhaite donner également la possibilité aux habitants de Fontaine-Mâcon et d'Avant-lès-Marcilly d'investir leur capital dans ce projet de territoire**.



La société Agriterra a été créée en 2011 sur l'île de la Réunion afin d'exploiter les premiers terrains cultivés en **Agrienergie®, marque de l'agrivoltaïsme d'Akuo déposée en 2009**.

Depuis l'ouverture des bureaux en métropole en 2016, l'équipe d'Agriterra s'est spécialisée dans le **conseil, l'étude et l'accompagnement des projets agrivoltaïques, de l'origine des projets jusqu'à leur fin de vie**. Elle accompagne les équipes d'Akuo dans la mise en place d'un volet agricole durable et pertinent sur chaque projet.

En collaboration étroite avec les exploitants agricoles, Agriterra **adapte le design de la centrale et sélectionne les cultures les plus adaptées à mettre en place** en fonction du contexte pédoclimatique et des filières présentes sur le territoire, afin de créer de véritables synergies agronomiques avec les panneaux.



Description du projet contexte agricole et périmètre d'étude

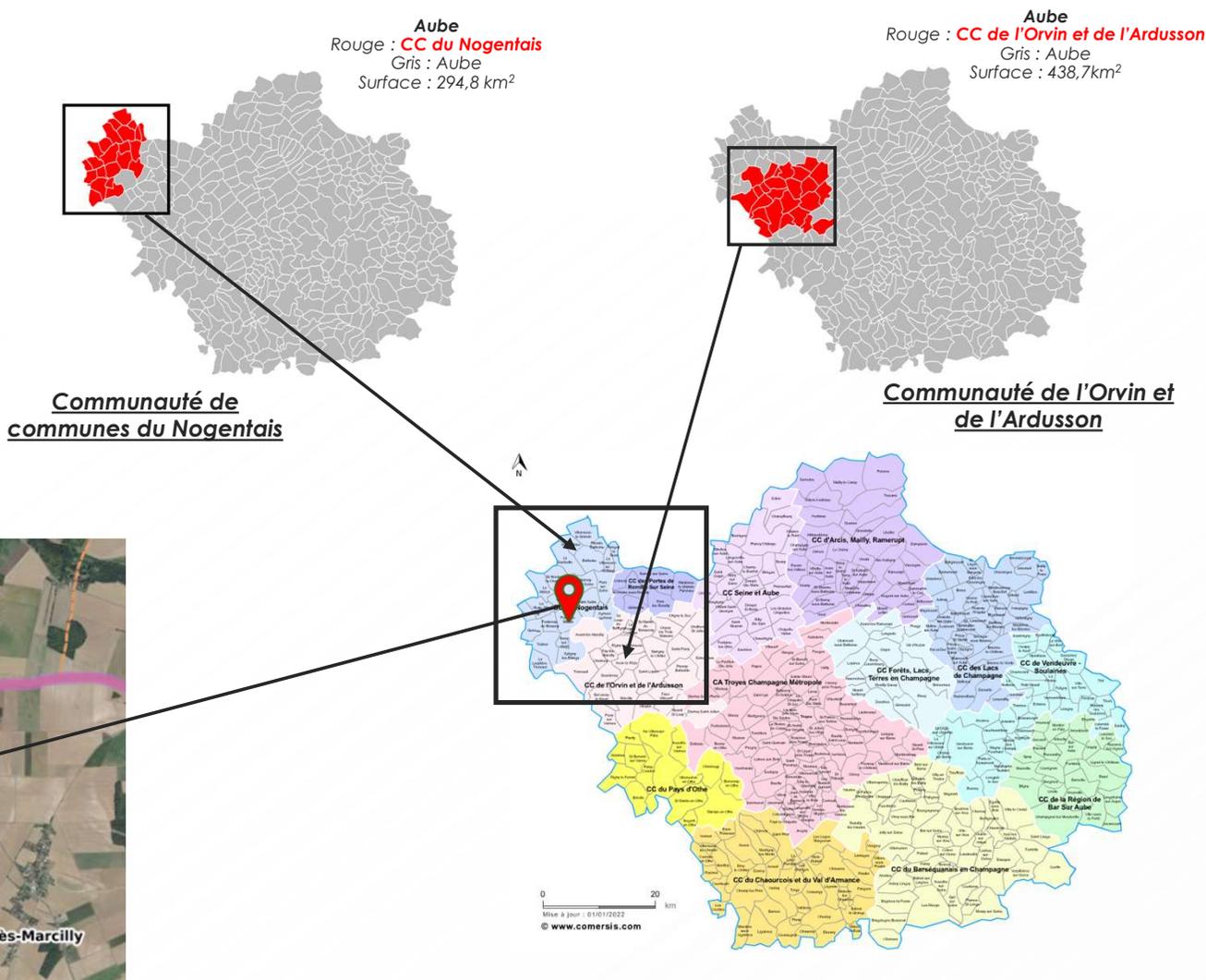
Localisation du projet

Le projet agrivoltaïque est situé sur les communes de **Fontaine-Mâcon** et **Avant-lès-Marcilly** dans le département de l'Aube, en région Grand-Est.

Fontaine-Mâcon se situe à **53 km au Nord-Ouest de Troyes**. En 2019, Fontaine-Mâcon comptait 621 habitants sur une superficie de 16 km². La commune appartient à la **Communauté de Communes (CC) du Nogentais**. Créée en 2007, elle regroupe 23 communes, 14 141 habitants, sur une superficie de 294,8 km² (source : Insee).

Avant-lès-Marcilly se situe à **48 km au Nord-Ouest de Troyes**. En 2020, Avant-lès-Marcilly comptait 503 habitants sur une surface de 18 km². La commune appartient à la **Communauté de Commune (CC) de l'Orvin et de l'Ardusson**. Créée en 2023, cette CC regroupe 25 communes, 8 440 habitants, sur une surface de 438,7 km² (Source: Insee).

Site d'étude:



Source : France Comersis

Source : Géoportail

Caractéristiques du parc agrivoltaïque



Plan Masse de la centrale agrivoltaïque

Projet Parc agrivoltaïque de Fontaine-Mâcon et Avant-lès-Marcilly

Emprise de la surface clôturée : **37,4 ha**

Surface Surface projetée au sol (couverte par les panneaux) : **10,4 ha soit 28 % de la surface clôturée**

Production **22,1 MWC** : équivalent de la consommation d'électricité annuelle de plus de **4 700 foyers**, soit plus de 40 % des ménages des communautés de communes concernées.

Technologie et dimensions

Trackers (panneaux mobiles suivant la course du soleil) - rangées Nord-Sud sur **grandes cultures** :

Hauteur des panneaux :

- Point le plus bas (début et fin de journée) : **30 cm**
- Point le plus haut (début et fin de journée) : **4,5m**
- Hauteur du pieu : **2,2m**

Espacement entre les rangées / fin de rangée :

- **13 m** de pied à pied entre les trackers / **18 m** entre la fin de la rangée et la clôture

Urbanisme Zones **A et RNU**

Maîtrise foncière

Promesse de **bail emphytéotique** sur les parcelles concernées (37,4 ha) sur 30 ans. Le détail **des relations contractuelles** entre les parties prenantes du projet se situe en annexe 6.

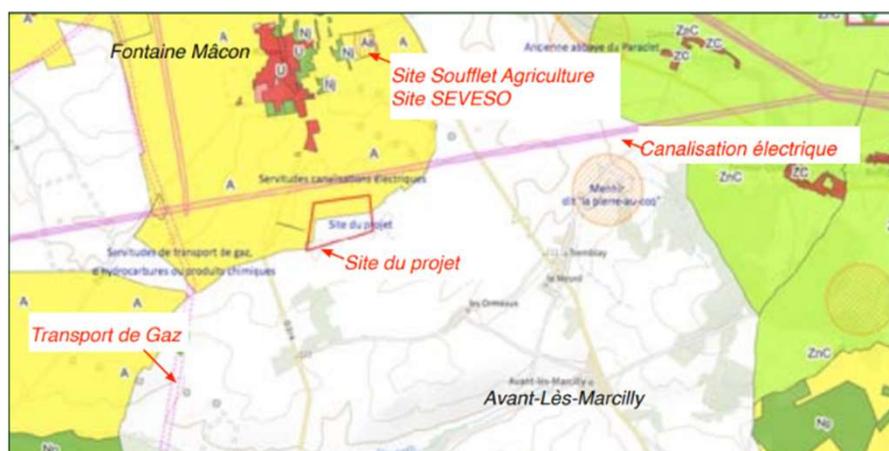
Historique du projet

Le propriétaire-exploitant a fait appel à Akuo pour développer un projet agrivoltaïque afin de pérenniser son exploitation agricole, notamment dans un contexte de réchauffement climatique pesant sur l'exploitation. Les derniers phénomènes de sécheresse observés par le propriétaire-exploitant tendent à devenir plus fréquents, à s'intensifier et avoir des conséquences négatives directes sur la gestion de ses cultures (manque d'eau, baisse des rendements...) Le projet agrivoltaïque détaillé dans cette étude a l'ambition de créer des synergies agronomiques (ombrage apporté aux cultures, système innovant d'irrigation...) et des synergies économiques (versement d'un loyer, investissements agricoles) pour sécuriser l'exploitation sur le long-terme.

Compatibilité avec les règlements d'urbanisme

Le projet s'inscrit sur le territoire de deux communes :

- La commune d'**Avant-lès-Marcilly** appartient à Communauté de Communes de l'Orvin et l'Ardusson. Elle n'a pas de document d'urbanisme spécifique, c'est donc le **Règlement National d'urbanisme (RNU)** qui s'applique.
- La commune de **Fontaine-Mâcon** appartient à la Communauté de Communes du Nogentais. Elle est dotée d'un **Plan Local d'urbanisme (PLU)** et les parcelles concernées sont en zone A.



Sur Fontaine-Mâcon, le règlement de la zone A autorise les ouvrages d'infrastructures ou de superstructures, les installations techniques, les installations et travaux constituant des équipements des services publics ou d'intérêt collectif ou y étant directement liés.

En tant que constructions et installations nécessaires aux équipements d'intérêt public et collectif, le projet d'installation agrivoltaïque est donc compatible avec le PLU de Fontaine-Mâcon.

Sur Avant-lès-Marcilly, le projet agrivoltaïque est autorisé en tant que « constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole, à des équipements collectifs dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole » ou « constructions et installations nécessaires à la mise en valeur des ressources naturelles (solaire) ».

Pacte Territorial de Relance et de Transition Energétique

Au niveau du **Pôle d'Equilibre Territorial et Rural (PETR) Seine en Plaine Champenoise** couvrant la Communauté de Communes du Nogentais et la Communauté de Communes de l'Orvin et l'Ardusson auxquelles appartient respectivement la commune de Fontaine-Mâcon et la commune d'Avant-lès-Marcilly, c'est le **Pacte Territorial de Relance et de Transition Energétique (PTRTE)** qui fixe les orientations stratégiques en termes d'énergies renouvelables. Celui-ci identifie comme enjeu saillant la recherche d'« **une plus grande autonomie énergétique en soutenant l'exploitation d'énergies renouvelables** (centrale solaire, éolien, éthanol, méthanisation...) ».

Le Pacte Territorial de Relance et de Transition Energétique (PTRTE) est l'**outil commun à la Région Grand Est et à l'Etat pour participer à la relance dans les territoires**. Il correspond au mariage entre le « Contrat Territorial de Relance et de Transition Ecologique (CRTE), prescrit par la circulaire du Premier ministre du 23 octobre 2020, et le « Pacte Territorial Grand Est », voté par le Conseil Régional le 12 décembre 2019. Ces contrats ont vocation à se substituer aux multiples dispositifs existants, qu'ils correspondent à des politiques de l'État ou à des initiatives du conseil régional, voire d'autres collectivités. D'une durée de 6 ans, **les PTRTE constituent un des outils du Plan de Relance, dont l'axe central est la transition écologique**.

Un Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) est en cours d'élaboration afin de conforter la stratégie du PETR aux échelles départementale, régionale et inter-régionale.

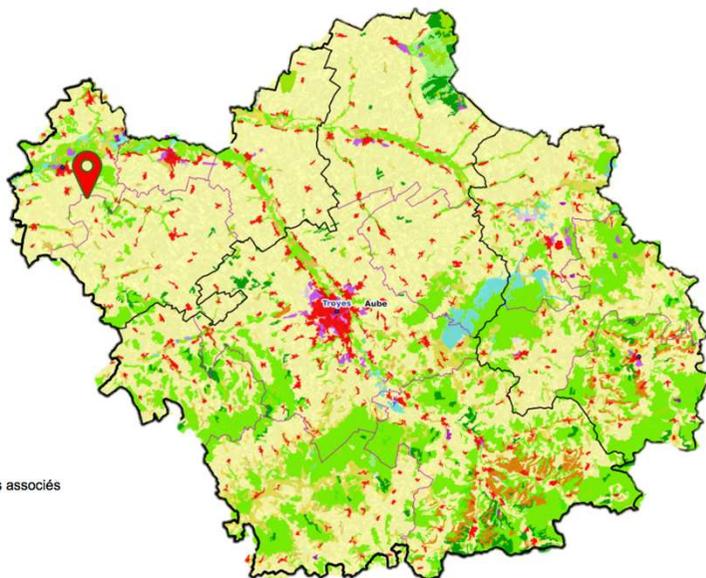
Le projet répond aux différents enjeux du PTRTE puisqu'il répond à la recherche d'une plus grande autonomie énergétique en soutenant l'exploitation d'énergies renouvelables.

Occupation du territoire et agriculture dans l'Aube

Occupation des sols de l'Aube

Légende Corine and Land Cover 2018

- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Forêts et végétation arbustive en mutation
- Plages, dunes et sables
- Végétation clairsemée
- Marais intérieurs
- Tourbières
- Marais maritimes
- Marais salants
- Zones intertidales
- Cours et voies d'eau
- Plans d'eau
- Lagunes littorales
- Estuaires
- Mers et océans
- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles ou commerciales
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aéroports
- Extraction de matériaux
- Décharges
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Vergers et petits fruits
- Prairies
- Systèmes cultureux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

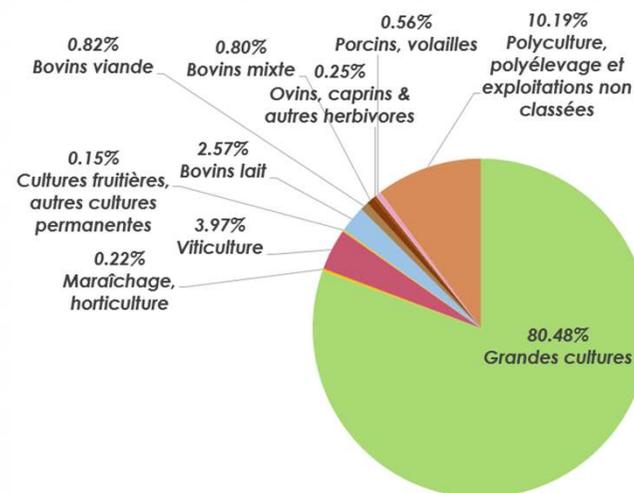


Source : Corine and Land Cover 2018

Dans l'Aube, **l'agriculture occupe environ 69% de la superficie du territoire**, soit 372 500 ha en 2020. Les espaces boisés couvrent 25,5% du département et près de 4% des surfaces sont artificialisées. Le reste de la surface (1,2%) est couvert par des zones humides et des surfaces en eaux. Entre 2009 et 2017, l'artificialisation des sols a progressé de 0,20 %, soit 1207,1 ha sur la période (source : DRAAF, 2022).

Deux systèmes d'exploitation caractérisent le département : les grandes cultures et la viticulture. **Plus des deux tiers des surfaces agricoles sont en grandes cultures** (301 556 ha) en 2018 et les céréales sont les principales cultures. **Les cultures industrielles** (betteraves, pomme de terre, chanvre, etc.) concernent 11% des terres arables et y présentent **de très bons rendements**. Les surfaces fourragères sont peu importantes dans l'Aube avec 10% du total régional. En effet, l'activité d'élevage fait face à un lent déclin depuis 2010.

La viticulture occupe une place importante (14 883 ha) au sud-est du département : elle représente 26% du vignoble de champagne et présente comme principales appellations l'AOC Champagne et le Rosé des Riceys. On retrouve également sur le département du **maraîchage** et de **l'arboriculture** sur de petites surfaces (moins de 1000 ha chacun) (Agreste, 2018). L'Aube est un département modérément boisé. C'est le plus petit producteur de bois de la région.



Répartition de la SAU dans l'Aube

Source données : AGRESTE
Source graphique : Agriterra

Le paysage agricole aubois

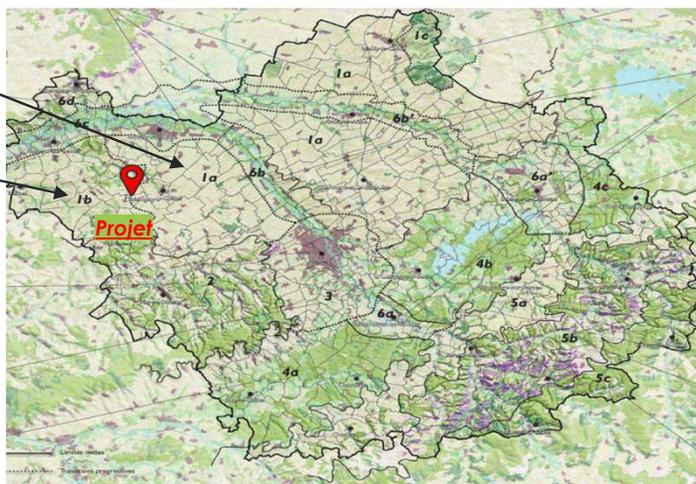
L'Aube est découpée en **5 petites régions agricoles**. Les parcelles du projet se situent dans le **Nogentais**.

Le Nogentais est une région agricole d'une superficie de 18 425 ha dont les productions principales sont les grandes cultures, notamment les **céréales et oléagineux**. C'est aussi une région où la transformation alimentaire est développée (cf p.22).

La Champagne Crayeuse, région proche du projet, aussi appelée la champagne « sèche » en raison de la porosité des sols, est une région d'une surface de 184 009 ha. C'est la région agricole la plus grande de l'Aube, majoritairement occupée par les **cultures céréalières** : un des greniers à blé de la France. C'est un plateau entièrement dédié à l'agriculture intensive caractérisé par un sous-sol crayeux et par un relief peu marqué (source: Parc Naturel Régional de la forêt d'Orient).

Le référentiel des paysages de l'Aube situe le projet au sein de l'unité paysagère : « **La Champagne Crayeuse et Pays de l'Orvin** » ainsi que « **La Champagne Crayeuse et la Plaine Bosselée** ». La Plaine Bosselée a un relief qui fait alterner ondulations et étendues de plaines. C'est en effet un paysage dominé par la grande culture. Tandis que Le Pays de l'Orvin est un relief animé de buttes et des vallées creusées et verdoyantes.

Carte des paysages de l'Aube



Source : Référentiel des Paysages de l'Aube

Petites régions agricoles de l'Aube



Source: Terres & vignes de l'Aube

Le département de l'Aube est riche d'entités paysagères diverses et contrastées, des **grandes plaines céréalières** de Champagne Crayeuse aux **coteaux viticoles du Barrois**, aux **crêtes boisées** du Pays d'Othe et aux **vallées** de l'Aube et de la Seine. Dans l'ensemble, le relief du département est relativement plat avec une altitude moyenne de 130 m.

Le relief de l'Aube est essentiellement composé de **roches calcaires** qui forment un paysage karstique caractérisé par une érosion de surface mais aussi de nombreuses cavités souterraines issues de la dissolution du calcaire par l'eau. Il en résulte un important **réseau hydraulique souterrain**, invisible en surface (Source : Référentiel des Paysages de l'Aube).

Effectifs et orientations économiques des exploitations agricoles

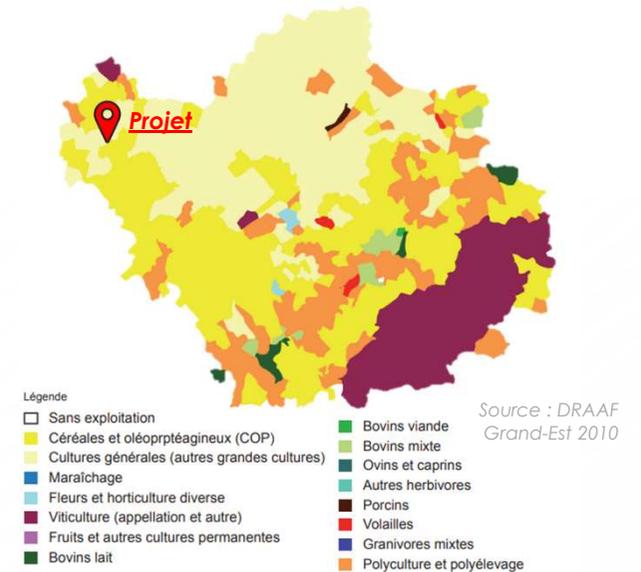
L'agriculture représente 6,5% des emplois du département, ce qui est **deux fois plus qu'au niveau régional**. En 2020, on compte **4 900 exploitations agricoles**. En valeur, **l'Aube représente 16 % des biens agricoles régionaux** produits en 2019 (Source : AGRESTE 2020).

Les grandes cultures représentent 34% de la valeur de la production agricole et 45% des exploitations du territoire. La sole céréalière est la culture la plus importante du département, elle occupe le 8^e rang français. Le département occupe le 1^{er} rang au niveau de la production de **chanvre**, le 2^e de production de **choucroute**, le 6^{ème} rang de la production de **pommes de terre** et le 9^{ème} de la production de **betteraves** (Source : AGRESTE).

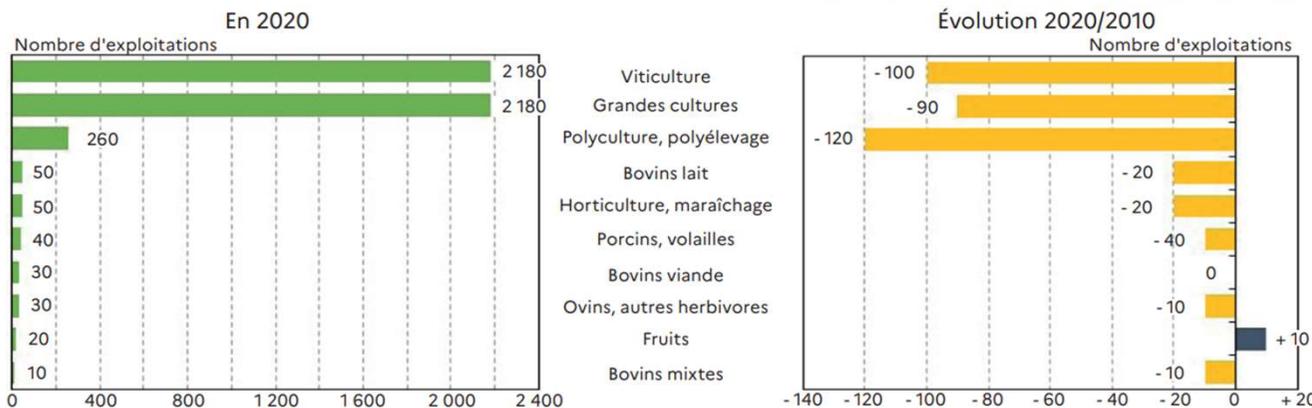
La viticulture représente 47% de la valeur de la production agricole auboise et 45 % des exploitations du territoire. Les structures viticoles sont de petite taille mais supérieures à la moyenne de la Champagne Viticole, respectivement 3,62 ha et 2,74 ha de vigne en moyenne.

Des signes de qualité ou d'origine sont également présents depuis plusieurs années : **AOC – AOP Champagne** et **l'AOC rosé des Riceys** pour la filière viticole. Il existe également des **AOP fromagères : Chaource, Brie de Melun et Brie de Meaux**. Plusieurs labels rouges sont produits dans l'Aube pour les viandes de bœuf et d'agneau. La choucroute produite dans l'Aube bénéficie également d'un label rouge (Source: AGRESTE).

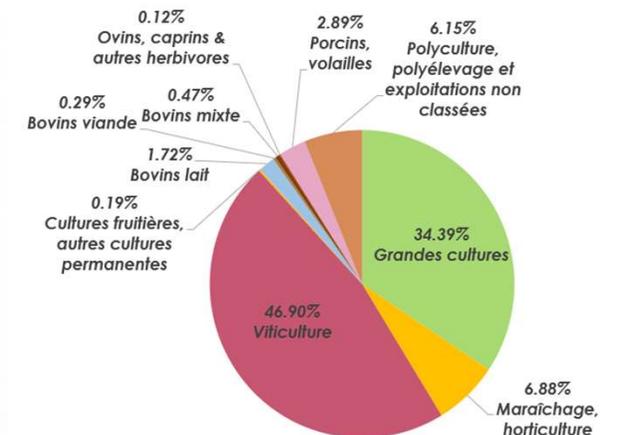
Spécialisation des exploitations agricoles dans l'Aube



Nombre d'exploitations par orientation économique des exploitations en 2020 et évolution dans l'Aube



Répartition de la production brute standard (PBS) en millier d'euros par OTEX dans l'Aube



Source données : AGRESTE
Source graphique : Agriterra

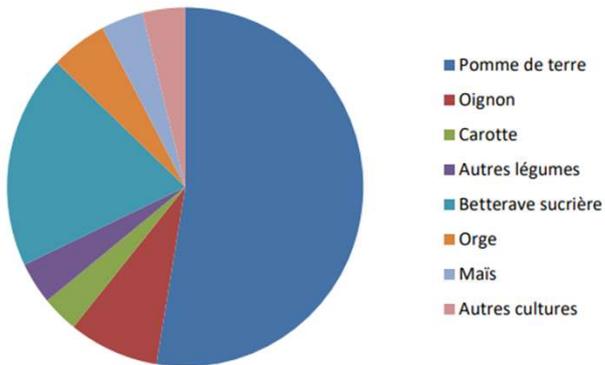
Irrigation dans l'Aube

Dans le département de l'Aube, l'irrigation s'est développée dans les années 2000 à 2010 permettant **l'installation de filières de production de légumes** dans la région. Les sols de craie sont tout particulièrement adaptés à ce type de production.

En 2019, les surfaces irriguées représentent 22 000 ha de cultures irrigables, **soit 6 % de la SAU**, elles correspondent aux surfaces pour lesquelles il y a une demande de quota, mais qui ne seront pas forcément irriguées. On peut estimer que **la moitié de cette surface est irriguée** (le volume attribué étant insuffisant, l'irrigant fait des choix de report d'irrigation sur certaines parcelles), **soit 3% de la SAU**, contre 5,9% au niveau de la France. L'Aube présente environ **300 points de prélèvements pour 200 exploitations irrigantes, soit 5 % des exploitations de l'Aube**, contre 15% en France.

Les ressources en eau de ces points de prélèvements proviennent de deux zones permettant une ressource abondante : la réserve de la craie et les corridors fluviaux. Les prélèvements d'eau proviennent à 99% des eaux souterraines. En dehors de ces deux zones, il y a très peu d'irrigation car la productivité en eau du sol est insuffisante et les prélèvements dans les petits cours d'eau crayeux ont été vite découragés par **la réglementation stricte de l'Aube : restriction rapide et sévère en cas de sécheresse, refus de nouveau forage**. Le projet se situe proche de plusieurs points de prélèvements car il est dans la zone « craie du Sénonais et du pays d'Othe », une zone de ressource abondante.

Demande de quotas d'irrigation dans l'Aube en m³ 2019



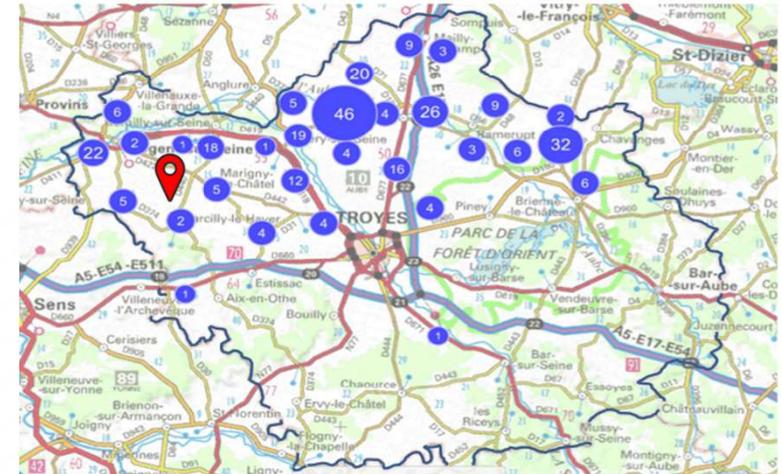
Source données : CA Aube, Haute Marne

Les productions irriguées concernent à **67% la production de légumes de plein champ** : pommes de terre de consommation, oignons, carottes, poireaux, céleris, choux à choucroute,...

En année sèche, **ce volume accordé est insuffisant et les cultures sont sous alimentées en eau**.

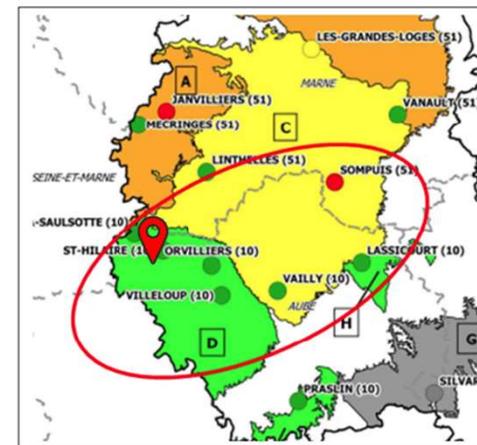
L'été 2023 en est un exemple : des restrictions au niveau de l'usage de l'eau pour les exploitations agricoles ont été mises en place au mois de juillet dans plusieurs secteurs du département.

Points de prélèvement pour l'irrigation dans l'Aube



Source : BNPE, 2017

Les masses d'eaux souterraines de l'Aube



- C** HG208 : Craie de Champagne Sud et Centre : nord de l'Aube et sud de la Marne. Sur 5.928 km²
 - D** HG209 : Craie du Sénonais et du Pays d'Othe. Moitié en Bourgogne, moitié sur l'Aube. Sur 4.328 km²
 - H** HG008 : Nappe alluviale de Brienne. Sur 122 km²
- Eau mobile dans la craie : entre 10 et 50 litres/m³ selon la porosité.

Sources données : CA Aube, Haute Marne

Justification du périmètre élargi retenu

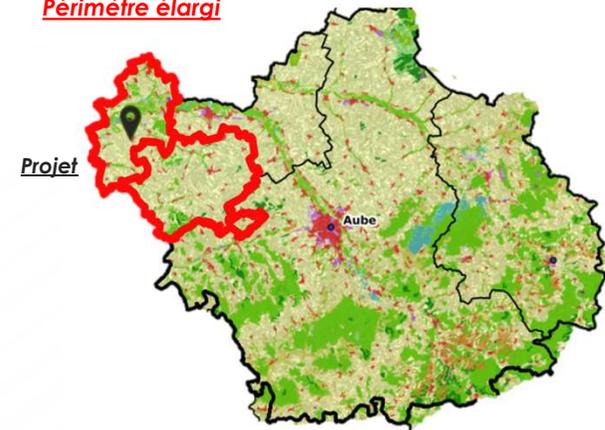
Le périmètre d'étude élargi de l'étude préalable agricole doit permettre une analyse et une compréhension du fonctionnement de l'économie agricole. Il peut être délimité en tenant compte de l'occupation du sol, de l'orientation économique des exploitations, des productions, du fonctionnement des exploitations et des filières, des caractéristiques pédologiques, et du découpage administratif du territoire.

Il est nécessaire d'avoir un périmètre suffisamment large (au-delà du territoire communal) pour s'assurer de la représentativité et de l'homogénéité des productions agricoles concernées, ainsi que pour vérifier s'il y a des productions spécialisées à forte valeur ajoutée.

L'occupation des sols du département est dominée par des terres arables et des boisements. En effet, dû à la nature des sols et au relief de cette zone, les grandes cultures céréalières y sont prédominantes. La **forêt occupe quant à elle près d'1/4** de la surface du département mais est inégalement répartie. Certaines régions sont presque exemptes d'arbres (moins de 5% en Champagne Crayeuse), tandis que d'autres sont à plus de 30% (Champagne Humide).

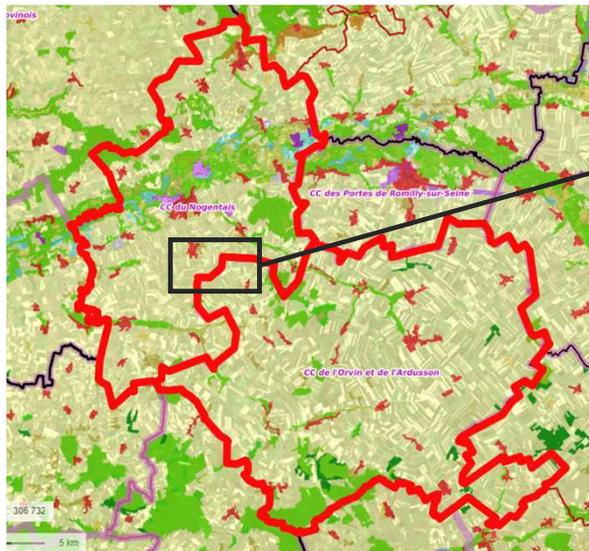
Au regard des caractéristiques agricoles et administratives, **le périmètre retenu correspond aux deux Communautés de Communes du Nogentais et de l'Orvin et de l'Ardusson**, qui compte en somme 47 communes. **Cette région est cohérente au niveau agricole (cf. partie 3.1.1).**

Périmètre élargi

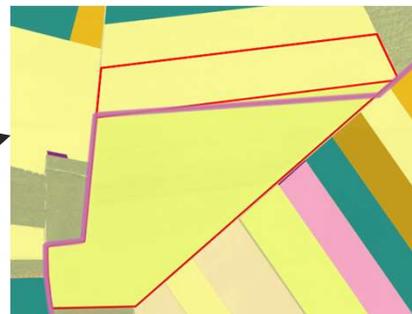


Source : Géoportail – Corine and Land Cover

Communauté du Nogentais et de l'Orvin et de l'Ardusson



Site d'étude



Source : RPG 2021

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| ■ Blé tendre | ■ Fourrage |
| ■ Maïs grain et ensilage | ■ Estives et landes |
| ■ Orge | ■ Prairies permanentes |
| ■ Autres céréales | ■ Prairies temporaires |
| ■ Colza | ■ Vergers |
| ■ Tournesol | ■ Vignes |
| ■ Autre oléagineux | ■ Fruit à coque |
| ■ Protéagineux | ■ Oliviers |
| ■ Plantes à fibres | ■ Autres cultures industrielles |
| ■ Semences | ■ Légumes ou fleurs |
| ■ Gel (surface gelée sans production) | ■ Canne à sucre |
| ■ Gel industriel | ■ Arboriculture |
| ■ Autres gels | |
| ■ Riz | |
| ■ Légumineuses à grains | |

Légende Corine And Land Cover

- | | |
|--|--|
| ■ Tissu urbain continu | ■ Forêts de feuillus |
| ■ Tissu urbain discontinu | ■ Forêts de conifères |
| ■ Zones industrielles ou commerciales | ■ Forêts mélangées |
| ■ Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés | ■ Pelouses et pâturages naturels |
| ■ Zones portuaires | ■ Landes et broussailles |
| ■ Aéroports | ■ Forêts et végétation arbustive en mutation |
| ■ Extraction de matériaux | ■ Plages, dunes et sables |
| ■ Décharges | ■ Végétation clairsemée |
| ■ Chantiers | ■ Marais intérieurs |
| ■ Espaces verts urbains | ■ Tourbières |
| ■ Equipements sportifs et de loisirs | ■ Marais maritimes |
| ■ Terres arables hors périmètres d'irrigation | ■ Marais salants |
| ■ Vergers et petits fruits | ■ Zones intertidales |
| ■ Prairies | ■ Cours et voies d'eau |
| ■ Systèmes culturaux et parcellaires complexes | ■ Plans d'eau |
| ■ Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants | ■ Lagunes littorales |
| | ■ Estuaires |
| | ■ Mers et océans |



Analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire retenu

Les chiffres clés de l'agriculture au sein du périmètre élargi (1/2)

Occupation du territoire

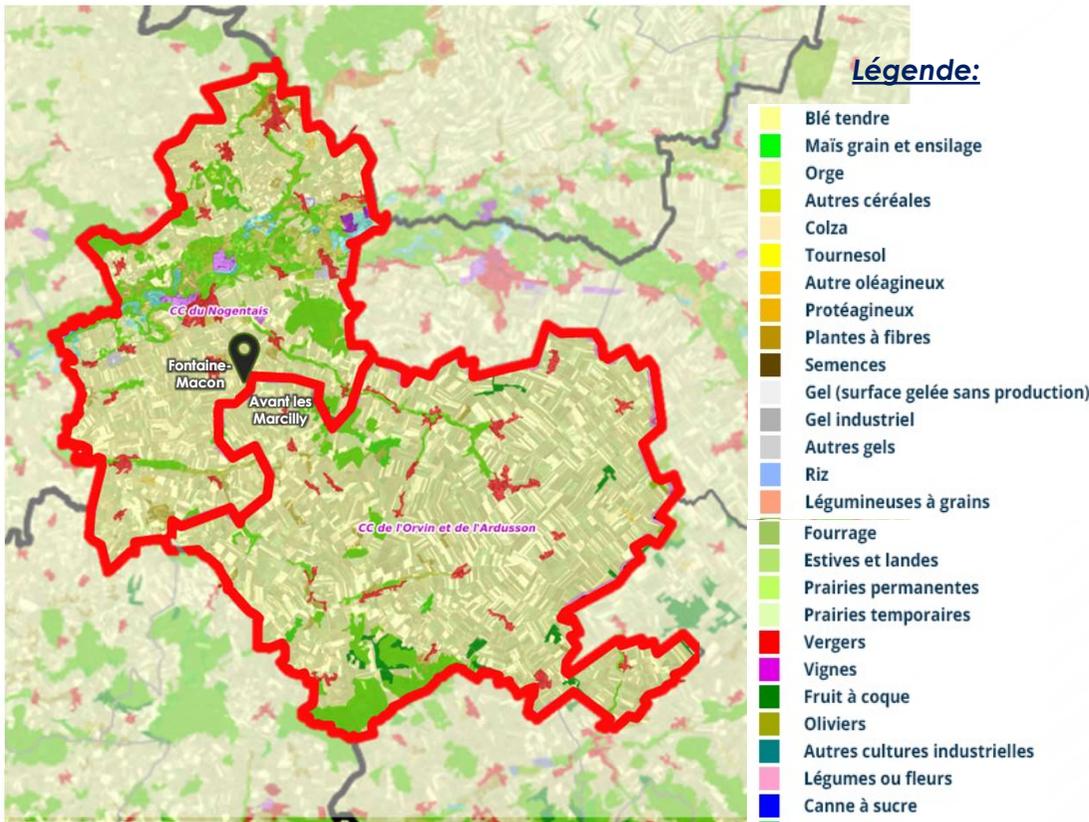
Assolement des communautés de communes du Nogentais et de l'Orvin et de l'Ardusson

La CC du Nogentais compte 172 exploitations agricoles et la CC de l'Orvin et de l'Ardusson en compte 244. Les deux territoires réunis comptabilisent près de **416 exploitations agricoles** en 2020. **L'agriculture représente 80% de la surface du territoire élargi.**

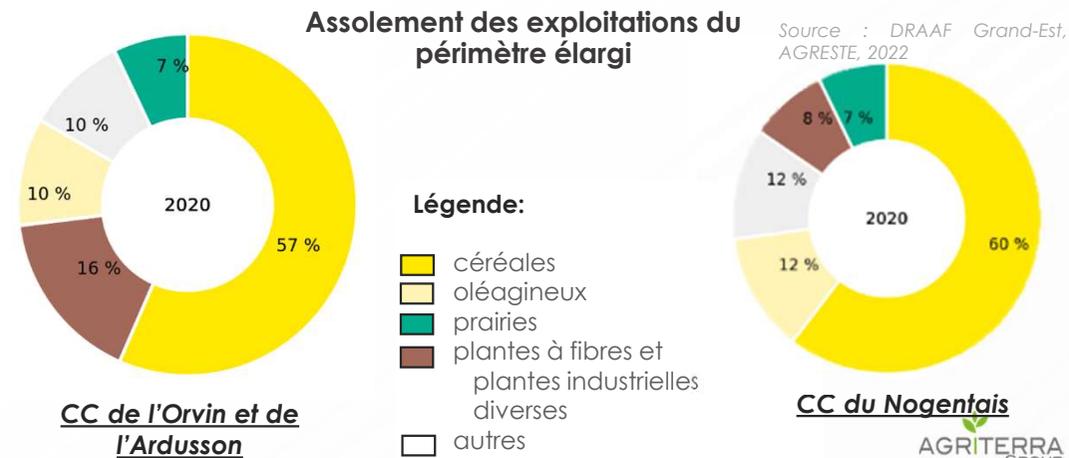
Les deux CC sont principalement occupées par **des cultures de céréales** (58% de leur SAU). Le reste est partagé entre les cultures d'oléagineux, les prairies et d'autres cultures. Les plantes à fibres et industrielles diverses sont davantage cultivées dans la CC de l'Orvin et de l'Ardusson (16%) que dans la CC du Nogentais (8%). Les plantes à fibres cultivées dans la région sont **le lin et le chanvre**. En effet, le Grand Est concentre 6% des surfaces nationales de plantes à fibres. Avec 6 500 ha de **chanvre industriel, la région occupe la 1ère place** des régions françaises avec 71% des surfaces. **Le lin textile** occupe 1 300 ha soit **1% des surfaces françaises**. Les autres plantes à fibres sont peu présentes dans la région.

L'élevage est légèrement présent sur les deux CC, **seulement 10% de la SAU du Nogentais et 2 % de l'Orvin et l'Ardusson** y sont dédiées (bovins, ovins, volailles).

Au total des deux CC, **environ 9% de la SAU du territoire est irriguée** en 2020 notamment les surfaces en pommes de terre et en culture de plantes à fibres et industrielles. Également, **11% de la SAU totale est dédiée à des cultures biologiques**.



Source : RPG 2021



Les chiffres clés de l'agriculture au sein du périmètre élargi (2/2)

Effectifs et orientations économiques des exploitations agricoles

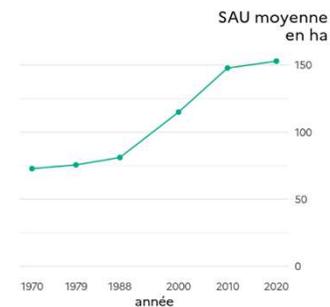
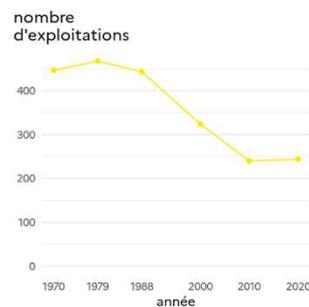
Environ 75% des exploitations sont spécialisées en grandes cultures. Le reste des exploitations se spécialise en production viticole (19%), de légumes ou champignons (2%), et en polyculture élevage (5%). **Les communes des deux CC subissent un recul des exploitations en polyculture élevage** : en 10 ans, l'effectif du cheptel a diminué d'environ 40%. En 2020, l'élevage d'ovin dans la CC du Nogentais n'existe plus alors que le nombre de têtes a augmenté dans la CC de l'Orvin et de l'Ardusson. De même, l'élevage de bovins a subi une légère baisse depuis 2010, mais reste stable par rapport aux autres élevages. (source : DRAAF, 2022).

Le secteur agricole est un des secteurs les plus importants du territoire, représentant en moyenne près de 15% des emplois locaux dans le périmètre élargi. Cela montre la prépondérance de l'agriculture dans l'économie territoriale dont la main d'œuvre permanente est majoritairement représentée par des chefs d'exploitations (49%). Cependant, dans l'ensemble, **la main d'œuvre agricole tend à diminuer depuis 2010** surtout pour les coexploitants familiaux. De plus, l'âge des chefs d'exploitation est en moyenne entre 55 et 60 ans. **La question du devenir des exploitations agricoles touche environ 20% des exploitations du territoire**, surtout dans la CC du Nogentais.

La surface agricole de la CC du Nogentais tend à diminuer, avec une baisse de 8% de la surface agricole utile ainsi que le nombre d'exploitations (-17%) depuis 2010. A contrario la **CC de l'Orvin et de l'Ardusson voit une hausse** de 5% de sa surface agricole ainsi que dans le nombre de ses exploitations avec une hausse de 2% depuis 2010.

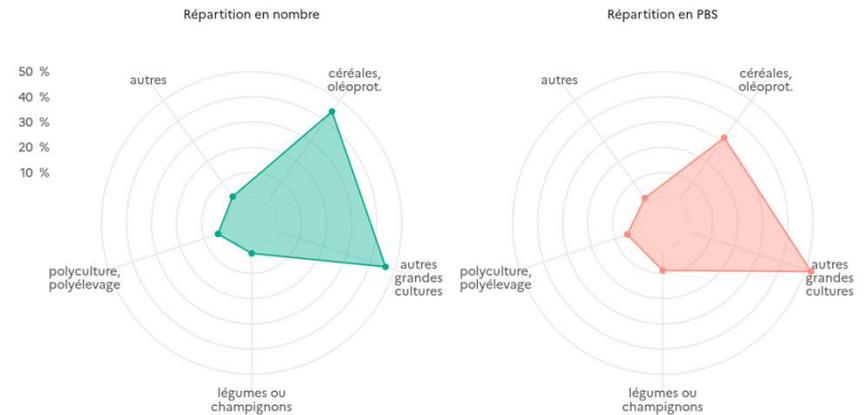
En parallèle est observé un agrandissement de la surface agricole des exploitations, qui ont crû de en moyenne dans les deux CC de 20% en l'espace de 10 ans. Il y a ainsi **moins d'exploitations sur le territoire, mais ces dernières sont d'une plus grande envergure** (source : Agreste – recensements agricoles 2010-2020).

Evolution du nombre d'exploitations et de la SAU moyenne dans la CC de l'orvin et de l'Ardusson

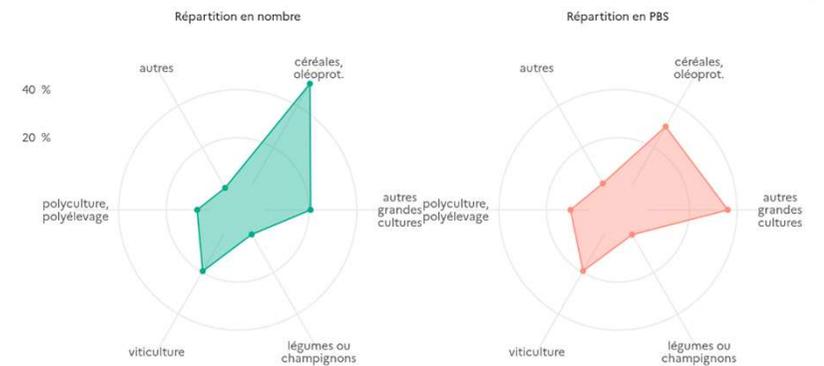


Source données : DRAAF, 2022

Orientation technico-économique des exploitations de la CC de l'Orvin et de l'Ardusson



Orientation technico-économique des exploitations de la CC du Nogentais



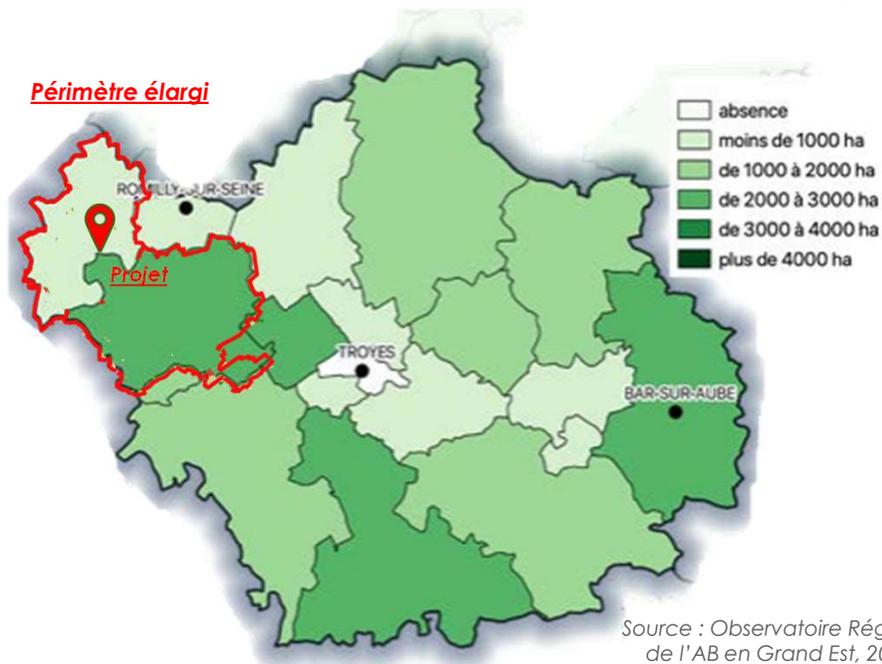
Source données : DRAAF, 2022

Circuits courts et démarches de qualité (1/2)

Agriculture Biologique

L'agriculture biologique est assez **peu présente sur le territoire** : seulement 8 exploitations sont certifiées ou en conversion en 2020 dans la CC du Nogentais et 15 dans la CC de l'Orvin et l'Ardusson. On remarque malgré tout une progression de 400% dans l'Orvin et l'Ardusson en 10 ans. Aujourd'hui, **6% des exploitations dans cette CC sont en bio**. Les productions de **céréales, oléagineux et protéagineux** représentent 70% de la surface de l'agriculture biologique sur le territoire. (Source : DRAAF, 2022).

Surface bio dans l'Aube



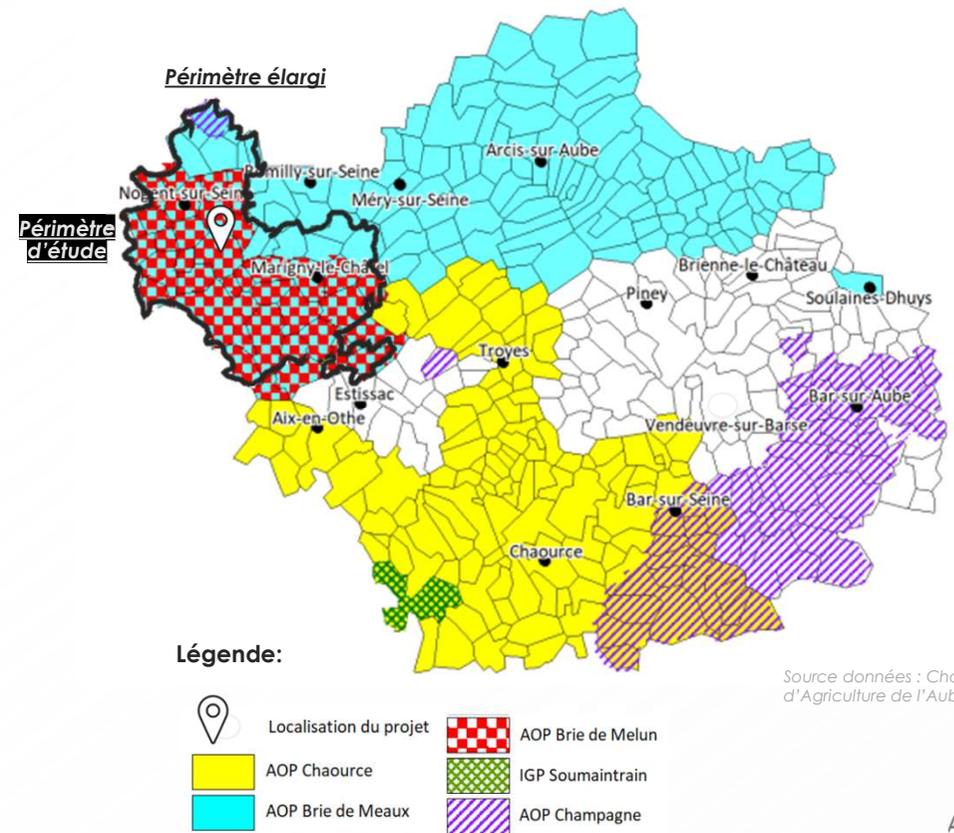
Signes officiels de la qualité et de l'origine (SIQO)

Deux AOP sont reconnues sur le périmètre élargi :

- Le Brie de Meaux
- Le Brie de Melun



Zones de signes d'identification de la qualité dans l'Aube



Circuits courts et démarches de qualité (2/2)

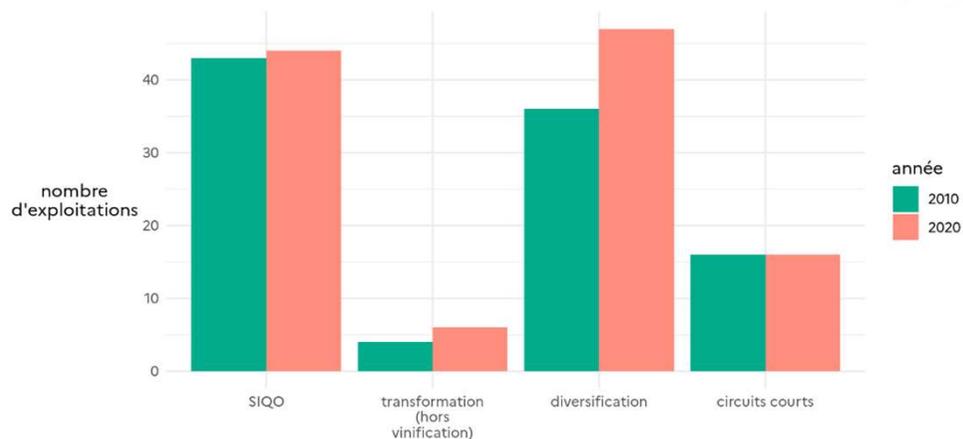
Démarche de valorisation:

Le territoire compte ainsi près de 416 exploitations réparties autour des 48 communes qui le compose. Parmi elles, **seulement 90 sont engagées dans une démarche de valorisation**. Ce qui représente environ 20% des exploitations agricoles du territoire.

Ces exploitations sont surtout engagées dans la **diversification** de leur production, la vente en circuits courts et la production de produits classés **SIQO**. En effet, plus **de 25% des exploitations** sont engagées dans une démarche de valorisation et de SIQO (surtout dans la CC du Nogentais). Enfin, **moins de 10%** des exploitations sont engagées dans une démarche circuits courts, même si ce pourcentage est en baisse depuis 2010 (-5%).

En conclusion, les secteurs de **l'agriculture biologique** et de la vente en **circuit court** sont ainsi **sous-représentés** sur le territoire, et ne sont présents qu'en minorité comparés à l'agriculture conventionnelle. Cependant, la **valorisation** des produits et les **SIQO** sont en **constante croissance** depuis 2010 et confirment la valeur ajoutée que cela apporte aux productions et donc aux exploitants.

Nombre d'exploitations de la CC du nogentais engagé dans une démarche de valorisation



Nombre d'exploitations de la CC de l'Orvin et de l'Ardusson engagées dans une démarche de valorisation



Filières agricoles (1/2)

Les grandes cultures et cultures industrielles, socle de l'économie agricole du territoire

Les deux principaux débouchés des grandes cultures sont les **coopératives** (principalement) **ou les négociants**.

Les 2 coopératives principales sont **Soufflet** et **Vivescia**. Les exploitations qui travaillent avec des négociants **stockent leur production** : cela complique le travail des agriculteurs (suivi du cours de céréales, des bonnes conditions de stockage...) mais permet **une meilleure valorisation des récoltes**.

Les agriculteurs travaillent également avec de nombreux partenaires et prestataires :

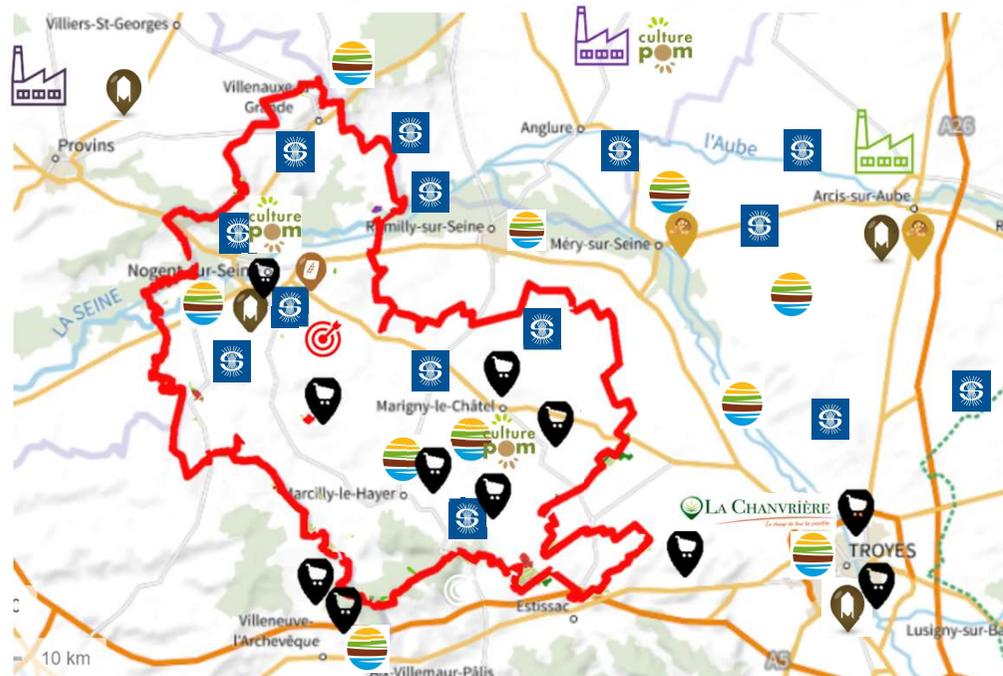
- Des fournisseurs d'intrants et de produits phytosanitaires ;
- Des concessionnaires en machinisme agricole ;
- Des fournisseurs de semences ;
- Des fournisseurs de matériel divers, utiles à l'exploitation

Des **organismes de collecte, de stockage, de lavage et de conditionnement de pomme de terre et d'oignons** sont présents sur le territoire. Les productions sont ensuite revendues sur le marché du frais en grande distribution (Carrefour, Leclerc, etc.) Des sucreries sont également présentes.

La **filière du chanvre** est également particulièrement développée sur le territoire avec la présence de la coopérative La Chanvrière de l'Aube près de Troyes, et Planète Chanvre à 60km du projet qui produit, transforme et commercialise la culture.

Les villes de Troyes, Romilly-sur-Seine, Nogent sur Seine, Marigny-le-Chatel et Marcilly-le-Hayer concentrent plusieurs **points de distribution** assurant des débouchés pour les productions locales.

Les principaux partenaires économiques des exploitations agricoles sur le territoire



Sources données : Passion Céréales, Agreste
Source carte : Agriterra

-  **Projet agriPV**
-  **Soufflet**
-  **Vivescia**
-  **Points de distribution**
-  **Organisme stockeur**
-  **Brasserie**
-  **Moulin**
-  **Sucrerie Tereos**
-  **Sucrerie Cristal Union**
-  **Sucrerie Lesaffre Frères**
-  **Collecte, stockage, conditionnement, lavage pomme de terre**
-  **Coopérative La Chanvrière de l'Aube**

Filières agricoles (2/2)

Zoom sur le lin fibre, prévu d'être introduit dans le projet

Le lin fibre est une plante herbacée annuelle cultivée principalement pour ses fibres **valorisées en industrie textile**. Il présente un intérêt pour la diversification de l'assolement et l'allongement des rotations. La culture est particulièrement développée en Europe, notamment en France, grâce aux sols adaptés et aux conditions climatiques tempérées, compatible avec la phase de rouissage de lin, qui nécessite une alternance de pluie et soleil.

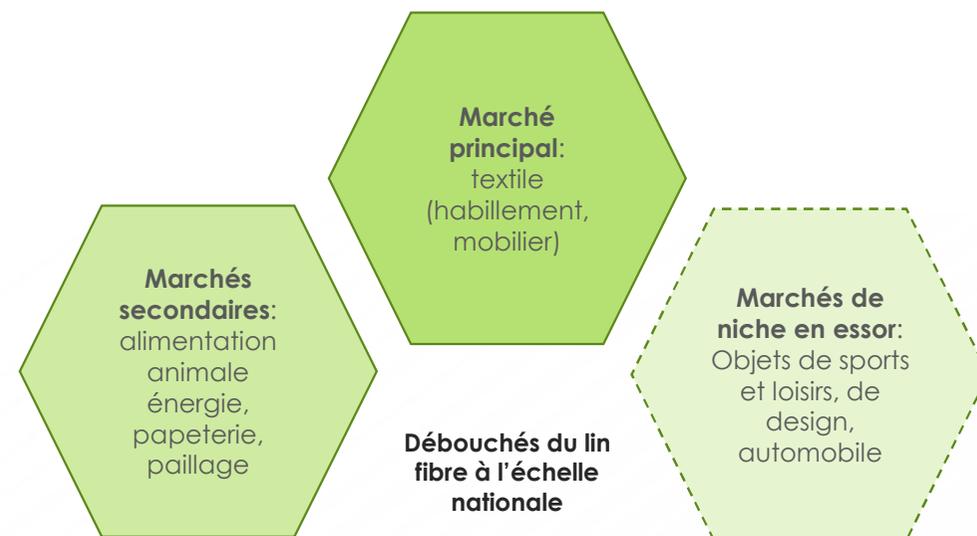
Le marché du lin fibre est caractérisé comme **un marché « en croissance »**, soutenu par un regain d'intérêt pour les fibres naturelles vis-à-vis des fibres synthétiques et artificielles. Le Grand-Est concentre 1% des surfaces françaises de lin textile et la Marne représente plus de 50% des surfaces régionales dédiées à la production de semences de lin.

Depuis 10 ans, les surfaces de lin fibre augmentent de façon continue en France (+133% entre 2011 et 2020) et la profession est **à la recherche de nouvelles surfaces pour produire**. Ses prix sont également rémunérateurs et permettent aux agriculteurs de conjuguer une culture à la fois **rentable** et **peu impactée** par la hausse conjoncturelle des coûts de production.

Les capacités de transformation de paille ont doublé en moins de 10 ans, et l'augmentation a été recensée non seulement au niveau du nombre d'équipes, mais surtout un renouvellement des lignes de teillage avec des équipements plus performants.

Cette culture est historiquement produite en Normandie et Hauts de France grâce à la présence d'usines de teillage qui permettent sa valorisation. Une unité de première transformation, « Devogèle », est néanmoins présente en Seine-et-Marne, département proche de l'exploitation partenaire du projet. En effet, **l'exploitation se situe à moins de 60 km de l'usine de teillage**.

(Sources: Terre-net, « Le marché du lin fibre s'inscrit dans une dynamique structurelle » (2022) ; LaFranceAgricole, « Filière: Le lin fibre, un marché dynamique » (2022); EuraMaterials, « Le lin, cette plante-matière millénaire et innovante, se plaît en Hauts-de-France » (2021); IDF CA, « Filière lin textile » (2020); NatUp Coop, « Communiqué de Presse 29 mai 2020 »)



Champ de lin en fleurs Normandie © Alliance et Culture 2020



Source : Union machines

Exploitation concernée par le projet

Description de l'exploitation

| Description de l'exploitation | |
|-----------------------------------|--|
| Siège de l'exploitation | Fontaine-Mâcon |
| Exploitation agricole | Les terres sont mises en valeur par 2 structures sociétaires gérées par M. Charles Boynard |
| OTEX | Grandes Cultures Cultures Légumières |
| Main d'œuvre | 1 gérant 1 CDI temps plein 1 CDI temps partiel 2 ETP saisonniers |
| SAU de l'exploitation | 205,92 ha + 125 ha |
| SAU impactée par le projet | 38 ha |

Historique de l'exploitation

Cela fait plus de **100 ans** que cette exploitation est dans la famille de M. Boynard. C'est en 1976 que M. Jean Jacques Boynard récupère l'exploitation et double la SAU jusque dans les années 90.

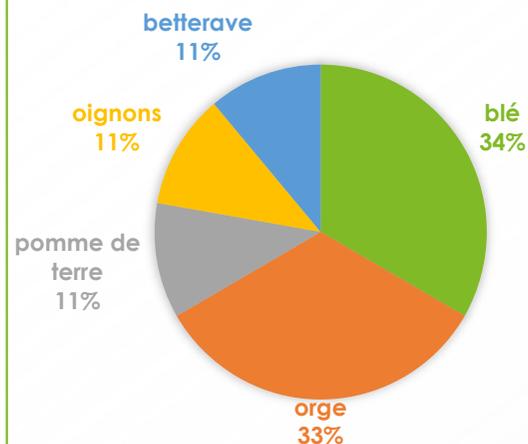
En 2007, **M. Charles Boynard** crée une seconde entité juridique et agrandit de **plus de 30% la SAU totale**. A la suite de quoi, il simplifie et restructure l'organisation de l'exploitation et développe un **volet de production d'énergie renouvelable, solaire, en toiture** (0,4 MW).

Partenaires économiques amont :

| Partenaires | Productions ou ateliers concernés |
|--|--|
| Val Légumes | Fournisseur client oignons |
| EAT | Conseil technique phyto, agro et environnement |
| Culture POM | Fournisseur client PDT |
| Vivescia et Soufflet Agriculture | Fournisseurs client collecte |
| Cristal Union | Fournisseur client betteraves |
| CER France NEIDF, Baillot et Associés | Partenaire comptable |
| ETA | Victor Agri: Moisson Ferme de Fontenay : Pomme de terre, oignons et betteraves Boynard : Pomme de terre Boissy : Betteraves |
| Solapro et GC solaire | Solaire |
| CUMA | Utilisation de matériel pour l'irrigation des oignons et PDT |

Productions végétales :

ASSOLEMENT DE L'EXPLOITATION



Les deux SCEA de M. Boynard sont essentiellement dédiées à la production céréalière en **grande culture** et aux **légumes de pleins champs** en conventionnel. Ces cultures sont entièrement destinées à la vente.

Son assolement est aujourd'hui majoritairement composé de **blé et d'orge**. Les parcelles concernées par le projet sont exploitées sur des rotations de **9 ans** : **Blé – Orge – PDT – Blé – Orge – oignon – Blé – Orge – Betterave**

Des cultures intermédiaires sont semées avant toutes les cultures de printemps.

Productions agricoles sur le site

Les cartes ci-dessous illustrent les cultures présentes sur l'emprise du projet sur 4 ans (source : RPG).

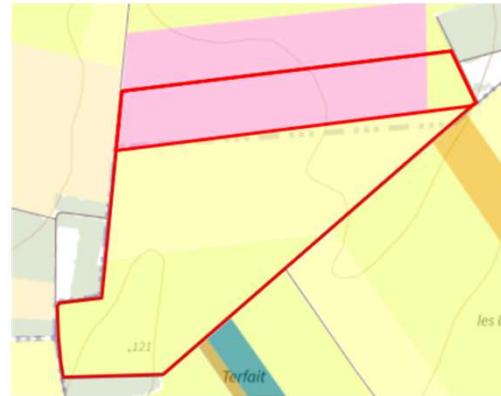
Cultures 2021

Orge d'hiver, Blé tendre d'hiver



Cultures 2020

Pomme de terre, Blé tendre d'hiver, Orge de printemps



Cultures 2019

Orge de printemps, pomme de terre, Betterave non fourragère



Cultures 2018

Orge de printemps, Blé tendre d'hiver



Légende :

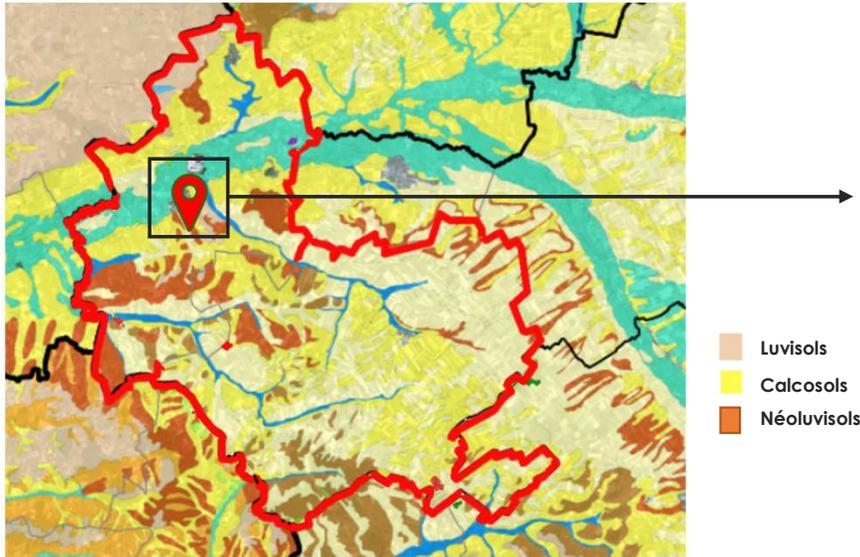
| | | | |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------|
| | Blé tendre | | Fourrage |
| | Maïs grain et ensilage | | Estives et landes |
| | Orge | | Prairies permanentes |
| | Autres céréales | | Prairies temporaires |
| | Colza | | Vergers |
| | Tournesol | | Vignes |
| | Autre oléagineux | | Fruit à coque |
| | Protéagineux | | Oliviers |
| | Plantes à fibres | | Autres cultures industrielles |
| | Semences | | Légumes ou fleurs |
| | Gel (surface gelée sans production) | | Canne à sucre |
| | Gel industriel | | Arboriculture |
| | Autres gels | | |
| | Riz | | |
| | Légumineuses à grains | | |

Photo d'une partie des parcelles



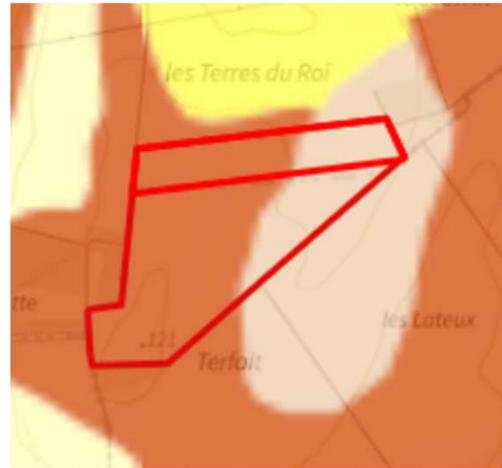
Potentiel agronomique (2/2) : type de sols

Périmètre élargi



Source : Géoportail, 2022

Site d'étude



Les parcelles du projet ont un bon potentiel agronomique. Profondes d'environ 50cm, **elles présentent de bons potentiels de rendements, semblables ou supérieurs à la moyenne des rendements du département.**

5 ha à l'extrémité Est des parcelles ont une profondeur de sol plus faible (25cm), ce qui a un impact très net sur les rendements. Cette zone est visible sur la carte des types de sol, et correspond à la zone « luvisols ».

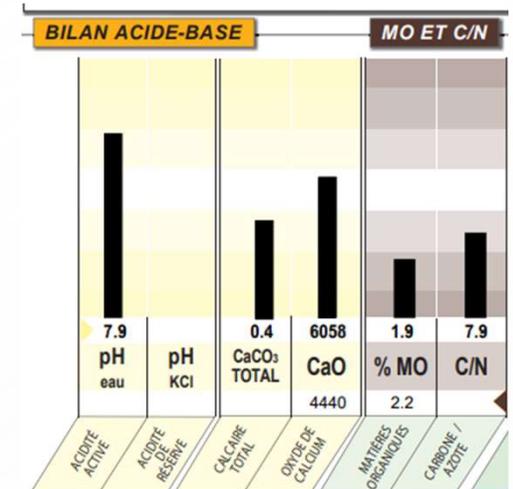
Le tableau ci-dessous synthétise les rendements moyens des cultures de l'exploitation. Les parcelles visées pour le projet présentent des rendements qui tirent à la hausse (environ 15%) la moyenne des rendements de l'exploitation,

| Moyenne rendements 6 ans (t/ha) | | | |
|---------------------------------|------|-------|-----------|
| Blé | Orge | Pdt | Betterave |
| 7,88 | 7,50 | 46,22 | 70,24 |

Sur les deux communes du projet, le sol est un sol des collines non calcaire sur matériaux d'altération de la craie (néoluvisol à 48%) et c'est également un sol des plaquages limoneux sur les collines de la zone aval de la Seine (luvisol à 94%).

Les luvisols sont des **sols épais** (plus de 50 cm) caractérisés par l'importance des processus de **lessivage vertical** de particules d'argile et de fer essentiellement. Les néoluvisols sont des sols **proches des luvisols** mais dont les processus de lessivages sont moins marqués.

Les **analyses de sols de l'exploitant** (en annexe) témoignent d'un sol **limon-argileux** à **pH alcalin** (7,9). Ces analyses montrent un **faible rapport C/N** ce qui signifie une faible libération d'azote assimilable. De plus, le **phosphore** a du mal à se fixer dans le sol, contrairement au **potassium** grâce à une **CEC élevée** (qui permet de limiter le lessivage et de bien libérer les réserves du sol). L'assimilabilité des **oligo-éléments** est faible ce qui signifie une mauvaise disponibilité des réserves.



Extrait analyses de sol des parcelles

Contexte climatique du territoire

Prévisions des impacts du réchauffement climatique sur la production agricole

Le dernier rapport du GIEC publié en 2022 continue d'alerter sur l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes météorologiques extrêmes liés au changement climatique. **Chaleurs extrêmes, périodes de sécheresse, précipitations vagues de chaleur et les sécheresses plus fréquentes et auront des impacts directs négatifs sur la production agricole.**

Les canicules cinquantennales (survenant tous les 50 ans avant le réchauffement) pourraient par exemple être multipliées jusqu'à 40 fois avec un dépassement du réchauffement de 4°C. **La France est directement concernée par cette menace : les vagues de chaleur et les sécheresses plus fréquentes sont déjà observables.** La canicule de 2003 a par exemple entraîné une perte d'environ 20% des récoltes de blé en France. L'été moyen de la fin du siècle en France pourrait être similaire à celui de 2003 (source : Sylvestre Huet, 2022).

Certains secteurs du territoire d'étude sont concernés par des arrêts sécheresse pris par la préfecture en période estivale. En juillet 2023 par exemple, des villes situées à moins de 20km des parcelles du projet sont dans des niveaux d'alerte renforcée, menant à une **réduction des quotas d'irrigation attribués aux agriculteurs.**

C'est notamment dans ce **contexte de restriction de l'usage de l'eau et de réchauffement climatique** que le propriétaire-exploitant des parcelles a souhaité développer un projet agrivoltaïque.

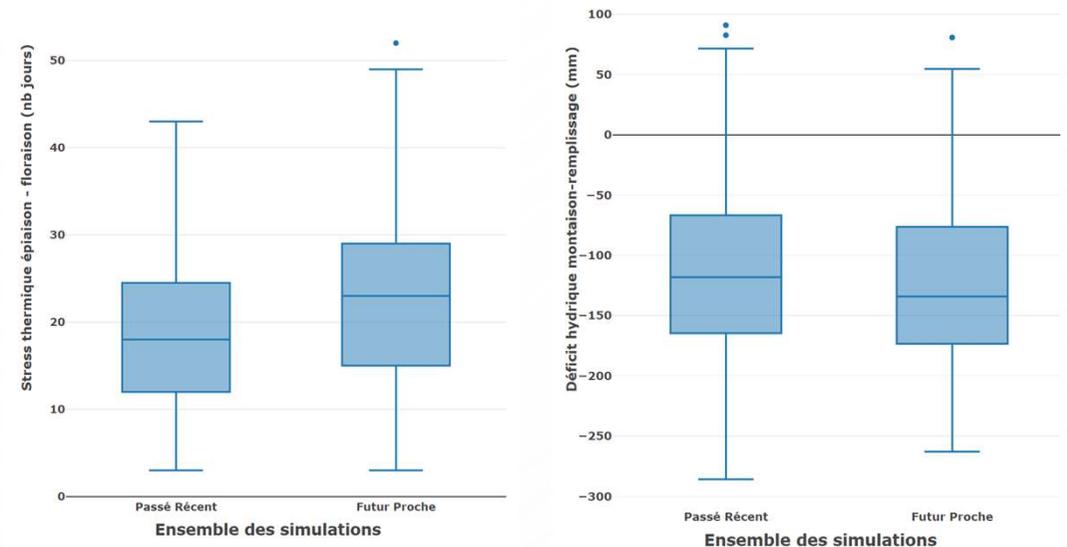
La partie 4 de l'étude préalable agricole détaillera les **services agronomiques apportés** aux cultures par les panneaux en termes de **protection contre les aléas climatiques**, principalement de type sécheresse.

En effet, l'apport d'un microclimat sur la parcelle via **l'ombrage** permettra de réduire l'évapotranspiration des cultures et par conséquent leur stress hydrique. **Cet effet sera notamment bénéfique lors des années sèches**, prévues d'augmenter dans les années à venir selon les derniers rapports du GIEC.

La technologie d'irrigation prévue sur le projet et son pilotage précis auront également pour objectif **d'économiser la ressource en eau.**

L'application CANARI permet de visualiser **l'évolution de plusieurs Indicateurs Agro-Climatiques spécifiques à des productions agricoles selon différents scénarios du GIEC.** Chaque indicateur est calculable localement sur l'ensemble de la France métropolitaine pour la période du Futur Proche (période 2020-2050) et du Futur Lointain (2050-2100) selon une approche multi-modèles, permettant de cerner une plus grande variabilité des évolutions climatiques à venir.

Deux indicateurs relatifs à la production céréalière sont représentés ci-dessous selon le scénario RCP 4.5 (intermédiaire, plutôt optimiste) et basé sur la géographie des parcelles : **le stress thermique** de l'épiaison à la floraison (en nombre de jours) et le **déficit hydrique** de la montaison jusqu'au remplissage des grains (en mm). Les graphiques indiquent **une augmentation de ces deux indicateurs.** L'augmentation du stress thermique peut ralentir voire stopper la photosynthèse – phénomène d'échaudage – et donc pénaliser fortement les rendements. Les épisodes caniculaires renforcent également les phénomènes de transpiration et d'évapotranspiration potentielle. En cas de stress hydrique, de forte chaleur ou de soleil trop ardent, les stomates des plantes se referment, permettant de conserver leur eau. La respiration du végétal est interrompue ainsi que la photosynthèse, puisqu'il ne peut plus capter et métaboliser le CO₂.



Source : Application Canari, simulation sur la station la plus proche du projet

Analyse fonctionnelle du site d'étude

L'accès au site d'étude se fait par la D374, route reliant Fontaine-Mâcon à Avant-lès-Marcilly.

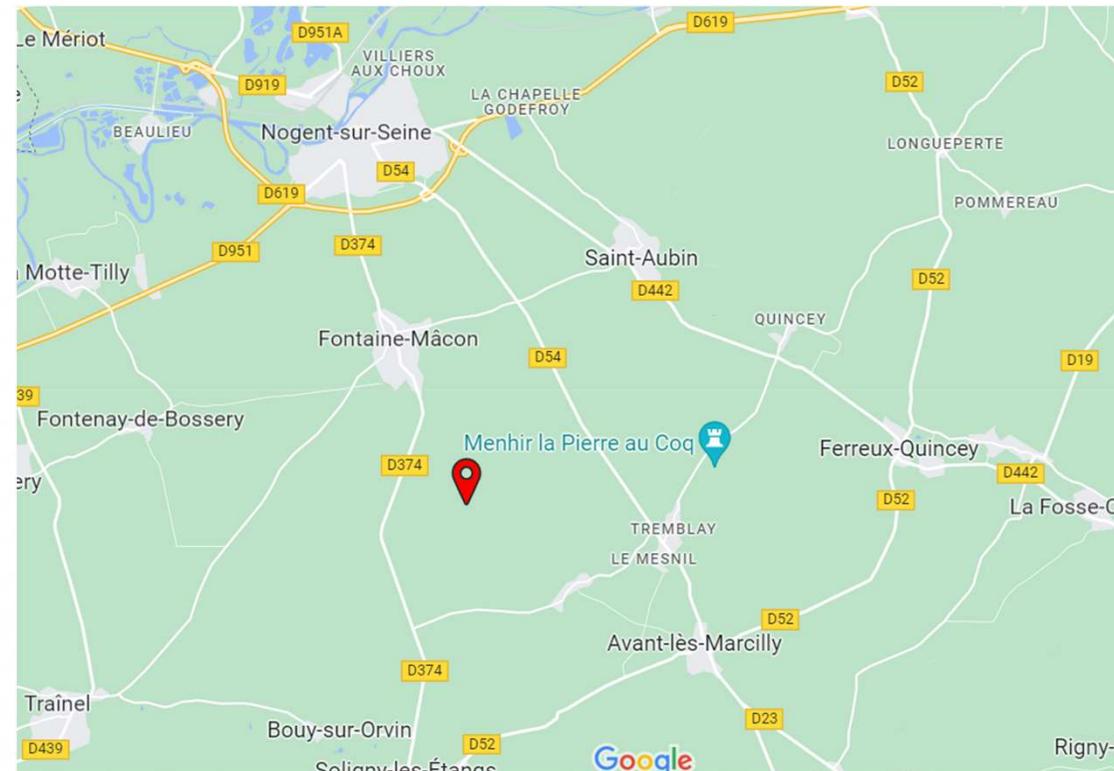
La fonctionnalité des parcelles agricoles est bonne : il n'y a pas de difficultés particulières identifiées et les parcelles sont bien reliées à la route principale.

Accès au site d'étude



Source : Géoportail, fonds OSM

Routes du périmètre d'étude



Source : Géoportail, fonds OSM

Enjeux environnementaux du site d'étude

Enjeux sur le milieu naturel, Planète Verte:

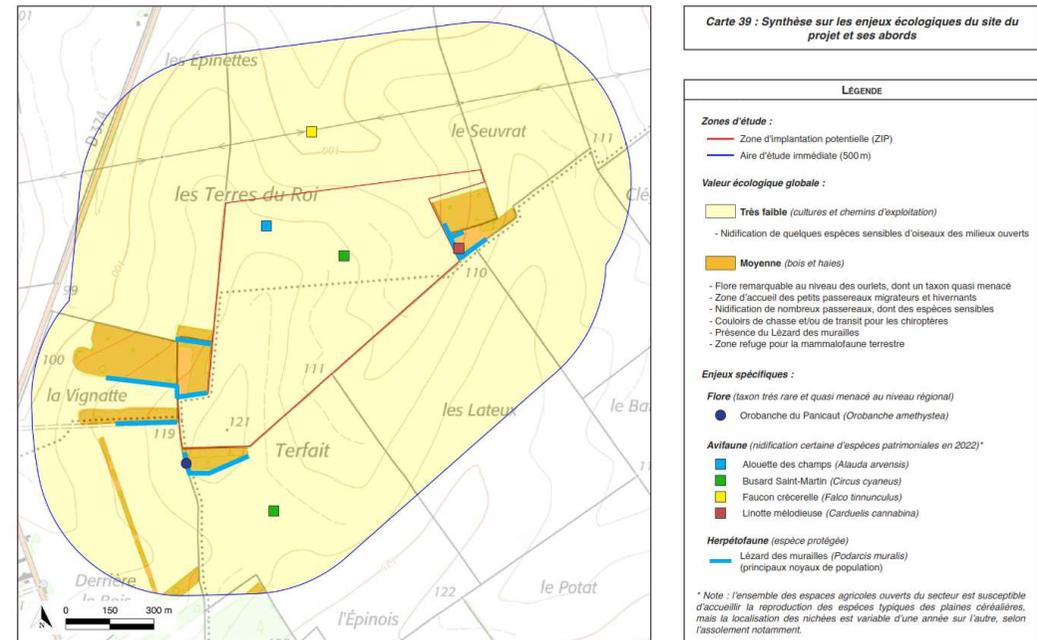
La zone d'étude se trouve dans un contexte agricole, bordé majoritairement par des terres agricoles et pour partie par quelques massifs forestiers. Si les bois du secteur s'avèrent globalement favorables à la flore et à la faune, aucun habitat déterminant, rare ou présentant un enjeu notable n'est toutefois concerné directement par l'emprise du présent projet.

Concernant **la flore**, aucune plante menacée et/ou protégée n'a été identifiée sur la zone d'implantation potentielle. Les bois environnants et leurs lisières enherbées accueillent en revanche une douzaine de taxons remarquables, dont une espèce considérée comme quasi menacée à échelon régional (l'Orobanche du Panicaut), ne bénéficiant toutefois d'aucune protection réglementaire.

Concernant **la faune**, l'unique sensibilité écologique mise en évidence, concerne la nidification de quelques espèces d'oiseaux typiques des plaines agricoles (busards, alouettes, bergeronnettes...). Les bois accueillent la nidification de nombreux oiseaux, dont certaines espèces sensibles. Ils sont également favorables aux chiroptères et à l'ensemble de la mammalofaune. L'essentiel de l'entomofaune du secteur y habite, ainsi que l'unique espèce de lézard recensée lors des inventaires (le Lézard des murailles).

Le projet ne remet pas en cause la viabilité des populations d'espèces présentes et aura donc un impact globalement nul à négligeable sur la faune et la flore après application des mesures d'évitement, de réduction, d'accompagnement.

Synthèse des enjeux écologiques du terrain



Source : Planète Verte / Akuo : vues depuis la Rue des Brosses (Fontaine Mâcon).

Enjeux paysagers et patrimoniaux, Planète Verte :

Compte tenu du faible impact paysager du projet les mesures proposées sont mutualisées avec des mesures écologiques :

- La zone d'implantation a été réduite pour désenclaver le bois à l'Est.
- Une haie doit être implantée sur les bordures Nord et Nord-Ouest des parcelles pour assurer la continuité écologique entre les deux bois et réduire l'impact paysager résiduel au nord.

FORCES

- Potentiel agronomique **bon à très bon** (terres plates et drainées)
- **Pression foncière moins ressentie** que sur d'autres espaces agricoles franciliens
- **Baux précaires limités**
- **Partenaires économiques** présents notamment dans la filière grandes cultures et cultures industrielles
- Présence d'**AOP** sur le territoire

S

FAIBLESSES

- **Eloignement des bassins de consommation** (pour la vente directe)
- Besoin de **renouvellement des générations** d'agriculteurs
- **Impasses techniques** face aux nouvelles réglementations phytosanitaires (betteraves par exemple)

W

OPPORTUNITES

- **Diversification** des exploitations à accompagner et **croissance de nouvelles filières** de production (lin, chanvre, coton...)
- Initiative de la Chambre d'Agriculture pour orienter la **restauration collective** vers l'agriculture du territoire
- Initiatives pour **valoriser au mieux** les produits (label, certifications...)

O

MENACES

- Augmentation des aléas climatiques de type **sécheresse**
- **Restrictions de l'usage de l'eau** pour les exploitations
- Croissance des **coûts de production** (énergie, intrants, main d'œuvre, investissements) → augmentation de l'endettement
- Regroupement de grosses exploitations, **accès au foncier difficile**
- Nombreux **silos vont devenir obsolètes** à cause des nouvelles normes : développement du stockage à la ferme

T

Evaluation économique de l'agriculture présente sur le site **sans le projet**

SANS PROJET

Filière amont : Production agricole sur site
43 698 € / an



Filière aval : Première transformation +
 commercialisation
29 278 € / an



Economie agricole totale générée par la
 production du site
72 976 € / an



Calculs

| Données pour le département de l'Aube | | | | Moyenne sur 3 ans |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Produit Brut OTEX Grandes cultures / SAU Source : DRAAF Grand est | 1145,03 € / ha (2018) | 1152,79 € / ha (2019) | 1207,39 € / ha (2020) | 1168,40 € / ha |

Répartition en surface des exploitations agricoles par système de production sur le site d'étude

OTEX Grandes cultures : totalité du projet | 37,4 ha

Produit Brut Agricole moyen sur le site d'étude = **1 168,40 € / ha / an**

Produit Brut Agricole moyen annuel sur le site d'étude = $1\ 168,4 \times 37,4 = \mathbf{43\ 698,16\ € / an}$

Filière aval (première transformation et commercialisation) : $\mathbf{43\ 698,16 \times 0,67 = 29\ 277,76\ € / an}$

Total de l'économie générée par la production du site : Filière Amont + Filière Aval = **72 976 € / an**

Le projet agrivoltaïque

*Etude des effets positifs et négatifs
sur l'économie agricole du territoire*

L'agrivoltaïsme - Définition de la loi d'Accélération des Energies Renouvelables (2023)

La loi du 11 mars 2023 définit une installation agrivoltaïque comme une « installation de production d'électricité utilisant l'énergie radiative du soleil et dont les modules sont situés sur une parcelle agricole où ils contribuent durablement à l'installation, au maintien ou au développement d'une production agricole ».

Elle doit apporter « directement à la parcelle agricole au moins l'un des services suivants, en garantissant [...] une **production agricole significative** et un **revenu durable** en étant issu :



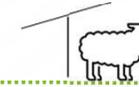
**Amélioration du potentiel
et de l'impact
agronomiques**



**Adaptation au
changement
climatique**



**Protection contre les
aléas**



**Amélioration du
bien-être animal**

Akuo et Agriterra développent des projets agrivoltaïques sous le nom d'Agrinergie® depuis 2011, qui ont pour vocation d'apporter les services ci-dessus.

La construction des projets Agrinergie® s'appuie sur :

- **Les retours d'expérience** des 27 sites en Agrinergie® en exploitation ;
- **L'expertise de plus de 10 ans d'Akuo et d'Agriterra** dans la conception de projets agricoles en synergie avec le photovoltaïque ;
- Des **modélisations précises du comportement des cultures sous les panneaux** réalisées via un outil interne de simulation de la luminosité reçue avec des panneaux, couplé au code source du logiciel STICS de l'INRAE ;
- La **littérature scientifique** ;
- L'appui sur **les instances (agricoles notamment) locales** afin de concevoir un projet cohérent avec les filières du territoire

Illustrations de centrales agrivoltaïques en service

Ombrières photovoltaïques – Bellegarde (30)
Source : Akuo



Panneaux fixes au sol – Lherm (31)
Source : Akuo



Trackers photovoltaïques – Allemagne
Source : Chint Solar Europe



Trackers photovoltaïques (espace test) – Curbans (04)
Source : Akuo



La séquence Eviter, Réduire ou Compenser

Le projet a été développé en anticipation des enjeux agricoles. Il s'agit de limiter les effets négatifs du projet sur l'économie agricole en adoptant les étapes suivantes :

1 ÉVITER

Modifier le projet afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet engendrerait.

→ Les mesures d'évitement du projet comprennent principalement les **espaces conservés sans panneaux en bout de rang pour la mécanisation** et la **compensation financière** de l'agriculteur pendant la **phase de construction**. Elles sont détaillées en mesure de réduction pour la cohérence de l'étude.

2 RÉDUIRE

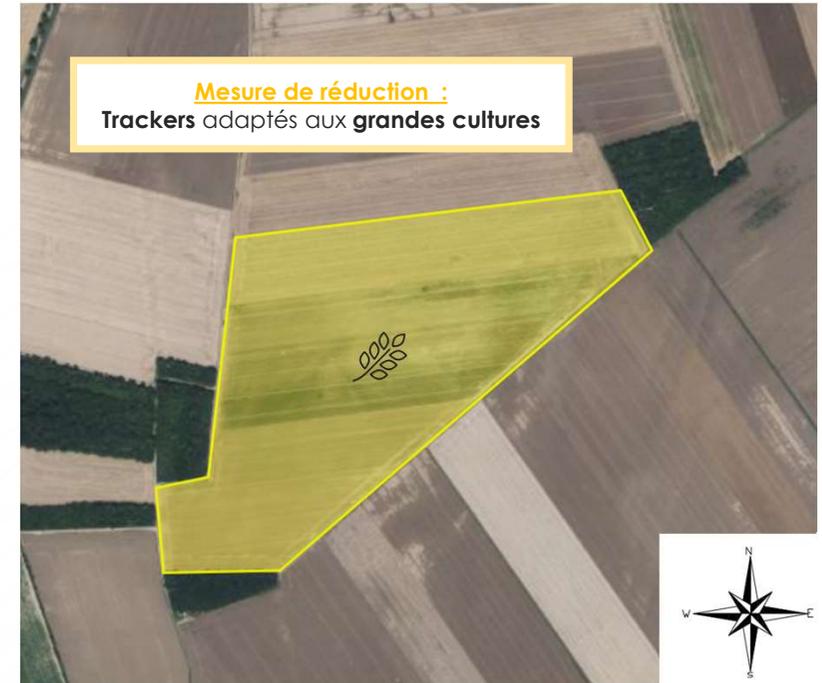
Réduire autant que possible la durée, l'intensité et/ou l'étendue des impacts d'un projet qui ne peuvent pas être complètement évités.

→ Le terme « mesure de réduction » **n'est pas spécifiquement adapté à un projet agrivoltaïque**. En effet, le projet est dimensionné afin de favoriser une synergie entre production énergétique et agricole sans impacter l'exploitation.

3 COMPENSER

Apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs, ou indirects du projet qui n'ont pas pu être évités ou suffisamment réduits.

→ L'étude conclue que le projet ne doit pas mettre en place de compensation agricole collective. Toutefois, Akuo et Agriterra proposent (p.49) de payer une compensation à l'année N+5 **si la production agricole est inférieure à l'état initial**.



Agriterra a accompagné Akuo dans la construction d'un projet agricole en synergie avec les panneaux photovoltaïques. Dès le début du projet, **une co-construction a eu lieu avec l'agriculteur partenaire du projet présent sur le site afin de dimensionner au mieux la centrale** de manière à répondre au maximum à ses exigences.

La technologie, l'espacement entre les rangées, l'espacement en bout de rang, et les chemins d'accès, ont été pensés pour répondre à ses besoins et faciliter l'exploitation des parcelles, tout en respectant les contraintes techniques et économiques du projet photovoltaïque.

Mesure de réduction

Trackers adaptés aux **grandes cultures** (1/5)

Technologie, plan masse et mécanisation

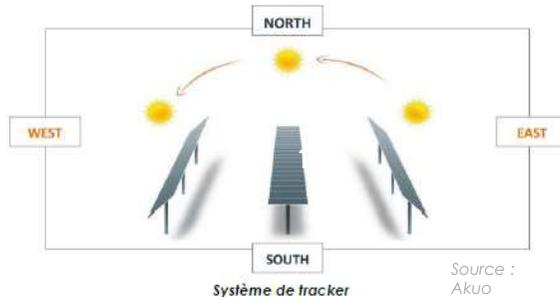
37,4 ha du projet seront dédiés à l'activité de grandes cultures de M. Boynard en synergie avec les panneaux. Sur les 5 dernières années, les parcelles ont accueilli **blé tendre, orge de printemps, pomme de terre, betterave sucrière et oignons**.

La technologie sélectionnée pour la zone en grandes cultures est le **tracker**, panneau mobile qui suit la course du soleil tout au long de la journée.

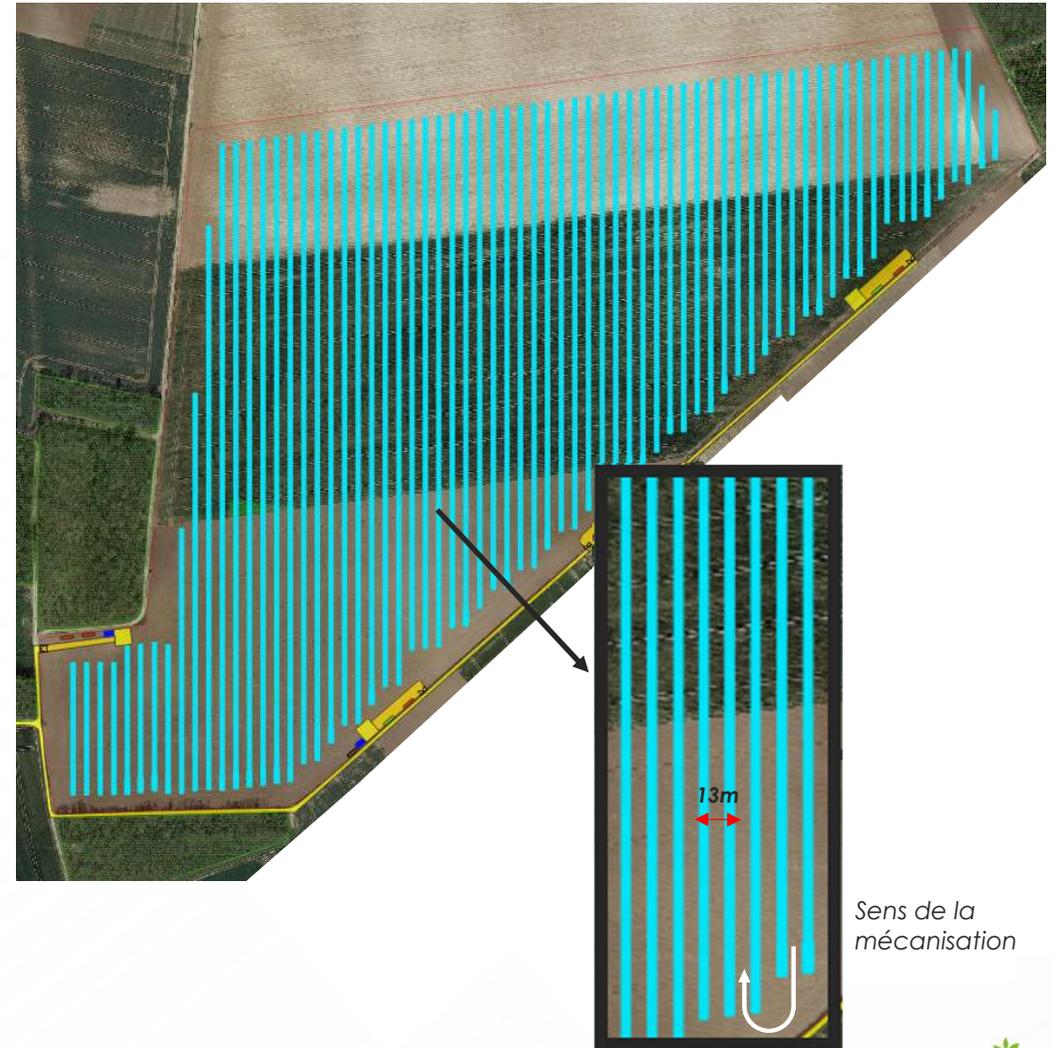
Les trackers présentent l'avantage d'avoir des **rangées espacées - 13m sur ce projet - et de pouvoir être pilotés lors des passages d'engins agricoles**, ce qui permet d'avoir un maintien de l'ordre de 90% de la SAU (cf. [partie 4.4](#) sur le calcul de la SAU). Les 13m ont été fixés pour garder une marge de sécurité de 50cm minimum entre les pieux et ainsi avoir une **largeur de travail de 12m**, multiple compatible avec la très grande majorité des largeurs de travail des outil agricoles.

La mécanisation a été précisément étudiée pour le dimensionnement du projet. Les matériels de semis et de travail du sol sont actuellement en **4 et 6m**. Le matériel de récolte pour les céréales est en **12m**. Le matériel de récolte pour les cultures industrielles a des dimensions spécifiques compatibles avec les 13m. Le matériel d'épandage d'engrais et de produits phytosanitaires devra néanmoins être adapté et sera pris en charge par le projet (notamment l'achat de rampes d'une largeur compatible avec l'inter-rang).

L'espacement **en bout de rangée est de 18 mètres** pour le retournement des engins.



Plan Masse de la centrale



Source : Akuo

Mesures de réduction

Trackers adaptés aux **grandes cultures** (2/5)

Cultures présentes dans la rotation et irrigation

Les parcelles sont actuellement **irrigables par aspersion canon**. L'eau provient de 2 puits. Les deux exploitations de M. Boynard ont utilisé en 2022, 133 000m³ pour 100 ha de cultures irriguées. Toutes les parcelles ne sont pas irriguées : ce sont principalement **les cultures de pommes de terre et d'oignons qui le sont**. Les betteraves peuvent être irriguées selon les années en fonction des besoins de la pomme de terre et des oignons et de leurs quotas annuels respectifs.

Le projet prévoit l'installation d'un **système de micro-aspersion sous les panneaux** qui permettra de piloter de manière plus précise les volumes d'eau et **d'économiser de l'eau et de la main d'œuvre**.

Les trackers peuvent atteindre un point bas à 30cm à certaines périodes de la journée. Afin de s'adapter à la hauteur des cultures prévues dans la rotation, il est prévu **de limiter l'angle des panneaux** pendant certaines périodes de l'année, afin de **d'augmenter ce point bas à 1,20-1,40m. Toutes les cultures actuelles pourront ainsi être maintenues dans la rotation**. De nouvelles cultures telles que le lin fibre pourront être introduites dans la rotation afin de maximiser les synergies agronomiques (cf page 39).

Une **bande enherbée** (cf p41) est prévue d'être semée au plus proche des pieux, avec des espèces permettant d'apporter **différents services aux cultures** (mellifère, refuge à auxiliaires, engrais verts...), elle pourra être fauchée annuellement, avec du matériel adapté pris en charge par le projet. Ces bandes **pourront notamment être bénéfiques aux betteraves** dont la nouvelle réglementation sur les néonicotinoïdes adoptée en 2022 peut compliquer la gestion des ravageurs. Ces surfaces pourraient être valorisées en surfaces d'intérêt écologique (SIE).



Test de bandes fleuries pérennes ou annuelles dans le Val d'Oise (source : Institut Technique de la Betterave) 2020

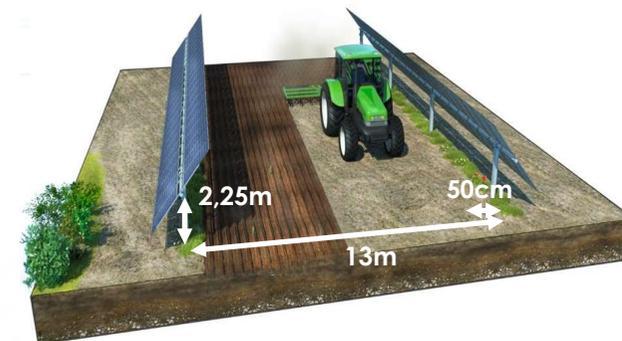
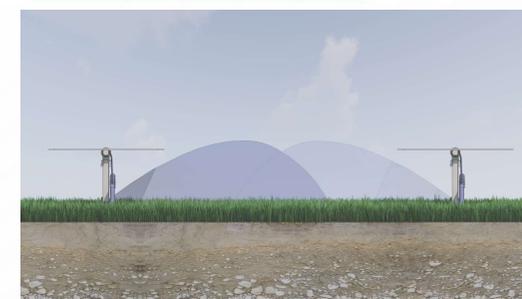


Schéma du système d'irrigation sur trackers - sprinklers



| Rotations actuelles sans projet | Rotations possibles avec projet |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Blé tendre d'hiver | Lin fibre* |
| Orge de printemps | Blé tendre d'hiver |
| Pomme de terre | Orge de printemps |
| Blé tendre d'hiver | Pomme de terre |
| Orge de printemps | Blé tendre d'hiver |
| Oignon | Orge de printemps |
| Blé tendre d'hiver | Oignon |
| Orge de printemps | Blé tendre d'hiver |
| Betterave | Lin fibre |
| | Blé tendre d'hiver |
| | Orge de printemps |
| | Betterave |

*Le projet offrira à M. Boynard la possibilité d'introduire la culture du lin sur son exploitation grâce au loyer versé qui permettra de couvrir une partie du risque de tester cette nouvelle culture dans sa rotation. En complément, l'ombrage des panneaux apportera des bénéfices directs sur la culture et donc sur les rendements à l'échelle de l'exploitation agricole (cf p.39).

Mesures de réduction

Trackers adaptés aux **grandes cultures** (3/5)

Variation de rendements attendues avec le projet agrivoltaïque

Les variations de rendements attendues sont présentées dans le tableau ci-après, elles **serviront de base pour le calcul de la compensation agricole**. Les pourcentages correspondent à la variation de rendements dû à **l'ombrage, par rapport à une situation en plein champ sans panneaux** (situation irriguée uniquement pour la pomme de terre).

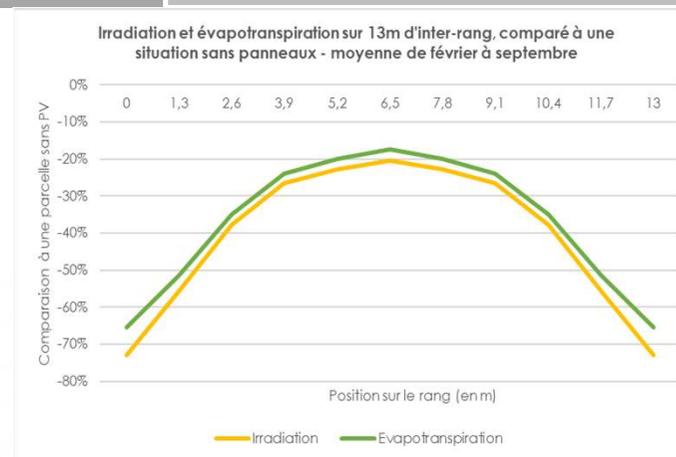
Les résultats s'appuient sur des **modélisations réalisées à partir du code source d'un logiciel de l'INRAE (STICS)** et d'un outil de simulation de la luminosité développé par Akuo qui permet de simuler l'ombrage apporté par les trackers, espacés ici de 13m. Elles ont été réalisées pour le climat des années 2020, 2021 et 2022. Les mesures sont issues d'une moyenne entre la position la plus centrale de l'inter-rang (6,5m) et proche des panneaux (2,6m). Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

En fonction des résultats agronomiques des premières années, il pourra être envisagé différentes méthodes de récolte (cf p40). Pour les céréales, la méthode de « **fauchage-andainage** » pourra être testée : elle consiste à faucher la céréale quelques jours avant de la moissonner. Cette technique innovante permet notamment **d'homogénéiser la maturité de la récolte, et de faciliter le battage en séchant l'herbe et les adventives**. La technique de **cultures en bandes** pourra également être testée. De plus, les trackers présentent l'avantage de pouvoir être pilotés pour **laisser passer plus de lumière à certaines périodes d'intérêt** de l'année pour les cultures : ceci pourra être mis en place en fonction des retours d'expérience obtenus au cours des années. Les résultats des modélisations ne tiennent pas compte de ces méthodes et sont donc conservateurs.

Les variations de rendements s'expliquent par les panneaux qui vont apporter un microclimat sur les parcelles :

- (1) **Réduction de l'évapotranspiration** des cultures et du stress hydrique avec l'ombre apportée ;
- (2) **Diminution de la lumière reçue** avec un impact sur certaines cultures dont le stress hydrique n'est pas le facteur limitant de croissance.

Ce microclimat permet de diversifier les conditions de cultures et ainsi **d'augmenter la résilience de l'exploitation face aux aléas climatiques**. Le tableau montre en effet que l'impact des panneaux ne sera pas le même selon les conditions climatiques : **l'effet positif des panneaux augmente avec le stress hydrique des plantes** (lors des années sèches comme 2022 par exemple, qui seront de plus en plus fréquentes).



| Cultures / Année climat | 2020 | 2021 | 2022 | Moyenne |
|-------------------------|---------|--------|--------|---------|
| Blé tendre d'hiver | -10% | -15,5% | +42% | +5,5% |
| Lin fibre | +159,1% | +1% | +96% | +85% |
| Orge de printemps | +2% | +12% | +29% | +14% |
| Betterave sucrière | -16,5% | -13% | -17% | -15,5% |
| Luzerne | +11,5% | +2% | +34% | +16% |
| Pomme de terre | -29,2% | -25% | -25,5% | -26,5% |

Les simulations sur la pomme de terre ont été faites sur **la variété Bintje**, qui est connue pour ses caractéristiques de **résistance au stress hydrique** : les résultats sont donc conservateurs. Il faut noter également que les simulations font apparaître des besoins en irrigation pour la culture qui **diminuent d'entre 30 et 45%** (la perte de rendements n'équivaut donc pas à une perte directement proportionnelle de revenu).

De plus, les simulations ont été réalisées sur la luzerne bien qu'elle ne soit pas actuellement envisagée dans la rotation, afin de montrer les synergies possibles avec d'autres cultures qui pourraient être introduites à terme. Toutefois, des cultures intermédiaires sont présentes avant les cultures de printemps. Ces cultures intermédiaires (engrais verts, CIPAN...) pourront bénéficier du microclimat apporté par les panneaux et par conséquent avoir un impact positif sur la culture suivante.

Mesures de réduction

Trackers adaptés aux **grandes cultures** (4/5)

Méthodes de récolte envisagées

FAUCHAGE-ANDAINAGE

La technique de **fauchage-andainage**, une récolte en deux temps :

1. Réalisation d'un fauchage-andainage lorsque la culture est à maturité physiologique (grain entre 25 et 30% d'humidité pour la majorité des cultures) puis séchage de la culture en andains dans le champ.
2. Récolte des andains à la coupe à céréales classique munie de doigts releveurs ou à l'aide d'un pick-up 4 à 7 jours plus tard selon les conditions.

Cette méthode est pertinente à mettre en place sous les panneaux photovoltaïques car elle permet de prévenir les différences de maturité qui pourraient être dues à la différence de luminosité reçue sur une même parcelle.

Conséquences de cette méthode

- Homogénéisation de la maturité des cultures
- Récolte malgré le salissement des parcelles
- Avance de la date de récolte en fauchant à maturité physiologique (~10 jours), possibilité d'introduire une nouvelle culture après
- Nécessité de bien maîtriser la méthode afin de ne pas récolter trop tôt, ce qui pourrait engendrer une perte de rendements et du taux de protéine, passant d'un blé meunier à fourrager
- Risque météorologique si année humide
- Augmentation de la qualité de battage et donc de triage

Source : CA Occitanie, CA Gers, Entraid

CULTURE EN BANDES

La technique de la **culture en bandes**:

Méthode agricole qui consiste à cultiver un champ divisé en longues et étroites bandes alternées dans un système de rotation des cultures. La largeur des bandes est de 3, 6 ou 12 mètres afin de permettre le passage de matériel agricole.

Cette méthode est pertinente à mettre en place sous les panneaux photovoltaïques car cela permet de cultiver des bandes de cultures adaptées à la luminosité reçue sous les panneaux. Il s'agirait de diviser la bande cultivable de 12 m en une bande de 6 m et deux bandes de 3m.

Conséquences de cette méthode

- Culture adaptée aux différentes bandes de luminosité reçue sous les panneaux, dans le cas d'un projet agrivoltaïque
- Favorise la biodiversité et donc les auxiliaires de cultures
- Limite la propagation de maladies ou d'incendie en cas de sécheresse
- Limite l'érosion et préserve la résistance du sol
- Nécessite une réflexion au préalable sur le choix de cultures à mettre en bande
- Nécessite une modification de l'itinéraire technique

Source : Wageningen Plant Research, 2020

Mesures de réduction

Trackers adaptés aux **grandes cultures** (5/5)

Les bandes fleuries ou enherbées

Une **bande d'1 mètre ne sera pas exploitée au pied des panneaux** par mesure de sécurité pour la mécanisation agricole. Cette bande sera semée en bande fleurie ou bande enherbée **selon les services attendus de l'exploitant, elle pourra être fauchée annuellement** avec du matériel spécifique.

Bandes enherbées

Visuel d'une bande enherbée sous panneaux avec une culture d'orge



Une **bande enherbée** est un couvert avec une flore composée généralement d'un mélange de graminées et de légumineuses. Ces dernières **vont permettre de fixer l'azote, alors que les graminées, avec une capacité de recouvrement importante**, vont limiter l'espace disponible pour les adventices. En fonction des espèces végétales implantées et du mode d'entretien, **les insectes auxiliaires et la faune sauvage pourront être favorisés**. Elle peut abriter différents coléoptères (carabes, staphylins), des diptères (syrphes) mais également certains arthropodes (araignées, myriapodes, cloportes, acariens) qui régulent les ravageurs. Aussi, elles **favorisent les lombrics** qui ont un intérêt pour la porosité du sol, la circulation de l'air.

Bandes fleuries

Visuel d'une bande fleurie sous panneaux avec une culture d'orge



Une **bande fleurie** est composée d'espèces florales **favorisant la présence d'insectes pollinisateurs et auxiliaires** car elles constituent une ressource de nourriture en pollen et nectar pour les insectes. Ce sont des **zones de refuge pour les auxiliaires des cultures** (carabes, staphylins), prédateurs des ravageurs. De nombreux auxiliaires dépendent de la ressource en pollen ou nectar pour assurer la régulation des ravageurs (hyménoptère parasitoïdes, syrphes, chrysopes...).

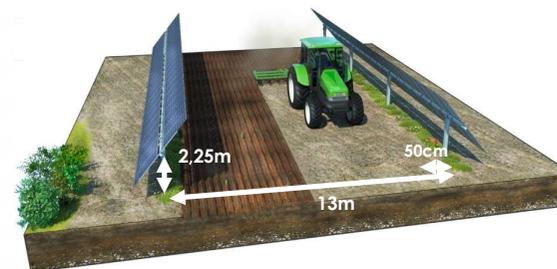
Des espèces adaptées à une **exposition mi-ombre** sont envisagées, comme par exemple la marguerite commune, le souci des champs, ou l'achillée millefeuille.

Calcul de la SAU maintenue avec les panneaux

| | |
|--|---|
| Surface totale réservée aux installations PV (cf. 1.1.2) | 37,4 ha de trackers |
| Surface cumulée des postes de transformation | 156 m ² |
| Surface cumulée des locaux de stockage | 62,4 m ² |
| Surface cumulée des postes de livraison | 62,4 m ² |
| Surface cumulée des citernes incendie | 120 m ² |
| Perte de SAU avec locaux techniques | 400,8 m² (soit 0,11% de la SAU) |
| Surface cumulée des pistes non exploitables | 0,91 ha (soit 2,45% de la SAU) |

Les trackers photovoltaïques sur grandes cultures

L'espace entre les rangées de panneaux (espace pieu à pieu) sera égal à **13m**. **Seule une bande d'environ 50cm de chaque côté des pieux ne pourra pas être valorisée en grandes cultures**, afin de maintenir une distance de sécurité avec les machines agricoles. Cette bande est comptée comme une perte de SAU, mais sera semée avec des variétés permettant d'apporter des services agronomiques aux cultures (voir p.41).



| | |
|---|--------------|
| Largeur de la bande non exploitée de chaque côté du pieu des trackers | 50 cm |
| Maintien de la SAU avec trackers | 93,9% |

Maintien total de la SAU

$93,9\% - 0,11\% - 2,45\% = 91,3\%$

Impact des panneaux sur les sols

➤ Imperméabilisation du sol

Les surfaces imperméabilisées sont présentées dans le tableau suivant:

| Objet | Unité | Surface unitaire (m ²) | Surface totale (m ²) |
|-------------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|
| Citerne incendie | 2 | 60 m ² | 120 m ² |
| Poste de transformation | 5 | 31,2 m ² | 156 m ² |
| Local de stockage | 2 | 31,2 m ² | 62,4 m ² |
| Poste de livraison | 2 | 31,2 m ² | 62,4 m ² |
| Total | | | 400,8 m² |

Seules les infrastructures ayant un effet notable sur la perméabilité sont prises en compte. Il s'agit notamment de la citerne incendie, des dalles des postes de transformation, de livraison et de stockage.

Les **panneaux sont disjoints** et permettent de **laisser passer les eaux de pluie** sans modifier les capacités d'infiltration du sol.

Par ailleurs, les pistes créées ne seront pas imperméabilisées. Elles seront réalisées à base de graviers concassés non traités, ce qui permettra de conserver la perméabilité du sol et de ne pas influencer significativement sur les ruissellements naturels. Il est prévu 9 500 m² de nouvelles pistes et aires de retournement.

Au final, **les aménagements à l'origine d'une imperméabilisation du sol portent sur une surface très limitée à l'échelle du parc**, environ **1,8 % de la surface totale** du parc photovoltaïque de 37,4 ha.

➤ Ruissellement

L'espace séparant les modules des tables photovoltaïques entre elles permet de laisser passer une partie de la pluie. **Toute la pluie qui tombe sur un panneau ne ruisselle donc pas au bas du panneau en un seul point, mais est dispersée en plusieurs points.**

De plus la variation de l'orientation des panneaux dans la journée avec la course du soleil d'Est en Ouest permet de répartir les écoulements sous les trackers.

➤ Risque de pollution accidentelle ou chronique

Il n'existe pas de produits liquides dans les panneaux photovoltaïques, ni dans les postes de raccordement ou les onduleurs. Seuls les postes de transformation de courant continu en courant alternatif contiennent de l'huile pour leur refroidissement. Celle-ci se trouve dans une rétention réglementaire à l'intérieur du poste lui-même étanche.

Les éventuels risques de pollution chronique et accidentelle concernent les véhicules qui seront utilisés pour les activités de maintenance ainsi que les engins agricoles (fuites d'hydrocarbures). **Afin de limiter les risques de déversement accidentel, les véhicules seront régulièrement entretenus en dehors du site.**

➤ Risque d'inondation

Le projet est localisé hors zone inondable. Par ailleurs, les mesures de limitation du ruissellement permettent également de limiter les conséquences des crues en aval du site. Aucun impact sur les zones d'expansion des crues en aval n'est retenu.

La synergie agrivoltaïque

SYNERGIE AGRONOMIQUE

MICROCLIMAT APPORTÉ PAR LES STRUCTURES

- **Baisse du stress hydrique en climat de sécheresse notamment :**
 - Baisse de l'**évapotranspiration** attendue d'environ 23 % sur l'inter-rang
 - **Sécurisation du rendement** des cultures sensibles au stress hydrique (cf p39)
- **Baisse de luminosité** qui peut avoir un impact sur le rendement de certaines cultures
- Apport de **conditions de culture différentes** permettant de se **prémunir des risques climatiques** ;
- **Moindres besoins en eau** des plantes, important dans un contexte où la ressource en eau se fait de plus en plus rare ;

GESTION ÉCONOME DE L'EAU

- Système d'irrigation par **micro-aspersion, économe en eau et piloté** pour répondre de manière précise aux besoins de la plante

DESIGN PERMETTANT UN CHANGEMENT D'ACTIVITÉ AGRICOLE

- Espacement compatible avec **le passage d'engins agricoles volumineux** ;
- **Réversibilité des structures** au bout de 30 ans (pas de béton) – engagement de remise en état

SYNERGIE ECONOMIQUE

INVESTISSEMENTS AGRICOLES PORTÉS PAR LE PROJET

- **Adaptation du matériel d'épandage et pulvérisation d'intrants**
- **Prise en charge de l'entretien des bandes sous les panneaux**
- **Enveloppe allouée à l'achat de matériel permettant de réduire les intrants (robots notamment) et d'introduire des nouvelles cultures telles que le lin ;**
- **Réseau d'irrigation sur la partie agrivoltaïque**
- **Suivi agronomique annuel** des productions du site afin de maximiser les synergies agronomiques.

PARTAGE DE VALEUR

- **Loyer partagé entre propriétaire et exploitant**

MISE À DISPOSITION GRATUITE

- **Pas de fermage** à payer sur la partie agrivoltaïque
- Signature d'un **commodat long-terme sur 30 ans**

Analyse des effets du projet sur les filières amont-aval

| Filière | Effets | Impact |
|--|--|-------------------------|
| Exploitations agricoles du site | <ul style="list-style-type: none"> - Maintien et sécurisation d'une exploitation via un complément de revenu et la prise en charge d'investissements - Pas de changement d'OTEX | Positif |
| Emploi agricole | <ul style="list-style-type: none"> - Maintien des effectifs actuels - Impact positif sur la transmissibilité de l'exploitation dû au complément de revenu associé | Positif |
| Production primaire | <ul style="list-style-type: none"> - Impact global positif sur la production agricole, qui diffère selon les cultures – à suivre annuellement avec un organisme technique : potentielle baisse de rendements sur les pommes de terre et la betterave, potentielle hausse sur le blé et l'orge, introduction du lin avec hausse de rendements prévue - Impact positif sur la consommation d'eau - Perte de SAU sur la partie trackers due aux pistes et locaux techniques - Temps supplémentaire de mécanisation / temps de travail supplémentaire dans la conception des rotations | Neutre à Positif |
| Aides et subventions | <ul style="list-style-type: none"> - Maintien des aides PAC par rapport au taux de couverture prévu (<30%) - Compensation financière incluse dans le loyer pour le temps supplémentaire induit par la présence des structures photovoltaïques - Investissements agricoles portés par le projet | Positif |
| Foncier | <ul style="list-style-type: none"> - Pieux battus : pas d'imperméabilisation du foncier | Neutre |
| Filières amont & aval | <ul style="list-style-type: none"> - Introduction prévue de la culture de lin, impact positif sur les filières amont et aval | Positif |
| Commercialisation | <ul style="list-style-type: none"> - Différence de maturité sur le rang possible : adaptation des techniques de récolte pour homogénéiser | Neutre à Négatif |

Evaluation économique de l'agriculture présente sur le site avec le projet

AVEC PROJET

Filière amont : Production agricole sur site
45 890 € / an



Filière aval : Première transformation +
 commercialisation
30 746 € / an



Economie agricole totale générée par la
 production du site
76 636 € / an



Calculs

| Données pour le département de l'Aube | | | | Moyenne sur 3 ans |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Produit Brut OTEX Grandes cultures / SAU Source : DRAAF Grand est | 1145.03 € / ha (2018) | 1152.79 € / ha (2019) | 1207.39 € / ha (2020) | 1168,40 € / ha |

| Répartition en surface des exploitations agricoles par système de production sur le site d'étude | Maintien de la SAU | Variation de rendements |
|--|--------------------|---|
| OTEX Grandes cultures : totalité du projet | 37,4 ha | +15% (moyenne modélisations 3 ans basée sur la rotation proposée p38) |

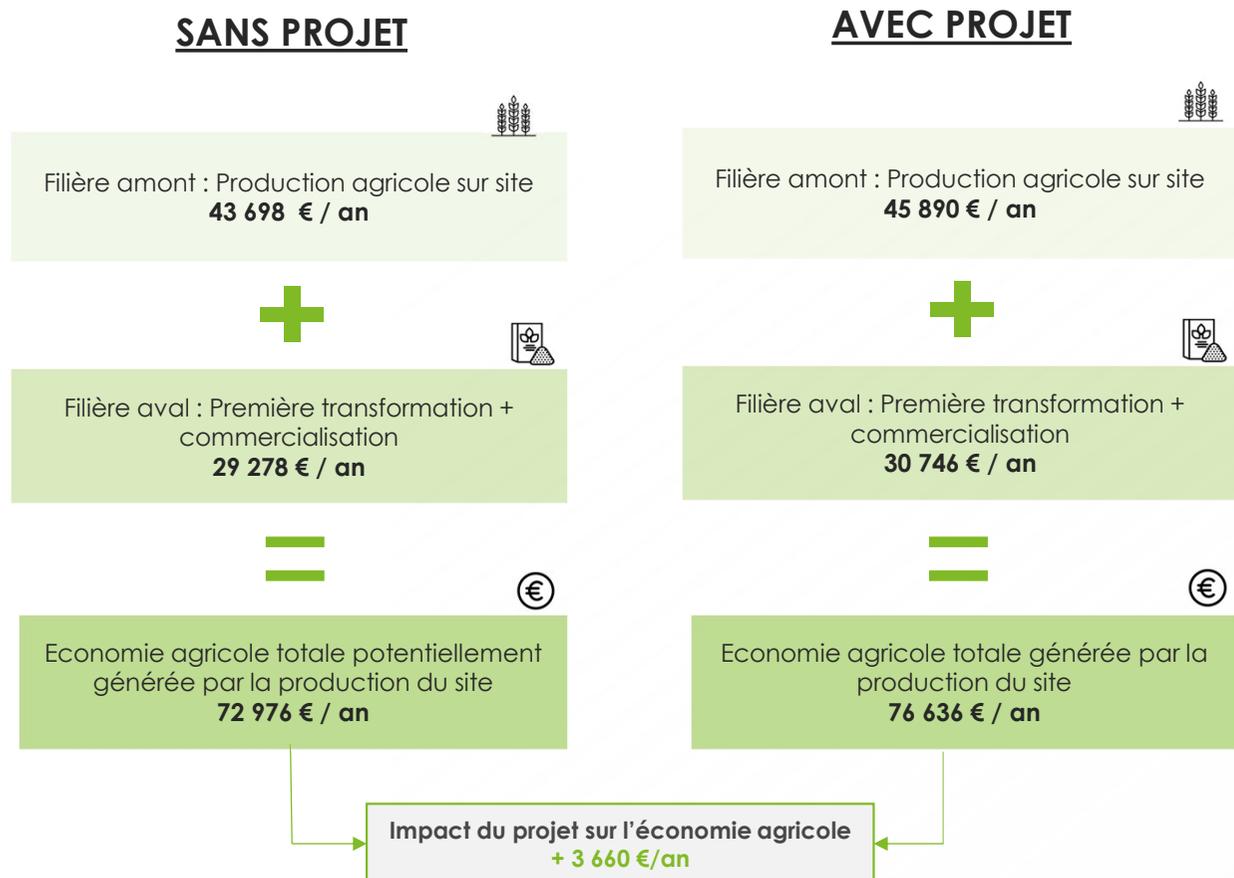
Produit Brut Agricole moyen annuel à l'hectare sur le site d'étude = $(1168,40 \times 91,3\% \times 115\%) = 1\ 227 \text{ € / ha / an}$

Filière Amont - Produit Brut Agricole moyen annuel sur le site d'étude = $1\ 227 \times 37,4 = 45\ 890 \text{ € / an}$

Filière Aval - Première transformation et commercialisation : $45\ 890 \times 0,67 = 30\ 746 \text{ € / an}$

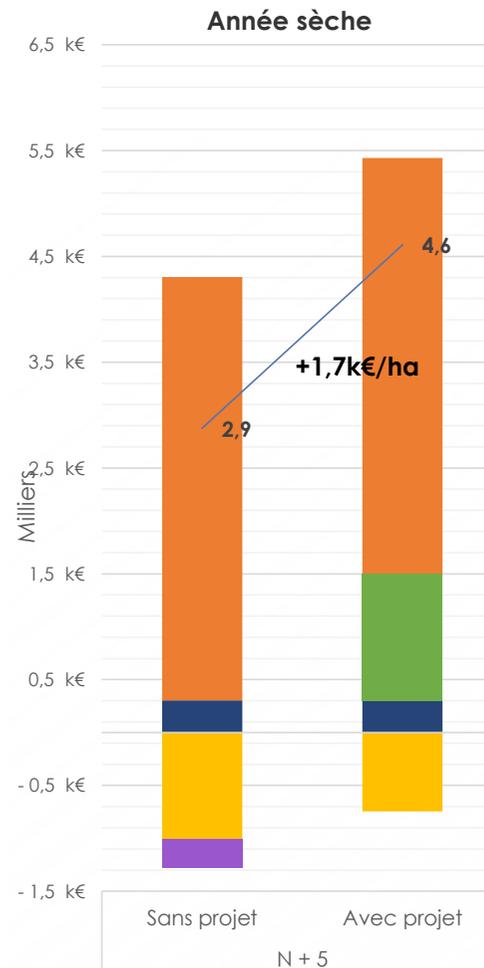
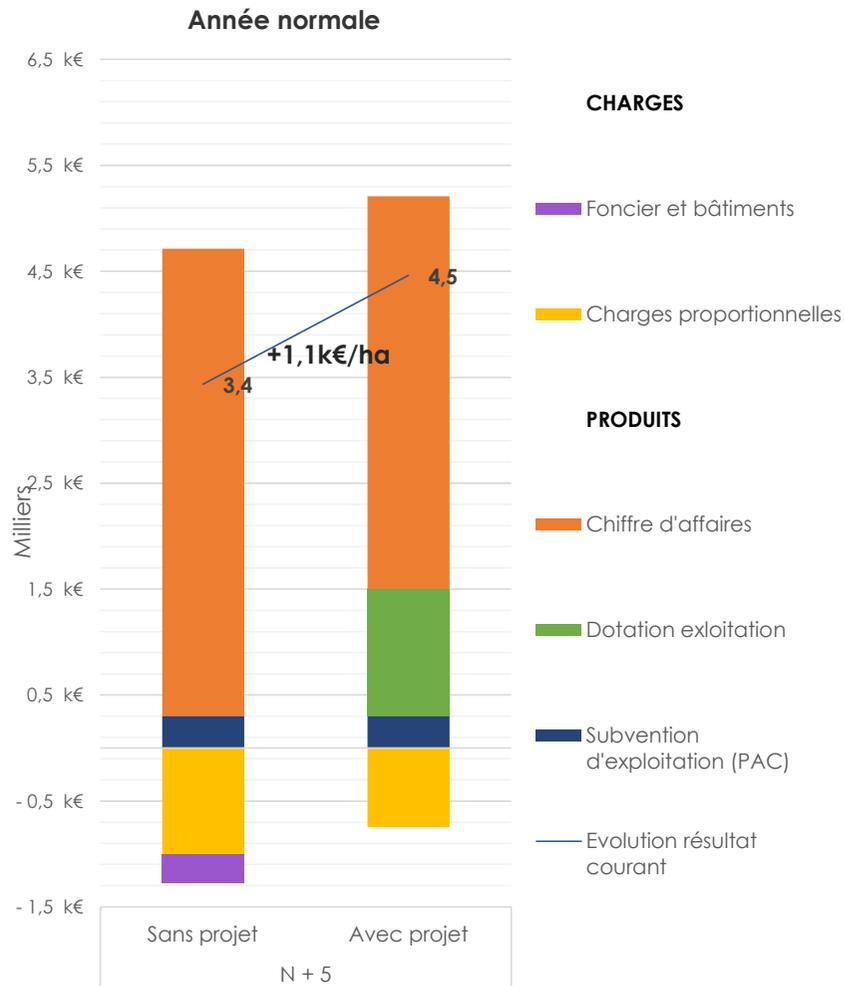
Total de l'économie générée par la production du site : Filière Amont + Filière Aval = **76 636 € / an**

Calcul d'impact



En s'appuyant sur des hypothèses conservatrices de variation de rendements, l'économie agricole totale générée avec le projet est légèrement supérieure à l'économie agricole sans projet. Le projet ne doit donc **pas mettre en place de compensation agricole collective** si les mesures de réduction sont effectivement réalisées.

Impact du projet sur le résultat courant de l'activité de grandes cultures



En complément de l'évaluation économique issue de la méthodologie de calcul de la compensation collective, **une analyse de l'évolution du revenu a été réalisée à partir des données économiques de l'exploitant sur les dernières années, sur les 37,4 ha de l'exploitation en grandes cultures.**

Cette analyse étudie l'évolution des **postes impactés par le projet par hectare** selon 2 cas : un cas en année dite « normale » (2020-2021) et un cas lors d'une année sèche (2022) :

- Le **chiffre d'affaires** évolue à la baisse en année normale, et augmente en année sèche grâce au microclimat apporté par les panneaux et l'introduction du lin fibre qui réagit très bien au microclimat (résultats des modélisations) ;
- Les **charges** baissent grâce aux paramètres suivants :
 - Mise à disposition gratuite des parcelles ;
 - Baisse des charges en eau pour la pomme de terre (moindres besoins hydriques des cultures) ;
 - La prévision de réduction de la main d'œuvre pour la gestion de l'eau n'est pas prise en compte.
- Les **subventions augmentent** :
 - Maintien de la PAC et gain de la dotation d'exploitation de 1 200€/ha ;

Le revenu augmente avec le projet, et notamment en année plus sèche, phénomène qui aura tendance à s'intensifier et à devenir plus fréquent selon les prévisions actuelles.

Source : Agriterra

Sources :
Données SCEA de la Savoie
Analyse économique Agriterra

Propositions afin d'assurer un maintien de l'activité agricole (1/2)



1. Contractualisation :

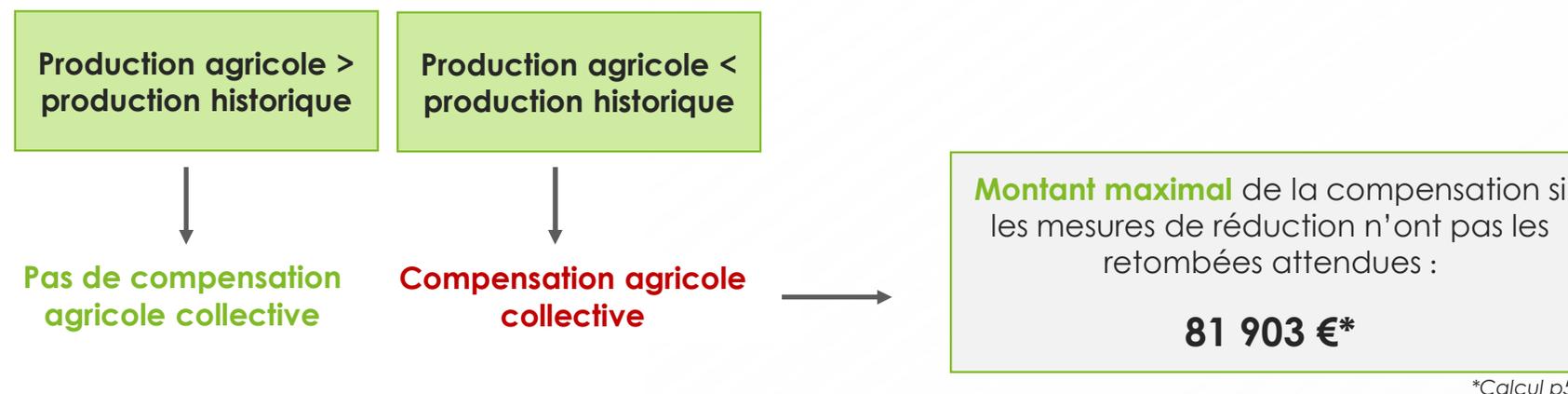
- **Commodat long-terme (30 ans)** qui repose sur un maintien de l'activité agricole (cf annexe 6)
- **Convention d'exploitation** proposée d'être signée par la DDT, la CA 10, Agriterra et Akuo dans laquelle sont inscrits les engagements d'Akuo en termes de maintien de la production agricole



2. Comité de pilotage

- **Rôle** : s'assurer de la continuité d'une activité agricole significative
- **Composition** : Les exploitants du site, la DDT 10, la CA 10, Agriterra, Akuo
- Evaluation de l'économie agricole à **l'année N+ 5**
- Paiement d'une compensation par Akuo **si production agricole < état initial (en valeur)**

Evaluation à l'année N+5 par le Comité de Pilotage



*Calcul p50

Propositions afin de s'assurer du maintien de l'activité agricole (2/2)

Confidentiel

Calcul du montant maximum de compensation agricole collective dans le cas où les mesures de réduction n'ont pas les retombées économiques attendues :

Filière amont + aval (source : DRAAF Grand Est)

$$\left(\frac{\text{Pertes économiques avec le projet}}{\text{Ratio Produit Brut/Investissement}} \right) \times 10 \text{ ans} \longrightarrow \left(\frac{72\,976}{8,91} \right) \times 10 = 81\,903 \text{ € soit } 2\,190 \text{ € / ha}$$

Un euro investi dans la compensation collective rapporte plus qu'un euro de produit brut. Ce ratio est calculé en divisant le produit brut total par les investissements totaux. Dans le Grand Est, il est de 8,91 en moyenne sur 4 ans (cf tableau ci-dessous).

Durée estimée pour reconstituer une filière

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Moyenne |
|---|-----------|--------|--------|--------|-------------|
| Indicateur | Grand Est | | | | |
| Produit brut (k€) | 257,69 | 243,13 | 239,86 | 275,86 | 254,14 |
| Investissement total (achat - cession) (k€) | 24,71 | 30,03 | 26,19 | 34,59 | 28,88 |
| Ratio produit brut / investissement total | 10,43 | 8,10 | 9,16 | 7,98 | 8,91 |

Synthèse du projet



Services pour la production agricole

- ◆ **Adaptation au changement climatique & protection contre les aléas** : création d'un microclimat permettant de réduire le **stress hydrique de la majorité des cultures**, notamment en période de sécheresse
- ◆ Mise en place d'un **système d'irrigation innovant de micro-aspersion pilotée** permettant de préserver la ressource en eau



Maintien de l'économie agricole

- ◆ **Maintien de l'économie agricole**, grâce à la création du **microclimat**
- ◆ Prise en charge **d'investissements agricoles** non pris en compte dans le calcul



Sécurisation d'une exploitation agricole

- ◆ **Sécurisation de l'exploitation agricole** sur le long terme (**commodat de la durée du bail emphytéotique – 30 ans**)
- ◆ **Versement d'un loyer sécurisé sur 30 ans partagé entre propriétaire et exploitant**



Production d'énergie renouvelable

- ◆ Réponse aux **objectifs nationaux et régionaux** de production d'énergie renouvelable (**22,1 MWc**)
- ◆ Production d'énergie photovoltaïque équivalente à la **consommation annuelle de plus de 6 500 foyers**



Engagements forts d'Akuo

- ◆ **Convention d'exploitation** quadripartite (DDT, CA, Agriterra, Akuo) : notamment un engagement d'Akuo de payer une **compensation à l'année N+5** si la production agricole est inférieure à celle de l'état initial



Annexes

Annexe 1 : Détails des calculs

Confidentiel

Détails des calculs du ratio VA IAA / Production agricole :

| En millions d'€ | 2017 | 2018 | 2019 | Moyenne |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Production totale agricole | 8 079.00 € | 9 102.00 € | 8 479.00 € | 8 553.33 € |
| Services | 399.00 € | 427.00 € | 429.00 € | 418.33 € |
| CA IAA | 14 330.00 € | 13 835.00 € | 13 749.00 € | 13 971.33 € |
| VA IAA 2014-2017 | 6 251.00 € | 4 733.00 € | 5 270.00 € | 5 418.00 € |
| Ratio VA / production totale agricole (hors services) | 0.81 | 0.55 | 0.65 | 0.67 |

*IAA et commerce de gros

Source : Memento agricole 2019, 2020, 2021, AGRESTE Grand Est

Annexe 2 : Analyses de sol

Confidentiel

soufflet agriculture

Analyse de terre

SA SOUFFLET AGRICULTURE
BP12 QUAI DU GAL SARRAIL
10402 NOGENT SUR SEINE CEDEX
David AUBERT

EARL DE LA SAVOIE
18 RUE LORIN
10400 FONTAINE MACON

Zone : Code : 98005490

Parcelle : TERRE DU ROY (19 ha) N° échantillon : 41088165 Reçu le : 09/06/2021 Expédié le : 18/06/2021

CAPACITÉ D'ÉCHANGE EN CATIONS (CEC)

Taille du réservoir : Faible, Moyen, Elevé

CEC (meq/100g) : 16.9

Type de sol : Limon argileux

ÉQUILIBRE CHIMIQUE DU SOL

SOLUTION DU SOL

COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE

SATURATION CATIONS (en % de la CEC)

| | | | | | | |
|----------|-------|------------------|-----|------------------|-----------------|--------------------|
| ACTUELLE | H- | Ca ⁺⁺ | K- | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | Taux de saturation |
| OPTIMUM | 0 à 5 | >100 | 3.7 | 4.6 | 0.4 | >100 |

BILAN ACIDE-BASE

MO ET C/N

ÉLÉMENTS MAJEURS

OLIGO-ÉLÉMENTS

EXCESSIF
TRÈS ÉLEVÉ
ÉLEVÉ
SATISFAISANT
UN PEU FAIBLE
FAIBLE
TRÈS FAIBLE

ESPRITS en PPM pour les éléments suivants en % sur CaCO₃ (MgO)

T renforcement (*)

Interprétation PK pour culture d'exigence élevée
Interprétation PK pour culture d'exigence faible

Rapport C/N : niveau un peu faible, la valeur souhaitable est de 10 environ.
(*) T renforcement et T impasse PK sont exprimés en fourchette : la valeur basse correspond aux cultures d'exigence faible et la valeur haute aux cultures d'exigence élevée.

CARBONE ET AZOTE

C = 1.12% N = 0.14%

POUVOIR FIXATEUR

FAIBLE MOYEN ÉLEVÉ

RATIOS D'ÉQUILIBRE

| | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-------|-------------|--------|------------|
| RATIO | RÉSULTAT | NORME | TROP FAIBLE | NORMAL | TROP ÉLEVÉ |
| K ₂ O | 1.9 | 2.2 | | | |
| CaO/MgO | 38.8 | 36.7 | | | |
| Cu/MO | 1.03 | 0.8 | | | |
| P ₂ O ₅ /Zn | 100 | 16.9 | | | |

BILAN HUMIQUE

RÉSULTAT NORME DÉFICITAIRE ÉQUILIBRE EXCÉDENT

BH -330 ± 200

Le pouvoir fixateur du sol vis à vis du phosphore est élevé compte tenu du pH alcalin. Cela se traduit par une disponibilité réduite des réserves en phosphore et un risque important de rétrogradation, notamment en période de repos biologique du sol. Les apports de matière d'hiver seront mieux valorisés. Le pouvoir fixateur vis à vis de la potasse est élevé compte tenu de la CEC relativement importante. Cela se traduit par des risques de lessivage limités et un bon potentiel de libération des réserves. L'assimilabilité des oligo-éléments est assez faible compte tenu du pH alcalin. Cela signifie une mauvaise disponibilité des réserves. Les apports foliaires sur cultures sensibles sont recommandés.

Méthodes d'analyses : CEC (méthode NF X 31-130) ; Matière organique : carbone Anon X 172 (NF X31-100) ; pH eau : extraction eau ; "acidité active" (NF X 31-100) ; pH KCl : extraction KCl "acidité totale" (NF X 31-100) ; CaCO₃ total (NF X 31-100) ; CaCO₃ actif (NF X 31-100) ; Cationes échangeables : Ca⁺⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ ; méthode d'extracteur NF X 31-100 ; Phosphore : méthode Olsen (extraction bicarbonate de sodium), méthode zone indifférente (extraction NH₄OH) ; N : N₂ (NF X 31-100) ; Diges : Ca, Mg, K, et 20 éléments en cations (NF X 31-100) ; Bore soluble (NF X 31-100) ; Cu : méthode biologique basée sur les paramètres relevant le vie microbienne du sol (pH, % CaCO₃, % d'argile, % MO) ; régime de restitution des résultats de résultats, fréquence d'appareils organisés.

AGREA - 24 route de Saint Roch - 37200 La Membrolle sur Ouche - Tél : 01 44 21 45 40 - Fax : 01 44 21 45 41 - e-AGREA : s.012 - www.agre.fr

EARL DE LA SAVOIE Parcelle : TERRE DU ROY
18 RUE LORIN N° échantillon 41088165
10400 FONTAINE MACON N° d'lot :

AGREMENT : Analyse réalisée par AGREA, agréé par le Ministère de l'Agriculture

INTERPRÉTATION : Interprétation et conseils de fumure réalisés par AGREA selon les normes COMIFER 2007/2009.

HISTORIQUE DE FERTILISATION

| Culture | Rdt | Résidu | Apport Minéral P ₂ O ₅ | K ₂ O | Apport Organique |
|------------|------------------------|----------|--|------------------|------------------|
| Antécédent | ORGE D'HIVER FOURRAGER | Entouss | OUI | OUI | NON |
| Précédent | ORGE D'HIVER FOURRAGER | Ramassés | OUI | OUI | NON |

Nombre d'années sans apport P : 0 Nombre d'années sans apport K : 0

INFORMATIONS SOL

Type de sol : LIMON ARGILEUX
Profondeur : Moyen
% cailloux : Moyen (10 à 20%)
Terme fine : 3500T/ha

PRÉLÈVEMENT

Préleveur : NON RENSEIGNÉ
Type prélèvement : DIAGONALE
Profondeur de prélèvement : 30 cm
Longitude :
Latitude :
Date de prélèvement :

CONSEIL CHAULAGE (kg CaO / ha)

| Entretien CaO | Correction CaO | Apport total CaO |
|-----------------------|----------------|------------------|
| 1 ^{re} année | / | / |
| 2 ^{me} année | / | / |
| 3 ^{me} année | / | / |
| Total | / | / |

CONSEILS P, K, Mg Interprétation COMIFER (Dose COMIFER = bas de la Fourchette)

CONSEILS OLIGO-ÉLÉMENTS

(1) Classe d'exigence (pour P₂O₅, K₂O, MgO) : ■ faible ■■ moyenne ■■■ élevée
(2) Exportations grains et pailles calculées selon les normes COMIFER 2007. (3) Coefficient multiplicateur des exportations calculées selon les normes COMIFER 2009.
(4) Conseil de fumure PK/Mg : (exportation x coefficient multiplicateur) + report des pailles du précédent

1^{ère} PDT CONSO 50 T Résidu : Entouss

| | PHOSPHORE P ₂ O ₅ | POTASSE K ₂ O | MAGNÉSIE MgO |
|---------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| EXIGENCE CULTURE (1) | ■■■ | ■■■ | ■■■ |
| Normes | 50 | 200 | 120 |
| d'interprétation | 80 | 400 | 160 |
| Exportations (kg/ha) (2) | 50 | 195 | 15 |
| Coefficient multiplicateur (3) | 0.8 | 1.2 | 58 |
| Report des pailles du précédent | 4 | 58 | 3 |
| Conseil de fumure (kg/ha) (4) | 40 / 60 | 290 | 30 / 45 |

Apport minéral complémentaire

2^{ème} BLE 100 Qx Résidu : Ramassés

| | PHOSPHORE P ₂ O ₅ | POTASSE K ₂ O | MAGNÉSIE MgO |
|--------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| EXIGENCE CULTURE (1) | ■■■ | ■■■ | ■■■ |
| Normes | 20 | 100 | 120 |
| d'interprétation | 70 | 150 | 160 |
| Exportations (kg/ha) (2) | 65 | 50 | 10 |
| Coefficient multiplicateur (3) | 0 | 0 | 0 |
| Conseil de fumure (kg/ha) (4) | --- | --- | 15 / 25 |

Apport minéral complémentaire

3^{ème} ORGE D'HIVER FOURRAGER 80 Qx Résidu : Entouss

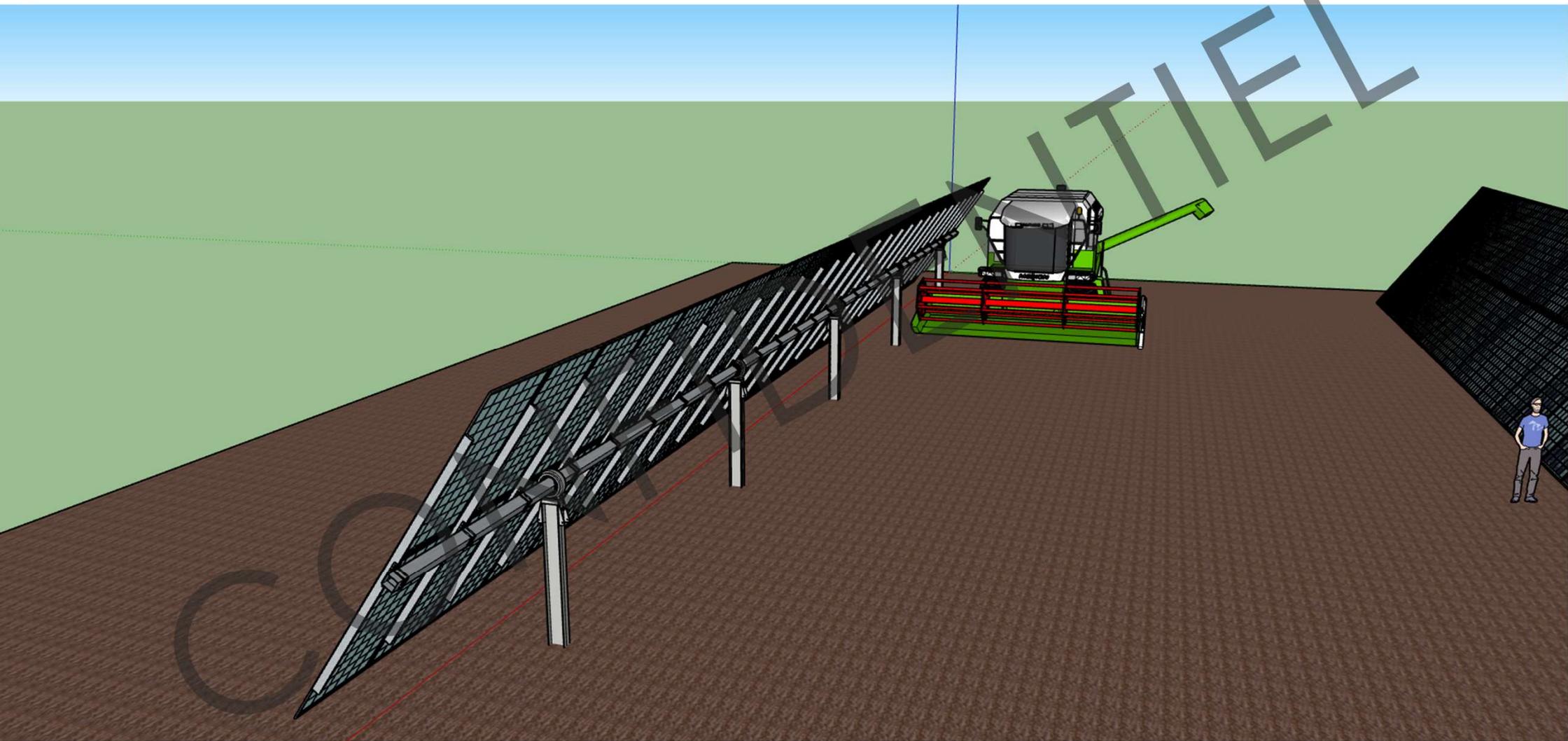
| | PHOSPHORE P ₂ O ₅ | POTASSE K ₂ O | MAGNÉSIE MgO |
|---------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| EXIGENCE CULTURE (1) | ■■■ | ■■■ | ■■■ |
| Normes | 50 | 100 | 120 |
| d'interprétation | 80 | 150 | 160 |
| Exportations (kg/ha) (2) | 50 | 45 | 10 |
| Coefficient multiplicateur (3) | 0.8 | 0 | 0 |
| Report des pailles du précédent | 8 | 55 | 4 |
| Conseil de fumure (kg/ha) (4) | 40 / 60 | --- | 15 / 25 |

Apport minéral complémentaire

| | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|----|
| Dose totale | 80 | 290 | 60 |
| Dose moyenne | 27 | 97 | 20 |
| Somme des exportations | 165 | 290 | 35 |
| Renforcement (+) / Destockage (-) | -85 | 0 | 25 |

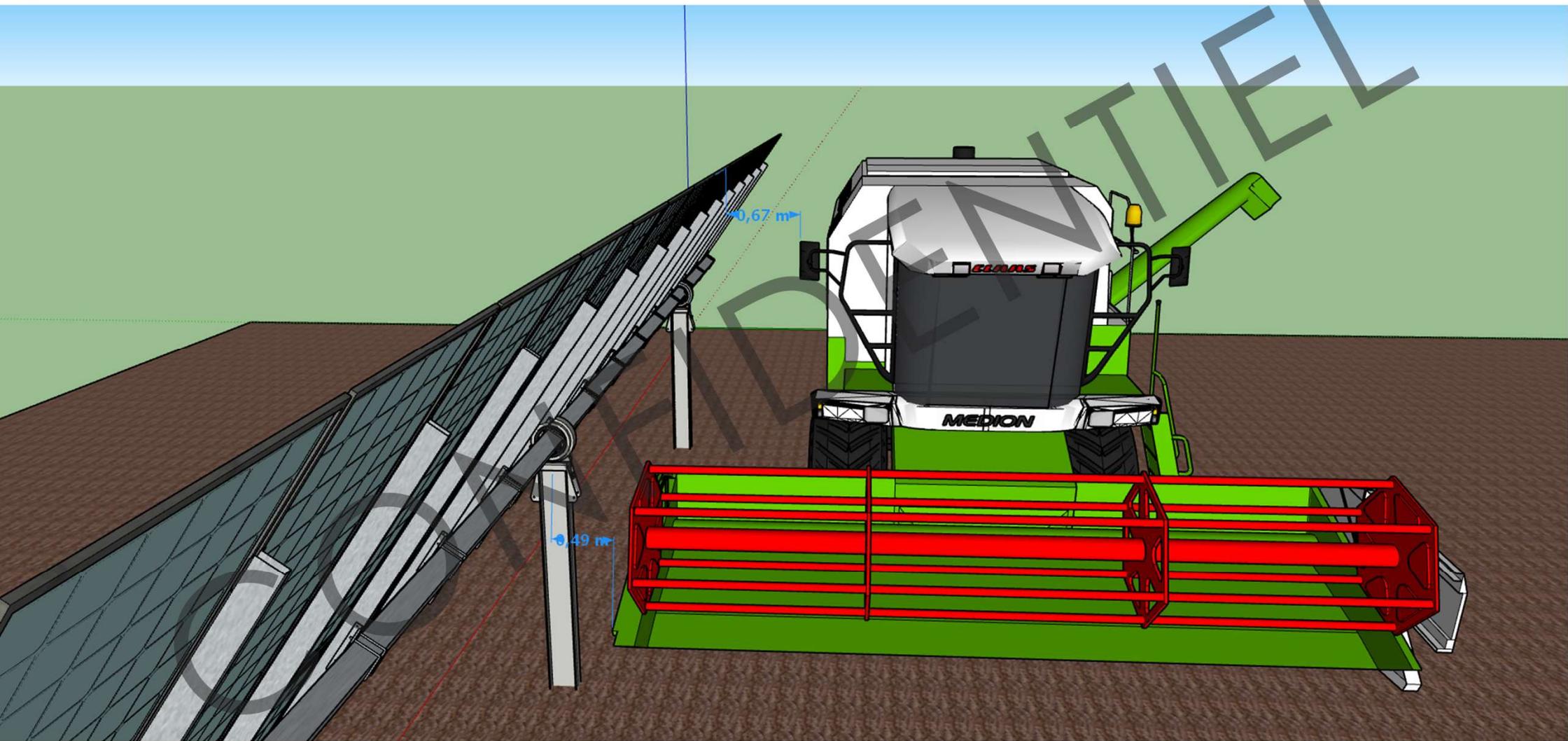
Annexe 3 : Mécanisation sur le projet

Confidentiel

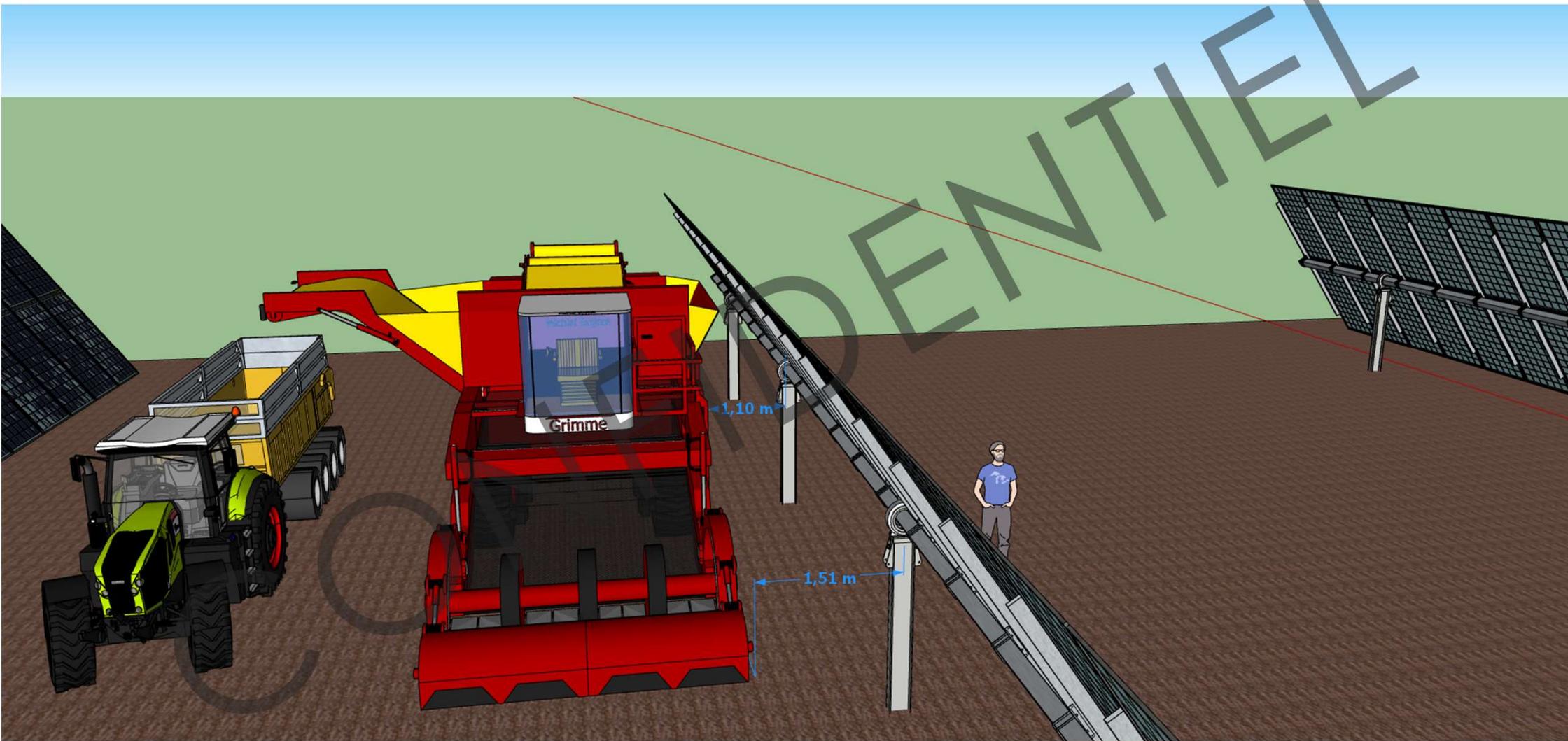


Mécanisation sur le projet

Confidentiel



Mécanisation sur le projet



Annexe 4 : Recherche et suivi technique sur les sites Agrinergie® d'Akuo

DEUX SITES D'ÉTUDES EN FRANCE



Confidentiel



Bellegarde

Ombrières arboricoles - Gard

Abricots - Cerises - Raisins



Lherm

Structures fixes - Haute-Garonne

Prairie

Impact des panneaux sur la biomasse

Projet Agrinergie d'Akuo sous ombrières - Bellegarde (30)

Culture d'abricots en AB sous ombrières photovoltaïques

Maintien de revenus constants grâce à la protection des cultures :

- Aucune année à production nulle : disparition de la maladie Monilia sous les panneaux
- 12 143 €/ha/an contre 9 761 €/ha/an sans ombrières (Source BioPACA)

Préservation des ressources hydriques:

- Irrigation : 3 fois moins d'apport en eau

Réduction des intrants :

- Phytosanitaires :
 - Traitements fongiques divisés par 4.5
 - Traitements insecticides divisés par 4
- Interventions nécessaires :
 - Baisse du Temps Homme de 2h
 - 0,41 Teq CO2 évitées/ha

Rendements de 6t/ha avec un objectif de 20t/ha contre 15t/ha en moyenne sans ombrières

Source : Bio de Paca



Bénéfices
apportés

Marge
d'amélioration

Impact des panneaux sur la biomasse

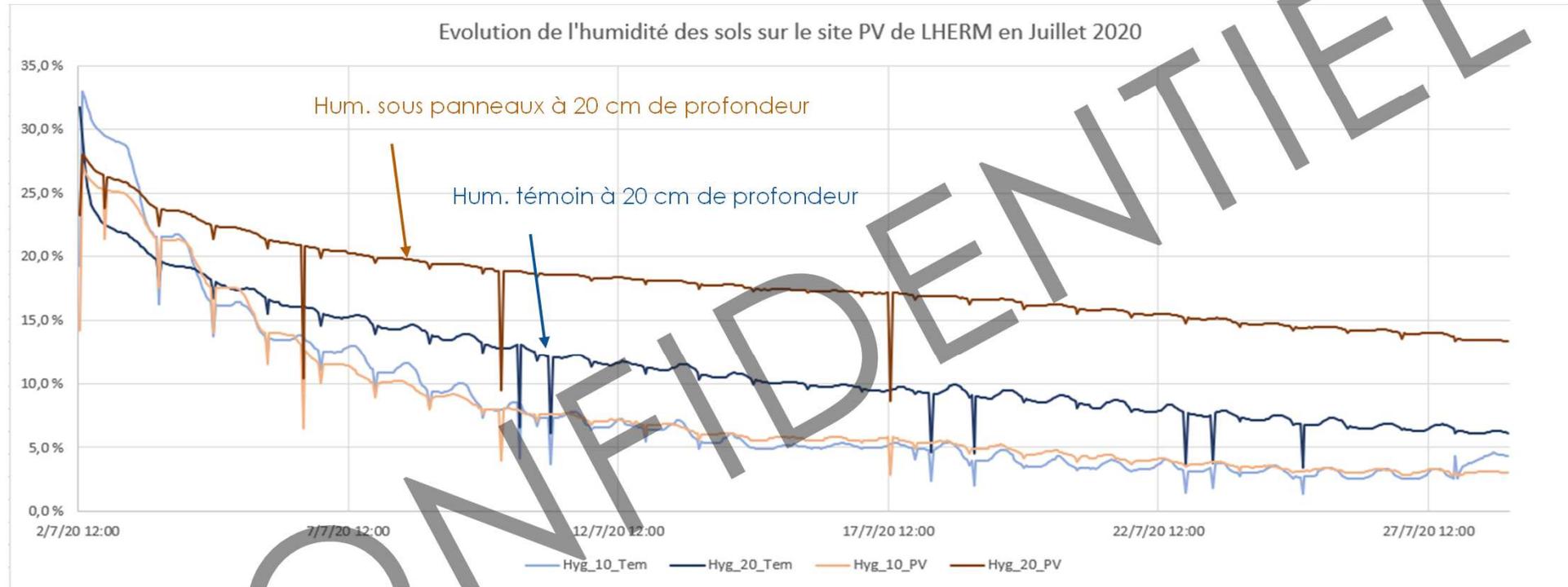
Réduction du stress hydrique – Retour d'expérience Akuo à Lherm (1/3)

- Centrales de mesures installées sur le site de LHERM en Juillet 2020
- Station témoin sans obstacles
- Station sous panneaux
- Capteurs aériens : thermomètre, hygromètre, pluviomètre, anémomètre, pyranomètre,
- Capteurs enterrés : hygromètres et thermomètres (6 mesures tous les 10 cm)



Impact des panneaux sur la biomasse

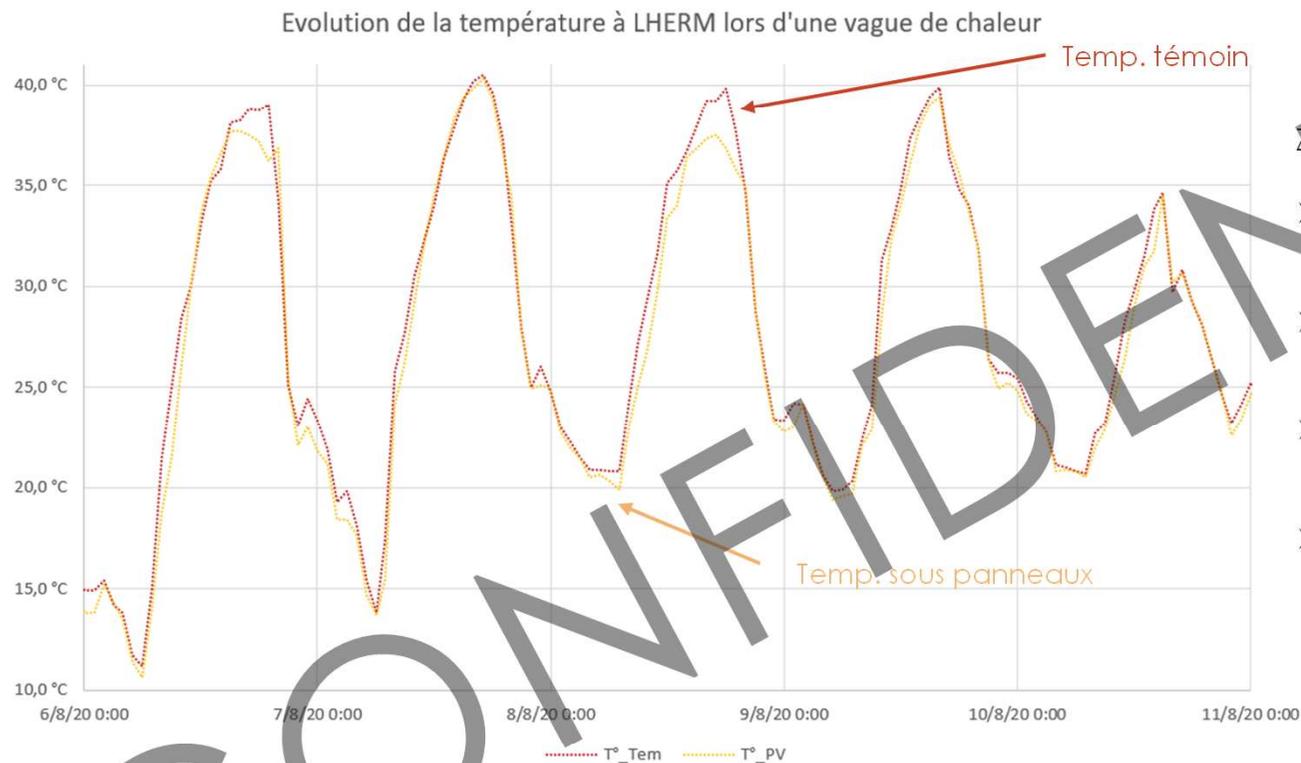
Réduction du stress hydrique – Retour d'expérience Akuo à Lherm (2/3)



- Température moyenne supérieure à 20°C sur la période, pics à plus de 30°C en journée
- Préservation des ressources supérieures sous panneaux: humidité du sol divisée par 4 en 4 semaines sans panneaux alors qu'elle est divisée par 2 en 4 semaines avec protection des panneaux
- **Meilleure préservation des ressources hydriques profondes**

Impact des panneaux sur la biomasse

Atténuation des variations thermiques – Retour d'expérience Akuo à Lherm (3/3)



Zoom sur une vague de chaleur du 6 au 10 août

- Températures moyennes de 27,7°C sur la période
- Température moyenne de 27,0°C sous les panneaux
- En journée, 0,8°C de moins sous les panneaux en moyenne
- Réduction des radiations solaires directes

- En moyenne sur toute la période estivale, 0,6°C de moins sous les panneaux quand la température extérieure est de plus de 25 °C

- **Protection des cultures contre les pics de chaleur**

Annexe 5 : Références scientifiques sur l'Agrivoltaïsme

Référence 1 : Influence de l'agrivoltaïsme sur certains paramètres comme l'humidité du sol, la micrométéorologie et l'efficacité de l'utilisation de l'eau

| | | |
|-------------------------|--|---|
| Titre de l'étude | Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency | |
| Date - Auteurs | 2018 - Hassanpour Adeh E, Selker JS, Higgins CW | |
| Lieu de l'étude | Oregon, USA | |
| Climat | Tempéré - zones avec étés secs et hivers humide | |
| Type Structures | Structures fixes Orientation 18° Hauteurs min/max : 1.1 m / 2.2m | Interrangée : 3 m Largeur rangée : 3 m |
| Résultats | <ul style="list-style-type: none"> - Meilleure efficacité hydrique (plus d'eau stockée dans le sol) - Augmentation de la biomasse de plus de 90% dans des zones partiellement ou entièrement couvertes par des panneaux solaires | |



(a)



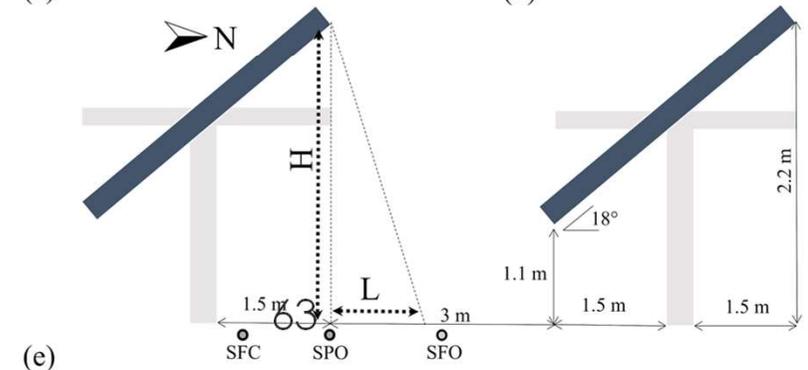
(b)



(c)



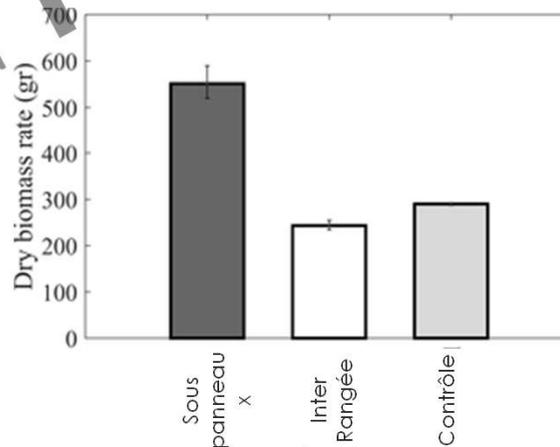
(d)



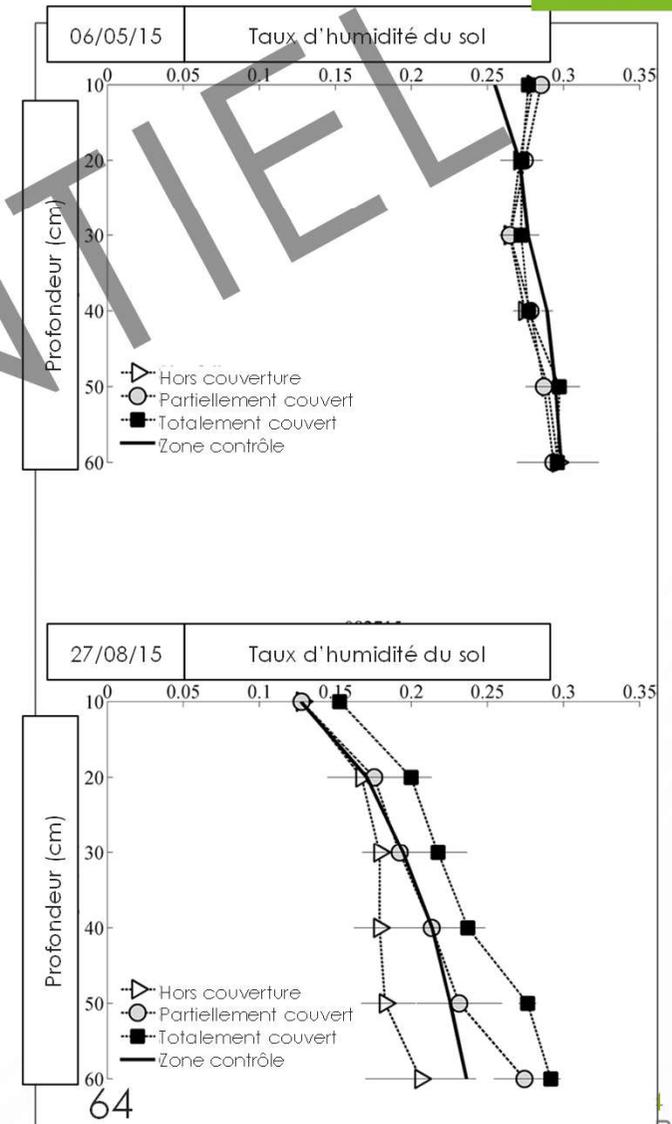
Référence 1 : Influence de l'agrivoltaïsme sur certains paramètres comme l'humidité du sol, la micrométéorologie et l'efficacité de l'utilisation de l'eau

| | |
|-------------------------|--|
| Titre de l'étude | Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency |
| Date - Auteurs | 2018 - Hassanpour Adeh E, Selker JS, Higgins CW - Oregon, USA |
| Climat | Tempéré - zones avec étés secs et hivers humide |
| Type Structures | Structures fixes Orientation 18° Hauteurs min/max : 1.1 m / 2.2m Inter-rangée : 3 m Largeur rangée : 3 m |
| Résultats | <ul style="list-style-type: none"> - Meilleure efficacité hydrique (plus d'eau stockée dans le sol) - Augmentation de la production de matière sèche de plus de 90% dans des zones partiellement ou entièrement couvertes par des panneaux solaires sur la période Mai-Août 2015 |

Matière sèche (gr)

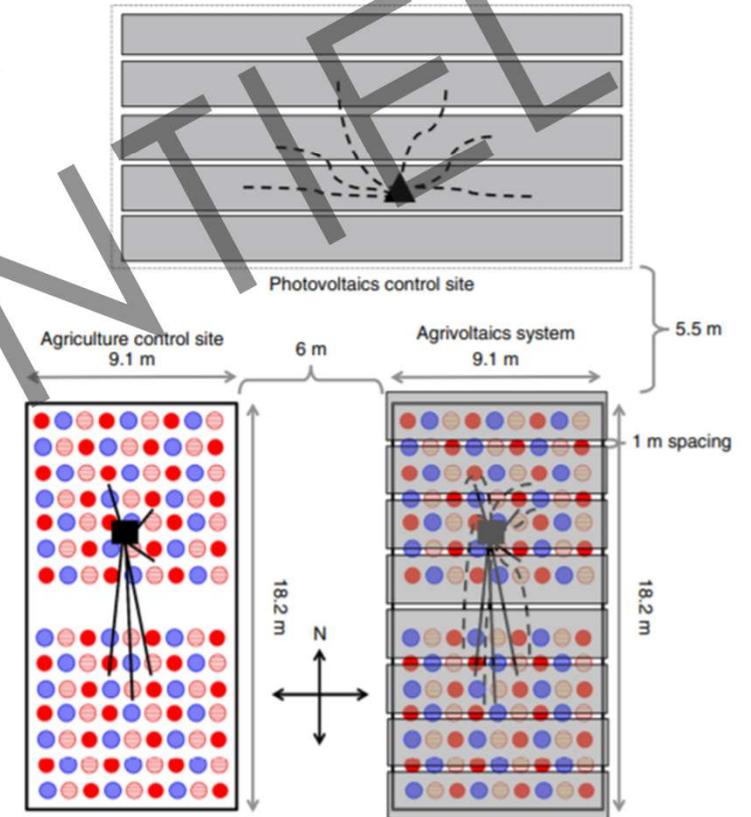


Confidentiel



Référence 2 : L'agrivoltaïsme offre des avantages mutuels aux liens alimentation-énergie-eau sur les terres arides

| | |
|-------------------------|--|
| Titre de l'étude | Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands |
| Date - Auteurs | 2019 - Greg A. Barron-Gafford, Mitchell A. Pavao-Zuckerman, Rebecca L. Minor, et al. |
| Lieu de l'étude | Sud-Ouest des Etats-Unis |
| Climat | Zones arides |
| Protocole | <p>Générateur photovoltaïque à 3,3 m du sol à l'extrémité la plus basse Inclinaison de 32°</p> <p>Cultures : Piment chiltepin, jalapeño et la tomate cerise</p> <p>Structures équipées de capteurs montés (t° et humidité de l'air) à 2,5 m du sol et à 5 cm en profondeur (t° et humidité du sol)</p> <p>Etude pendant l'été (3 mois) des niveaux de lumière entrante, la température de l'air et humidité relative en continu à l'aide de capteurs</p> |

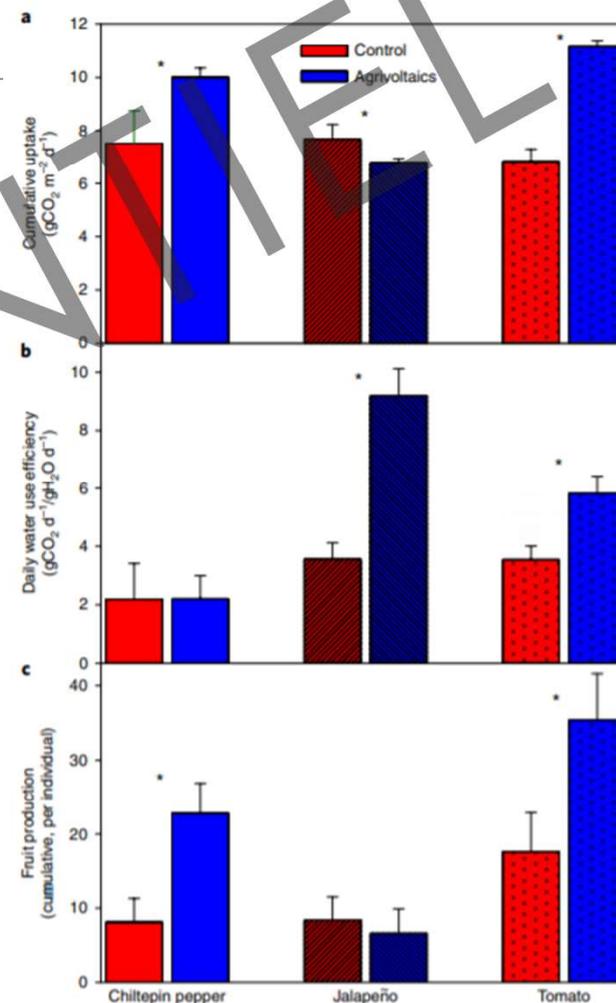


Carte de la zone expérimentale : Site de contrôle, une installation PV traditionnelle et le système agrivoltaïque.
 Les cercles rouges, bleus et hachés représentent respectivement les plants de tomate, de jalapeño et de chiltepin.
 Le carré noir représente l'emplacement de la station de mesure météorologique, et les lignes pleines partant du carré représentent les emplacements du sol capteurs d'humidité.

Référence 2 : L'agrivoltaïsme offre des avantages mutuels aux liens alimentation-énergie-eau sur les terres arides

Confidentiel

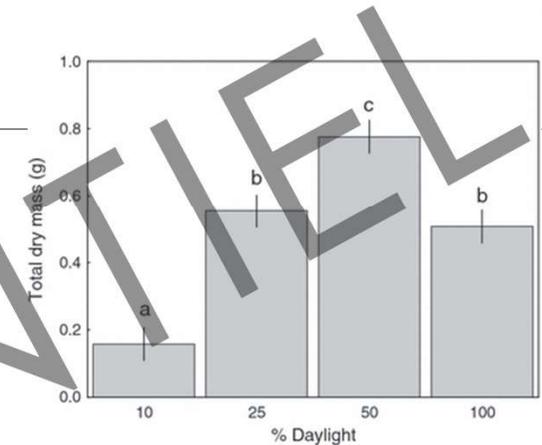
| | |
|-------------------------|--|
| Titre de l'étude | Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands |
| Date - Auteurs | 2019- Greg A. Barron-Gafford, Mitchell A. Pavao-Zuckerman, Rebecca L. Minor, et al. |
| Lieu de l'étude | Terres arides au Sud-Ouest des Etats-Unis - Zones arides |
| Protocole | <ul style="list-style-type: none"> - Générateur photovoltaïque à 3,3 m du sol à l'extrémité la plus basse - Inclinaison de 32° - Cultures : Piment chiltepin, jalapeño et la tomate cerise - Structures équipées de capteurs montés (t° et humidité de l'air) à 2,5 m du sol et à 5 cm en profondeur (t° et humidité du sol) - Etude pendant l'été (3 mois) des niveaux de lumière entrante, la température de l'air et humidité relative en continu à l'aide de capteurs |
| Résultats | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'évapotranspiration sous les panneaux et du besoin en eau - Températures diurnes plus fraîches (- 1.2±0.3 °C) sous panneaux - Températures nocturnes plus élevées (+ 0.5±0.4 °C) sous panneaux - Production totale agricole deux fois plus élevée sous les panneaux par rapport à la zone de contrôle |



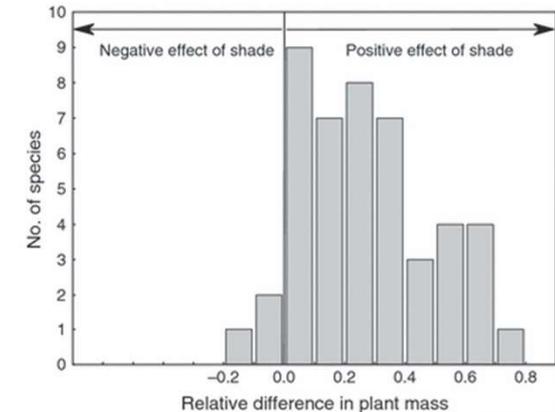
Impacts éco physiologiques des plantes d'un système agrivoltaïque (en bleu) par rapport à un système traditionnel (en rouge).

Référence 3 : Effet positif de l'ombre sur la croissance de plants : amélioration du stress ou régulation active du taux de croissance ?

| | |
|-------------------------|---|
| Titre de l'étude | Positive effect of shade on plant growth: amelioration of stress or active regulation of growth rate? |
| Date - Auteurs | 2012 - Semchenko et al. |
| Climat | Graines provenant de prairies au climat tempéré - Habitats aux caractéristiques différentes (disponibilité en nutriments et eau) Expérimentation à Tartu, Estonie. Conditions climatiques moyennes : température 17.2°C, humidité relative de l'air 75%, vitesse du vent 2.2 m/s, and radiation photosynthétique active (PAR en anglais) 7.98 MJ / m ² . jour |
| Protocole | Les graines de 46 espèces herbacées vivaces ont été récoltées puis semées. Les réponses de croissance à différentes expositions d'ombrage de ces graines ont été étudiées pendant 10 semaines. Les graines, séparées de manière égale, ont subi 4 traitements d'ombrage spectralement neutres : 10%, 25%, 50% et 100% de la lumière du jour. |



Effet moyen de la lumière de jour disponible sur la masse sèche de la plante après 10 semaines de croissance sur les 46 espèces.



Distribution de la fréquence de la différence relative de la masse sèche moyenne entre des traitements à 50% et 100% de la lumière du jour disponible.

Détail du calcul de la différence relative :

$$\frac{\text{moy}_{50\% \text{ jour}} - \text{moy}_{100\% \text{ jour}}}{\text{moy}_{50\% \text{ jour}} + \text{moy}_{100\% \text{ jour}}}$$

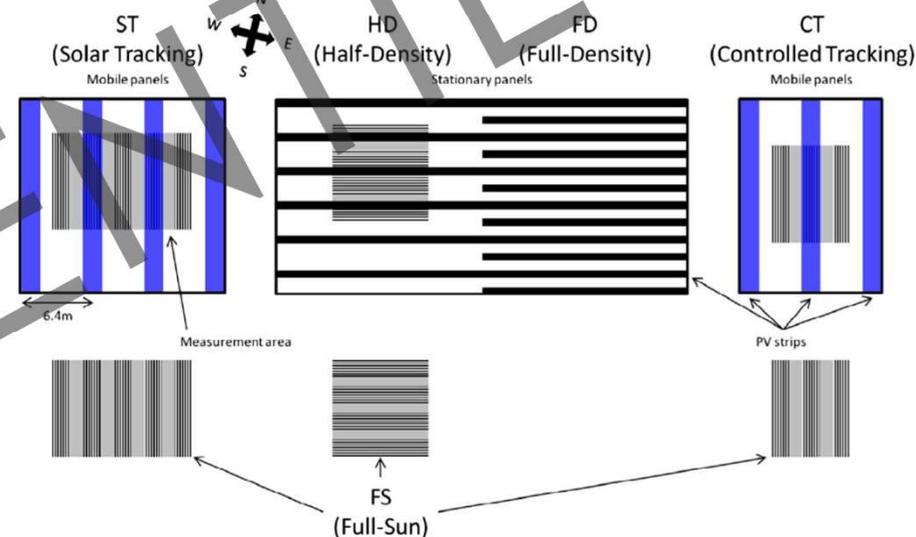
Référence 3 : Effet positif de l'ombre sur la croissance de plants : amélioration du stress ou régulation active du taux de croissance ?

| | |
|-------------------------|---|
| Titre de l'étude | Positive effect of shade on plant growth: amelioration of stress or active regulation of growth rate? |
| Date - Auteurs | 2012 - Semchenko et al. |
| Climat | Graines provenant de prairies au climat tempéré - Habitats aux caractéristiques différentes (disponibilité en nutriments et eau) Expérimentation à Tartu, Estonie. Conditions climatiques moyennes : température 17.2°C, humidité relative de l'air 75%, vitesse du vent 2.2 m/s, and radiation photosynthétique active (PAR en anglais) 7.98 MJ / m ² . jour |
| Protocole | Les graines de 46 espèces herbacées vivaces ont été récoltées puis semées. Les réponses de croissance à différentes expositions d'ombrage de ces graines ont été étudiées pendant 10 semaines. Les graines, séparées de manière égale, ont subi 4 traitements d'ombrage spectralement neutres : 10%, 25%, 50% et 100% de la lumière du jour. |

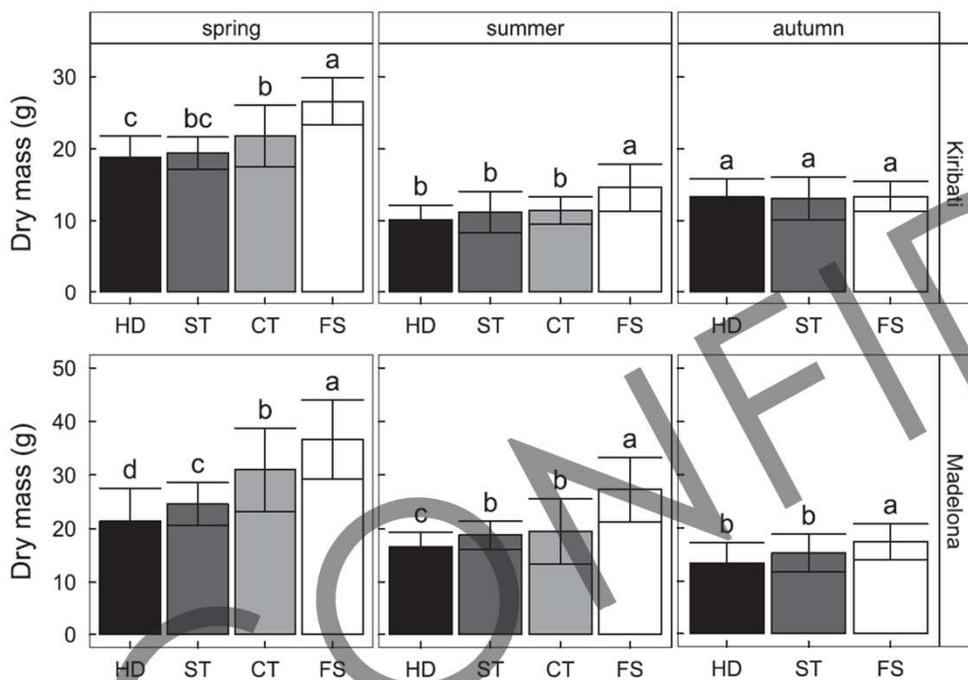
| | |
|------------------|--|
| Résultats | <ul style="list-style-type: none"> - Un ombrage modéré (50% de la lumière de jour disponible) augmente de manière significative la croissance des plantes. - Un ombrage à 25% a très peu d'effet - Au-delà de 90%, est observé une baisse significative de la masse sèche des plantes. La croissance des plantes dépend de l'optimum écologique des espèces. - Les espèces caractéristiques d'habitats moins fertiles et plus secs ont présenté la plus forte augmentation de masse sèche à l'ombre modérée (50%) par rapport à la lumière du jour (100%). |
|------------------|--|

Référence 4 : Augmenter la productivité totale d'une parcelle en combinant panneaux photovoltaïques trackers et cultures (étude sur la laitue)

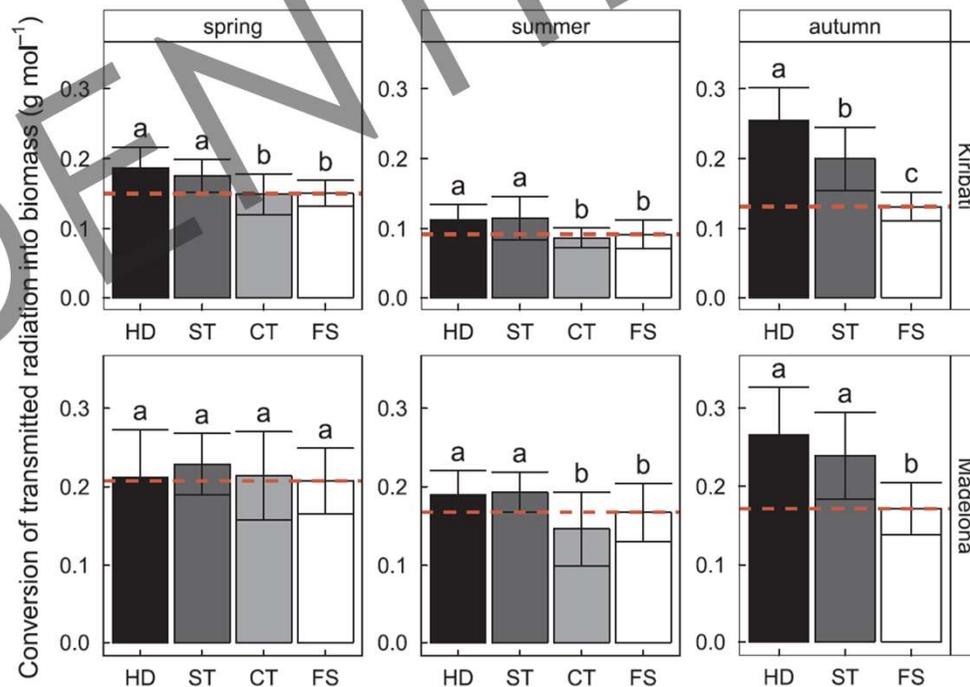
| | |
|-------------------------|---|
| Titre de l'étude | Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops |
| Date - Auteurs | B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, A. Christophe - 2017 |
| Climat | France, Montpellier : climat méditerranéen |
| Protocole | <p>2 variétés de laitues (Kiribati et Madelona) ont été plantées à l'automne au printemps et en été sur 3 à 5 parcelles par technologie utilisée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - FS (Full Sun) : parcelles témoin - HD (half-density) : panneaux au sol à faible densité - FD (full-density) : panneaux au sol à haute densité - ST (solar tracking) : trackers suivent le mouvement du soleil pour être à l'angle optimal - CT (controlled tracking) : trackers ayant pour but de minimiser l'ombre apportée aux plantes le matin et en fin d'après midi et maximiser l'ombre à midi quand la température, l'évapotranspiration, et la luminosité atteignent leur pic et limitent la croissance des plantes. <p>La production de biomasse a été estimée par la masse sèche moyenne des plantes récoltées sur chaque parcelle</p> |



Référence 4 : Augmenter la productivité totale d'une parcelle en combinant panneaux photovoltaïques trackers et cultures (**étude sur la laitue**)



Masse sèche des plantes par variété



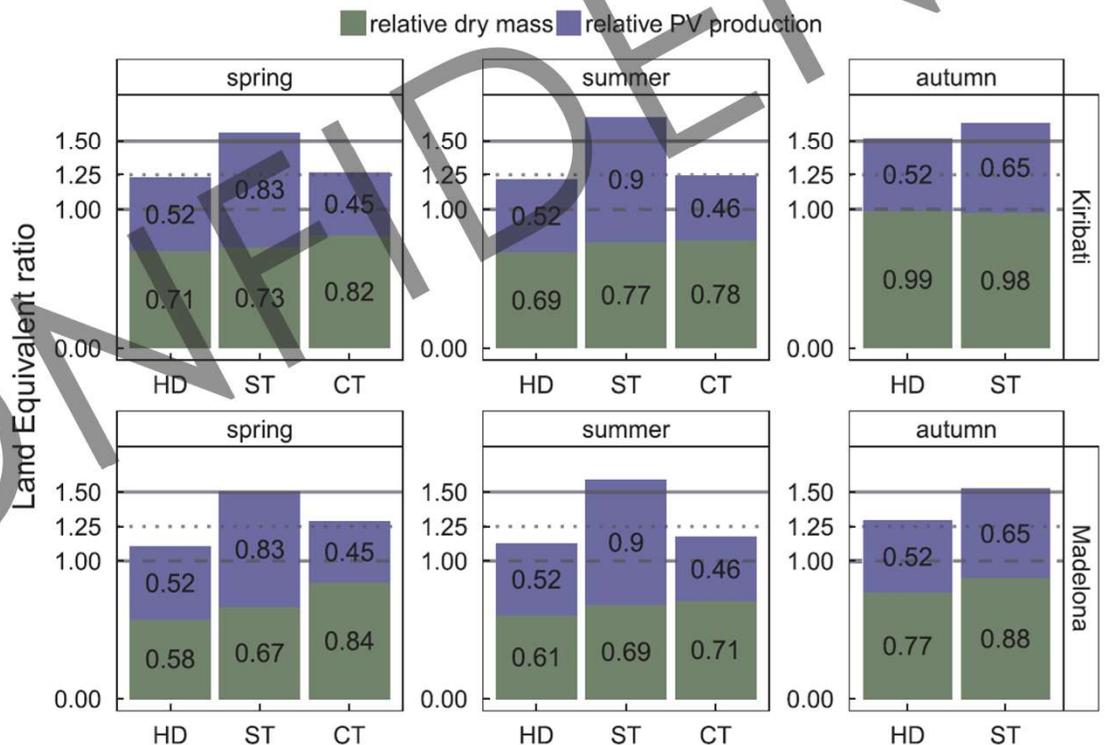
Conversion de la radiation solaire en biomasse: on observe une meilleure efficacité en présence de panneaux, due à une acclimatation des plantes à l'ombre

Référence 4 : Augmenter la productivité totale d'une parcelle en combinant panneaux photovoltaïques trackers et cultures (étude sur la laitue)

Résultats

L'utilisation de systèmes PV trackers permet une meilleure productivité électricité/biomasse par hectare (LER) comparé aux autres technologies (PV au sol [HD] et trackers pilotables permettant de réduire l'ombre apportée aux plantes [CT]).

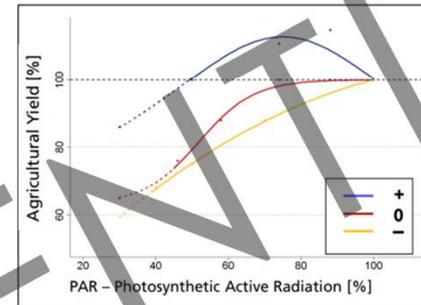
La production de biomasse dans un système tracker au printemps et en été atteint 67-77% de sa production observée en plein soleil. Ceci est notamment grâce à une meilleure efficacité de la photosynthèse. La production de biomasse est meilleure en système CT (71-84%) au détriment de la production PV.



Référence 5 : Agrivoltaïsme: cultiver le soleil pour produire notre alimentation et notre électricité

| | |
|-------------------------|---|
| Titre de l'étude | Agro-photovoltaics : harvesting the sun for power and food |
| Date - Auteurs | Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE |
| Lieu | Freiburg - Allemagne |
| Objectifs | Evaluer la résistance des plantes à l'ombre via le rayonnement photosynthétique actif (PAR) |

Suitable Crops



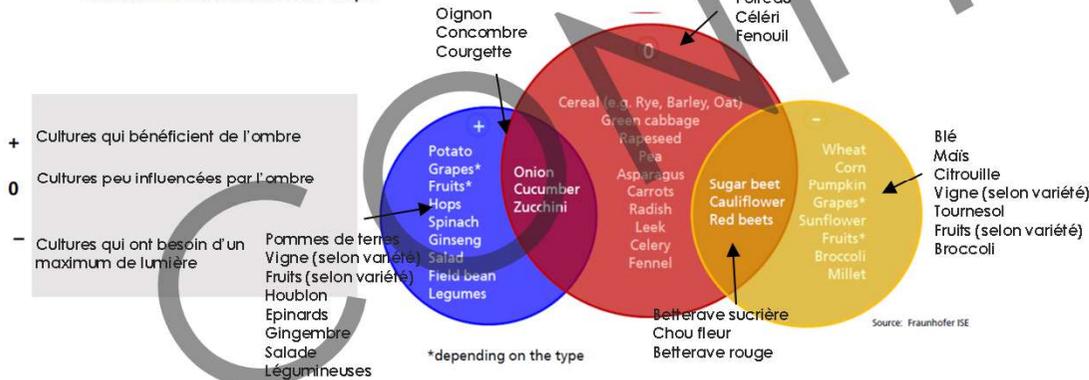
| Category | Crops |
|----------|--------------|
| + | Légumes |
| 0 | Orge & Colza |
| - | Maïs |

Source: Fraunhofer ISE

- Shade tolerant crops exist
- Increase in yield and quality improvement through shading is possible
- Depending on crop rotation and average Light Compensation Point (LCP) site specific reduction in solar radiation feasible

Fraunhofer ISE Research Results
Suitable Crops – Case Study Germany

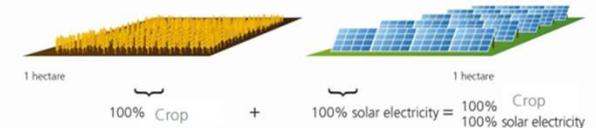
Classification most relevant crops:



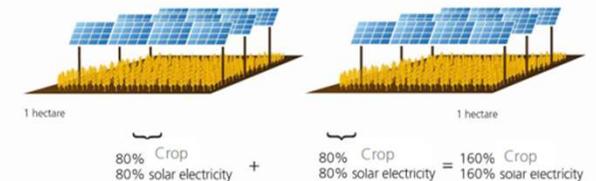
- For sunny and arid regions a higher share of "+" crops are expected

Land Use Efficiency Raises by over 60 %*

Separate Land Use on 2 Hectare Cropland



Combined Land Use on 2 Hectare Cropland: Efficiency increases over 60%



*Results for Germany. In hot and semi-arid zones an increase between 80 -100 % seems realistic

Référence 6 : Partager l'énergie solaire pour la production alimentaire et électrique : la performance des systèmes agrivoltaïques sur **le maïs, une plante typiquement intolérante à l'ombre**

| | |
|-------------------------|--|
| Titre de l'étude | Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production : Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A typical shade-intolerant Crop |
| Date - Auteurs | T Sekiyama et A. Nagashima - 2019 |
| Lieu / Climat | Ichihara, Japon. Climat tempéré chaud |
| Protocole | <p>Sur 100m², du maïs doux a été planté sous 3 types de configuration :</p> <ul style="list-style-type: none"> - parcelles avec des panneaux PV à haute densité (0,71m entre les panneaux) - parcelles avec des panneaux PV à faible densité (1,67m entre les panneaux) - parcelles témoin sans panneaux PV <p>Panneaux à 2,7m de hauteur, inclinaison 30°</p> <p>Plantation : Début Avril 2018 Récolte : Fin Juillet 2018</p> |

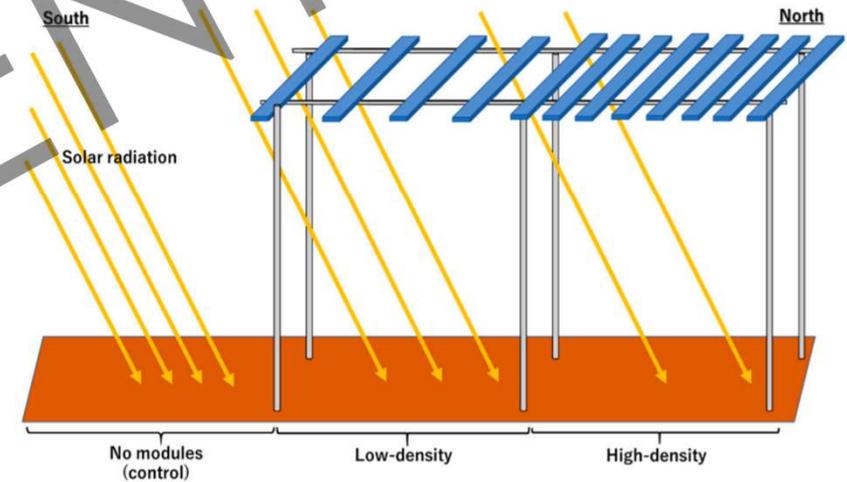


Figure 2. PV module configurations at the agrivoltaic experimental farm.

Référence 6 : Partager l'énergie solaire pour la production alimentaire et électrique : la performance des systèmes agrivoltaïques sur **le maïs, une plante typiquement intolérante à l'ombre**

| | |
|-------------------------|---|
| Titre de l'étude | Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production : Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A typical shade-intolerant Crop |
| Date - Auteurs | T Sekiyama et A. Nagashima - 2019 |
| Lieu / Climat | Ichihara, Japon. Climat tempéré chaud |
| Résultats | <p>Les rendements et matière sèche du maïs cultivé sous panneaux à faible densité atteignent respectivement 105,6% et 104,9% de ceux du maïs cultivé sans panneaux. Sous panneaux à haute densité, ils atteignent respectivement 96,4% et 96,9%.</p> <p>Ceci est expliqué par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La saturation de l'utilisation de la luminosité pour la photosynthèse qui diffère pour chaque culture. Arrivé à un certain stade, la luminosité n'est plus un facteur qui limite la photosynthèse. - La protection des panneaux d'un surplus de lumière qui peut freiner la croissance des plantes - Une réduction de l'évapotranspiration des plantes sous les panneaux pendant les périodes de sécheresse. <p>Limites de l'étude : petite expérimentation de 100m², sur une seule culture et un seul climat.</p> |

Table 1. Average fresh weight of corn crops grown in different configurations.

| | Configurations | | |
|--------------------------|----------------|-------------|--------------|
| | Control | Low-Density | High-Density |
| Average fresh weight (g) | 372.2 | 393.0 | 358.8 |
| Comparison with control | 1 | 1.056 | 0.964 |

Table 2. Average biomass (dry basis) of corn stover grown in different configurations.

| | Configurations | | |
|--------------------------------------|----------------|-------------|--------------|
| | Control | Low-Density | High-Density |
| Average biomass (kg/m ²) | 1.63 | 1.71 | 1.58 |
| Comparison with control | 1 | 1.049 | 0.969 |

Table 3. Corn yields per square meter for different configurations.

| | Configurations | | |
|---------------------------------|----------------|-------------|--------------|
| | Control | Low-Density | High-Density |
| Corn yield (kg/m ²) | 3.35 | 3.54 | 3.23 |

Table 10. Light saturation points of selected crops [14].

| Crops | Light Saturation Points (KLX) | Crops | Light Saturation Points (KLX) |
|------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| Corn | 80-90 | Rice | 40-45 |
| Watermelon | 80-90 | Carrot | 40 |
| Tomato | 80 | Turnip | 40 |
| Taro | 80 | Sweet potato | 30 |
| Cucumber | 55 | Lettuce | 25 |
| Pumpkin | 45 | Green pepper | 20-30 |
| Blueberry | 45 | Spring onion | 25 |
| Cabbage | 45 | Mushroom | >20 |

Référence 7 : Combiner panneaux photovoltaïques et agriculture pour optimiser l'usage du sol : vers de nouveaux schémas agrivoltaïques (**étude sur du blé dur**)

| | |
|-------------------------|---|
| Titre de l'étude | Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use : Towards new agrivoltaic schemes |
| Date - Auteurs | C. Dupraz, H. Marrou, G. Talbot, L. Dufour, A. Nogier, Y. Ferard INRA & Sun'R SAS - 2011 |
| Lieu / Climat | Ferme Restinclières, 15km au nord de Montpellier |
| Méthode | <p>Etude sur le comportement du blé dur sous panneaux photovoltaïques</p> <p>Modélisation via plusieurs modèles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modèle d'interception du rayonnement solaire (Logiciel R) - Modèle pour simuler la croissance des plantes en interaction avec des variables techniques et environnementales (STIC crop model) <p>Simulation basée sur le prototype agrivoltaïque installé à Montpellier en 2010 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Superficie de 820m² - Hauteur de 4m - Inclinaison de 25° - Espace inter-rang de 6,4m <p>2 densités de panneaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faible densité (HD) : 3,28m entre chaque panneau - Haute densité (FD) : 1,64m entre chaque panneau |

Référence 7 : Combiner panneaux photovoltaïques et agriculture pour optimiser l'usage du sol : vers de nouveaux schémas agrivoltaïques (**étude sur du blé dur**)

| | |
|-------------------------|---|
| Titre de l'étude | Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use : Towards new agrivoltaic schemes |
| Date - Auteurs | C. Dupraz, H. Marrou, G. Talbot, L. Dufour, A. Nogier, Y. Ferard INRA & Sun'R SAS - 2011 |
| Lieu / Climat | Ferme Restinclières, 15km au nord de Montpellier |
| Résultat | <p>→ Le modèle prédit une légère réduction des rendements et de matière sèche de blé dur sous les panneaux à faible densité, et une réduction plus importante sous les panneaux à haute densité (voir tableau)</p> <p>→ Une réduction de la lumière de 57% (resp 29%) entraîne une réduction de 19% (resp 8%) des rendements. Le modèle prédit une meilleure efficacité de l'utilisation de la lumière par le blé dur sous l'ombre des panneaux</p> <p>Limites :</p> <ul style="list-style-type: none"> - seule la variable lumière a été prise en compte : il faudrait intégrer la répartition de la pluie, le vent, les températures du sol, la protection de la grêle, des excès de chaleur, etc. - le blé a été semé sous des panneaux statiques : ce qui ne correspond pas au cas des trackers |

Table 2
LERs of two different agrivoltaic systems as predicted by modelling.

| | Solar panel Relative yield | Crop Relative yield |
|----------------|-------------------------------|------------------------|
| Monosystem | 1 | 1 |
| Haute Densité | 1 | 0.73 |
| Faible densité | 0.52 | 0.83 |

| | Crop Relative dry matter | LER based on yield | LER based on dry matter |
|----------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|
| Monosystem | 1 | — | — |
| Haute Densité | 0.64 | 1.73 | 1.64 |
| Faible densité | 0.80 | 1.35 | 1.32 |

Référence 8 : Rendements en fourrages, croissance des agneaux et comportement d'approvisionnement des animaux en système de production agrivoltaïque

| | |
|-------------------------|--|
| Titre de l'étude | Herbage Yield, Lamb Growth and Foraging Behavior in Agrivoltaic Production System |
| Date - Auteurs | Alyssa, C. Andrew, Chad, W. Higgins, Mary, A. Smallman, Maggie Graham and Serkan Ates, 2021 |
| Lieu / Climat | Oregon, Etats Unis – climat océanique, étés chauds et secs |
| Méthode | <p>Étude sur 2 ans de la production de fourrage, la croissance des agneaux, le comportement des animaux en pâturage et la valeur nutritive de l'herbe en système traditionnel ouvert et système photovoltaïque</p> <p>Ferme de 2,4 ha, 1,4MW, panneaux orientés E-O, inter-rang de 6m (3m ombragés et 3m partiellement ombragés), point le plus bas des panneaux à 1,1m, angle 18°</p> <p>Agneaux répartis de manière aléatoire dans les différentes zones sans panneaux et avec panneaux.</p> <p>Pâturage du 17 avril 2019 au 12 juin 2019 et du 30 mars 2020 au 11 juin 2020.</p> <p>Mesure de la matière sèche de l'herbe au printemps, été et automne.</p> |

TABLE 1 | Soil test results from open, fully and partially shaded pasture sites (75 mm depth) in winter 2019.

| Location | OM % | P | K | Ca | Mg | pH | dS/m |
|------------------------------|------|------|-----|-----------|-----|-----|------|
| | % | ppm | | meq/100 g | | | EC |
| Pâtures ouvertes | 6.44 | 61.8 | 340 | 16.2 | 7.2 | 6.0 | 0.07 |
| Sites ombragés | 6.93 | 83.4 | 451 | 13.9 | 5.8 | 5.6 | 0.15 |
| Sites partiellement ombragés | 7.97 | 71.5 | 356 | 15.4 | 6.4 | 5.6 | 0.14 |

Référence 8 : Rendements en fourrages, croissance des agneaux et comportement d'approvisionnement des animaux en système de production agrivoltaïque

Résultat

- La production d'herbe sous les panneaux a été globalement 38% inférieure à celle sans panneaux notamment **dû aux rendements largement inférieurs dans les zones totalement ombragées**
- **En période de sécheresse, la présence des panneaux permet à l'herbe de continuer à pousser contrairement aux prairies sans PV**
- Les rendements moindres ont été compensés par une **meilleure qualité du fourrage** (taux protéique et valeur énergétique supérieure à une prairie classique (+5% de protéines), taux de fibres non digestibles plus faible), traduit par une **croissance similaire des agneaux dans les 2 systèmes**
- Quand les agneaux ne s'alimentent pas, **ils passent plus de 90% de leur temps sous les panneaux** : ceci peut expliquer d'une part leur bonne croissance par un moindre stress thermique, et d'autre part les rendements inférieurs sous les panneaux dû au piétinement

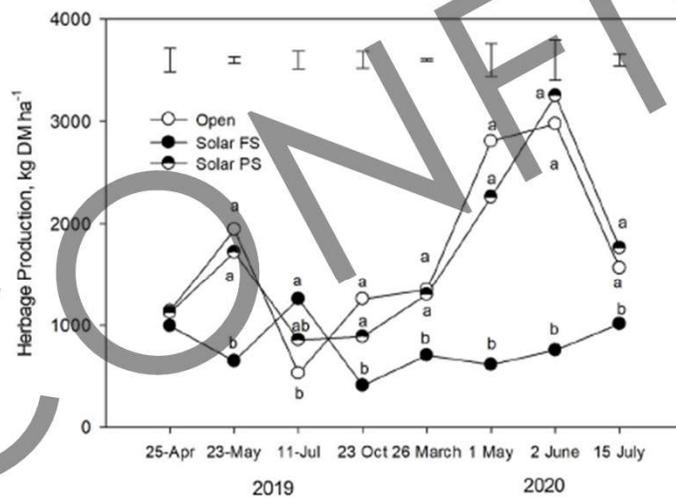


FIGURE 2 | Seasonal herbage dry matter (DM) production (kg DM ha⁻¹) in fully (FS) and partially shaded (PS) areas under solar panels and open pastures in 2019 and 2020. ^{a-b}Lowercase letters indicate statistical differences for total herbage production according to Fisher's unprotected least significant difference ($\alpha = 0.05$). Bars represent SEM.

Impact des panneaux sur la biomasse

Référence 9 : Dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur 2 sites prairiaux pâturés

| | |
|-------------------------|--|
| Titre de l'étude | Dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur 2 sites prairiaux pâturés |
| Date - Auteurs | Loan Madej, 2021 Etude UREP INRAE |
| Lieu / Climat | 1 ^{er} site : Allier, France– climat océanique, étés chauds et secs 2 nd site: Cantal, France – climat, influence atlantique et montagnarde |
| Méthode | <p>Etude de l'impact du pâturage ovin et les effets directs de la présence des panneaux solaires sur la végétation</p> <p>1^{er} site: Braize, Allier (03) – géré par JPEE Site de 30,08 ha (zone d'étude 14,72 ha), panneaux orientés Sud, inter-rang de 4m, largeur des rangées de 3,5m, point le plus haut à 3m, angle 25° Pâturage ovin, 80 à 100 brebis, 0,8 à 1 UGB/ha En exploitation depuis 2018 implanté sur une fiche dégradée de 3-4 ans d'âge qui était une ancienne pépinière des années 1980 (mise en évidence de pollution plastique, organique, chimique).</p> <p>2nd site: Marmanhac, Cantal (15) – géré par Photosol Site de 21,7 ha (zone d'étude 12,89 ha), panneaux orientés Sud, inter-rang de 1,85m, largeur des rangées de 2,90m, point le plus haut à 2,10m, angle 25° Pâturage ovin, 150 brebis à l'année et 50 agneaux d'avril à juin, 1,7 UGB/ha</p> <p>Pourcentage de sol nu et mesure de la matière sèche de l'herbe chaque semaine de début juin à fin août.</p> |

Impact des panneaux sur la biomasse

Référence 9: Dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur 2 sites prairiaux pâturés

Résultat

- La **croissance de la végétation est majoritairement plus élevée sous les panneaux par rapport aux zones ensoleillées** sur les deux sites suivis. Cette différence peut être expliquée par la réserve en eau plus élevée dans le temps sous panneaux solaires et la température du sol trop élevée en inter-rang.
- La **végétation sous les panneaux présente la plus petite hauteur de densité sur les deux sites comparés aux zones ensoleillées**. Cette différence peut s'expliquer par l'activité des moutons qui se couchent sous les panneaux ce qui contrebalance le potentiel de la végétation sous panneaux en l'absence des animaux.
- Bien que la croissance et l'état de la végétation sont avantagés sous les panneaux, **la productivité à l'ombre n'a pas présenté une plus grande biomasse** comparée à la végétation qui s'est développée au soleil.
- **La diversité et la richesse végétale se sont trouvées homogènes** sur le parc de Braise mais aurait tendance à s'appauvrir sur le site plus ancien de Marmanhac. Cet effet est lié à la domination d'une espèce de la famille des poacées présentant une stratégie compétitive à l'abris des stress sous les panneaux et en appliquant un filtre biotique sur les autres espèces exclues compétitivement.

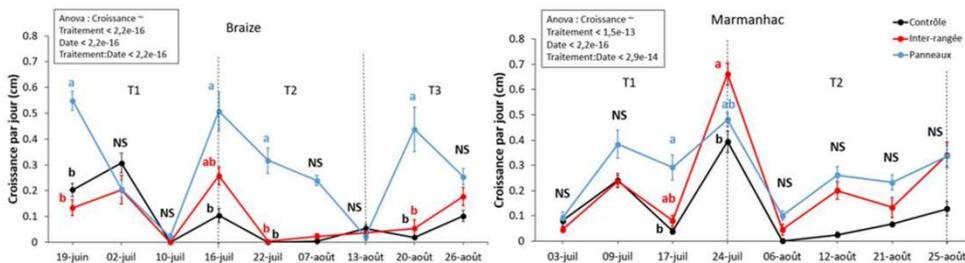


Figure 3 : Dynamique temporelle de la croissance mesurée sur les transects pour le site de Braize à gauche et pour le site de Marmanhac à droite. Pour chaque date et site, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$). ; NS : $P > 0.05$. Moyenne +/- erreur standard, $n = 3$. Dans l'encadré figure les résultats de l'anova à mesures répétées.

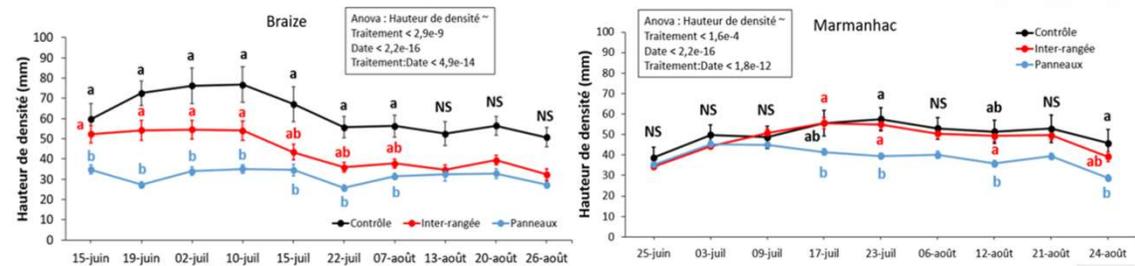


Figure 4 : Dynamique temporelle de la hauteur de densité (mm) pour le site de Braize à gauche et pour le site de Marmanhac à droite. Pour chaque date et site, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) ; NS : $P > 0.05$. Moyenne +/- erreur standard, $n : P \text{ et } I = 60 ; C = 20$. Dans l'encadré figure les résultats de l'anova à mesures répétées.

Annexe 6 : Relations contractuelles entre les parties prenantes



Contacts

Référent Akuo Energy :

Mathieu Vulvin - vulvin@akuoenergy.com

Référente Agriterra :

Elise Garesse - garesse@agriterra-group.com