

Etude préalable agricole

Projet agrivoltaïque de Brienne-le-Château (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 Energy : **Matthieu Vulvin** – vulvin@akuoenergy.com
Référente Agriterra : **Elise Garesse** – garesse@agriterra-group.com

TABLE DES MATIÈRES

1. Le cadre de l'EPA.....	3	5. Le projet agrivoltaïque de Brienne-le-Château.....	35
1.1 L'EPA et la réglementation.....	4	5.1 L'Agrinerie® - ou agrivoltaïsme.....	36
1.2 La méthodologie du calcul d'impact.....	6	5.2 Illustrations de centrales agrivoltaïques en exploitation.....	37
1.3 Les parties prenantes techniques du projet.....	7	5.1 La séquence Eviter, Réduire, ou Compenser.....	38
2. Description du projet, contexte agricole et délimitation du territoire concerné.....	8	5.1.1 Localisation des mesures sur le projet.....	39
2.1 Description du projet.....	9	5.1.2 Mesures d'évitement.....	40
2.1.1 Localisation.....	9	5.1.3 Mesures de réduction.....	41
2.1.2 Caractéristiques du projet.....	10	5.1.3.1 Les trackers : technologie d'Agrinerie® du projet de Brienne-le-Château.....	41
2.1.3 Compatibilité avec les règlements d'urbanisme.....	10	5.1.3.2 Les bandes fleuries ou enherbées.....	43
2.2 Contexte agricole global.....	11	5.1.3.3 MR1 : trackers grandes cultures.....	44
2.2.1 Occupation du territoire et agriculture dans l'Aube.....	13	5.1.3.4 MR2 : trackers verger basse-tige.....	48
2.2.2 Effectifs et orientations économiques des exploitations agricoles.....	14	5.1.3.5 Calcul du maintien de la SAU avec les différentes technologies d'Agrinerie®.....	51
2.2.3. Irrigation dans l'Aube.....	15	5.1.3.6 Impact des trackers sur les sols.....	52
2.3 Définition du périmètre d'étude.....	16	5.3 La synergie agrivoltaïque.....	54
2.3.1 Justification du périmètre retenu.....	16	5.4 Analyse des effets du projet sur les filières amont-aval.....	55
2.3.2 Caractéristiques des périmètres retenus.....	17	5.5 Impact du projet sur le modèle économique des exploitations agricoles.....	56
3. Analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire retenu.....	18	5.6 Evaluation économique de l'agriculture présente sur le site avec le projet.....	59
3.1 Périmètre élargi.....	19	5.7 Propositions afin de s'assurer du maintien de l'activité agricole.....	61
3.1.1 Les chiffres clés de l'agriculture au sein du périmètres élargi.....	19	6. Annexes.....	62
3.1.2 Circuits courts et démarches de qualité.....	21	6.1 Détails des calculs.....	64
3.1.3 Filières agricoles.....	22	6.2 Analyses de sol du site d'étude.....	65
3.2 Site d'étude.....	23	6.3 Schéma mécanisation.....	71
3.2.1 Exploitations concernées par le projet.....	25	6.4 Recherche et suivi technique sur les sites Agrinerie® d'Akuo.....	75
3.2.2 Productions agricoles sur le site.....	27	6.5 Références scientifiques sur l'agrivoltaïsme.....	80
3.2.3 Potentiel agronomique.....	28		
3.2.4 Analyse fonctionnelle du site.....	30		
3.2.5 Enjeux environnementaux du site d'étude.....	31		
3.2.6 Proximité du site d'étude avec le dépôt de munitions.....	32		
3.3 Enjeux de l'économie agricole du territoire.....	33		
4. Evaluation économique de l'agriculture présente sur le site d'étude sans le projet.....	34		



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 agrivoltaïque 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 en zone A, l'intégralité de la surface étant affectée à une activité agricole dans les 5 dernières années



➤ 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 5 ha en vigueur dans l'Aube

Le projet de Brienne-le-Château 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

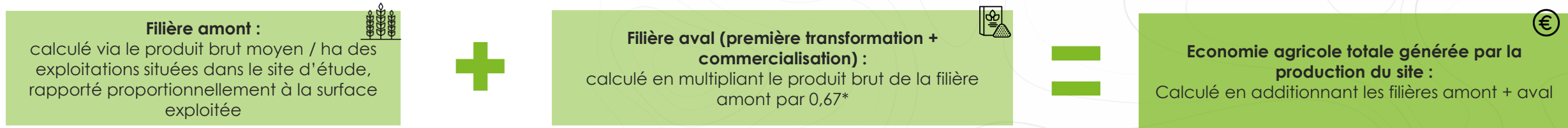
Le décret n°2016-1190 paru le 31 août 2016 précise que l'économie agricole du territoire porte sur **la production agricole primaire, la première transformation et la commercialisation.**

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 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 :

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

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



* le détail du calcul se trouve en [annexe 7.1](#)

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 la 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 Brienne-le-Château 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

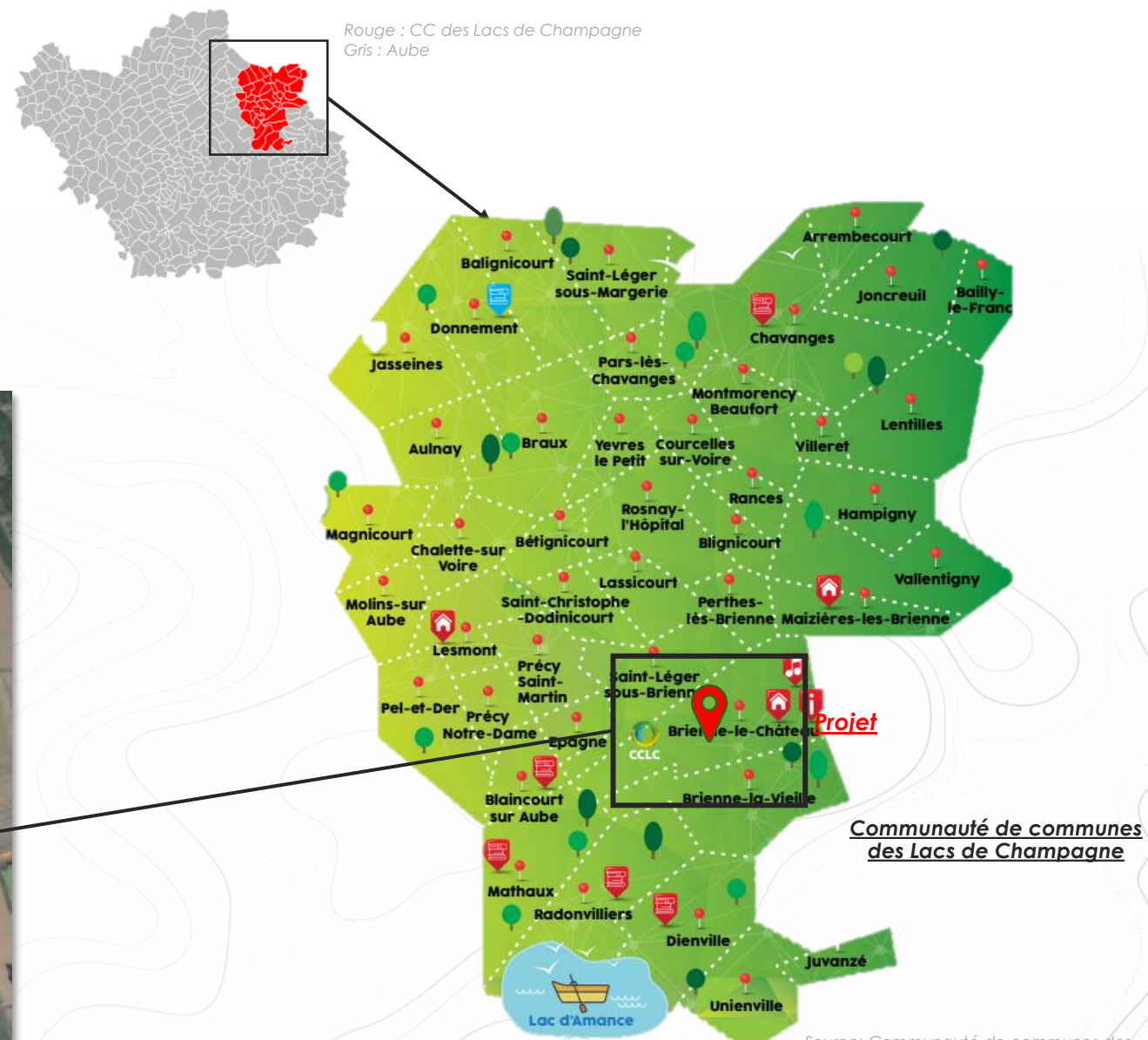
Le projet agrivoltaïque est situé sur la commune de **Brienne-le-Château (10 500)**, dans le département de l'Aube, en région Grand Est.

Brienne-le-Château se situe à 30 km à l'est de Troyes. En 2015, la commune comptait 2907 habitants sur une superficie de 21,56 km² (source : Insee).

La commune appartient à la **Communauté de Communes (CC) des Lacs de Champagne**. Issue de la fusion de la communauté de communes du Chavangeois et de la communauté de communes du Briennois en 2014, la CC des Lacs de Champagne regroupe 43 communes et 9 630 habitants (2020), sur une superficie de 440,30 km² (source : CC des Lacs de Champagne).



Source : Géoportail



Source: Communauté de communes des Lacs de Champagne

Caractéristiques du projet

Projet Parc agrivoltaïque

Surface

Prise à bail du terrain et surface clôturée : **73,4 ha** (dont 3,8 ha de bois)
Surface cultivée dans les 5 dernières années : **70,7 ha**

Surface projetée au sol (surface recouverte par les panneaux à plat) :
16,6 ha soit 22% de la surface clôturée

Puissance

34 Mwc

Equivalent de la consommation d'électricité annuelle de 9 000 foyers, soit plus de 2 fois la population de la communauté de communes des lacs de Champagne.

Technologie et dimensions

Trackers (panneaux mobiles suivant la course du soleil)

Hauteur des panneaux :

- Point le plus bas : **0,35 m**
- Point le plus haut : **4,5m**
- Hauteur du pieu : **2,2m**

Espacement entre les rangées : **14 ou 16m** en fonction des terres (détaillés en mesure de réduction)

Urbanisme Zone **A**

Société **Akuo Western Europe And Overseas**

Maîtrise foncière Promesse de **bail emphytéotique** sur les parcelles concernées (73,4 ha) sur 30 ans

Historique du projet Un exploitant du terrain a fait appel à Akuo pour l'installation d'une centrale photovoltaïque afin de valoriser mieux son exploitation sur des parcelles à mauvais potentiel agronomique.

Carte des propriétaires et exploitants



→ Carte agrandie p.23

Légende :

Propriétaires

- Famille Poirson : 37,2 ha
- Famille Vallet : 27,9 ha
- M. Poncet : 3,2 ha
- M. Gublin : 5,9 ha
- M. Mucyn : 0,34 ha

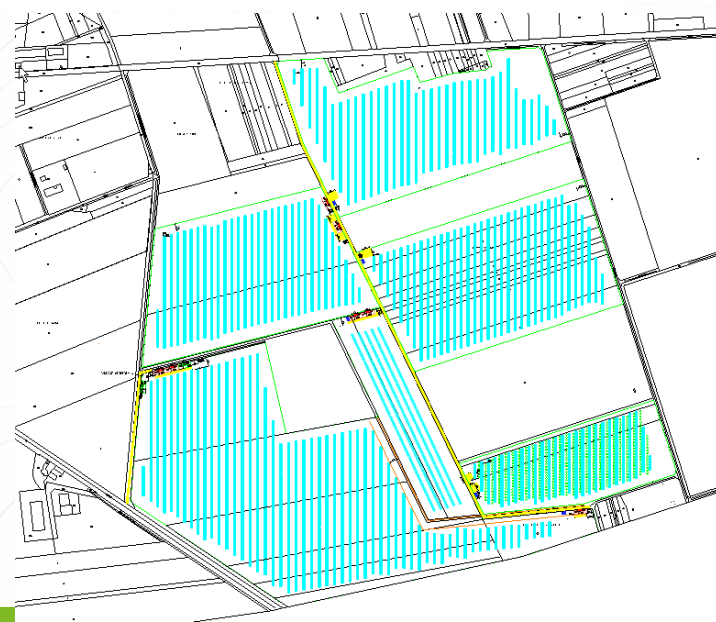
Surface totale prise à bail : 73,4 ha

Exploitants

- M. Vallet : 17,9 ha
- M. Kremer : 10 ha
- M. Mouy (départ à la retraite) : 36,6 ha
- M. Gublin : 6,2 ha

Surface étudiée pour l'EPA : 70,7 ha

Plan Masse de la centrale agrivoltaïque



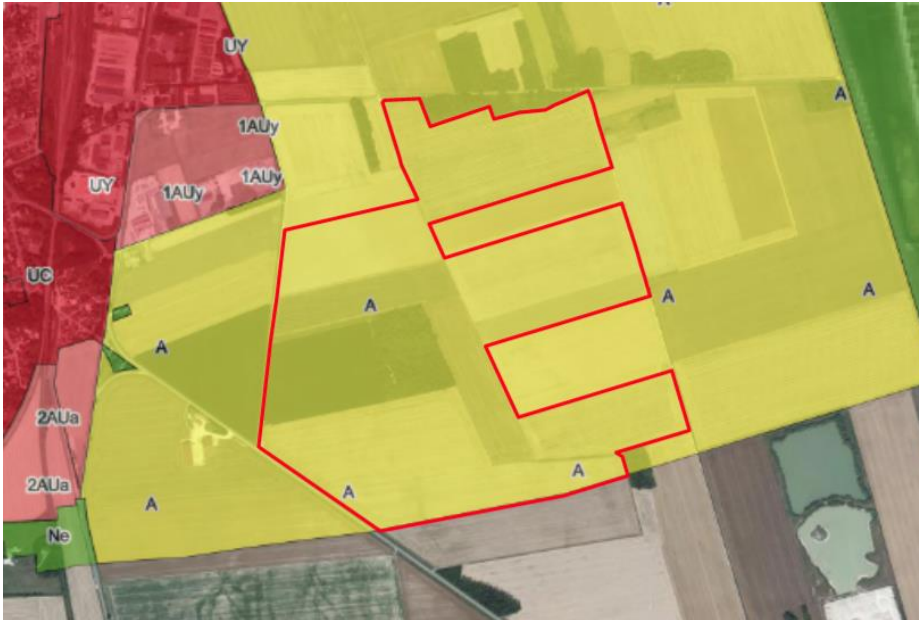
Légende :

	Aire de retournement
	Arbre du verger
	Portail d'accès
	Piste lourde 5 m
	Citerne incendie
	Tables 2V27
	Clôture du parc
	Poste de transformation
	Poste de livraison
	Limite cadastrale
	Fossé conservé

Compatibilité avec les règlements d'urbanisme

Plan Local d'Urbanisme

La totalité du projet est classée **en zone A** (agricole), figurée en jaune sur la carte.



Le règlement de la zone A **autorise les ouvrages d'infrastructures ou de superstructure, les installations techniques, les installations et travaux constituant des équipements des services publics ou d'intérêt collectif ou y étant directement liés.**

La centrale agrivoltaïque de Brienne-le-Château est compatible avec le caractère de la zone agricole puisque c'est une centrale de production d'énergie d'intérêt collectif et qu'elle propose de maintenir l'agriculture présente et donc de conserver la vocation agricole du site.

Schéma de Cohérence Territoriale de l'Aube

La commune de Brienne-le-Château est soumise au Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de l'Aube, approuvé en février 2020.

Au sein du **Projet d'Aménagement et de Développement Durables (PADD)** du SCoT, les **enjeux agricoles** sont mentionnés dans le 2^{ème} axe « Les territoires de l'Aube, des territoires qui s'appuient sur leurs identités et leurs spécificités », dont un des objectifs est le suivant :

> Promouvoir la diversité culturelle, les productions locales et les terroirs :

Encourager la diversification de l'agriculture, pour développer et bénéficier d'une plus grande variété de cultures en lien avec le territoire, ainsi que pour répondre aux enjeux de la consommation locale.

Les **enjeux énergétiques** sont mentionnés dans le 3^{ème} axe, « Les territoires de l'Aube, des territoires qui organisent ensemble leur développement », dont un des objectifs est le suivant :

> Rechercher plus d'efficacité et de durabilité en matière d'énergie :

Le développement des énergies renouvelables est à favoriser en lien avec les ressources des territoires du SCoT, dans une logique de complémentarité urbain / rural, et dans le respect des sites et des paysages (bois, biomasse, méthanisation, éolienne, photovoltaïque, hydraulique...).

Ces objectifs se traduisent dans le **Document d'Orientation et d'Objectifs (DOO)** du SCoT en dispositions suivantes :

- **Favoriser une agriculture de proximité** : promouvoir la diversité culturelle (maraîchage, arboriculture, prairie, etc.) ; encourager les productions locales
- **Limiter notre empreinte écologique et renforcer nos capacités d'adaptation au changement climatique** : permettre la diversification des modes de production et des sources d'énergie sous réserve d'une gestion raisonnée et durable des ressources et leur mode d'exploitation (solaire, éolien, hydro-électricité...).

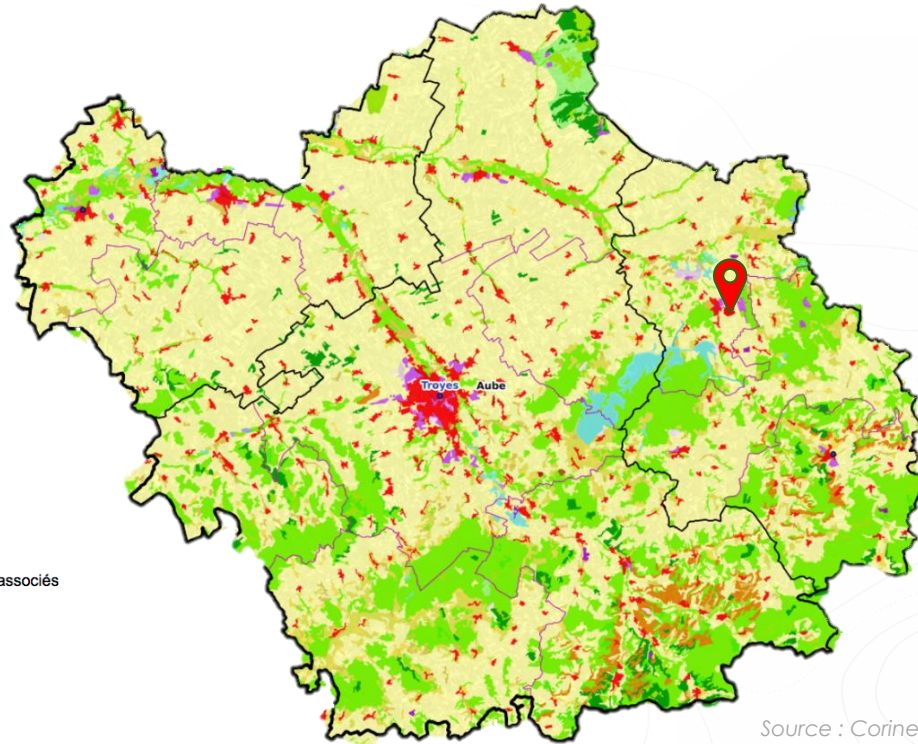
Le projet répond aux différents enjeux du SCoT puisqu'il répond à la fois aux enjeux agricoles et énergétiques : la **double production agricole et énergétique** du projet sera démontrée à travers l'étude. Aussi, ayant pour objectif d'introduire un atelier d'arboriculture fruitière, le projet permet de **favoriser une agriculture de proximité.**

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 culturaux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

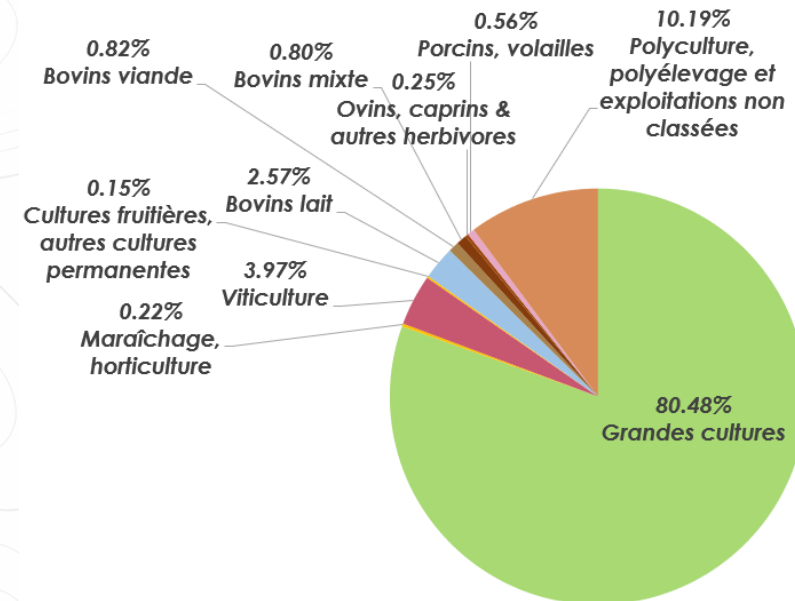


Source : Corine and Land Cover 2018

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 bon 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

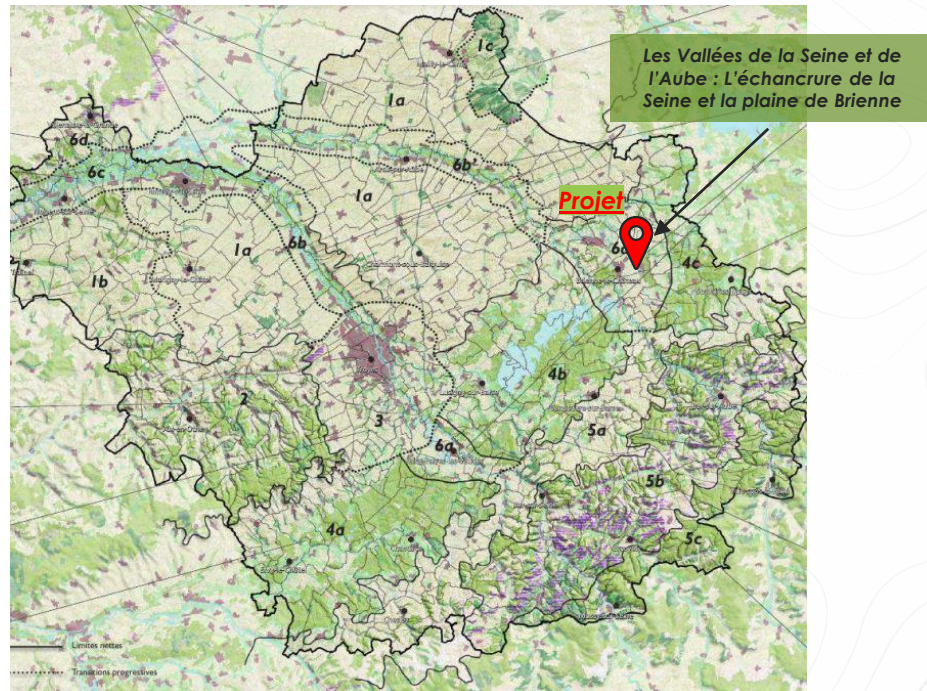
Source données : AGRESTE
Source graphique : Agriterra

Le paysage agricole auboisi

L'Aube est découpée en 5 petites régions agricoles. Brienne-le-Château se situe dans la Champagne humide, région d'une surface de 75 076 ha, coupée en deux par les lacs de la Forêt d'Orient et avec un plan d'eau de 5 000 ha. La nature argileuse et hydromorphe de ses sols a conduit à une activité à dominante de prairies avec de l'**élevage**, notamment avec une zone A.O.C. Chaource sur la partie sud. Mais également des **grandes cultures** et des cultures de **légumes** (Source: Terres & vignes de l'Aube).

Le référentiel des paysages de l'Aube situe le projet au sein de l'unité paysagère : « Les Vallées de la Seine et de l'Aube » et plus précisément dans la sous-unité « **L'échancrure de la Seine et la plaine de Brienne** ». Elle se caractérise par des **vallées qui s'élargissent en vastes plaines agricoles** avec une **dominance de grandes cultures**. Les étangs y sont également nombreux mais très peu perceptibles et rarement appropriables (Source : Référentiel des Paysages de l'Aube). **La Plaine de Brienne est caractérisée par un microclimat qui lui est spécifique avec des terres très séchantes.**

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

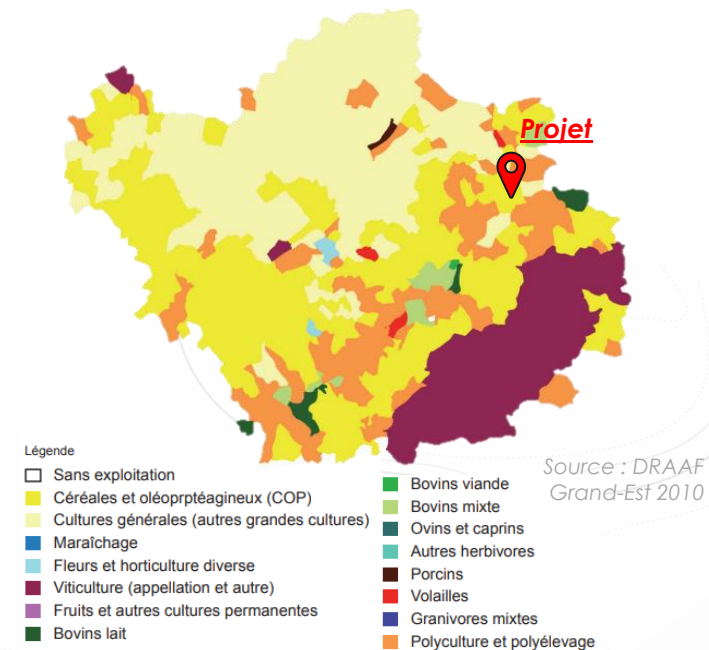
L'agriculture représente **6,5% des emplois du département**, ce qui est deux fois plus qu'au niveau régional. En 2020, on compte **4 900 exploitations agricoles**. Les actifs permanents assurent 84% du travail agricole, soit 7 700 unités de travail annuel. En valeur, l'Aube représente **16 % des biens agricoles régionaux** produits en 2019 (18 % pour les produits végétaux et 4% pour les produits animaux) (Source : AGRESTE 2020).

Dans l'Aube, 92% des terres sont labourables. **Les grandes cultures dominent l'espace agricole en termes de surface**, elles 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 terres et le 9^{ème} de la production de betteraves. (Source : AGRESTE).

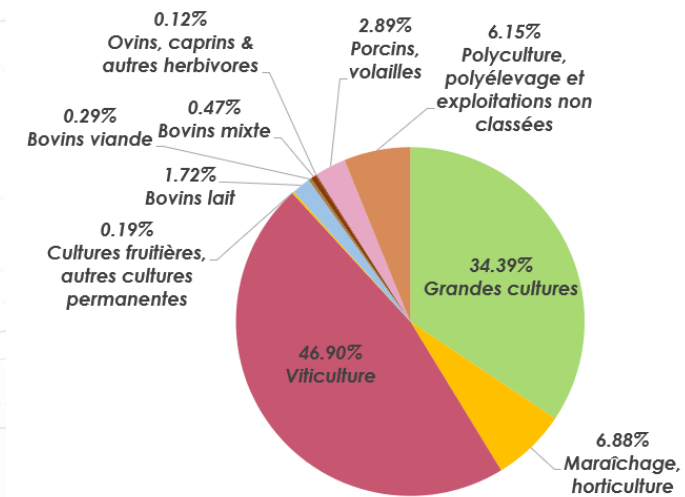
La viticulture représente 47 % de la valeur de la production agricole auboise et 45 % des exploitations du territoire. Les structures viticoles sont de petite taille mais supérieures à la moyenne de la Champagne Viticole, respectivement 3,62 ha et 2,74 ha de vigne en moyenne.

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).

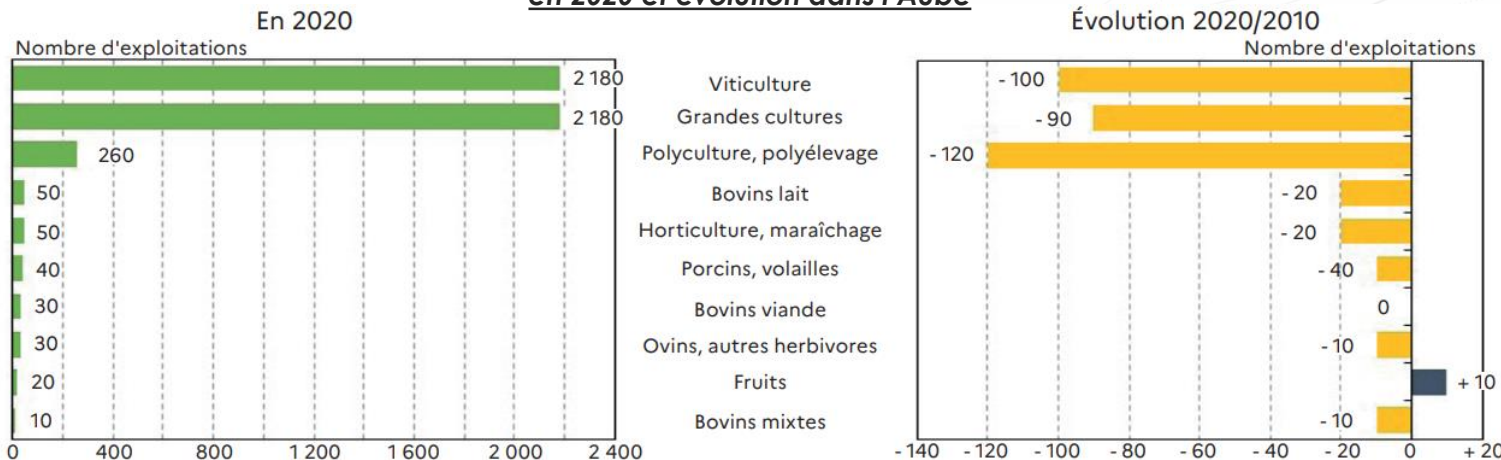
Spécialisation des exploitations agricoles dans l'Aube



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



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



Source données : AGRESTE

Source données : AGRESTE
Source graphique : Agriterra

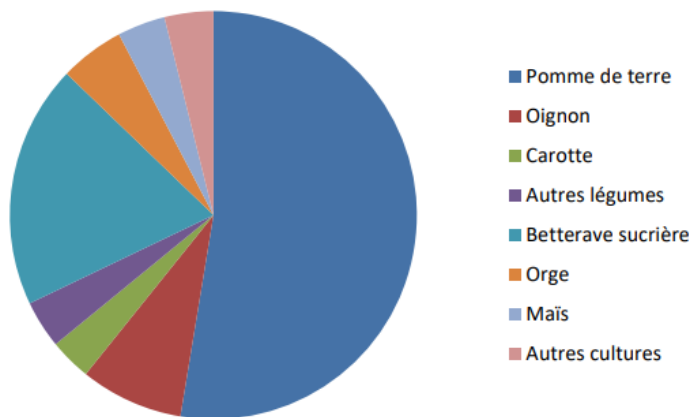
Irrigation dans l'Aube

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.

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

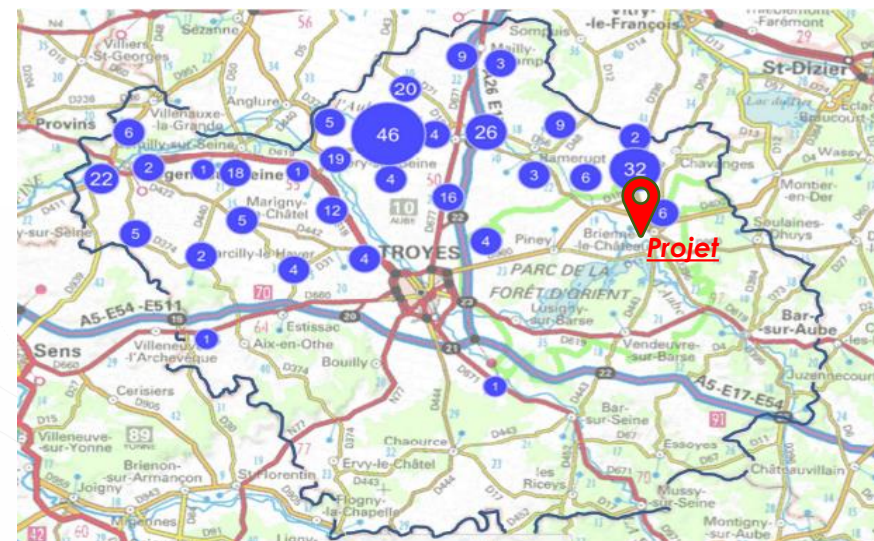


Source données : CA Aube, Haute Marne

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**.

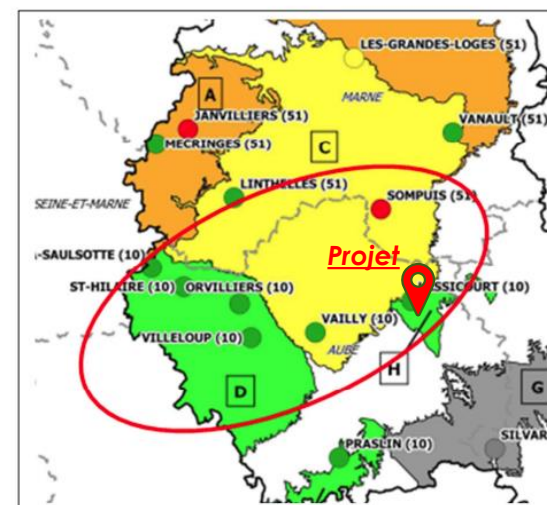
Dans l'Aube, un volume d'eau est attribué chaque année à l'exploitation en fonction de ses surfaces de cultures irrigables. En 2018, le volume attribué sur l'Aube est de 29,8 M de m³ tandis que le volume consommé se situe à 21,2 M de m³, soit 71% du volume attribué.

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.

Source données : CA Aube, Haute Marne

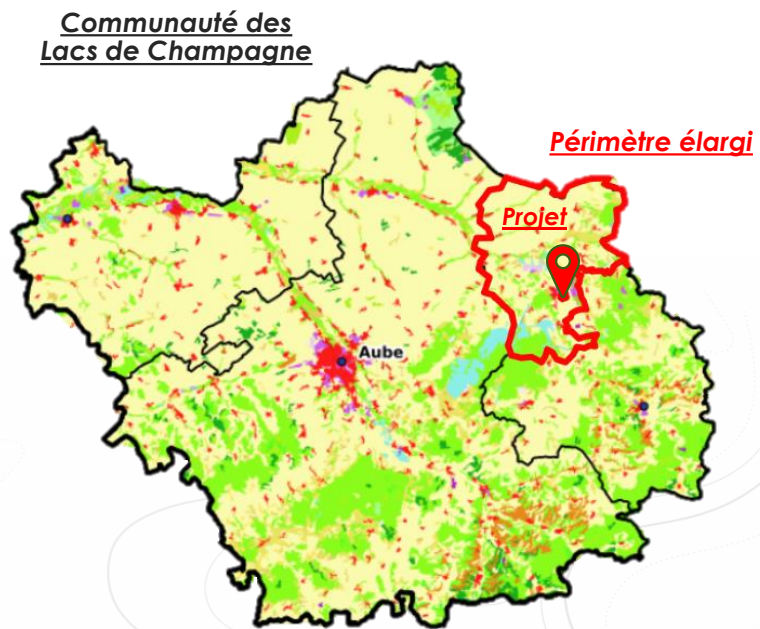
Justification du périmètre élargi retenu

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.

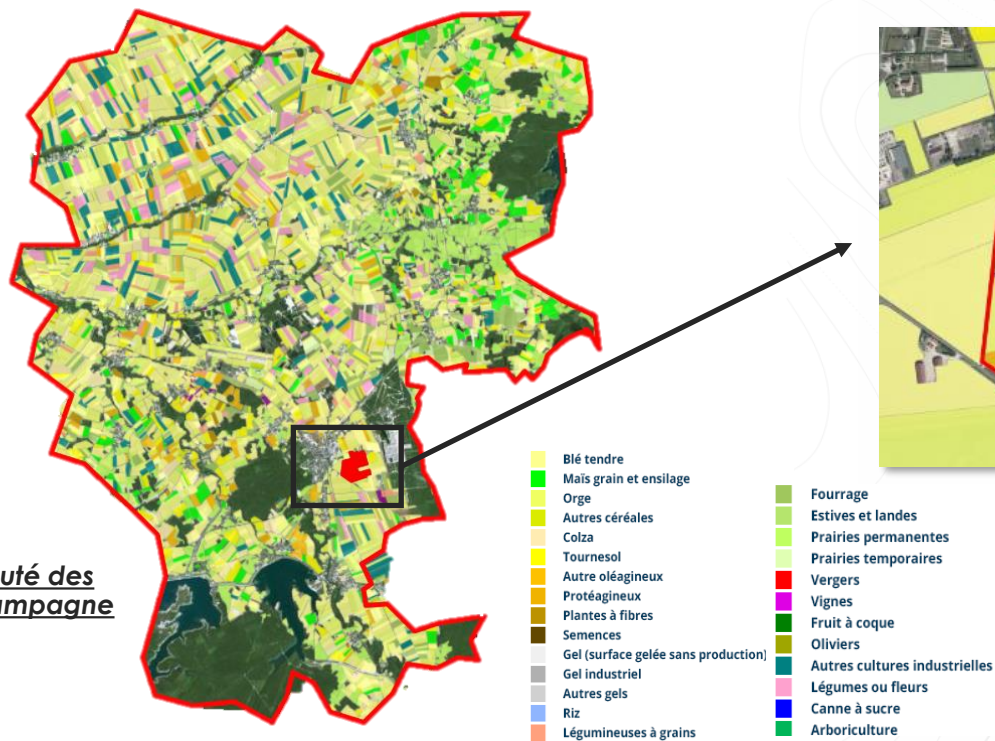
Il est nécessaire d'avoir un périmètre suffisamment large (au-delà du territoire communal) pour s'assurer de la représentativité et de l'homogénéité des productions agricoles concernées, ainsi que pour vérifier s'il y a des productions spécialisées à forte valeur ajoutée.

L'occupation des sols du département est dominée par des terres arables, dû à la nature des sols et au relief de cette zone. Les grandes cultures y sont prédominantes.

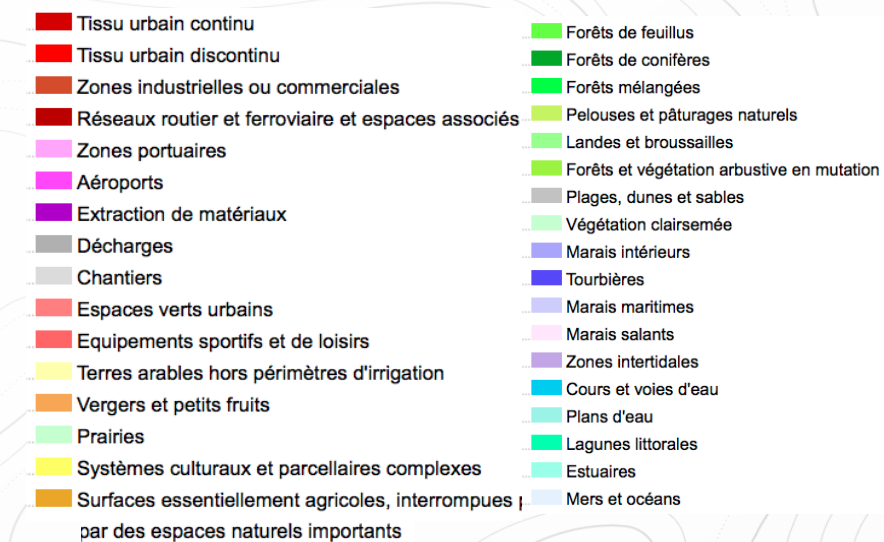
Au regard des caractéristiques agricoles et administratives, **le périmètre retenu est la Communauté de Communes des Lacs de Champagne**, qui compte 43 communes. Cette région est cohérente au niveau agricole (cf. partie 3.1.1).



Source : Corine and Land Cover 2018



Source : RPG 2021



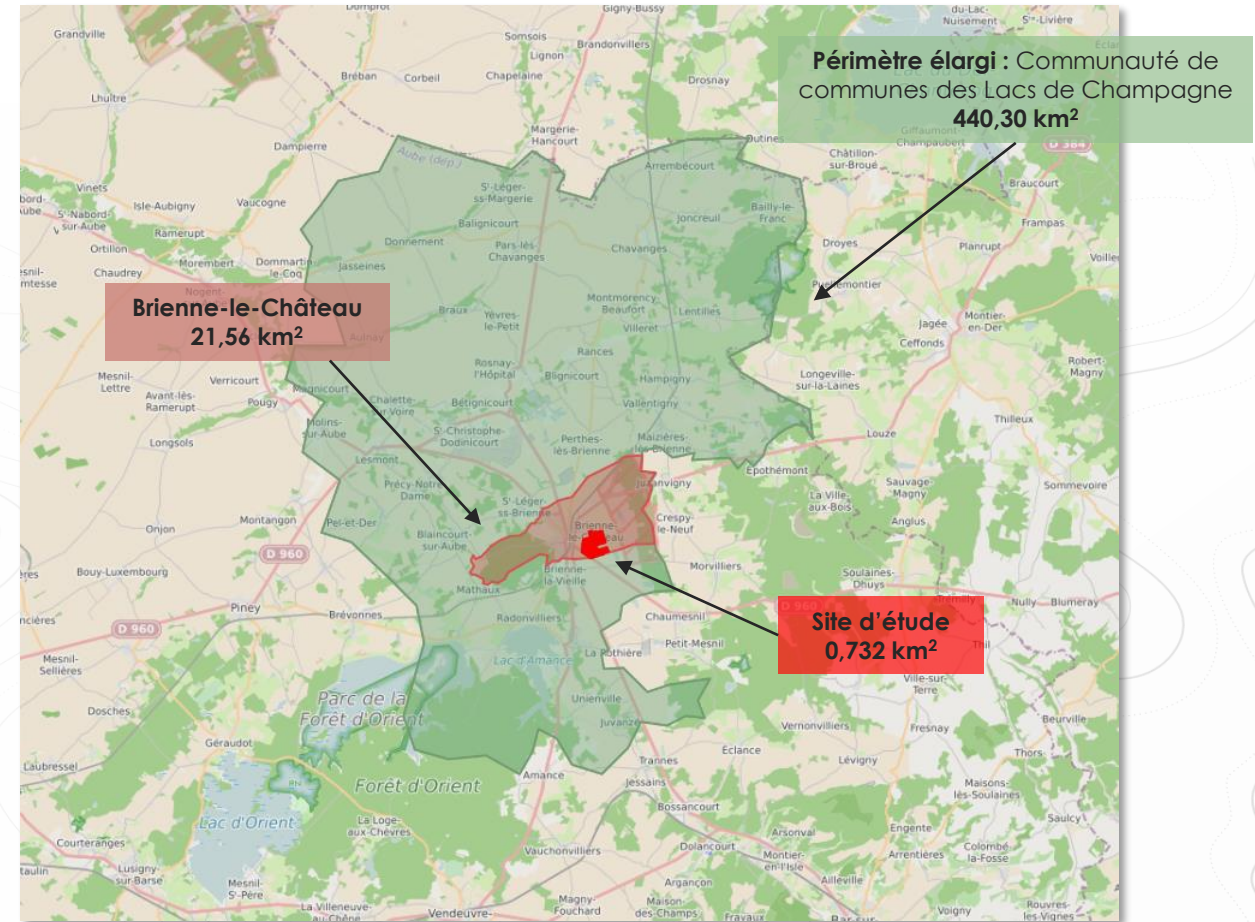
Caractéristiques des périmètres retenus

Site d'étude : terrain pris à bail par Akuo

- **Superficie** : 73,4 ha pris à bail & clôturés pour le projet agrivoltaïque
- **Exploitations concernées (cf. partie 3.2.1)** :
 - Exploitation de M. Vallet
 - Exploitation de M. Mouy
 - Exploitation de M. Gublin

Périmètre d'étude élargi : CC des Lacs de Champagne

- **Superficie** : 440,30 km²
- **Cohérence agricole** :
 - L'activité agricole du périmètre élargi est cohérente avec celle du site d'étude.
 - L'activité agricole sur le périmètre retenu est homogène avec une prédominance de grandes cultures.



L'état initial de l'économie agricole sera analysé sur le périmètre élargi.

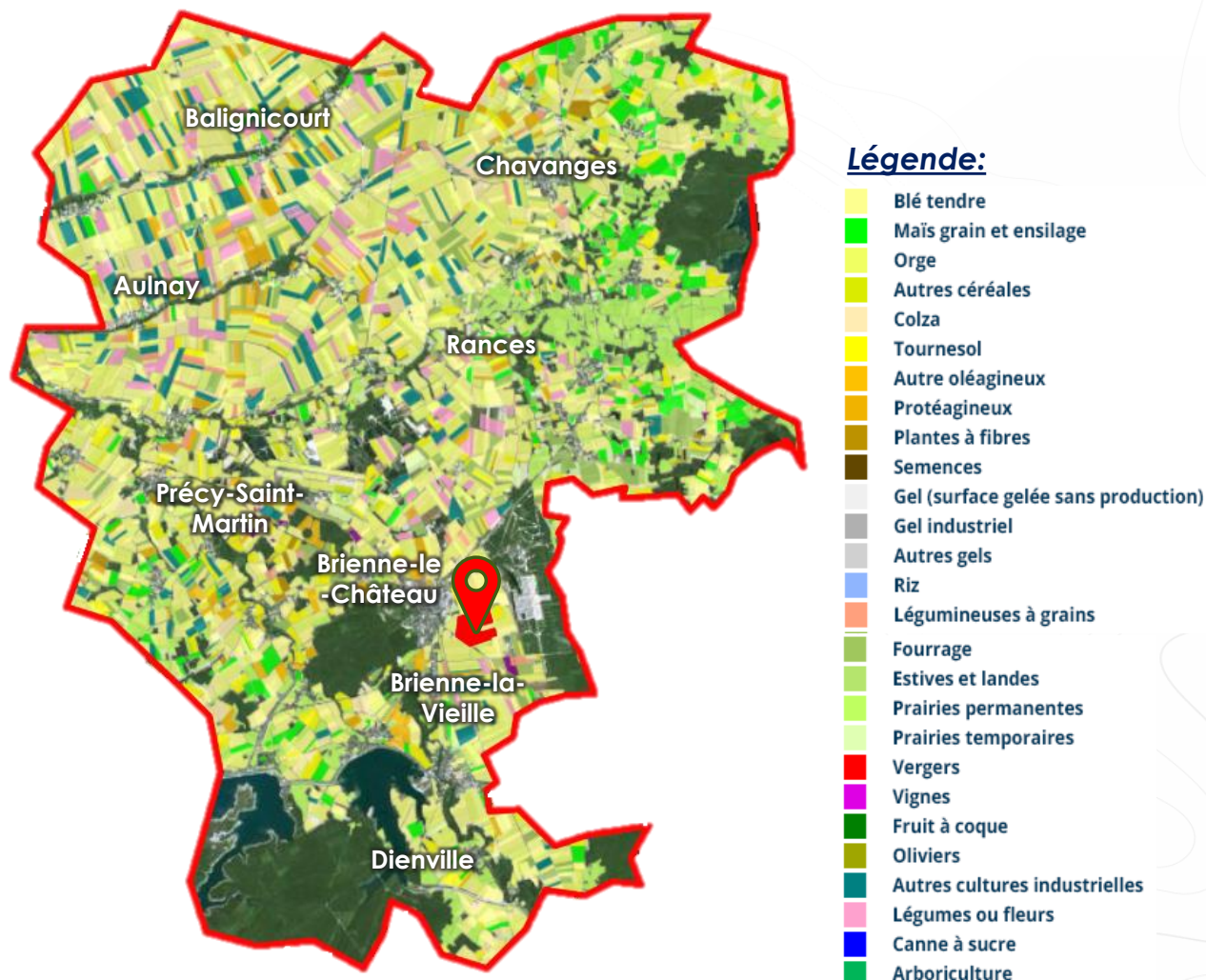


Analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire retenu

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

Occupation du territoire

Assolement de la communauté de communes des Lacs de Champagne



Source : RPG 2021

Le territoire compte près de **214 exploitations agricoles** présentes à l'échelle de la CC des Lacs de Champagne en 2020. Celles-ci occupent la majorité de la surface de l'intercommunalité, avec près de **74% de la surface territoriale dédiée à l'agriculture**, contre 65% à l'échelle du département. Cela représente ainsi près de **32 585 hectares** dédiés à l'agriculture (CRTE CC des Lacs de Champagne, 2022).

Elle est occupée à près de **55% par des cultures de céréales**. Le reste est partagé entre des prairies (12%), des cultures d'oléagineux (12%), d'autres cultures : vignes, fleurs, cultures fruitières (12%) ainsi que des plantes à fibres et plantes industrielles diverses (6%). Parmi cette SAU, 4% des surfaces sont en agriculture biologique.

L'élevage est légèrement présent sur la CC bien que l'activité soit en déclin depuis 2010, **seulement 6% de la SAU y est dédiée** (bovins, volailles).

Environ **6% de la SAU du territoire est irriguée** en 2020 notamment les surfaces en pommes de terre et en culture de légumes.

Source : DRAAF Grand-Est, 2022

Les parcelles du projet sont situées sur la **Plaine de Brienne, caractérisée par un microclimat** qui lui est spécifique, proche de celui du Barrois, **avec des terres très séchantes**.

Cela se retranscrit d'ailleurs dans le prix du foncier agricole :

GRAND EST	2018	2019	2020
AUBE	9 750	9 600	9 870
VIGNOBLE DU BARROIS	6 510	5 800	4 890
CHAMPAGNE CRAYEUSE - VALLEE DU NOGENTAIS - NOGENTAIS	12 430	12 510	13 180
"CHAMPAGNE HUMIDE - PLAINE DE BRIENNE - VALLEE DE LA CHAMPAGNE HUMIDE"	6 550	6 370	6 240
"VALLEE DE LA CHAMPAGNE CRAYEUSE - PLAINE DE TROYES - PAYS D'OTHE"	10 560	10 470	11 150

Source : DRAAF Grand Est

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

Effectifs et orientations économiques des exploitations agricoles

Les parcelles cultivées en grandes cultures (céréales, oléo protéagineux, légumes plein champ, etc.) constituent l'activité agricole principale : 85% de la SAU de la CC des Lacs de Champagne en 2017.

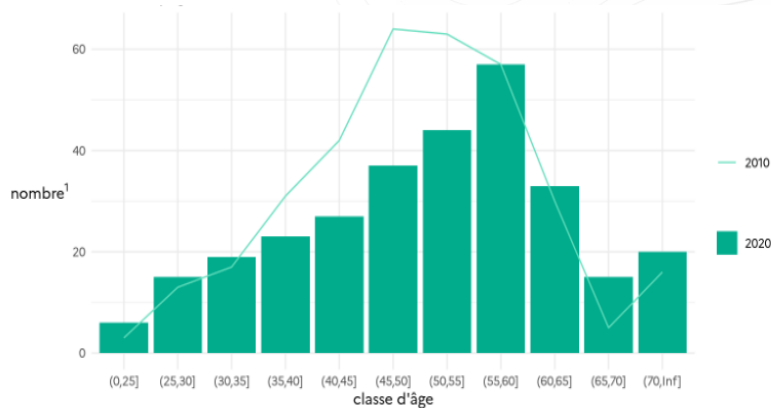
Environ 75% des exploitations sont spécialisées en grandes cultures. Le reste des exploitations se spécialise en production fourragère (13,3%), élevage de volailles (10%), maraîchage (1,4%), cultures permanentes (0,5%), et élevage porcin (0,2%). Les communes de la CC des Lacs de Champagne subissent un recul des vaches laitières : en 5 ans, l'effectif du cheptel a diminué de 35%. L'effectif du cheptel en bovins viandes, lui, n'a subi qu'une légère diminution de 4% (source : DRAAF, 2022).

Le secteur agricole est un des secteurs les plus importants du territoire, représentant près de **13% des emplois locaux** ainsi que **27% des entreprises de l'intercommunalité**. En comparaison, à l'échelle du territoire, le secteur représente 6,9% des emplois et 17,4% des entreprises. Cela montre la **prépondérance de l'agriculture dans l'économie territoriale**. L'essentiel de sa surface lui est d'ailleurs dédiée. Enfin, le territoire est sous l'influence du projet alimentaire territorial (PAT) du Parc naturel Régional de la Forêt d'Orient (PnrFO). Celui-ci concerne 22 des 43 communes de la CCLC, couvrant près de 23 930 hectares.

La surface agricole de la CC des Lacs de Champagne tend à diminuer, avec une baisse de 5% de la surface agricole utile et une baisse de 11% des surfaces en herbe entre 2000 et 2010. De même, le nombre d'exploitations tend à diminuer au fil des années, puisque celles-ci étaient au nombre de 257 en 2010 contre 214 actuellement.

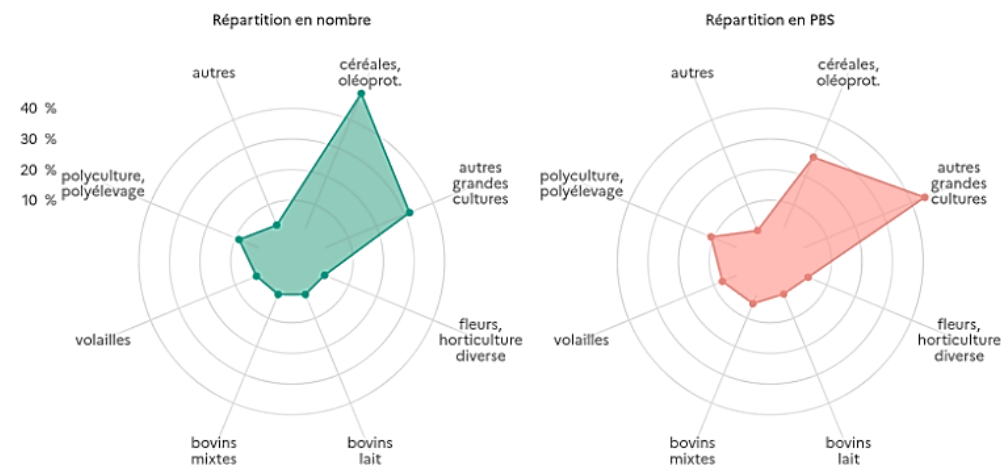
En parallèle est observé un agrandissement de la surface agricole des exploitations, qui ont crû de 7% en l'espace de 7 ans. Il y a ainsi **moins d'exploitations sur le territoire, mais ces dernières sont d'une plus grande envergure** (CRTE CC des Lacs de Champagne, 2022).

Age des chefs d'exploitations



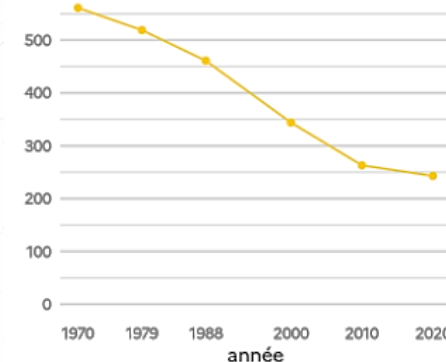
Source données : DRAAF, 2022

Orientation technico-économique des exploitations

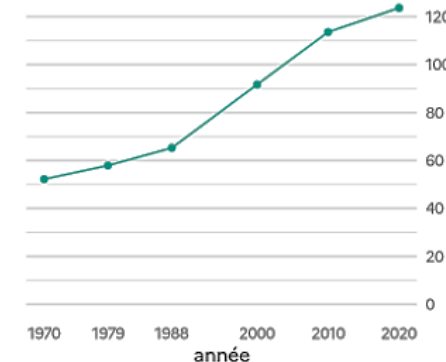


Nombre d'exploitations et de la SAU moyenne

nombre d'exploitations



SAU moyenne en ha



Source données : DRAAF, 2022

Circuits courts et démarches de qualité

Le territoire compte ainsi près de 214 exploitations réparties autour des 43 communes qui le compose. Parmi elles, seulement **17 sont engagées dans une démarche de labellisation environnementale** et représentent près de 1130 hectares sur les 32 585 utilisés par le secteur agricole de la CCLC, soit 3,4% de la surface agricole dédiée aux exploitations. De même, seulement **14 producteurs sont recensés comme vendant en circuit court** (direct producteur, marché, AMAP, etc.). Le secteur 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.

Toutefois, **l'agriculture biologique se développe** avec 17 exploitations certifiées ou en conversion en 2019, 1130 ha (924 ha de surface engagée et 206 ha en conversion) et 4 ateliers d'élevage sur le territoire, soit **4% de la SAU**. Au niveau du département, on compte 196 exploitations pour 11589 ha cultivés (+30,1% en 1 an) et des exploitations engagées dans des groupes innovants en agroécologie (HVE, Écophyto, GIEE, Groupes 30 000, ...).

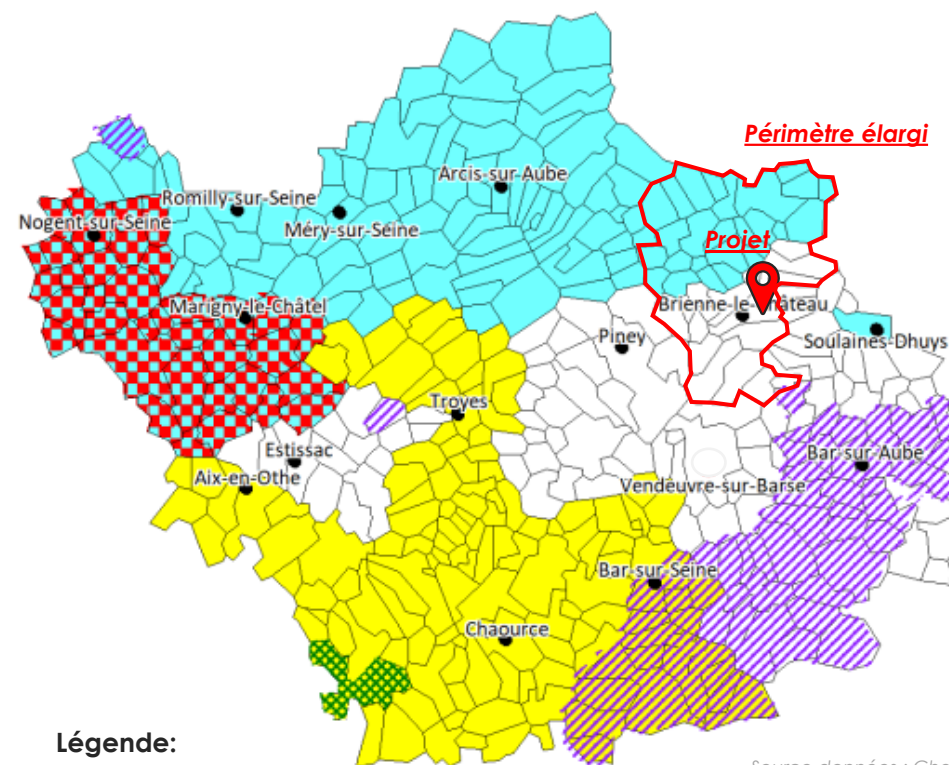
Nombre d'exploitations engagées dans une démarche de valorisation



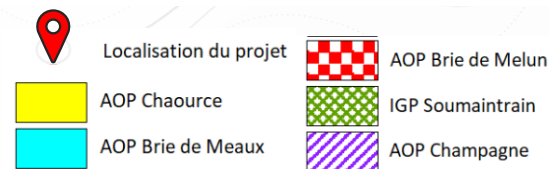
Source données : DRAAF, 2022

Le territoire compte également **3 points de vente produits locaux** (point Drive, atelier fermier, vente directe ferme, magasins de producteurs) et des signes d'identification de la qualité : **Brie de Meaux AOP (26 communes)**, **Champagne AOP (4)**, **Côteaux Champenois AOP (4)** et plusieurs établissements faisant de la restauration scolaire.

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



Légende:



Source données : Chambre d'Agriculture de l'Aube

Filières agricoles

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

Les principaux débouchés des grandes cultures sont les **coopératives ou les négociants**. Les coopératives principales sont Vivescia et Soufflet. La majorité des exploitations travaille avec les coopératives.

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 paille et de foin pour les élevages ;
- Des maréchaux-ferrants et des vétérinaires pour les productions animales ;
- Des fournisseurs de matériel divers, utiles à l'exploitation (clôtures...).

Des organismes **de collecte et de conditionnement de pommes de terres** ainsi qu'une **sucrerie Cristal Union** sont présents au nord ouest du périmètre élargi. On retrouve également une **choucrouterie** au sein de celui-ci.

La ville de Troyes concentre plusieurs magasins de producteurs assurant des débouchés pour les productions locales.

Les principaux partenaires économiques des exploitations agricoles



Légende:

 Vivescia

 Collecte et conditionnement
pommes de terres

 Organisme stockeur

 Moulin

 Soufflet

 **Projet**

 **Magasin de producteurs,
casier fermier**

 **Producteur de jus**

 **Sucrerie Cristal Union**

 **Choucrouterie Larique**

Source : Agriterra
Passion Céréales / SNFS

Source données : DRAAF, 2022

Exploitations concernées par le projet

3 exploitations seront concernées par les **70,7 ha** d'emprise du projet :

Exploitation de M. Vallet : Grandes cultures – **27,9 ha**

→ 16,5 % de la SAU totale de l'exploitation

Exploitation de M. Mouy : Grandes cultures – **36,6 ha**

Départ à la retraite de M. Mouy en 2023. Attente de la décision de la SAFER sur la reprise de l'exploitation.

→ 23 % de la SAU totale de l'exploitation

Exploitation de M. Gublin : Grandes cultures – **6,2 ha**

→ 4 % de la SAU totale de l'exploitation

Au total, la **surface agricole concernée** (surface cultivée au moins dans les 5 ans précédant le projet) par le projet photovoltaïque est de **70,7 ha**.

* Échange de parcelle avec M. Kremer

M. Kremer est exploitant sur deux des parcelles concernées par le projet dont M. Vallet est propriétaire. M. Kremer souhaite partir à la retraite dans 6 ans et ne souhaite pas faire partie du projet. Ainsi, **M. Vallet et M. Kremer vont effectuer un échange de parcelles de même catégorie de terre et de taille** afin de mener à bien le projet (voir [partie 6.2](#)).

Carte des exploitants



Exploitants

- M. Vallet : 17,9 ha
- M. Kremer* : 10 ha (M Vallet avec le projet)
- M. Mouy (départ à la retraite) : 36,6 ha
- M. Gublin : 6,2 ha

Cette carte est représentative des exploitants actuellement en place sur le terrain. En réalité, Monsieur Lois Robert est officiellement exploitant sur 3,2 ha appartenant à M. Poncet. Des échanges verbaux ont eu lieu et c'est donc M. Mouy qui les exploite.

Exploitations concernées par le projet (1/3)

Exploitation de M. Vallet - EARL des Charmes

Description de l'exploitation

Siège de l'exploitation	10500 Brienne-la-Vieille
Forme juridique	EARL
Type d'exploitation	Polyculture céréales-oléagineux avec cultures spéciales
OTEX	Grandes cultures en AB
Main d'œuvre	2 ETP + saisonniers (10 000€ salaires cumulés)
SAU de l'exploitation	171 ha
SAU impactée par le projet	27,9 ha (16,3 %)
Propriété des parcelles	Propriété de 32 ha Location de 139 ha

Partenaires économiques :

Partenaires	Productions ou ateliers concernés
Cérésia	Collecte de céréales
Soufflet	Collecte de céréales
Agri-obtentions	Achat de semences
Eurosem	Achat de semences
Lemaire Dfontaines	Achat de semences

Productions végétales :

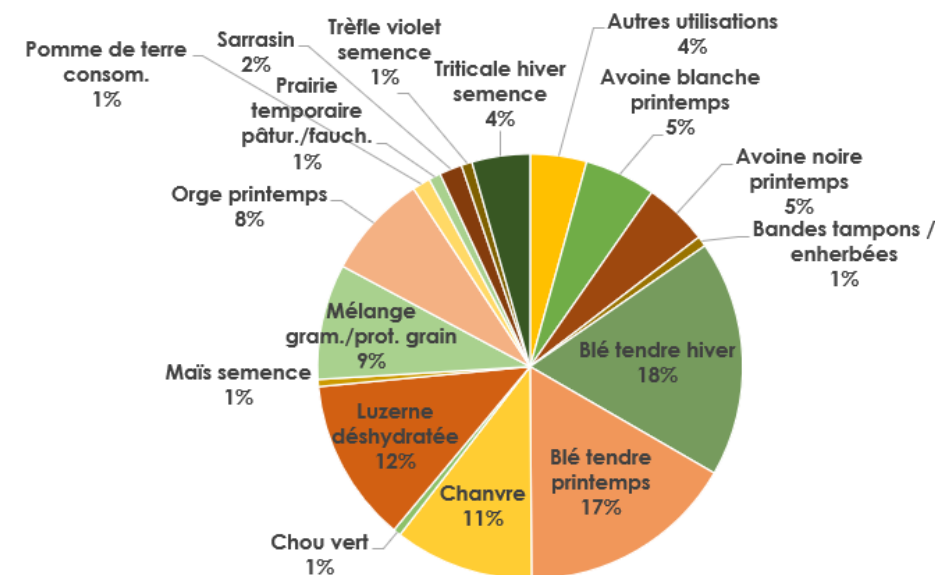
L'EARL des Charmes est une exploitation familiale. M. Vallet s'est installé après son père en 2003 et est passé en agriculture biologique en 2015. Il s'agit d'une exploitation **céréalière en grandes cultures et légumes de plein champ en bio**. L'assolement de cette exploitation est très diversifié.

Les rotations varient d'année en année avec les cultures présentes dans l'assolement ci-dessous.

L'exploitant y sème régulièrement des **cultures associées** : blé et soja, lentilles et orge, pois d'hiver/printemps et blé, féverole d'hiver et blé.

Les parcelles sont fertilisées avec du fumier de bovin et des fientes de volailles.

Assolement de l'exploitation de M. Vallet



Exploitations concernées par le projet (2/3)

Exploitation de M. Mouy - EARL des Missiers

Aujourd'hui, M. Mouy exploite les parcelles mais part à la retraite en 2023. Ainsi, les parcelles sont actuellement **sous convention SAFER** en attendant leur reprise. La décision de la SAFER concernant les repreneurs sera rendue fin 2023.

Description de l'exploitation

Siège de l'exploitation	10500 Brienne-le-Château
Forme juridique	EARL
Type d'exploitation	Céréalière
OTEX	Grandes cultures
Main d'œuvre	1 exploitant
SAU de l'exploitation	156 ha
SAU impactée par le projet	36,6 ha (22,5 %)
Propriété des parcelles	Ferme

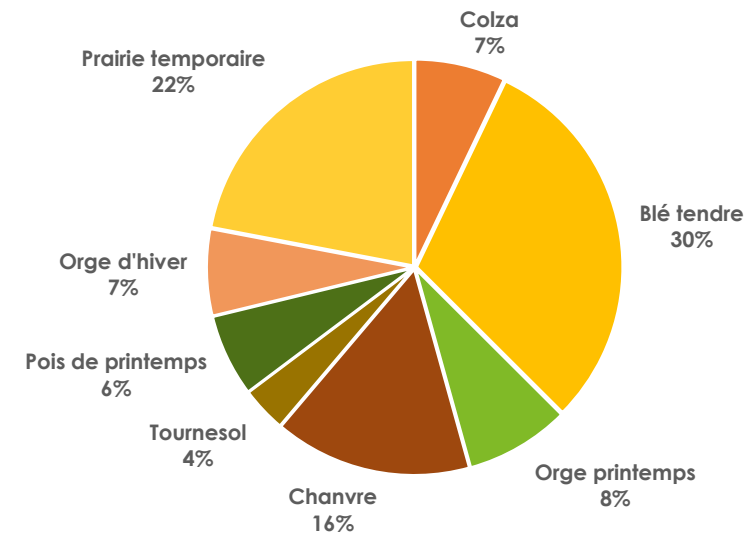
Partenaires économiques :

Partenaires	Productions ou ateliers concernés
Vivescia	Achat de semences, engrais Collecte Approvisionnement de produits santé végétale

Productions végétales :

L'EARL des Missiers est l'exploitation de monsieur Hervé Mouy. Installé depuis 1985, il part à la retraite en 2023. L'exploitation est spécialisée en grandes cultures, les parcelles sont exploitées en céréales, légumineuses et graines oléagineuses avec une rotation type Blé – Orge de printemps – Chanvre/Colza/Pois.

Assolement de l'exploitation de M. Mouy



Exploitations concernées par le projet (3/3)

Exploitation de M. Gublin - SCEA de la Houlette

Description de l'exploitation	
Siège de l'exploitation	10500 Crespy-le-Neuf
Forme juridique	SCEA
Type d'exploitation	Céréalière
OTEX	Grandes cultures
Main d'œuvre	1 exploitant
SAU de l'exploitation	173 ha
SAU impactée par le projet	6,2 ha (4%)
Propriété des parcelles	69,2 ha propriété GFA 103,8 ha fermage extérieur

Partenaires économiques :

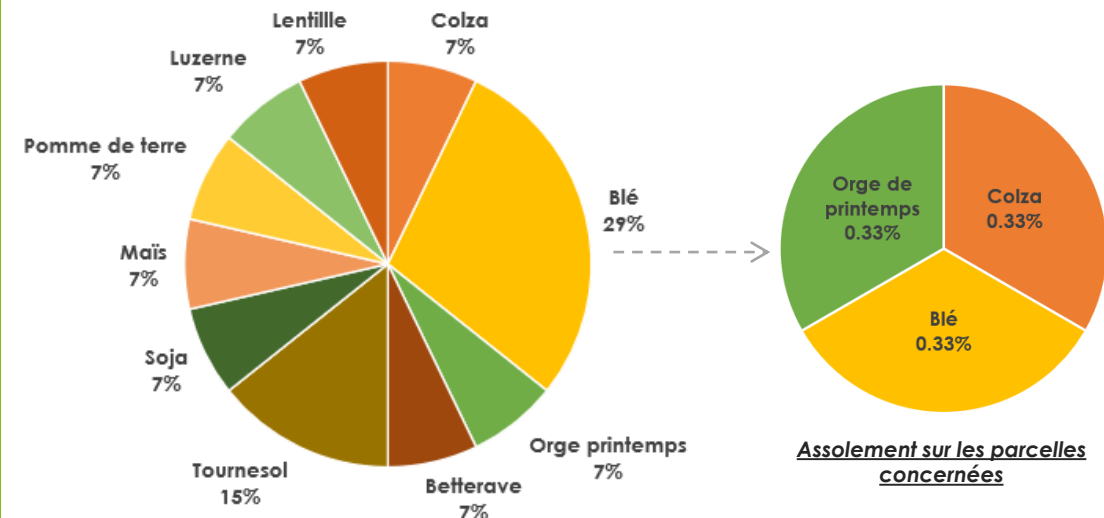
Partenaires	Productions ou ateliers concernés
Vivescia	Achat de semences Collecte Approvisionnement de produits santé végétale
CUMA	Matériel agricole (moissonneuse, semoir, épandeur)

Productions végétales :

La SCEA de la Houlette est l'exploitation de Christophe Gublin. Il s'agit d'une installation hors cadre familial puisque M. Gublin rachète l'exploitation en 2005 et s'y installe. L'exploitation est spécialisée en grandes cultures, les parcelles sont exploitées en céréales, légumineuses et graines oléagineuses.

La **parcelle concernée par le projet** (6,2 ha) est exploitée sur une **rotation de 3 ans** car le potentiel agronomique du sol y est très faible : **Colza - Blé - Orge**. Les parcelles sont très séchantes dues à la présence de grèves calcaires sur 25% de l'exploitation. Sur le reste de l'exploitation, soit 75%, les parcelles sont argilo-limoneuses, humide et bien drainées. Ces parcelles sont exploitées sur une **rotation de 8 ans** : **Betterave - Blé - Tournesol - Blé - Soja - Blé - Maïs - Tournesol**.

Assolement de l'exploitation de M. Gublin



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

Luzerne déshydratée, Blé tendre hiver, Orge de printemps, Pois de printemps



Cultures 2020

Luzerne déshydratée, Colza d'hiver, Blé tendre hiver



Cultures 2019

Luzerne déshydratée, Orge d'hiver, Mélange de céréales, Colza d'hiver, Autre trèfle



Cultures 2018

Légumineuses fourragères, Sarrasin, Orge de printemps, Chanvre, Orge de printemps, Blé tendre hiver



Légende :

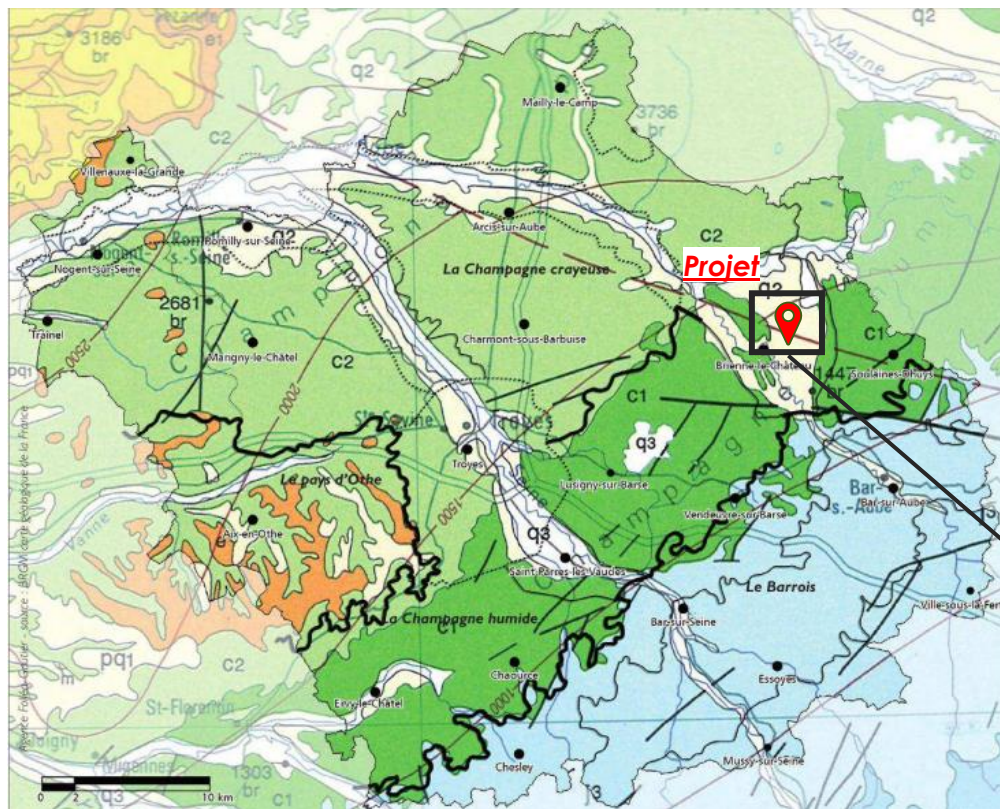
	Blé tendre		Fourrage
	Maïs grain et ensilage		Estives et landes
	Orge		Prairies permanentes
	Autres céréales		Prairies temporaires
	Colza		Vergers
	Tournesol		Vignes
	Autre oléagineux		Fruit à coque
	Protéagineux		Oliviers
	Plantes à fibres		Autres cultures industrielles
	Semences		Légumes ou fleurs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

Photos du site



Source : Akuo

Potentiel agronomique (1/2) : contexte géologique

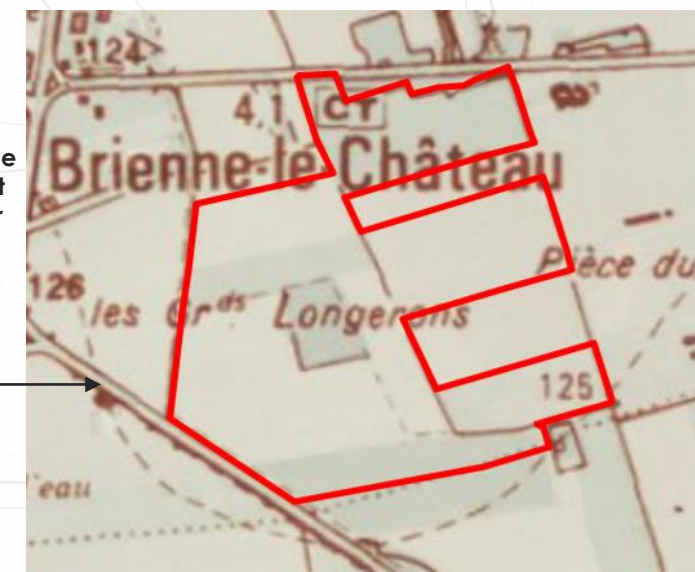
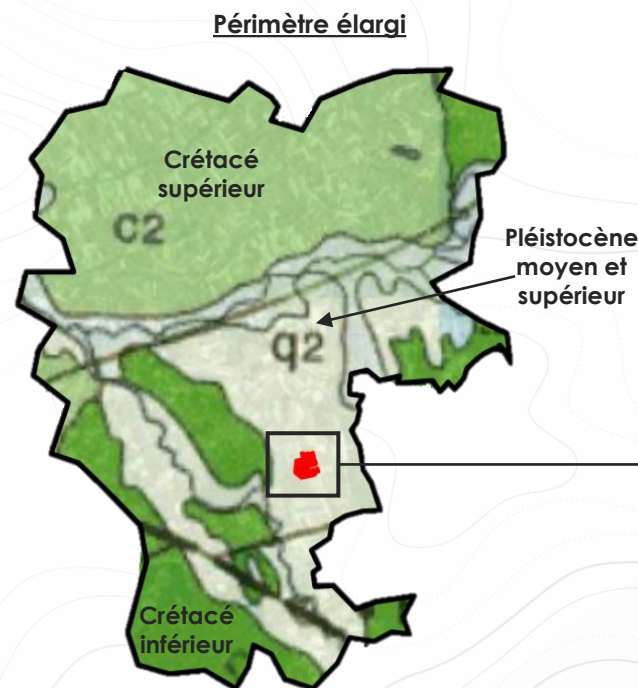


Source : Répertoire des Paysages de l'Aube

Le site d'étude du projet se situe sur la terrasse ancienne datant du **Pléistocène moyen à supérieur**. Il est caractérisé par ses **alluvions graveleuses**, constituées par un gravier calcaire grossier sableux mal trié à matrice argileuse plus ou moins abondante. Elles sont généralement recouvertes par des limons argilo-graveleux.

L'Aube s'inscrit entièrement dans les **formations sédimentaires géologiques du bassin parisien**. Les formations les plus anciennes se situent en dessous et apparaissent à la périphérie, tandis que les plus jeunes se superposent en strates concentriques. Dans le département, les formations géologiques les plus anciennes sont des calcaires hérités du Jurassique, mais les plus répandues datent du crétacé, une longue période calme de sédimentation qui a duré 200 millions d'années. En limite ouest ce sont les dépôts du tertiaire qui affleurent et préfigurent le plateau de Brie, lisible dans le département par la cuesta d'Ile de France et les collines du Pays d'Othe.

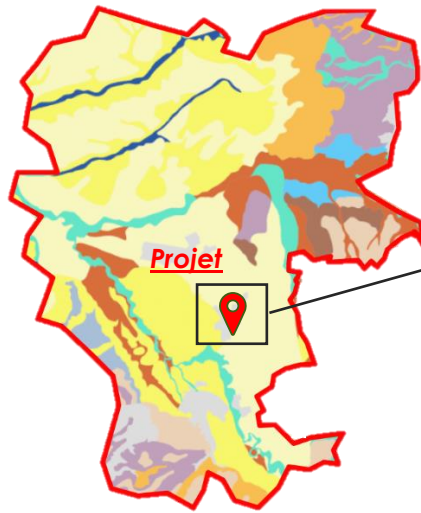
Sur Brienne-le-Château, la vallée de l'Aube présente la particularité d'entailler les calcaires durs du Jurassique dans la partie sud-est, puis déboucher ensuite sur les roches très sensibles à l'érosion, du Crétacé inférieur. La Plaine de Brienne, où est située le projet, est tapissée **d'alluvions anciennes à graviers calcaires, recouvertes par des limons argilo-sableux calcaires**, de couleur beige foncé. L'Aube s'écoulait antérieurement sur les parcelles, ce qui a conduit à une **érosion assez marquée** sur une partie des parcelles. (source : BRGM).



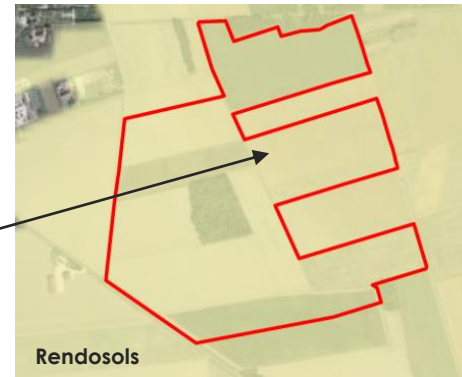
Source : BRGM

Potentiel agronomique (2/2) : typologie des sols du site

Sols du périmètre élargi



Site d'étude



Source : Géoportail

Les sols du site d'étude comprennent 1 type de sol :

- **Rendosols (ou rendzines) limoneux sur grève** : sols issus de matériaux calcaires, ils sont peu épais (moins de 35 cm d'épaisseur) et reposent sur une roche calcaire sur alluvions anciennes limoneuses de la zone de Brienne. Elle est très fissurée et riche en carbonates de calcium. **Ce sont des sols au pH basique, souvent argileux, caillouteux, très séchant et très perméables.** Ils se différencient des rendisols par leur richesse en carbonates.

Malgré une richesse biologique et un bon complexe argilo-humique, les rendosols sont des sols difficilement cultivables, du fait de leur faible épaisseur, synonyme de faible réserve en eau, mais aussi de leur richesse en Ca^{2+} pouvant bloquer l'assimilation d'autres minéraux. Seuls les végétaux rustiques ou peu exigeants en eau peuvent s'y développer, comme c'est le cas de la vigne sur certains terroirs alsaciens.

Source : Fiche descriptive, Gis Sol – Fiche type de sol, Aube gov

Potentiel agronomique des parcelles du site d'étude

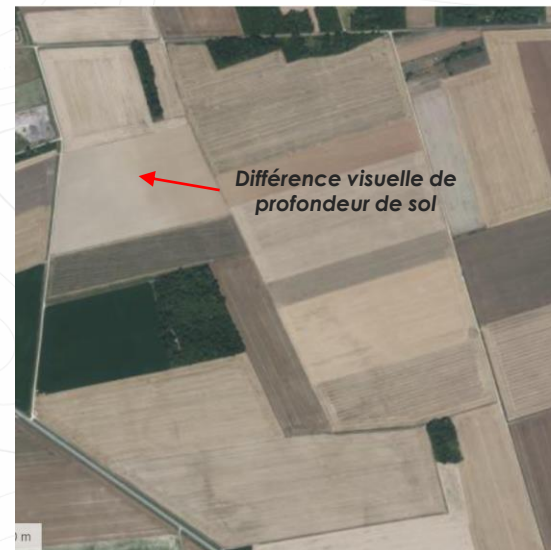
Les exploitants du site témoignent globalement **d'un sol avec un potentiel agronomique très faible**: avec des grèves rendant les **terres très séchantes**.

Les analyses de sol réalisées par SAS laboratoire en 2010 sur l'exploitation de M. Gublin, révèlent un sol **argilo-calcaire superficiel** avec un **taux de calcaire de 51.2%** et un **pH de 8.2**. Les rendements des cultures sur cette parcelle sont inférieurs aux rendements moyens attendus. Les profils de sol indiquent **une profondeur du sol exploitable par les racines d'environ 20 cm**.

Sur l'exploitation de M. Vallet, les analyses de sol réalisées par le laboratoire Auréa en 2021 présentent également un sol argilo-calcaire très superficiel sur grève avec un taux de calcaire de 31% et un pH de 8.2. Les profils de sol indiquent **une profondeur du sol exploitable par les racines d'environ 35 cm sur les sols moyennement profonds et de 25 cm sur les sols peu profonds. Cette profondeur est assez visible d'une vue satellite (cf carte ci-dessous)**.

Les parcelles sont situées au niveau d'une **réserve utile de classe 1**, soit une **réserve inférieure à 50 mm²**. Une **nappe phréatique de surface** est située au niveau des parcelles.

Vision satellite des parcelles



Culture de luzerne sur sols hétérogènes des parcelles de M. Vallet



Analyse fonctionnelle du site d'étude

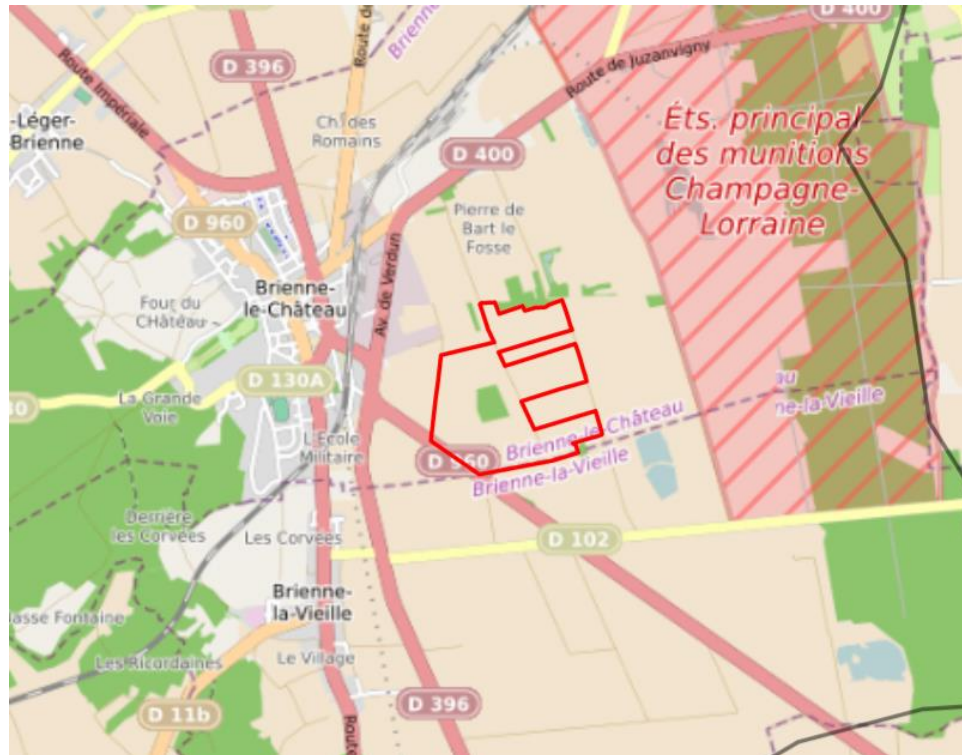
L'accès au site d'étude se fait soit par :

- La D400, la D6 ou la D396 au nord du site
- La D396 ou la D443 au sud du site

Puis la D960 permet de rejoindre directement le site d'étude, de Chaumesnil à l'est et de St-Léger-sous-Brienne à l'ouest.

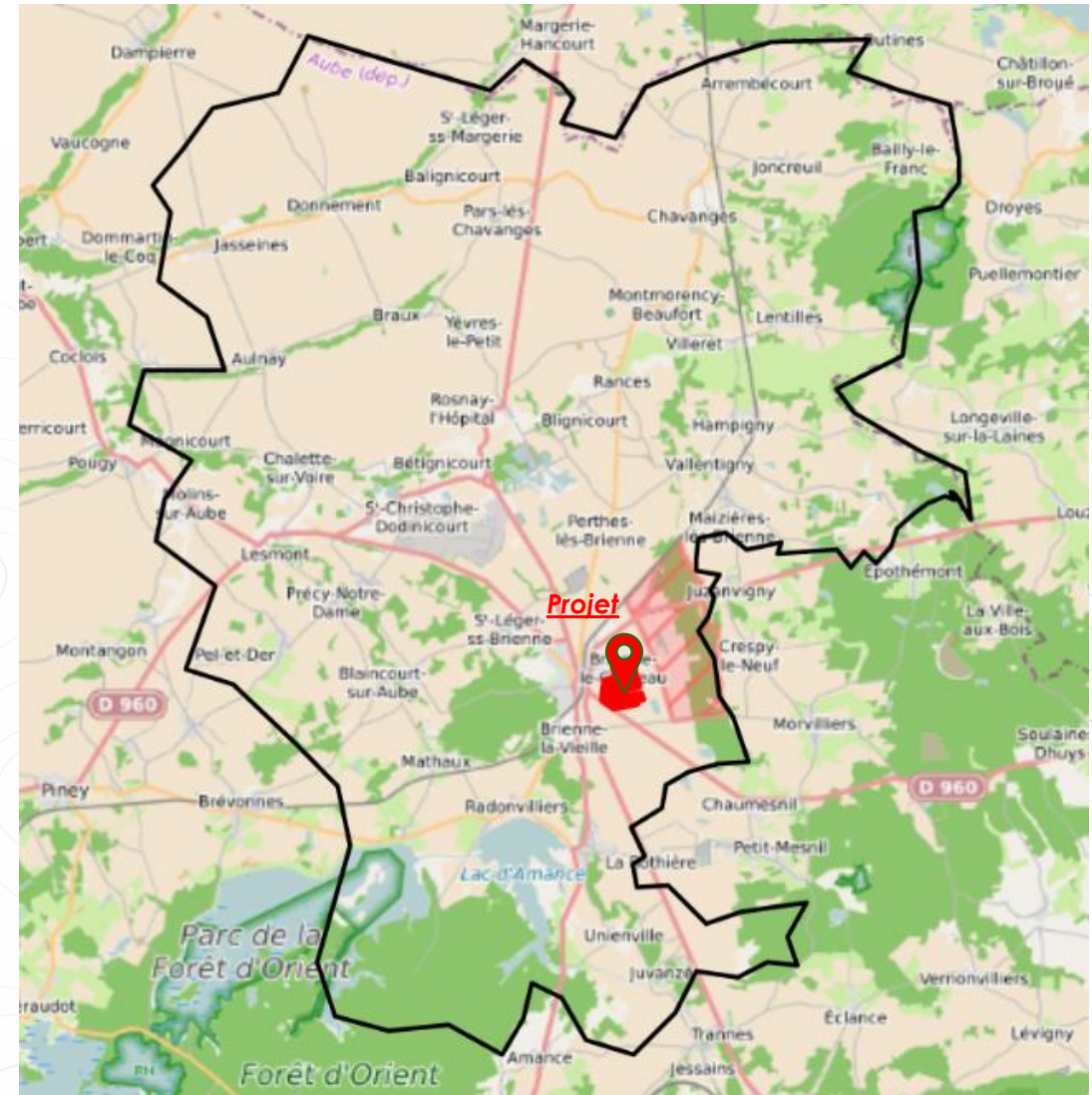
La fonctionnalité des parcelles agricoles est bonne : il n'y a pas de difficultés particulières identifiées et les parcelles sont bien reliées aux routes principales.

Accès au site d'étude



Source : Géoportail, fonds OSM

Routes du périmètre d'étude



Source : Géoportail, fonds OSM

Enjeux environnementaux du site d'étude

Une étude d'impact environnemental du projet a été réalisée par le bureau Planète Verte.

L'analyse des impacts du projet, réalisée notamment au travers de diverses études spécifiques, montre des impacts globalement faibles :

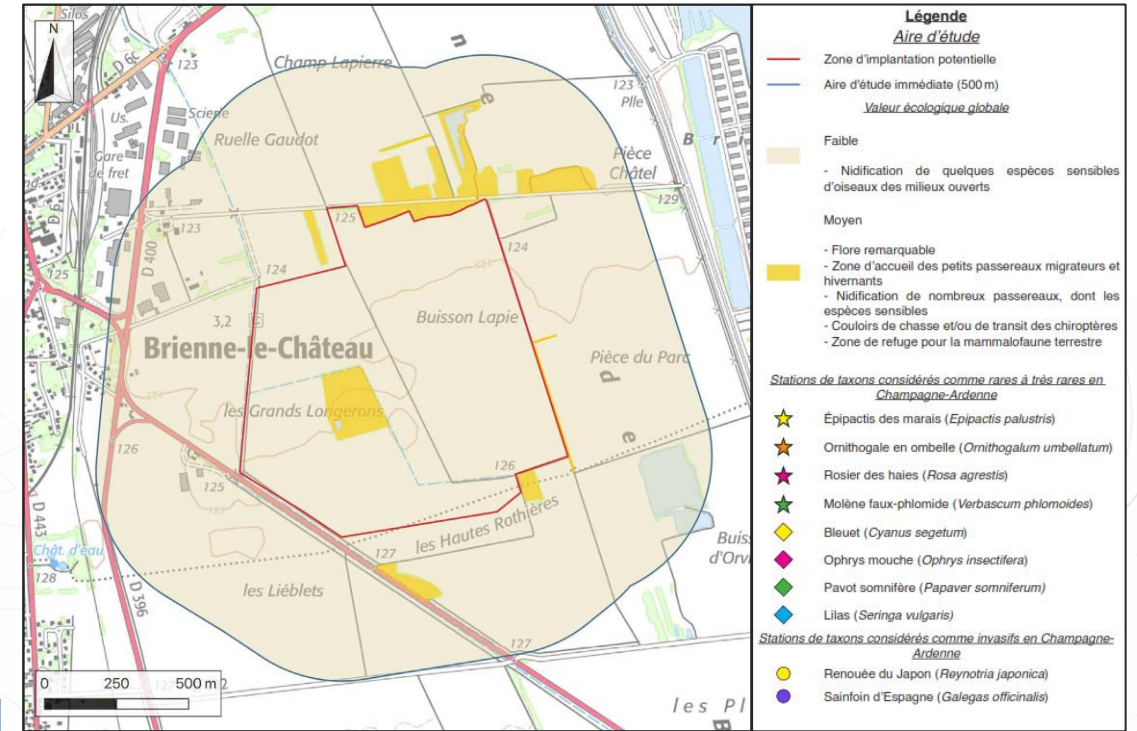
- Faible risque d'impact sur la faune (chiroptères, avifaune, entomofaune...)
- Faible impact direct sur l'habitat/la flore
- Un fort impact positif de par la production d'énergie verte, locale et décarbonée

La **plupart des groupes faunistiques vont profiter de ces mesures en phase chantier** : limitation/adaptation des emprises de travaux, évitement des périodes de nidification au démarrage du chantier, implantation d'une barrière anti-intrusion pour empêcher la petite faune d'y pénétrer.

Des mesures complémentaires seront mises en place pendant la phase d'exploitation : clôtures adaptées avec des passages à petite faune, la maîtrise des produits phytosanitaires et la promotion d'une agriculture bio.



Source : Galerie Blanche
Retouche : Akuo



Source : Photographie aérienne 2020 (Géoportail)
Conception : Planète verte, 2023

Enjeux paysagers et patrimoniaux:

Le projet se situe au sein de la **plaine Briennaise caractérisée par des vallées s'élargissant en vastes plaines agricoles**. Les reliefs y sont très peu marqués et les pentes inférieures à 1%. Seul le **château de Brienne** marque ce relief très plat, il est au cœur de nombreuses perspectives monumentales. Le projet vient interférer avec certaines vues remarquables mais plusieurs mesures d'accompagnement vont être mises en place notamment l'implantation de haies en concertation avec le PNR de la Forêt d'Orient et les riverains.

Le projet impacte également **la route départementale sur la partie Sud** du projet mais cet impact sera largement diminué via **l'implantation de haies constituées d'essences locales de hauts jets**. Au niveau des autres parties du projet, **l'impact visuel reste éloigné et non visible**, notamment au niveau de la partie Est qui impacte uniquement la zone militaire.

En conclusion, l'analyse des impacts résiduels du projet démontre une faible perception du projet après mise en place de la haie notamment.

Proximité du site d'étude avec le dépôt de munitions

L'établissement principal des munitions Champagne-Lorraine est situé à proximité du projet. Il s'agit d'un **dépôt de munitions** dirigé par le **Service Interarmées des Munitions (SIMu)**.

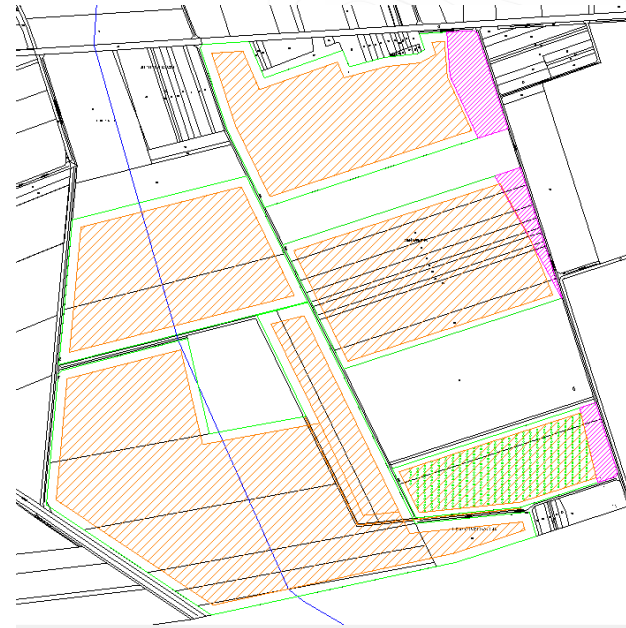
Ainsi, plusieurs échanges ont eu lieu avec **les inspecteurs de l'environnement du Ministère des Armées** et plusieurs prescriptions sont à respecter afin de mener à bien le projet :

- Préserver les intérêts de la défense
- Assurer la sécurité des installations
- Préserver des zones de sécurité suffisantes
 - Evitement de la Z4
 - Implantation en zone Z5 sous autorisation
- Moins de 500 personnes sur site
- Contraintes sur les voies de circulation
- Infrastructures pour l'énergie et l'eau peuvent être autorisées

Localisation de l'établissement principal des munitions Champagne-Lorraine par rapport au projet



Source : Géoportail, fonds OSM



	Zone d'implantation PV
	Zone évitée (Zone 4)
	Limite de zone 5 (soumise à autorisation de l'armée)
	Limite cadastrale
	Portail d'accès
	Clôture du parc

Polygone d'isolement de l'établissement principal des munitions Champagne-Lorraine



Source : SIMu

Légende:

-
 Limite du polygone d'isolement
-
 Zone 5 (construction autorisée sous réserve d'acceptation)
-
 Zone 4 (toute construction interdite)
-
 Site d'étude du projet agrivoltaïque

FORCES

- Territoire caractérisé par son **importante surface agricole** avec une majorité dédiée aux grandes cultures (80%).
- Département agricole avec des **cultures diversifiées** : choux à choucroute, chanvre, grandes cultures, vigne, etc.
- Création de valeur ajoutée localement avec une **filière agro-alimentaire très dynamique**.

S

OPPORTUNITES

- Attentes sociétales en termes de durabilité, qualité, et bien-être animal.
- **Proximité avec le bassin parisien** qui sécurise les débouchés.
- Volonté des communes de **promouvoir les circuits courts** via un approvisionnement local, notamment de la restauration collective.
- Volonté des communes d'accompagner le développement d'une **agriculture locale respectueuse de l'environnement** et sa valorisation.
- Favorisation du **développement des productions spécifiques** (verger, prairie, maraîchage, vigne, etc.).

O

FAIBLESSES

- **Agriculture dépendante aux produits phytosanitaires** avec ses surfaces en grandes cultures et viticultures.
- De **nombreuses cultures dépendantes à l'irrigation**, notamment l'importante production de légumes de plein champ.
- Le nombre d'exploitations spécialisées en **élevage laitier a nettement diminué** menaçant les prairies du Parc naturel régional de la forêt d'Orient.
- **Contexte agroclimatique** de la Plaine de Brie

W

MENACES

- **Pression de l'extension urbaine** due à la proximité avec le bassin parisien.
- Exploitants à la **moyenne d'âge élevée**.
- Augmentation des aléas climatiques de type sécheresse.
- **Disparition d'exploitations** sur le territoire au profit d'une SAU/exploitation plus élevée.

T

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

Situation sans projet :

- Exploitation de M. Vallet (17,9 ha) : OTEX Grandes cultures
- Exploitation de M. Kremer (10 ha) : OTEX Grandes cultures
- Exploitation de M. Mouy (36,6 ha) : OTEX Grandes cultures
- Exploitation de M. Gublin (6,2 ha) : OTEX Grandes cultures

SANS PROJET

Filière amont : Production agricole sur site
82 605,9 € / an



Filière aval : Première transformation +
commercialisation
55 346 € / an



Economie agricole totale potentiellement
générée par la production du site
137 952 € / an

Calculs

Données pour le département de l'Aube				Moyenne sur 3 ans
Produit Brut OTEX Grandes cultures / SAU <small>Source : DRAAF Grand est</small>	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	70,7 ha			

Produit Brut Agricole moyen sur le site d'étude = **1 168,4 € / ha / an**

Produit Brut Agricole moyen annuel sur le site d'étude = $1\ 168,4 \times 70,7 = 82\ 605,9 \text{ € / an}$

Filière avale (première transformation et commercialisation) : $82\ 605,9 \times 0,67 = 55\ 346 \text{ € / an}$

Total de l'économie générée par la production du site : Filière Amont + Filière Aval = **137 952 € / an**

Le projet agrivoltaïque de Brienne-le-Château

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

L'agrivoltaïsme

Définition de l'ADEME (2021)

Une installation photovoltaïque est dite **agrivoltaïque** si ses modules sont situés sur une **même surface** de parcelle qu'une **production agricole** et qu'ils lui **apportent directement** un des services ci-dessous, sans induire **ni dégradation importante de la production agricole** (quantitative et qualitative), **ni diminution des revenus agricoles**.



**Service d'adaptation
au changement
climatique**



**Service d'accès à
une protection contre
les aléas**



**Service
d'amélioration du
bien-être animal**



**Service agronomique
précis pour les besoins des
cultures**

Le projet doit également :

Assurer sa **vocation agricole** et sa **pérennité** (implication de l'exploitant dans la conception voire son investissement)

Maitriser ses **impacts** sur l'environnement, les sols et les paysages

Assurer sa **réversibilité** et son adéquation avec les **dynamiques territoriales** (filières)

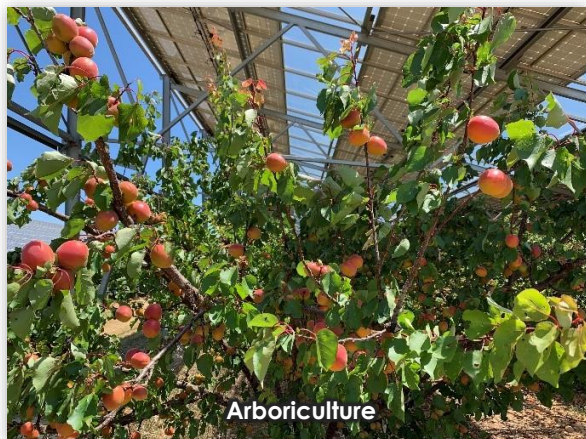
Être **adaptable et flexible** en cas de modification du projet agricole (cultures, itinéraires techniques)

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

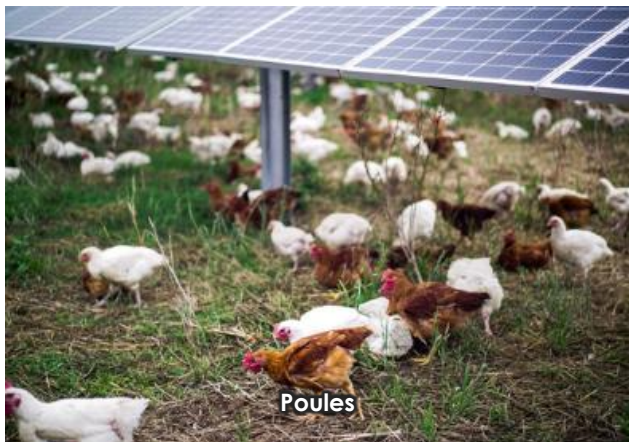
Illustrations de centrales agrivoltaïques en exploitation

Ombrières photovoltaïques – Bellegarde (30)
Source : Akuo



Arboriculture

Panneaux fixes au sol –
Source : Davele



Poules

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



Pâturage ovin et caprin



Pâturage ovin et caprin

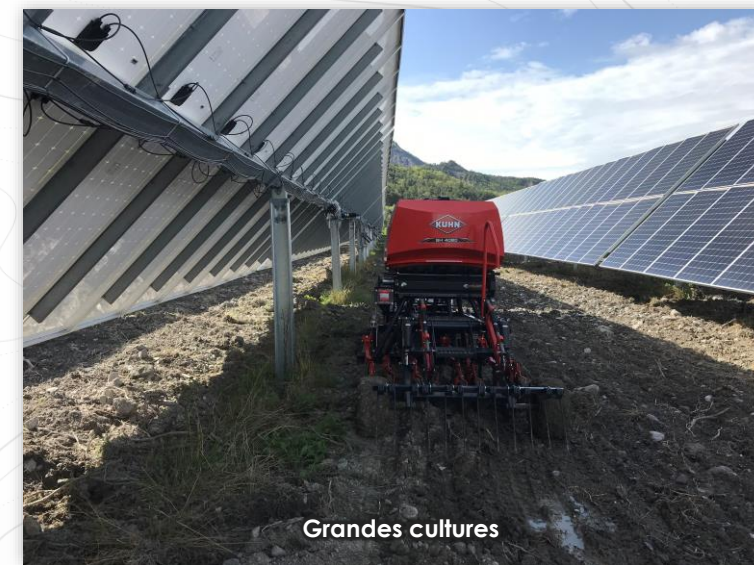
Trackers photovoltaïques – Allemagne
Source : Chint Solar Europe



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



Grandes cultures



Grandes cultures

La séquence Eviter, Réduire ou Compenser

Le projet de parc photovoltaïque 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.

Agriterra a accompagné Akuo dans la construction d'un projet agricole en synergie avec les panneaux photovoltaïques.

Dès le début du projet, **des échanges ont eu lieu avec les agriculteurs présents sur le site afin de dimensionner au mieux la centrale** de manière à répondre au maximum à leurs exigences.

Les différentes technologies agrivoltaïques, l'espacement entre les rangées, l'espacement en bout de rang, et les chemins d'accès, ont été pensés pour répondre aux besoins des exploitants et faciliter l'exploitation des parcelles, tout en respectant les contraintes techniques et économiques du projet photovoltaïque.

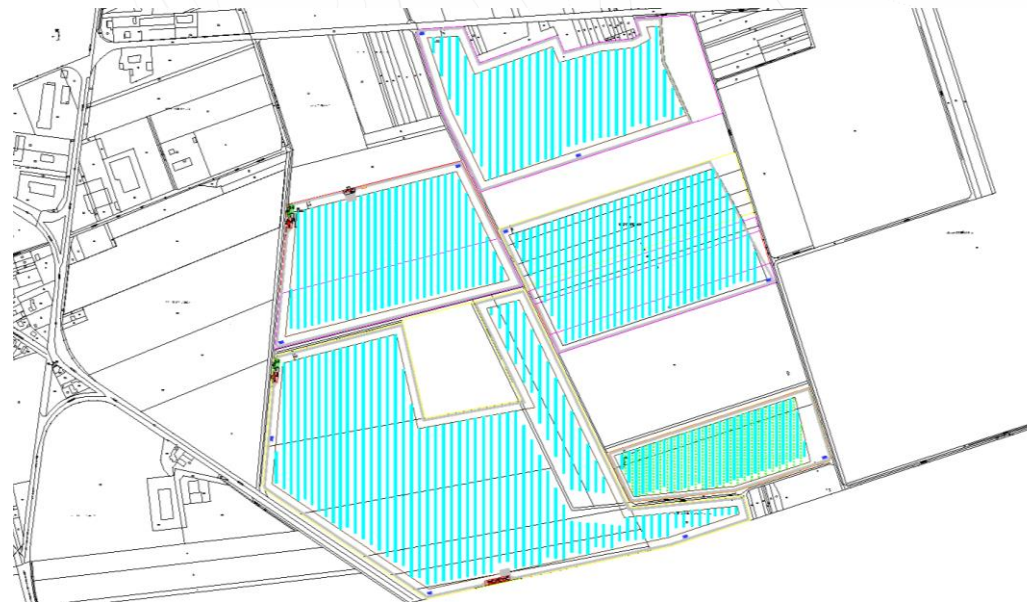
2

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 pensé et réalisé afin de favoriser une synergie entre production énergétique et agricole sans impacter l'exploitation.

Plan Masse de la centrale agrivoltaïque



3

COMPENSER

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

Légende :

	Tables 2V13 et 2V6
	Clôture du parc
	Poste de transformation
	Poste de livraison
	Piste périphérique, largeur 3m
	Piste en zone humide, largeur 3m
	Chemins existants
	Bandes de roulement en zone humide, largeur 2 x 0,5m
	Fossés conservés
	Caméras de vidéosurveillance
	Haies créées
	Haies préservées
	Zones environnementales, préservées et conservées - 5,6 ha
	Zone sans panneaux, Elevage bovin clôturé
	Citerne DFCI, aire de retournement
	Servitude GRT Gaz
	Portail d'accès
	Buses de fossé
	Citernes de collecte d'eau de pluie
	Local pour le maraichage

Mesures Eviter & Réduire sur le projet

Les mesures Eviter & Réduire seront détaillées dans les diapositives suivantes.

Mesure de réduction 1 (MR1) :

Choix de structures photovoltaïques « **trackers** » pour créer une synergie entre les cultures et les panneaux.

Rangées espacées de **16m** pieu à pieu afin de faire des **travaux d'augmentation de profondeur de sol** sur des parcelles peu profondes (~22 cm).

Mise en place d'un **système d'irrigation piloté** sur la partie légumes plein champ.

Mesure de réduction 2 (MR2) :

Choix de structures photovoltaïques « **trackers** » pour créer une synergie entre les cultures et les panneaux.

Rangées espacées de **14m** pieu à pieu sur des parcelles plus profondes (~30 cm) ne nécessitant pas de travaux d'augmentation de profondeur du sol.

Plan du projet agricole



Mesure d'évitement 1 (ME1) :

Choix des parcelles selon la motivation des exploitants à concevoir un projet agricole durable.

Mesure de réduction 3 (MR3) :

Choix de structures photovoltaïques « **trackers** » pour créer une synergie entre l'arboriculture et les panneaux. Rangées espacées de **14m**.

Mise en place d'un **système d'irrigation piloté** et financement d'équipements agricoles pour permettre une diversification (verger).



Arboriculture



Légumes plein champ



Grandes cultures



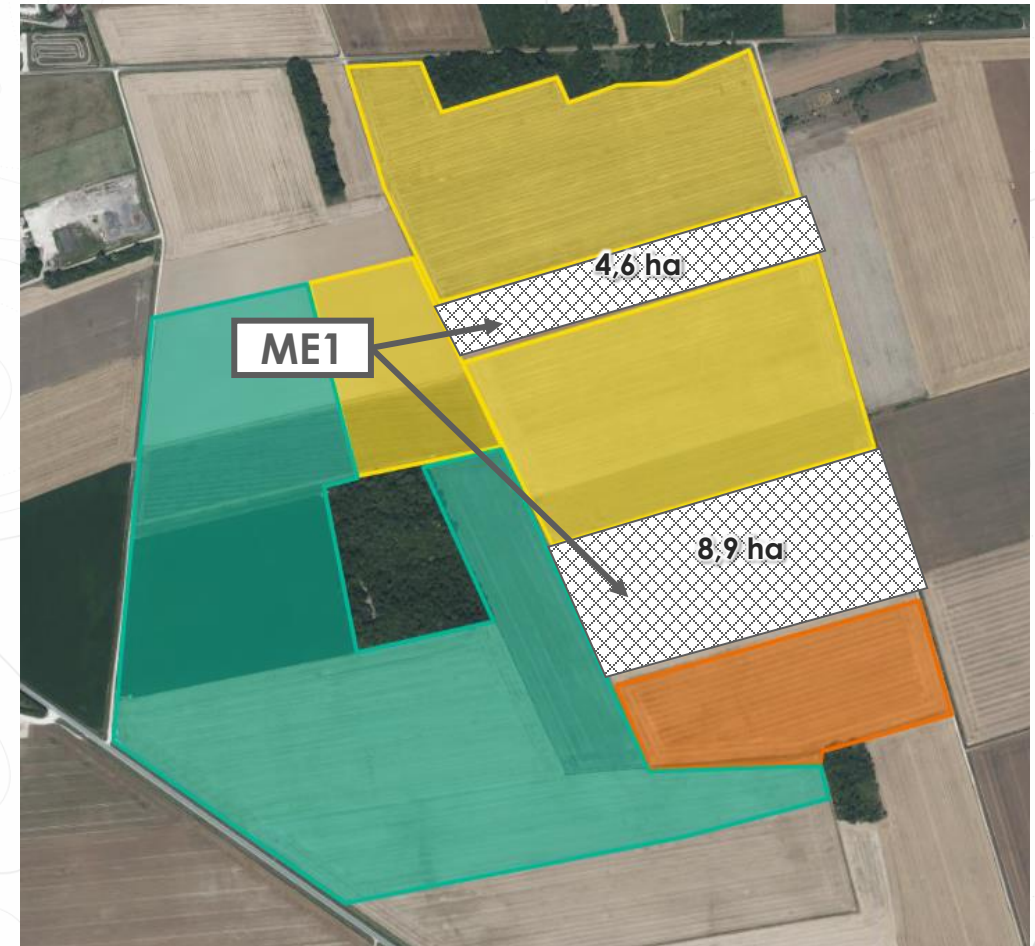
Exploitant non connu aujourd'hui, parcelles en grandes cultures

Mesures d'évitement

ME 1 : Choix des parcelles selon la motivation des exploitants

➔ Rappel de la définition d'une mesure d'évitement : **modifier le projet afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet engendrerait.**

Carte du projet agricole envisagé



ME1

Description de la mesure

Ces deux parcelles contiguës au projet ont été évitées car les exploitants concernés étaient hésitants face au projet agrivoltaïque.

Impact négatif évité pour l'agriculture

- Activité agricole non durable sur le long-terme sans la motivation des exploitants à cultiver en synergie avec les panneaux

Mesures de réduction

MR1 & MR2 : Les trackers : technologie d'agrivoltaïsme du projet de Brienne-le-Château

Les trackers sont des panneaux qui vont suivre la course du soleil tout au long de la journée. Ils présentent l'avantage d'avoir des **rangées espacées et de pouvoir être pilotés lors des passages d'engins agricoles**, ce qui permet d'avoir un maintien de l'ordre de 95% de la SAU (voir [partie 6.1.3.5](#) sur le calcul de la SAU). La mécanisation a été précisément étudiée pour le dimensionnement du projet.

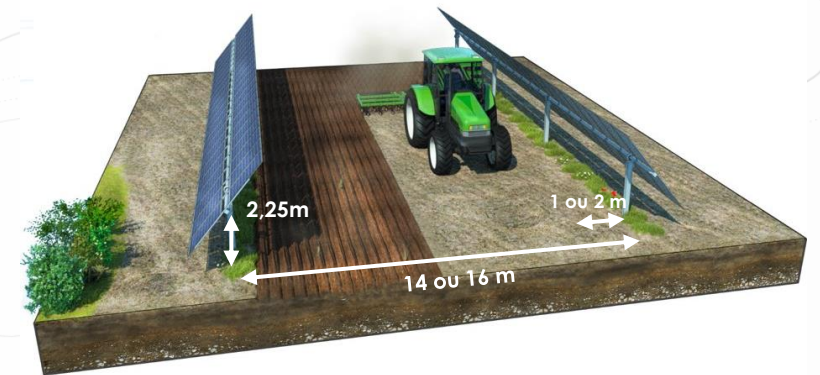
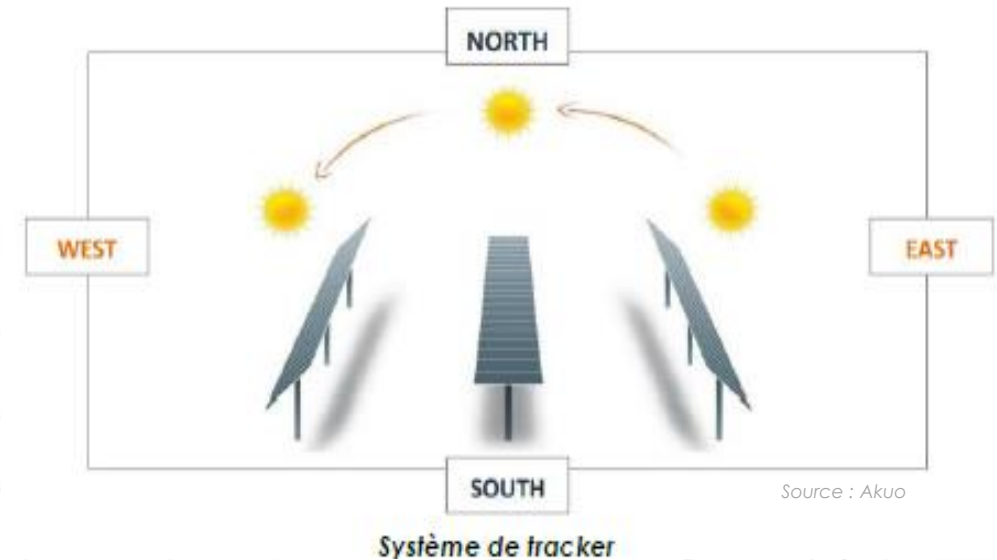
L'écartement entre les rangées a été fixé à **14 ou 16 m selon les parcelles**, permettant de garder une marge de sécurité d'1 ou 2 m entre les pieux et d'avoir une **largeur de travail de 12m**, multiple de la majorité de la largeur de travail des engins agricoles. Une bande permanente pourra être semée au plus proche des pieux, avec des variétés permettant d'apporter **différents services aux cultures** (mellifère, refuge à auxiliaires, engrais verts...), elle pourra être fauchée annuellement. L'espacement **en bout de rangée est de 18 mètres** pour le retournement des engins.

Les cultures présentes dans la rotation prendront en compte :

- Les **contraintes de hauteur** : le maïs ne pourra par exemple pas être inclus dans la rotation
- Les **bénéfices agronomiques apportés par les panneaux** : ils permettront de sécuriser les rendements ou **d'introduire de nouvelles cultures** sensibles à la sécheresse : betterave, pomme de terre
- A **l'apport d'eau sur les parcelles** permis par le système d'irrigation permettant d'introduire de nouvelles cultures comme la pomme de terre

Les trackers peuvent atteindre un point bas à 35 cm à certaines périodes de la journée. Il est prévu **de limiter l'angle des panneaux** pendant certaines périodes d'intérêt, afin de d'augmenter **ce point bas à 1,20-1,40m** et ainsi s'adapter aux cultures présentes dans la rotation envisagée.

Les panneaux vont apporter de l'ombre sur les parcelles qui vont (1) **réduire l'évapotranspiration des cultures** et ainsi de sécuriser les rendements en période de sécheresse et (2) **diminuer la lumière reçue** et ainsi pouvoir avoir un léger impact sur certaines cultures dont le stress hydrique n'est pas le facteur limitant de croissance. Les rendements attendus sur le projet sont présentés dans la [partie 6.1.3.3](#).



Mesures de réduction

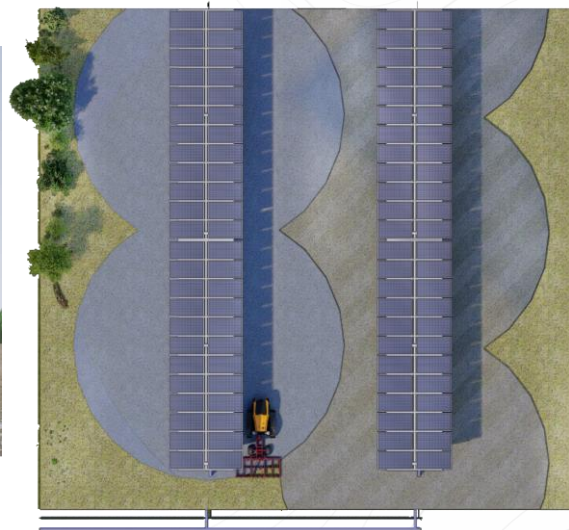
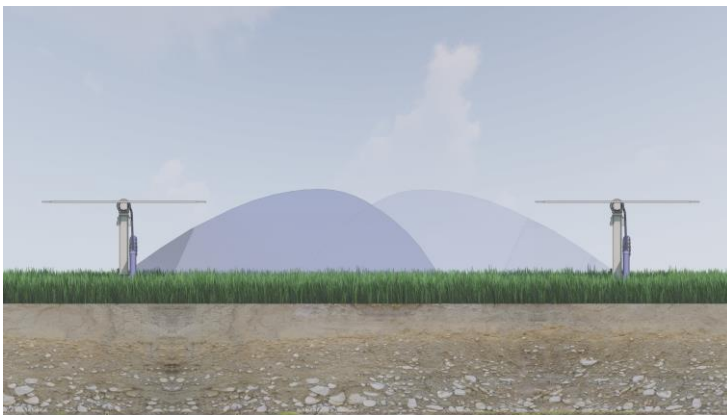
MR1 & MR2 : Les trackers : technologie d'agrivoltaïsme du projet de Brienne-le-Château

Le système d'irrigation

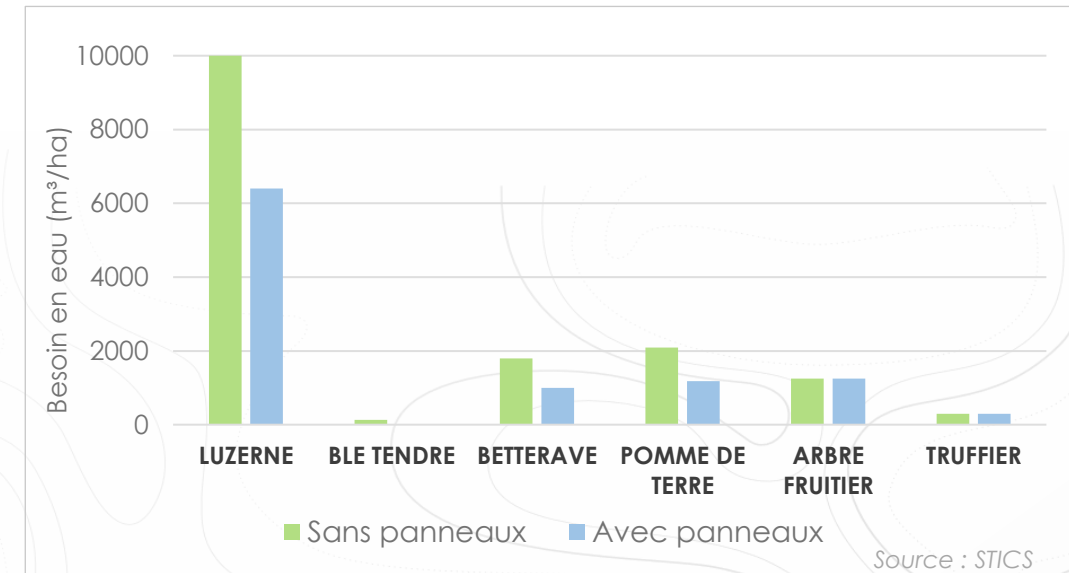
Sur les 28,2 ha de l'exploitation exploités par M. Vallet en grandes cultures et légumes plein champ, Akuo prévoit d'installer un système innovant de micro-aspersion de précision sur les trackers afin d'**optimiser le système d'irrigation actuel des parcelles**.

L'approvisionnement en eau pour l'irrigation s'effectuera au niveau **des eaux de carrières** déjà utilisée par M. Vallet depuis 25 ans pour son irrigation. Sur une **capacité de prélèvement de 150 000 m³**, M. Vallet n'utilise aujourd'hui que 80 000m³ par manque de temps pour effectuer son irrigation. Ainsi, la mise en place d'une irrigation précise et pilotée sur les trackers permettrait d'optimiser l'usage de l'irrigation au sein de son exploitation.

Schéma du système d'irrigation sur trackers - sprinklers



Besoins en eau des différentes cultures pour une production optimale avec et sans panneaux



Sur les parcelles de l'exploitation de M. Gublin, le système sera une **irrigation goutte-à-goutte** afin d'irriguer le verger. En accord préalable avec M. Vallet, l'eau proviendra également des eaux de carrières de ses nappes.

Les besoins en eau de l'arboriculture se situent en moyenne entre 2000 et 3000 m³/ha. La **densité de plantation des arbres étant divisée par 2**, la quantité d'eau nécessaire est également divisée par 2, soit 1500 m³/ha. Les arbres truffiers quant à eux, nécessitent très peu d'eau, soit 300 m³/ha au maximum.

Ainsi, la quantité totale d'eau nécessaire à la parcelle arboricole de M. Gublin serait de **7 200 m³ d'eau***.

* $300 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ha} + 1500 \text{ m}^3 \times 4,6 \text{ ha} = 7\,200 \text{ m}^3$.

Mesures de réduction

MR1 & MR2 : Les trackers : technologie d'agrivoltaïsme du projet de Brienne-le-Château

Une **bande d'1 ou 2 mètres 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**. Les bandes fleuries pourront être semées sur les parcelles en arboriculture et cultures légumières tandis que les bandes enherbées pourront être semées sur les parcelles en grandes. Une coupe de nettoyage pourra être réalisée si la pression en adventice est forte. Une évacuation régulière des déchets de tonte est également à prévoir pour maintenir une large diversité végétale. Si les déchets restent au sol, ils enrichissent le milieu en azote, ce qui favorise seulement quelques espèces végétales nitrophiles aux dépens des autres.

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...). Mais surtout, elles permettent **d'embellir le paysage**.

Des espèces adaptées à une **exposition mi-ombre** sont envisagées telles que la marguerite commune, le souci des champs, l'achillée millefeuille, etc.

Mesures de réduction

MR1 : Trackers sur grandes cultures espacés de 16m (1/2)

30,6 ha des parcelles présentent un sol peu profond et hétérogène impactant le rendement des cultures (en jaune sur la carte p40). Ainsi, sur cette surface le projet prévoit dans les investissements des **travaux de décapage de 4 m de largeur (2 m de chaque côté des poteaux)** et **25 cm de hauteur** de la terre située sous les panneaux afin d'augmenter la profondeur de la bande cultivable. Ce décapage va permettre **une augmentation de 8 cm de terre sur les 12 m de largeur de la bande cultivable**. Sur cette surface, **un inter-rang de 16 m est envisagé** afin de permettre ces travaux. Réaliser ces travaux sur seulement 2 m de largeur, dans le cas d'un inter-rang de 14 m, n'aurait pas été pertinent d'un point de vue technico-économique. Cette différence de profondeur aura un impact positif sur les rendements des cultures et va permettre à M. Vallet d'y cultiver des **productions à forte valeur ajoutée** (pomme de terre, betterave, etc.) dont l'un des buts est **d'approvisionner la restauration collective**, notamment le collège de Brienne-le-Château.

Itinéraire technique prévu par l'exploitation de M. Vallet :

➤ **Céréales et légumes plein champ** avec une rotation de 8 ans : **Blé – Pomme de terre – Blé – Pois – Orge – Betterave – Luzerne (2 ans)**. M. Vallet intègre fréquemment des **associations de cultures céréales / légumineuses** au sein de ses rotations.

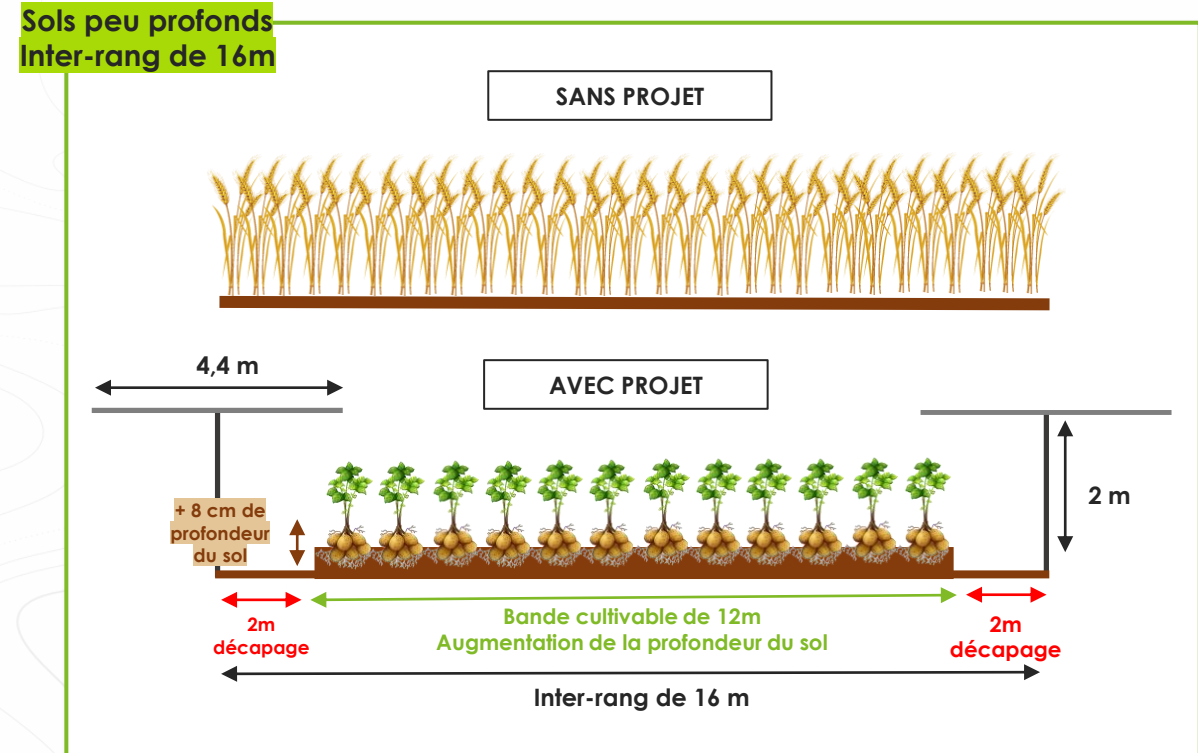
Plusieurs méthodes de récolte sont envisagées :

1. En fonction de la différence de maturité des cultures sur le rang, la méthode **d'andainage avant récolte** pourra être réalisée afin d'homogénéiser la maturité des cultures (phase de test préalable) ;
2. Après les premiers retours d'expériences des cultures sous panneaux, les **cultures en bandes pourront être testées** afin **d'adapter les cultures en fonction de la luminosité** reçue sous les panneaux.

Pendant les périodes d'intérêt (épandage, travail du sol, semis, moisson, fauche), les trackers se positionneront de sorte à **laisser passer les engins agricoles**.

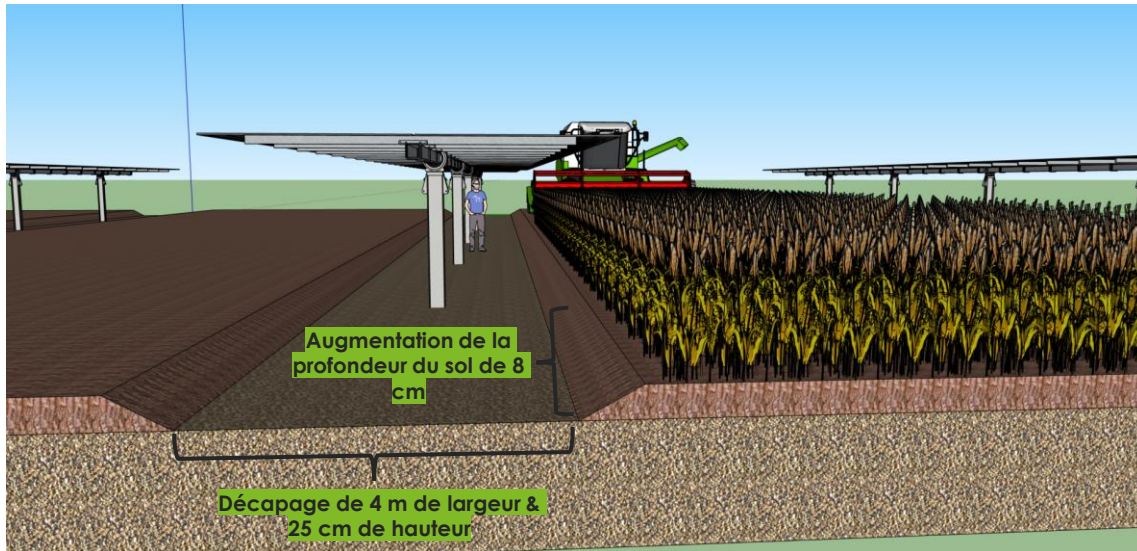
Le projet prévoit également dans les investissements la mise en place d'un système de micro-aspiration de précision sur les parcelles en céréales et légumes plein champ de M. Vallet afin **d'optimiser l'irrigation** ainsi que de **sécuriser les rendements**.

L'itinéraire technique sur les parcelles actuellement cultivées par M. Mouy n'est pas connu puisque les repreneurs n'ont pas encore été identifiés. L'avantage de la technologie sélectionnée est qu'elle est compatible avec tout type de projet agricole.



Mesures de réduction

MR1 : Trackers sur grandes cultures espacés de 16m (2/2)



- L'inter-rang de 16 mètres permet une synergie entre le projet et les cultures :
- Réalisation de travaux de décapage des 4 mètres de largeur sous les pieux des panneaux **permettant d'augmenter la profondeur du sol de 8 cm** ;
 - Mise en place d'un **système d'irrigation piloté en micro aspersion** de précision ;
 - **Réduction de l'évapotranspiration de 34%** sous les panneaux.

Des modélisations ont été réalisées sur les cultures de **la rotation envisagée : Blé – Pomme de terre – Blé – Pois – Orge – Betterave – Luzerne (2 ans)**.

Les cultures de luzerne, blé tendre et betterave ont été **comparées à une situation sans panneaux, sans décapage, sans irrigation**, tandis que la pomme de terre a été comparée à une situation sans panneaux, sans décapage avec irrigation puisque celle-ci est indispensable pour cette culture.

Les variations de rendements attendues sont présentées dans le tableau ci-après, elles **seront intégrées au calcul de la compensation agricole**. Les résultats s'appuient sur des modélisations réalisées à partir du code source du logiciel STICS, pour chaque avec 2 scénarios météorologiques : un climat moyen sur les 30 dernières années, et une année sèche correspondant à l'année 2022 présentant -35% de pluviométrie. Les mesures sont issues d'une moyenne entre la position la plus centrale de l'inter-rang et proche des panneaux. **Les simulations intègrent également l'augmentation de profondeur de sol.**

Les panneaux vont apporter un microclimat sur les parcelles qui va :

- (1) **Réduire l'évapotranspiration des cultures** et **sécuriser les rendements** en période de sécheresse ;
- (2) **Diminuer la lumière reçue** avec un léger 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.**

Modélisations des cultures sous panneaux avec 16 m d'inter-rang et travaux d'augmentation de profondeur de sol

Source : STICS, Agriterra

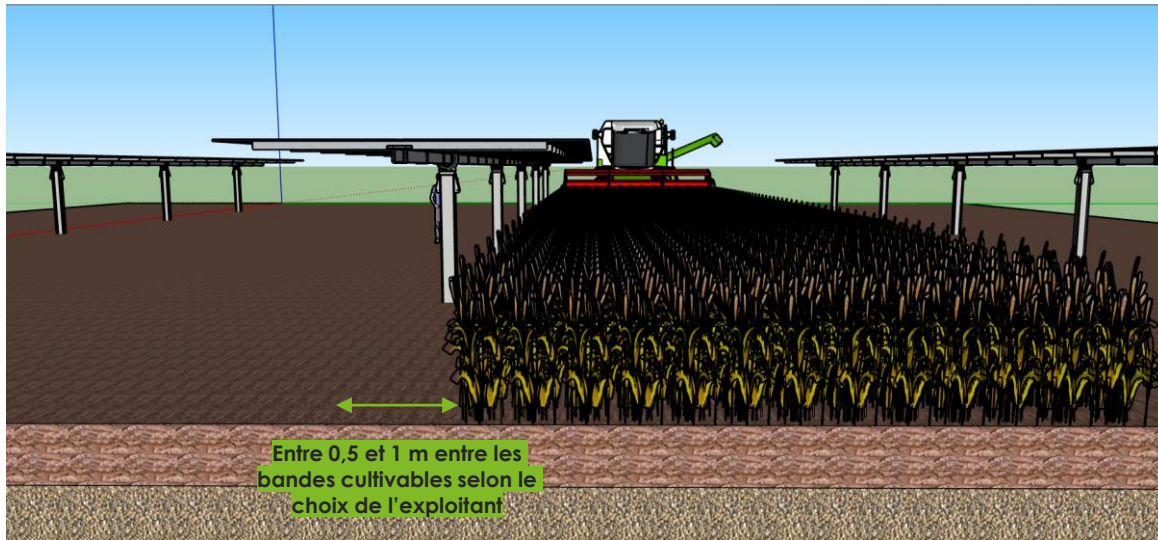
16 m	RENDEMENTS (t/ha) (par rapport à situation sans panneaux)		STRESS HYDRIQUE (par rapport à situation sans panneaux)	
	Année normale	Année sèche*	Année normale	Année sèche*
LUZERNE	+ 27%	+ 57%	-14%	- 4%
BLE TENDRE	+ 18%	+ 64%	- 6%	- 8%
BETTERAVE	+ 10%	+ 33%	- 9%	- 17%
POMME DE TERRE	+ 28%	+ 43%	- 5%	- 8%

Les simulations comparent ici une situation avec panneaux avec irrigation à une situation sans panneaux sans irrigation (sauf pour la pomme de terre simulée avec de l'irrigation).

Mesures de réduction

MR2 : Trackers sur grandes cultures espacés de 14m

Sur le reste des parcelles dédié à la grande culture (dans l'hypothèse où les parcelles de M. Mouy seront maintenues en grandes cultures), soit 31,4 ha, l'espacement prévu est de 14m, car les parcelles sont un peu plus profondes et ne nécessitent pas de travaux d'augmentation de profondeur du sol. Seule une bande de 1m de sécurité est maintenue proche des pieux pour la mécanisation.



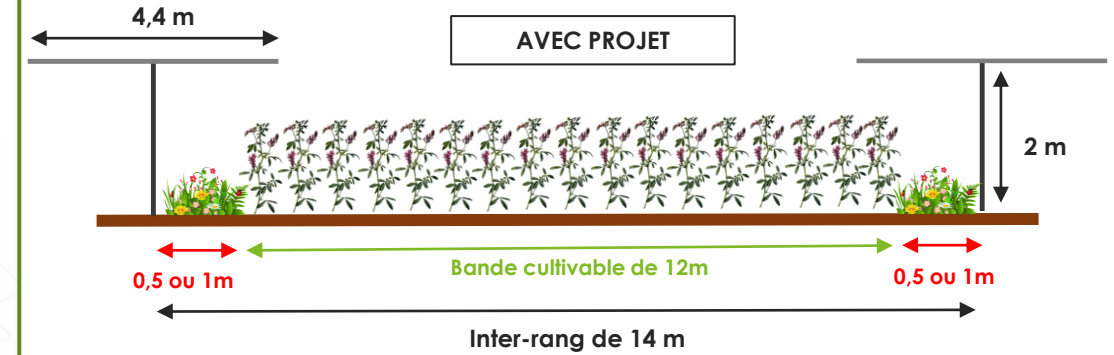
L'inter-rang de 14 mètres permet une synergie entre le projet et les cultures :

- Mise en place **d'un système d'irrigation piloté en micro aspersion** de précision ;
- **Réduction de l'évapotranspiration de 38%** sous les panneaux.

La mise en place de cette irrigation va permettre **d'intégrer de la pomme de terre dans la rotation**. Des modélisations ont été réalisées sur les cultures de la rotation envisagée : Blé – Pomme de terre – Blé – Pois – Orge – Betterave – Luzerne (2 ans).

Les cultures de luzerne, blé tendre et betterave ont été **comparées à une situation sans panneaux, sans irrigation**, tandis que la pomme de terre a été comparée à une situation sans panneaux, avec irrigation puisque celle-ci est indispensable pour cette culture.

Soils profonds
inter-rang de 14m



Modélisations des cultures sous panneaux avec 14 m d'inter rang (sans travaux d'augmentation de profondeur du sol)

Source : STICS, Agriterra

14 m	RENDEMENTS (t/ha)		STRESS HYDRIQUE	
	Année normale	Année sèche	Année normale	Année sèche
LUZERNE	+ 21%	+ 50%	- 14%	- 2%
BLE TENDRE	+ 11%	+ 64%	- 6%	- 7%
BETTERAVE	-7%	+ 29%	- 10%	- 17%
POMME DE TERRE	-27%	-20%	- 1%	0%

*Les données utilisées pour les simulation en année sèche sont celles de l'année 2022, une année avec -35% de pluviométrie

Les simulations comparent ici une situation avec panneaux avec irrigation à une situation sans panneaux sans irrigation (sauf pour la pomme de terre simulée avec de l'irrigation).

Mesures de réduction

MR1 & MR2

Méthodes de récolte envisagées dans un second temps

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 bande**:

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 sont 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 1 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 maladie 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

MR3 : trackers sur arboriculture espacés de 14m (1/3)

Contexte :

Ces 6,2 hectares de terres sont actuellement cultivés en **grandes cultures** avec une rotation Colza – Blé – Orge. Les rendements y sont très moyens car la terre argilo-calcaire superficielle est très séchante. La mise en place d'une irrigation ainsi que le loyer touché par l'exploitant via le projet va lui permettre de se diversifier. L'exploitant souhaite y introduire un verger composé de différentes espèces fruitières afin de bénéficier d'une **récolte sur toute l'année**.

Plan de la partie verger du projet de Brienne-le-Château

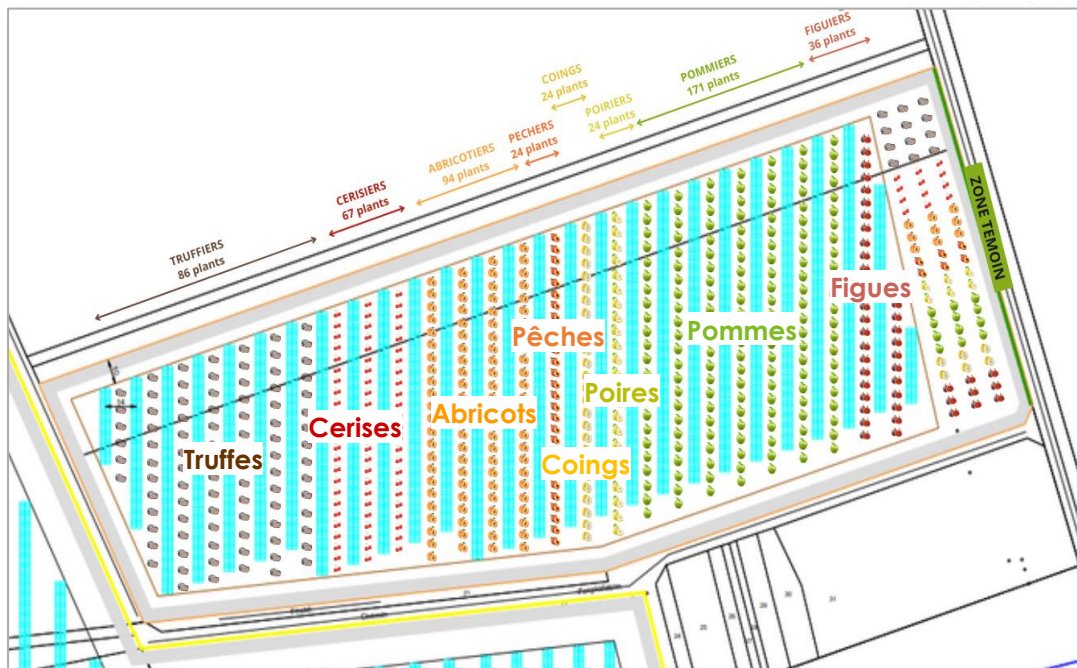
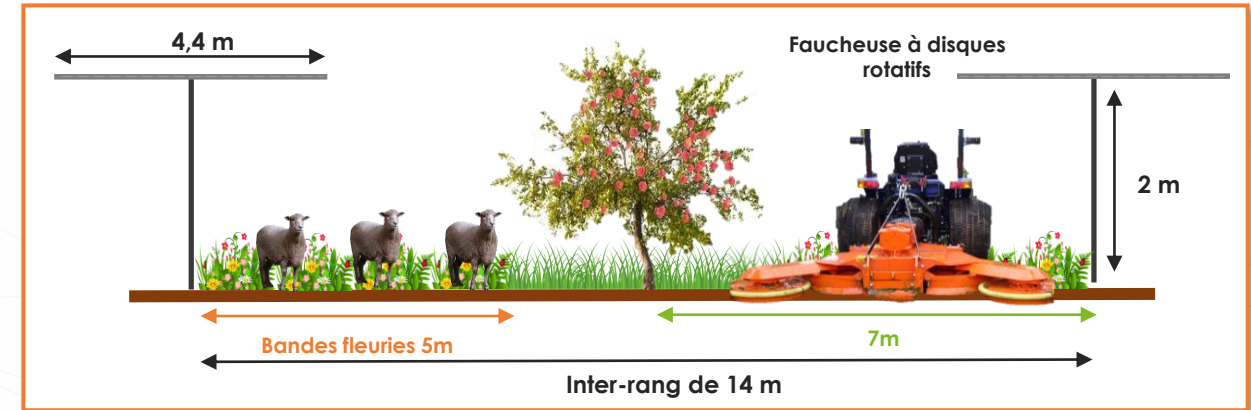


Schéma de l'inter-rang de la partie verger du projet



Projet agricole et itinéraire technique :

Le projet envisage la mise en place d'un **verger basse-tige** en synergie avec les trackers et permettant de créer du lien entre différents acteurs agricoles du territoire. **Le choix des cultures et de la conduite du verger a été réalisé en fonction des contraintes liées aux caractéristiques du sol et en concertation avec des experts technique locaux.** L'enracinement des arbres fruitiers basse-tige s'étend en largeur plutôt qu'en profondeur **permettant ainsi aux arbres de se développer dans un sol peu profond.**

Le sol étant calcaire, 1 ha de truffes est envisagé car **les conditions sont adaptées à la trufficulture** : sol avec au moins 8% de calcaire, pH situé entre 7,5 et 8,5, sol peu profond entre 15 et 40 cm. Les sols calcaires s'appauvrissent rapidement, le sol de la parcelle devra être amélioré par des amendements au niveau des espèces fruitières. Des apports de matières organiques pourront être réalisés ou des engrais verts pourront être plantés au pied des arbres. Le **porte-greffe choisi** pour les arbres basse-tige, ici le **cognassier**, va également permettre aux arbres de mieux s'adapter au sol calcaire.

Mesures de réduction

MR3 : trackers sur arboriculture espacés de 14m (2/3)

PLANTATION

Plants provenant de la **pépinière Girardin-Pailley** à 8 km du projet

5,3 ha – verger avec panneaux
0,57 ha – verger sans panneaux

501 arbres:

- 76 plants de cerisiers
- 103 plants d'abricotiers
- 30 plants de pêchers
- 30 plants de coings
- 30 plants de poires
- 183 plants de pommiers
- 49 plants de figuiers
- 100 plants de truffiers

CONDUITE

Verger basse-tige, **6 x 7 m**

Irrigation goutte-à-goutte mise en place par le projet
Besoin en eau de 6050 m³ pour les 501 plants.

Entretien du verger par les **moutons du voisin de M. Gublin** ou fauche des bandes enherbées par une **faucheuse à disques rotatifs.**

La taille des arbres se fera sous forme de prestation par la pépinière Girardin-Pailley.

ACCOMPAGNEMENT

- **Association des Croqueurs de Pommes d'Aube Champagne Pays d'Othe** pour la mise en place de variétés anciennes de pommes (variétés Jolibois & Transparente de croncels)
- **Association Auboise des Truffes d'Automnes** pour le conseil et suivi technique de truffiers.

RECOLTE

Récolte **étalée sur l'année** :

- Cerisiers (mai à juillet)
- Abricotiers (juin à août)
- Pêchers (juillet à août)
- Coings (octobre à novembre)
- Poires (août à novembre)
- Pommiers (août à novembre)
- Figuiers (juillet à octobre)
- Truffiers (décembre à mars)

Récolte envisagée sous forme d'un **chantier participatif**: adhérents qui viennent récolter leurs fruits aux périodes concernées

COMMERCIALISATION

Différents **débouchés envisagés** :

- **Transformation** par La Belle Eveillée (jus, confiture, sirop)
- Vente via **casiers fermiers** « Panier du Renard », Rosnay l'Hôpital « Que du bon ! », Ecrevolles
- Vente via **magasin de producteurs** « Au Pré de Ma Blonde », Brienne-le-Château « Tendance fermière », Saint-Parres-aux-Tertres

VERGER BASSE-TIGE

Pour les espèces fruitières (cerisier, abricotier, pêcher, cognassier, poirier, pommier, figuier)

Un arbre basse-tige est greffé sur un **porte-greffe à croissance lente mesurant environ 50 cm** de haut. Cela permet une production rapide et quantitative, la première récolte se fait 2 ou 3 ans après la plantation pour une production de 5 à 20 kg/an.

Adultes, les arbres peuvent atteindre **2 à 4 mètres**. Cette **hauteur est compatible avec la technologie tracker** des panneaux.

Les basse-tige vivent en moyenne **30 à 40 ans**, soit la même durée de vie du projet agrivoltaïque qui est de 30 ans.

Schéma d'un pommier basse-tige



Hauteur de 2 m compatible avec les panneaux trackers

Taux d'**ombrage de 17%** au milieu du rang

Porte-greffe cognassier avec une hauteur de tronc de 50 cm

Enracinement en largeur et non en profondeur, adapté aux sols peu profonds de 20 cm

Mesures de réduction

MR3 : trackers sur arboriculture espacés de 14m (3/3)

Zoom sur la truffe

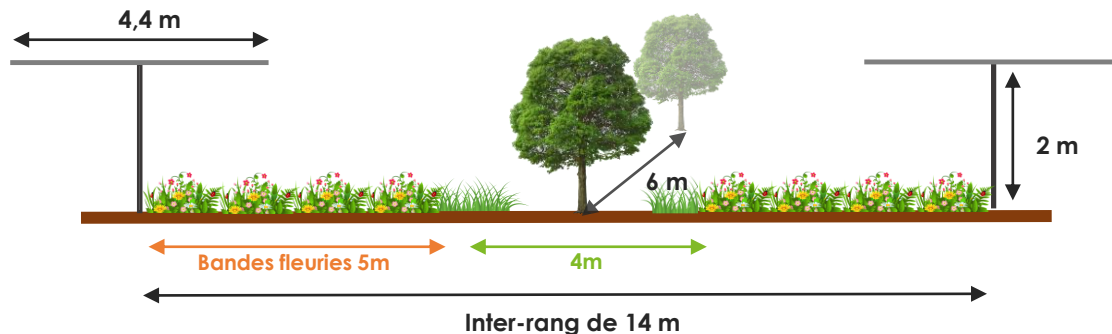
La culture de truffe est particulière, elle ne sera pas conduite sur des basse-tige comme les autres espèces fruitières du verger. Le choix des arbres truffiers sur la parcelle, **charmes et chênes verts** est réfléchi pour maximiser la synergie avec les panneaux. Afin de garder un milieu diversifié et éviter les maladies, les plants ne seront pas planter en mono-espèce.

Le choix des plants est adapté :

- À des **contraintes de hauteur** : ne pas dépasser 2 mètres pour maintenir une production photovoltaïque acceptable. Ce sont des arbres qui se taillent facilement.
- A la **situation de la parcelle** : sols superficiels, calcaires, au pH basique
- A une **truffière innovante** : maximiser les rendements. Ces 2 espèces sont facile à installer et à entretenir et sont plus facilement mycorhizables.

Les trackers peuvent atteindre un point bas à 35 cm à certaines périodes de la journée.

Il est prévu **de limiter l'angle des panneaux** pendant certaines périodes d'intérêt (fructification par exemple), afin de **laisser passer davantage de lumière** et permettre au sol de se réchauffer plus rapidement quand nécessaire.



Le choix de la **variété Tuber Melanosporum**, ou truffe noire d'hiver, a été fait afin de :

- Diversifier les productions de M. Gublin ;
- Limiter le temps de travail supplémentaire ;
- Valoriser facilement la production. Il y a un fort intérêt économique de cette truffe sur le marché.

Modélisation des truffiers sous les panneaux photovoltaïques



La croissance de la truffe est sensible à plusieurs paramètres (aération du sol, réensemencement...) mais un de ses facteurs limitants le plus déterminant est le **besoin en eau**.

Les parcelles ne sont actuellement **pas irriguées**. Le projet prévoit l'installation d'un système d'irrigation de précision, installé en goutte-à-goutte pour la partie arboricole. L'irrigation permettra de **sécuriser les rendements** de plus en plus instables avec le réchauffement climatique. Les truffiers ont un besoin en eau de 300 m³/ha au maximum.

Les panneaux vont apporter un microclimat sur les parcelles qui va :

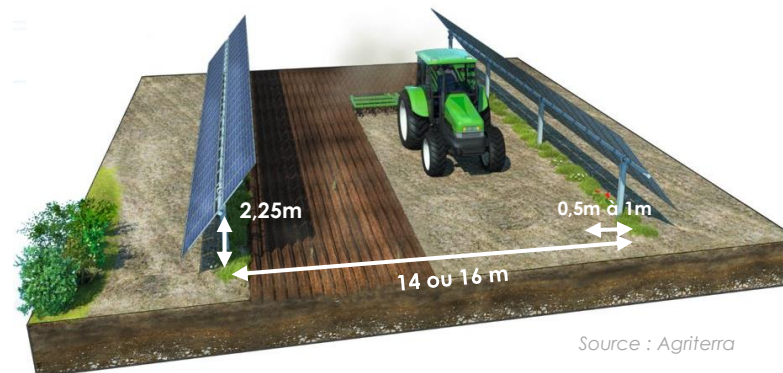
- (1) **réduire l'évapotranspiration des cultures**. Ceci permettra **de maintenir l'humidité dans le sol** et ainsi de diminuer le nombre d'arrosage par rapport à une truffière sans panneaux irriguée.
- (2) **sécuriser les rendements** en période de sécheresse en limitant les dégâts sur la production de truffes
- (3) **diminuer la lumière reçue** avec un léger impact sur les rendements. Possibilité de jouer sur l'effacement (orientation des panneaux) aux périodes d'intérêts pour limiter cet impact.

Calcul de la SAU maintenue avec les trackers

Surface totale réservée aux installations PV	16,4 ha de trackers
Surface cumulée des postes de transformation et de livraison	280,8 m ²
Surface cumulée des locaux de stockage	93,6 m ²
Surface cumulée des citernes incendie	300 m ²
Perte de SAU avec locaux techniques	674,4 m² (soit 0,095% de la SAU)
Surface cumulée des pistes non exploitables	2,89 ha (soit 4,09 % de la SAU)

Les trackers photovoltaïques sur grandes cultures

L'espace entre les rangées de panneaux (espace pieu à pieu) sera égal à **14 m ou 16 m** selon les parcelles. **Seule une bande de minimum 50cm à 1m selon le choix de l'exploitant, de chaque côté des pieux restera inexploitée** afin de maintenir une distance de sécurité avec les machines agricoles, comme présenté dans l'illustration ci-dessous :



Largeur de la bande non exploitée de chaque côté du pieu des trackers	0,5 ou 1 m selon le choix de l'exploitant
Maintien de la SAU avec trackers	94,7 %

Sur l'inter-rang de 16m, 2m resteront inexploités de part et d'autre. Cette distance est due aux travaux de décapage lié au projet agricole et non à la présence des panneaux.

Maintien total de la SAU	94,7% - 0,095% - 4,09% = 90,5%
---------------------------------	---------------------------------------

Impact des trackers sur les sols (source: Etude d'impact environnemental, Planète verte)

➤ Imperméabilisation du sol

Les surfaces imperméabilisées sont présentées dans le tableau suivant:

Objet	Unité	Superficie unitaire (m ²)	Superficie totale (m ²)
Pieux	5664	0,0175	99,1
Portail (avec aire d'entrée)	8	256	2048,0
Aire de retournement	9	144	1296,0
Citerne incendie	5	60,0	300,0
Poste de transformation	7	31,2	218,4
Poste de livraison	2	31,2	62,4
Pistes légère (pompiers) dans les parcelles	4 791m	5	23955,0
Piste lourde dans les parcelles (m)	203m	5	1014,5
Local de stockage	3	31,2	93,6
Total			29 087m²

Seules les infrastructures ayant un effet notable sur la perméabilité sont prises en compte. Il s'agit notamment des pieux de fixation des tables, des citernes souples (incendie), des locaux de stockage, des dalles des postes de transformation et de livraison, des pistes lourdes créées (associées aux portails notamment) ainsi que des aires de retournement.

Les panneaux sont disjoints et permettent de laisser passer les eaux de pluie sans modifier les capacités d'infiltration du sol ils ne sont donc pas comptabilisés comme surfaces imperméabilisées.

Par ailleurs, les pistes créées ne seront pas imperméabilisées. Elles seront réalisées à base de graviers concassés, ce qui permettra de conserver la perméabilité du sol et de ne pas influencer significativement sur les ruissellements naturels. Il est prévu 23955 m² de piste légère (4791 m x 5 m de largeur) dans les parcelles agricoles pour permettre l'accès des pompiers. Il s'agira de renforcer les chemins d'exploitations existants pour les voies d'accès extérieures.

Au final, **les aménagements à l'origine d'une imperméabilisation du sol portent sur une surface très limitée à l'échelle du parc**, seulement 2,9 ha, soit **3,9% de la surface totale** du parc photovoltaïque de 73,4 ha.

➤ Ruissellement

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

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 rejets sous les trackers.

➤ Risque d'érosion

La limitation de la concentration des ruissellements à l'échelle du parc permet également de limiter le risque d'érosion.

En effet, les écoulements d'eaux pluviales sur la surface des modules photovoltaïques chutent d'une hauteur maximale de 2,25 m (hauteur maximale des structures en bout de pente). La répartition uniforme des chutes de pluies sous les tables et l'espace de 9,5 à 11,6 m entre les rangées de panneaux limite significativement la formation de zones préférentielles soumises à l'érosion. On notera également que le ruissellement au sol suivra une courbe d'Est en Ouest autour du point de fixation empêchant toute concentration d'eau de ruissellement le long d'une même ligne.

Les effets éventuels de l'érosion ne seront que localisés et temporaires le temps que la végétation se développe au pied des structures et protège le sol. Pour accélérer cette végétalisation, les terrains mis à nu pendant le chantier serontensemencés. Cet ensemencement n'aura pour but que de créer une amorce à la reprise de la végétation naturelle et permettra de limiter la reprise par des espèces exogènes à caractère invasif.

➤ 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.**

Impact des trackers sur les sols (source: Etude d'impact environnemental, Planète verte)

➤ Impact sur les débits des cours d'eau et des fossés en aval

L'évolution du coefficient de ruissellement à l'échelle du parc agrivoltaïque est présentée dans les tableaux suivants:

Tableau 1: Coefficient de ruissellement – avant aménagement

Objet	Surface (m ²)	Coef. de ruissellement	Superficie d'apport (m ²)
Chemin d'exploitation existant	14795	0,3	4438,5
Parcelles agricoles et espaces verts	736000	0,15	110400
TOTAL	750795		114838,5
Coefficient de ruissellement		0,153	

Tableau 2: Coefficient de ruissellement – après aménagement

Objet	Surface (m ²)	Coef. de ruissellement	Superficie d'apport (m ²)
Chemin d'exploitation existant	14795	0,3	4438,5
Bande roulante créées sur des chemins existants	15980	0,3	4794
Pieux	99,1	1	99,1
Citerne incendie	300,0	1	300
Aire de retournement	256	0,5	128
Portail	1152	0,5	576
Local de stockage	93,6	1	93,6
Poste de livraison	62,4	1	62,4
Poste de transformation	218,4	1	218,4
Parcelles agricoles et espaces verts	733600	0,15	110040
Bande roulante créées dans les parcelles	28 909,1	0,3	8672,73
TOTAL	795466		129423
Coefficient de ruissèlement		0,163	

Au final, l'aménagement conduit à un accroissement du coefficient de ruissellement de 0,153 à 0,163, soit environ 7% d'augmentation.

L'augmentation du coefficient de ruissellement n'aura pas d'impact sur les débits de crues des fossés et des cours d'eau en aval.

En effet, la totalité des eaux ruisselées sur les ouvrages aménagés sera réintégrée à l'infiltration sur les espaces verts limitrophes.

Sur ces espaces, le projet ne conduit pas à la création de nouveaux réseaux d'eaux pluviales (réseau enterré et fossé) et donc de nouveau rejet d'eaux pluviales. Seuls les fossés existants sont conservés.

Aucune concentration des rejets n'est donc à prévoir.

Aucun impact n'est attendu sur le ruissellement et par conséquent sur les débits de crue des cours d'eau en aval.

➤ Risque d'inondation

Le projet est localisé dans une zone où le risque d'inondation est moyen. Il s'agit d'une zone de risque de remontée de nappe mais il n'existe pas de PPRI. 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.

➤ Conclusion

Les modifications des écoulements d'eau de pluie ne paraissent pas significatives. Les risques de pollutions accidentelles et chroniques apparaissent également négligeables compte tenu de la faible activité d'entretien.

La synergie agrivoltaïque

SYNERGIE AGRONOMIQUE

MICROCLIMAT APPORTÉ PAR LES STRUCTURES

- **Baisse des besoins en ressources hydriques et amélioration des rendements :**
 - Baisse de l'**évapotranspiration** attendue d'**environ 34 %** (inter rang de 16 m) **ou 38 %** (inter rang de 14 m)
 - **Sécurisation du rendement** des cultures sensibles au stress hydrique
- **Baisse de luminosité** qui peut avoir un impact sur le rendement de certaines cultures ;
- Apport de **conditions de cultures différentes** permettant de se **prémunir des risques climatiques** ;
- **Augmentation des rendements** grâce aux travaux d'augmentation de la profondeur du sol permettant l'introduction de cultures à forte valeur ajoutée.

APPORT DE CAPACITÉS D'IRRIGATION ET GESTION ÉCONOME DE L'EAU

- **Optimisation de l'irrigation** grâce au système d'irrigation par micro-aspersion de précision porté dans les investissements du projet sur certaines parcelles.

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).

SYNERGIE ECONOMIQUE

INVESTISSEMENTS AGRICOLES PORTÉS PAR LE PROJET

- **Remise en état et travail du sol** après travaux de construction et au démantèlement ;
- **Travaux de décapage** et d'augmentation de la profondeur du sol ;
- **Système d'irrigation par micro-aspersion piloté et de précision sur les parcelles de Mrs. Vallet et Gublin ;**

Suivi agronomique annuel des productions du site afin d'accompagner les agriculteurs et de s'assurer de leur pérennité.

PARTAGE DU LOYER

- **Loyer partagé entre propriétaire et exploitant**

MISE À DISPOSITION GRATUITE

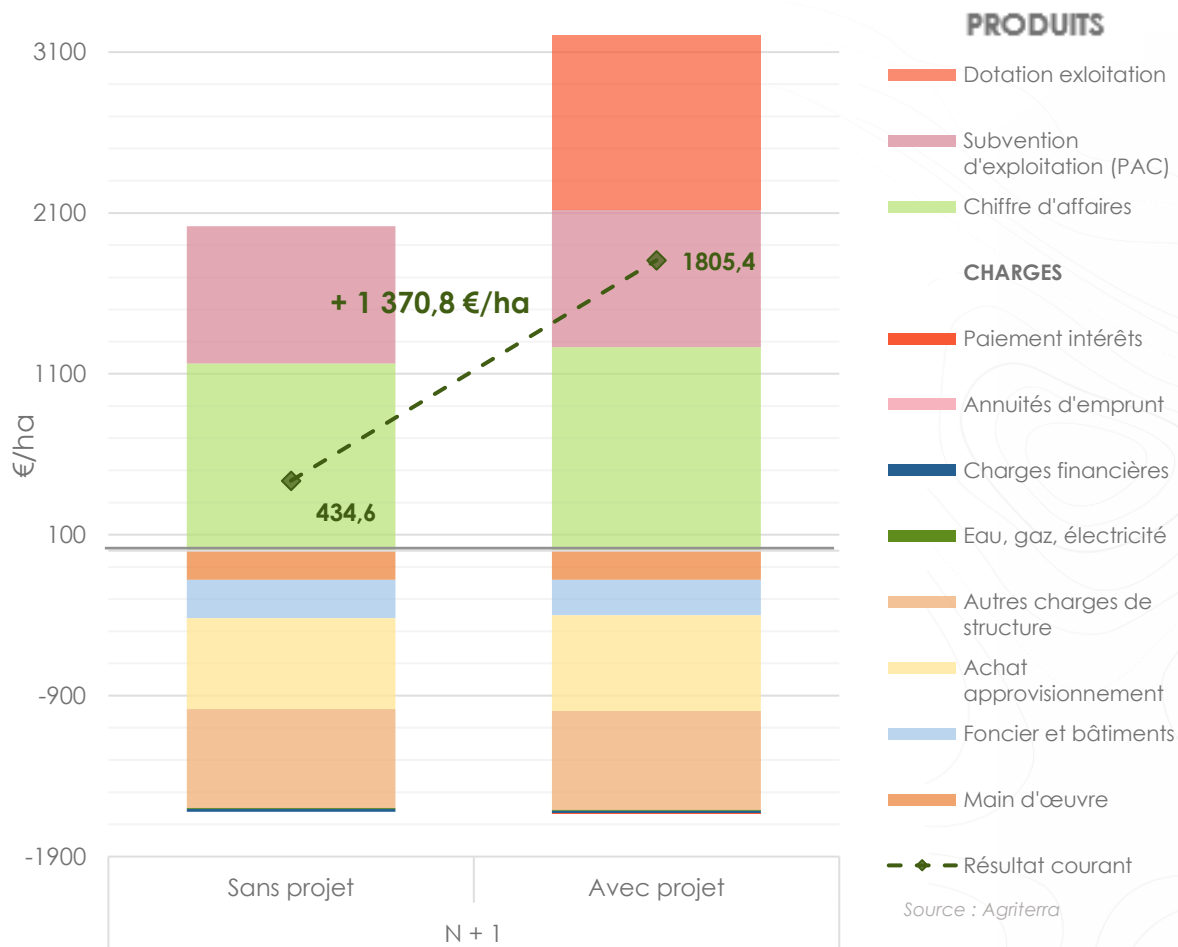
- **Pas de fermage** à payer sur la partie agrivoltaïque.
- Signature d'un **commodat long-terme sur 30 ans**.

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 des exploitations en place via un commodat long-terme ; - Pas de changement d'OTEX (diversification pour une exploitation) ; 	Positif
Emploi agricole	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien des effectifs actuels ; - Pas d'impact sur la transmissibilité des exploitations partenaires du projet grâce à l'adaptation des structures photovoltaïques et au partage du loyer entre propriétaire et exploitant ; - Départ à la retraite de M. Mouy : 36,7 ha des 156 ha de l'exploitation dans l'emprise du projet. Les parcelles sont actuellement sous convention SAFER et leur décision concernant les repreneurs sera rendue fin 2023 	Positif
Production primaire	<ul style="list-style-type: none"> - Impact global positif sur la production agricole : augmentation de rendement & introduction de cultures à forte valeur ajoutée grâce à l'augmentation de la profondeur du sol et la mise en place de l'irrigation ; - Légère perte de SAU, soit 4,6 ha avec les panneaux ; ces surfaces non exploitables seront semées en bandes fleuries ou enherbées rendant des services écologiques aux productions agricole - Introduction de nouvelles productions (fruitiers, truffes, maraîchage & légume plein champ 	Positif
Aides et subventions	<ul style="list-style-type: none"> - Compensation financière incluse dans le loyer pour le temps supplémentaire induit par la présence des structures photovoltaïques ; - Investissements agricoles portés par le projet. 	Positif
Filière amont	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'impact sur la filière amont. 	Neutre
Filière aval	<ul style="list-style-type: none"> - Approvisionnement de fruits et légumes pour la transformation locale (jus, confiture, conserve). 	Positif
Commercialisation	<ul style="list-style-type: none"> - Impact positif sur la commercialisation en circuits court avec les productions à forte valeur ajoutée ; - Approvisionnement du collège de Brienne-le-Château. 	Positif

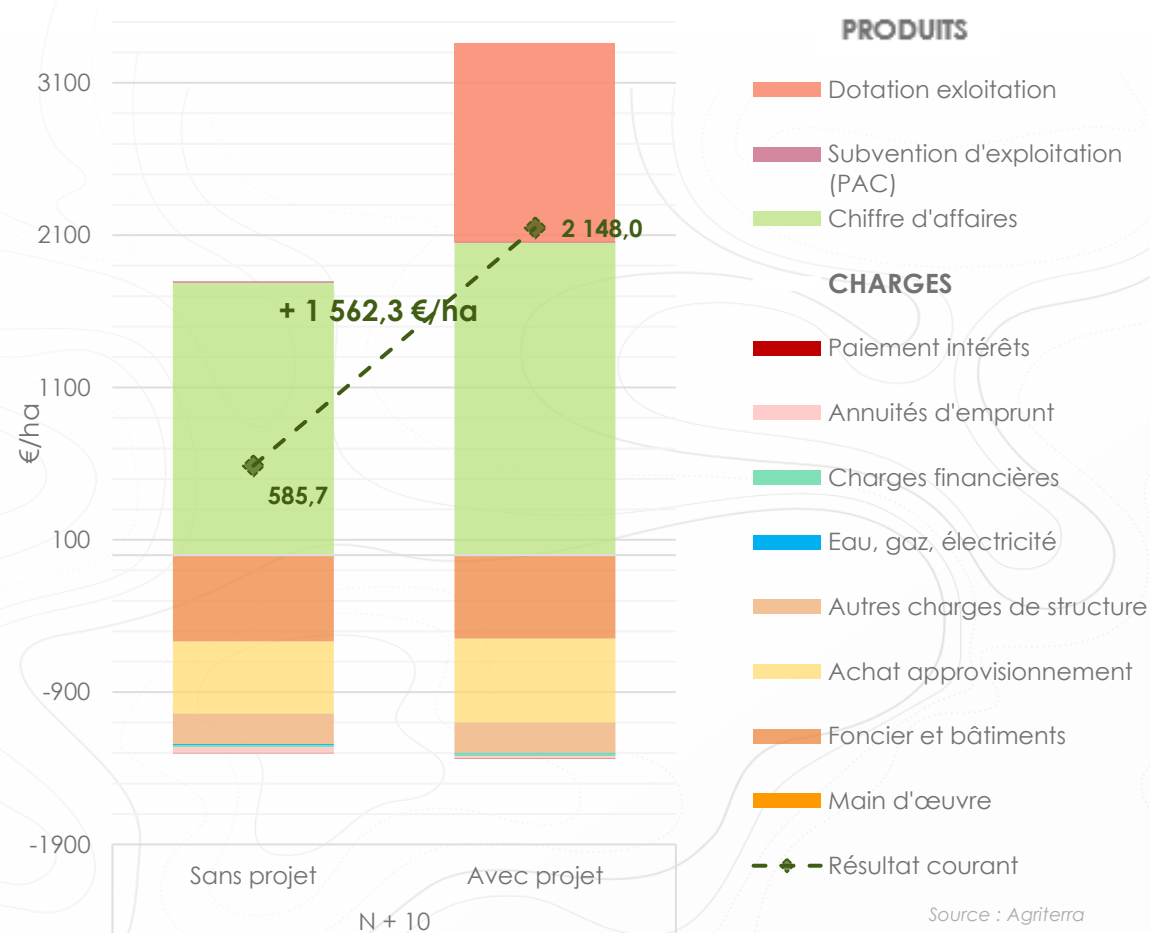
Evaluation de l'impact du projet sur le **résultat courant en année de croisière** des exploitations concernées par le projet

Evolution du résultat courant de l'exploitation de M. Vallet sur les parcelles concernées par le projet en année N+1



L'année N+1 est représentative puisque **les nouvelles cultures (pomme de terre, betterave)** auront été introduites dans la rotation.

Evolution du résultat courant de l'exploitation de M. Gublin sur les parcelles concernées par le projet en année N+10



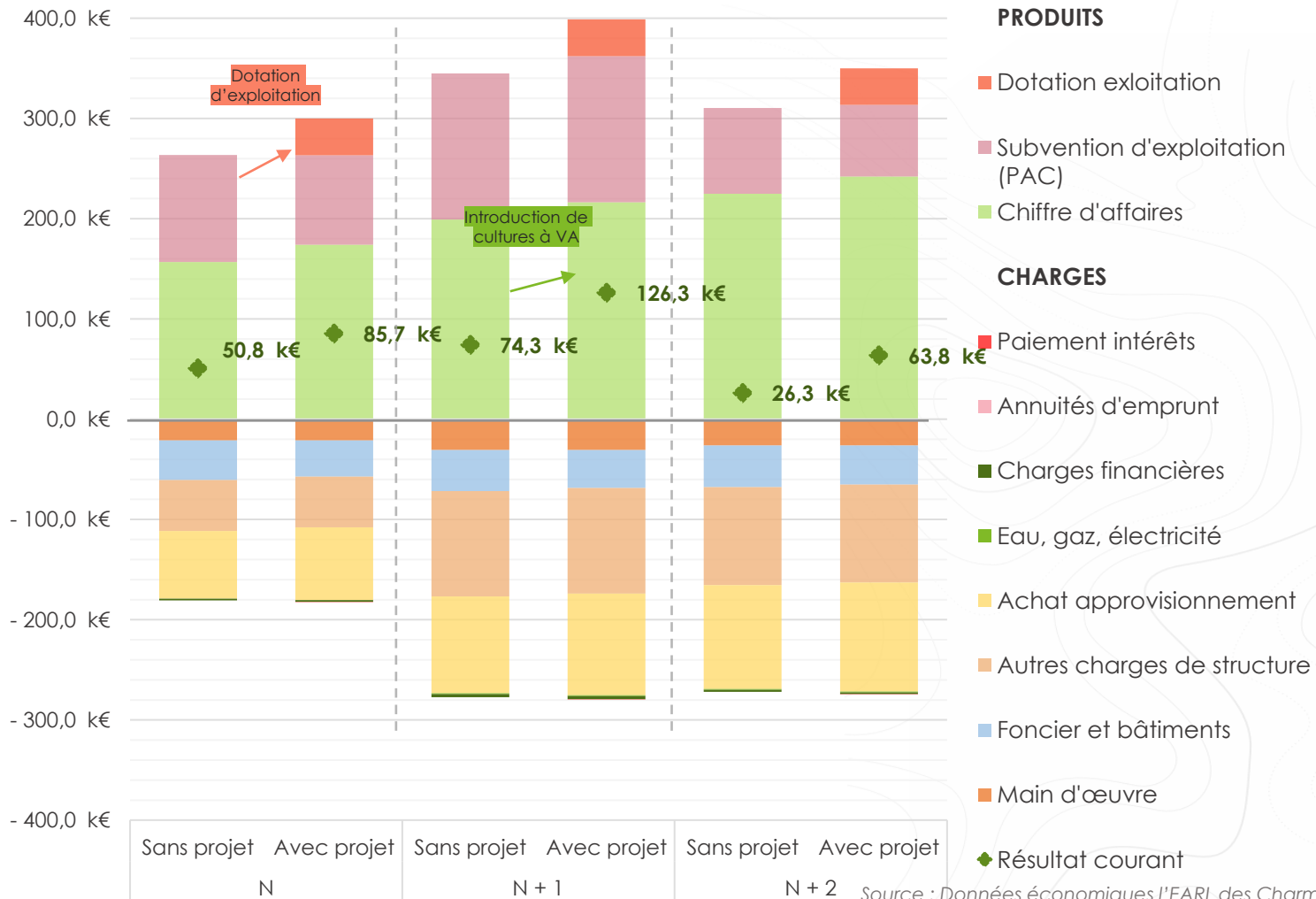
L'année N+10 est la plus représentative puisque **les activités fruitières et truffières** seront productives.



Les détails de ces évaluations sont présentées dans les diapositives suivantes

Evaluation de l'impact du projet sur le **résultat courant** de l'exploitation de M. Vallet

Evolution du résultat courant de l'exploitation de M. Vallet avec le projet agrivoltaïque



Source : Données économiques l'EARL des Charmes transmis par M. Vallet

Le modèle économique de **l'exploitation de M. Vallet** est amélioré via :

- **Une augmentation des rendements des cultures** grâce aux travaux d'augmentation de la profondeur du sol sur une partie des parcelles, la mise en place d'un système d'irrigation de précision, la baisse des besoins en ressource hydrique avec la présence de panneaux ;
- **L'introduction de cultures à valeur ajoutée** sur les parcelles initialement peu profondes (pomme de terre, betterave) ;
- La **dotation d'exploitation** (1300€/ha) permettant de sécuriser les ressources financières de l'exploitation ;
- La baisse des charges locatives avec **l'absence du fermage sur le projet**.

Evaluation de l'impact du projet sur le **résultat courant** de l'exploitation de M. Gublin

Evolution du résultat courant de l'exploitation de M. Gublin avec le projet agrivoltaïque



Le modèle économique de l'**exploitation de M. Gublin** est amélioré via :

- **L'introduction d'arbres fruitiers et de truffiers** à la place des grandes cultures ;
- La prise en charge des **investissements agricoles** par le projet qui permettent la **diminution des annuités d'emprunts** ;
- La **dotation d'exploitation** (1 300€/ha) permettant de sécuriser les ressources financières de l'exploitation ;
- La baisse des charges locatives avec **l'absence du fermage sur le projet**.

Source : Données économiques de la SCEA de la Houlette transmis par M.Gublin

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

Situation avec projet :

- Exploitation de M. Vallet (27,9 ha) : OTEX Grandes cultures
- Exploitation de M. Mouy (36,6 ha) : OTEX Grandes cultures
- Exploitation de M. Gublin (6,2 ha) : OTEX Cultures fruitières ou autres cultures permanentes

AVEC PROJET



Filière amont : Production agricole sur site
119 554 € / an



Filière aval : Première transformation + commercialisation
80 101 € / an



Economie agricole totale potentiellement générée par la production du site
199 655 € / 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
Produit Brut Cultures fruitières / SAU Source : DRAAF Grand est		9028.25 € / ha (2010)	6569.41 € / ha (2020)	7798.83 € / 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 : Exploitation de M. Vallet et M. Mouy	27,9 + 36,6 ha → 91,2% du projet	90,5%	+ 21 % → 30,6 ha (16 m) + 1 % → 31,4 ha (14 m) Moyenne de 11%
OTEX Cultures fruitières et autres cultures permanentes : Exploitation de M. Gublin	6,2 ha → 8,8 % du projet	90,5%	- 50% (densité de plantation/2)
Total	70,7 ha		

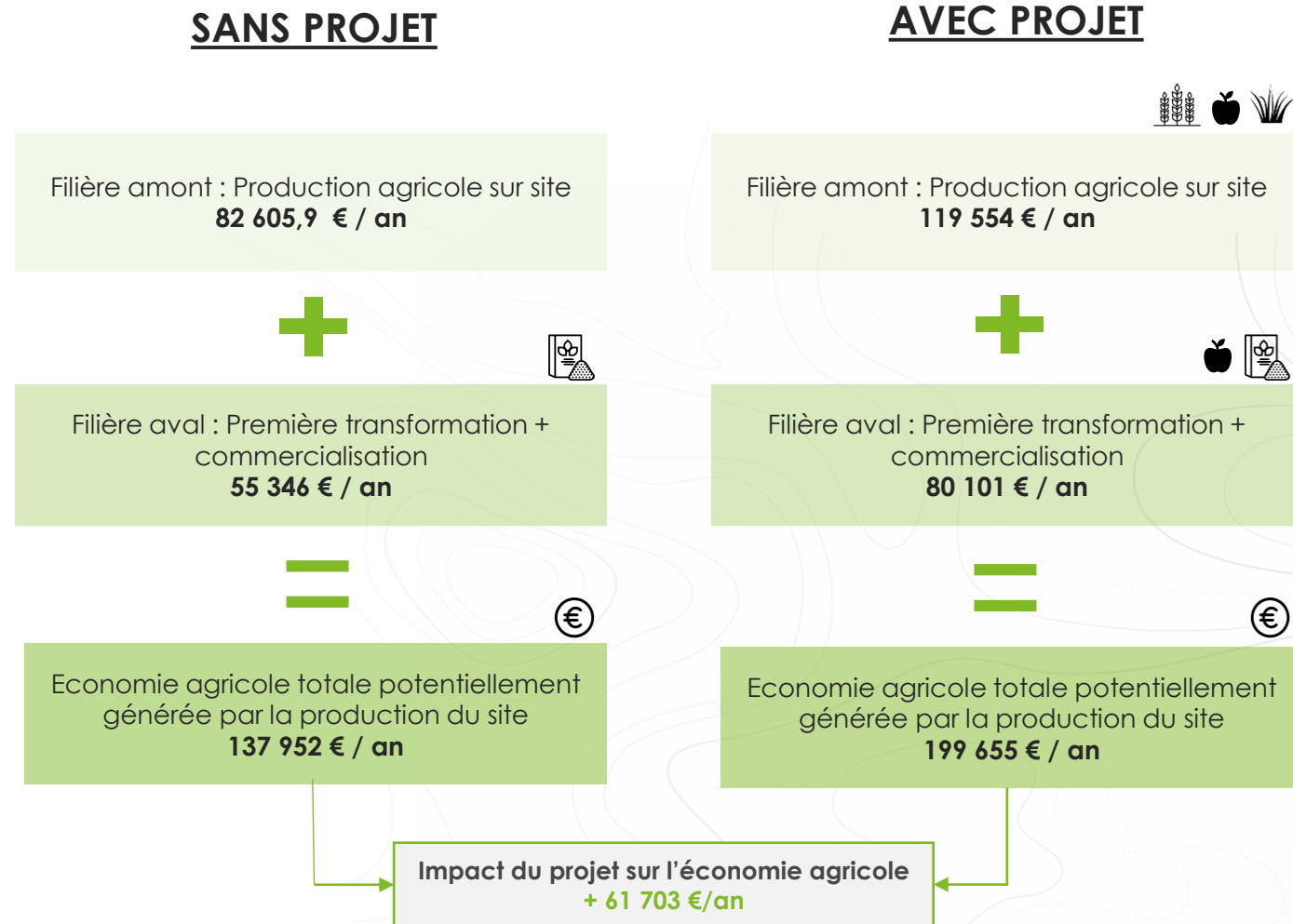
Produit Brut Agricole moyen sur le site = $(1168.40 \times 91,2\% \times 90,5\% \times 111\%) + (7798.83 \times 8,8\% \times 90,5\% - 50\%) = 1\ 691\ \text{€ / ha / an}$

Produit Brut Agricole moyen annuel sur le site d'étude = $1\ 691 \times 70,7 = 119\ 554\ \text{€ / an}$

Filière avale (première transformation et commercialisation) : $119\ 554 \times 0,67 = 80\ 101\ \text{€ / an}$

Total de l'économie générée par la production du site : Filière Amont + Filière Aval = **199 655 € / an**

Calcul d'impact



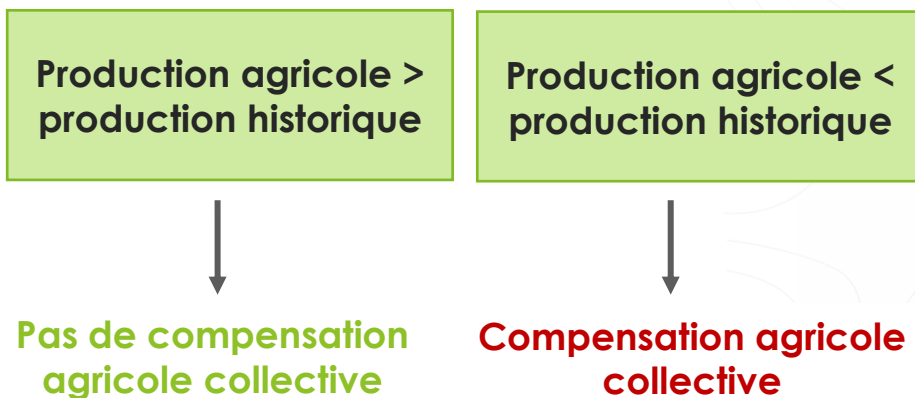
L'économie agricole totale potentiellement générée avec le projet est 1,45 fois supérieure à l'économie agricole sans projet. Le projet ne doit donc **pas mettre en place de compensation agricole collective** si les mesures de réduction sont effectivement réalisées.

Propositions afin de s'assurer du maintien de l'activité agricole (1/2)

1. Contractualisation :

- **Commodat long-terme** (durée du bail emphytéotique – 30 ans) qui repose sur un maintien de l'activité agricole ;
- **Convention d'exploitation** signée par Agriterra, Akuo et les exploitants dans laquelle sont inscrits les engagements d'Akuo :
 - Objectifs de production agricole supérieure ou égale en valeur à la production initiale ;
 - Réversibilité des structures ;
 - Compensation PAC ;
 - Suivi technique agricole par un organisme indépendant.

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



2. Comité de pilotage

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

Montant **maximal** de la compensation si les mesures de réduction n'ont pas les retombées attendues :

$$\frac{137\,952}{8,91} \times 10 \text{ ans} = 2\,190 \text{ €/ha}$$

Soit **154 828 €** sur 70,7 ha de cultures.

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)

$$\left(\frac{\text{Pertes économiques avec le projet}}{\text{Ratio Produit Brut / Investissement}} \right) \times 10 \text{ ans} \quad \longrightarrow \quad \left(\frac{137\,952}{8,91} \right) \times 10 = 154\,828 \text{ € soit } \mathbf{2\,190 \text{ € / ha}}$$

Un euro investi dans la compensation collective rapporte + 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



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

Annexe 2 : Analyses de sol (Exploitation de M. Vallet – 2011 – Parcelle Pierre de Bars)

Confidentiel



CHARMES
FERME DES CHARMES
16000 - 09500
LOULOU P7
N° CHARMES : 186-1927
03 44 57 27 170 - 03 44 57 27 171 - 03 44 57 27 172

DIPLÔME I.R.E.
SOUFFLET AGRICULTURE
RÉMY FRANÇOIS
10000 - 09500
TECHNIQUE RÉMY FRANÇOIS
03 44 57 27 170 - 03 44 57 27 171 - 03 44 57 27 172

PARCELLE : LOULOU P7
PRÉLÈVEMENT N° d'échantillon : 1894327
Date : 15/04/2011
Culteur : R. ASTIER
Cultures : CEREAL
Cultures : CEREAL
Cultures : CEREAL

RÉSULTATS DE VOTRE ANALYSE

CAPACITÉ D'ÉCHANGE EN CATIONS (CEC)
Type de sol : Argile
Résultat CEC : 18.3 meq/100g

EQUILIBRE CHIMIQUE DU SOL
SOLUTION DU SOL
COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE
SATURATION CATIONS : H⁺ 3, Ca⁺⁺ 81,0, K⁺ 4,2, Mg⁺⁺ 9,6, Na⁺ 0,3

BILAN ACIDE BASE
pH eau : 8.1
pH KCl : 22.4
CaCO₃ TOTAL : 13094
CaO : 4850
% MO : 4.2
C/N : 9.0

ÉLÉMENTS NUTRITIFS
P₂O₅ : 41
K₂O : 363
MgO : 204
Zn : 1.4
Mn : 6.5
Cu : 2.2
Fe : 12.6

MOYENNE SUR LA ROTATION
PHOSPHORE P₂O₅
POTASSE K₂O
MAGNÉSIE MgO
CALCIUM CaO

PLAN DE FERTILISATION PRÉVISIONNEL

CONSEIL DE FUMURE
EXCESSIF
TRÈS ÉLEVÉ
ÉLEVÉ
SATISFAISANT
UN PEU FAIBLE
FAIBLE
TRÈS FAIBLE

CONSEIL DE FUMURE
EXCESSIF
TRÈS ÉLEVÉ
ÉLEVÉ
SATISFAISANT
UN PEU FAIBLE
FAIBLE
TRÈS FAIBLE

CONSEIL DE FUMURE
EXCESSIF
TRÈS ÉLEVÉ
ÉLEVÉ
SATISFAISANT
UN PEU FAIBLE
FAIBLE
TRÈS FAIBLE

Annexe 2 : Analyses de sol (Exploitation de M. Vallet – 2016 – Parcelle Pierre de Bars)

Confidentiel



CLIENT
EARL DES CHARMES
 Ferme des charmes
 10500 BRIENNE LA VIEILLE

Intermédiaire CA de l'Aube / 1759

Laboratoire d'analyse, d'étude et de conseil en biologie des sols et valorisation des produits organiques

Diagnostic agronomique - Physico-chimie et biologie du sol - Votre parcelle: P7 ECHANTILLON 4

ECHANTILLON
 N° de laboratoire: 1615-026
 Date de réception: 12/04/2016
 Commune: 10500 BRIENNE LA VIEILLE

RENSEIGNEMENTS
 Profondeur de prélèvement: 0-20 cm
 Culture: Grande Culture
 Charge en cailloux: 5 %
 Masse de terre fine par lit (T/lit): 2850
 Densité apparente (T/m³): 1,5

Fraction Granulométrique en % de terre

Argiles	26,6
Limons	31,2
Sables	28,2

Textars: limon argilo-sableux (LAS)

Analyses physico-chimiques

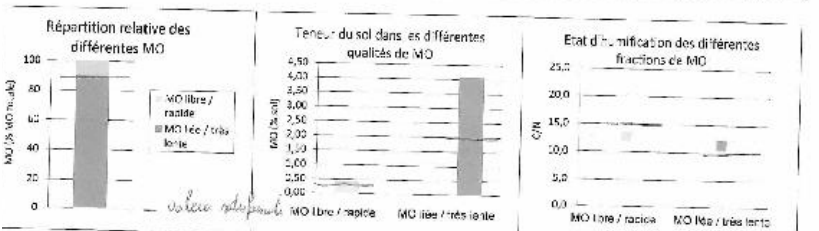
Matières organiques (%)	4,5
Carbone (g/kg)	26,2
Azote (g/kg)	2,293
C/N	11,4
pH eau	8,3
pH KCl	7,7
Catène total (g/kg)	385,0
Catène actif (g/kg)	8,0
CAC (Cation-échange)	13
Fe-17C	1 mg/dL
Rapport IPC	

Analyses minérales

Azote total (Kj/dhal)	2,293	1,100	1,500
Ammoniac phosphorique (g/kg)	0,253	0,250	0,300
Phosphore assimilable (g/kg)	2,672	2,500	2,500
Oxyde de Potassium-K2O (g/kg)	0,422	0,164	0,332
Oxyde de Magnésium-MgO (g/kg)	0,209	0,099	0,175
Oxyde de Calcium-CaO (g/kg)	13,800	2,15	2,32
Oxyde de Sodium-NaO (g/kg)	0,011	0,001	0,100
Rapport K2O/MgO	2,27	1,32	1,56

CARACTÉRISATION DES MATIÈRES ORGANIQUES DU SOL

Matière organique	Granulométrie %	Carbone		MO (g)	C/N	Azote		C/N
		mg/g fraction	mg/g sol			mg/g fraction	mg/g sol	
MO libre / rapide	28,2	11,3	2,6	30	0,45	0,883	0,207	9,0
MO liée / très lente	76,8	32,7	23,6	50	4,06	2,728	2,086	51,0
MO totale	100	75,2	26,2	80	4,51	2,293	2,293	11,4



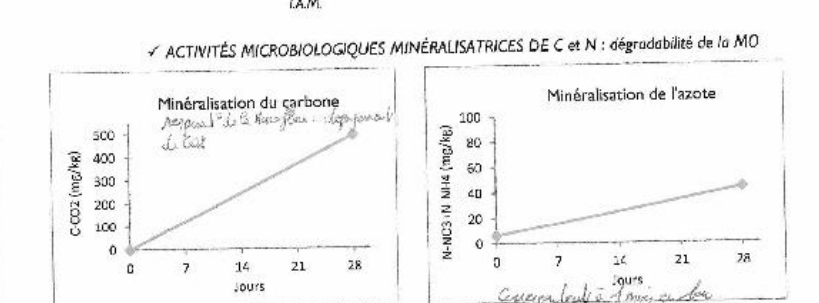
COMPARTIMENT VIVANT: BIOMASSE MICROBIENNE

Biomasse microbienne (mg C/kg de terre sèche)	28,2	380	2,2	248	192	162	78	23
---	------	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

COMPARTIMENT VIVANT: ACTIVITÉS MICROBIENNES

✓ **INDICE D'ACTIVITÉS MICROBIENNES (IAM)**

IAM: ND



BILAN DES ÉLÉMENTS MINÉRALISÉS

CARBONE				AZOTE - non solubilisé		
Teneur (g/kg)	C minéralisé (mg/kg/28j)	différence (mg/kg/28j)	C/N	N total (g/kg)	N minéralisé (mg/kg/28j)	différence (mg/kg/28j)
26,2	488,4	1,9	30,1	3,3	37,9	1,7
très fort	fort	faible			rataissant un peu fort	rataissant un peu faible



Annexe 2 : Analyses de sol (Exploitation de M. Vallet – 2016 – Parcelle Pierre de Bars)

Confidentiel

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE

Sol limon argilo-sableux (I.A.S.) à pH basique, aptitude moyenne à la fissuration, très grand risque d'asphyxie, faible stabilité structurale.

CARACTÉRISATION DES MATIÈRES ORGANIQUES

o MO totale :

Les caractéristiques initiales de votre sol ainsi que votre itinéraire technique ont permis la constitution d'un stock de matière organique très important. La teneur de 4,51% représente environ 128,5 tonnes par hectare sur une profondeur de 20 cm.

o MO libres : réserves à moyen terme

La teneur en matières organiques libres (matières organiques les plus facilement consommées) est de 0,45%. Cette valeur est satisfaisante : ces matières organiques libres sont le principal apport d'énergie pour la vie du sol et elles sont ici en quantité suffisante.

Le rapport C/N de la MO libre est de 12,7. Il caractérise une MO correctement évoluée, encore jeune, énergétique pour la faune et la microflore du sol.

o MO liées : réserves à long terme

La teneur en matières organiques liées (matières organiques les plus stables dans le temps) est de 4,06%. Cette valeur est très forte : ces matières organiques, lorsqu'elles sont minéralisées (consommées) par la biomasse du sol, représentent un stock très important d'éléments nutritifs pour les cultures. Elles participent également au maintien d'une bonne stabilité structurale en se liant aux argiles (complexe argilo-humique) et augmentent significativement la résistance aux stress environnementaux (sécheresse, inondations...)

Le rapport C/N de la MO liée est de 11,3. Cette valeur est élevée et caractérise des humus pas complètement évolués et stabilisés, pas complètement fonctionnels. Ils doivent encore évoluer sous l'action de l'activité biologique du sol. Leur évolution nécessitera une mobilisation des réserves azotées du sol.

o Équilibre des compartiments libre et lié (équilibre des réserves entre court et long terme) :

Les compartiments organiques de votre sol sont déséquilibrés : les réserves organiques sur le long terme sont très fortes en comparaison avec les réserves à plus court terme (90% contre 10% du carbone total). Cela peut venir de restitutions organiques trop faibles par rapport aux exportations, ou d'une consommation trop rapide des matières organiques fraîches (sol très travaillé par exemple).

COMPARTIMENT VIVANT: BIOMASSE MICROBIENNE

o Taille du compartiment microbien :

Votre sol est très vivant : le compartiment microbien (compartiment vivant majoritaire du sol) est très développé et représente 580mg de carbone par kg de sol sec, soit environ 1652kg par ha pour votre parcelle (pour une profondeur de 20 cm.). La biomasse microbienne est constituée de nombreux éléments (N,P,S...). Cette biomasse se renouvelle rapidement dans le sol rendant ainsi les éléments qu'elle contient potentiellement disponible pour les plantes. La très grande quantité de micro-organismes de votre sol assure donc un stock tampon conséquent en éléments nutritifs. Elle participe également à de nombreuses propriétés agronomiques indispensables aux cultures : porosité (drainage, enracinement), stabilité structurale (anti-érosion). La valeur de biomasse très élevée peut provenir d'apports ou de restitutions organiques récents qui stimulent les organismes du sol en les nourrissant.

o Proportion par rapport au stock de MO :

La biomasse microbienne représente une proportion satisfaisante de la matière organique totale (2,2%). L'environnement sol (exemples : structure, porosité...) et la qualité des restitutions organiques sont favorables au développement de la vie microbienne.

COMPARTIMENT VIVANT: ACTIVITÉS MICROBIENNES

o MO potentiellement minéralisable :

La MO potentiellement minéralisable est la MO qui sera très rapidement consommée par les micro-organismes (sous réserve que de bonnes conditions de température, d'humidité et d'oxygénation soient réunies) : ces derniers utilisent le carbone organique comme source d'énergie pour leur croissance et leur développement. Pour votre sol la quantité de carbone minéralisé à 28 jours est forte (489mg de carbone par kg de sol sec), elle est suffisante pour nourrir et développer la biomasse microbienne et la faune du sol. En revanche, rapportée à la matière organique totale, la quantité de matière organique rapidement utilisable par la biomasse est faible (indice de minéralisation du carbone = 1,87%). On dit que l'activité de la matière organique est faible. L'apport énergétique à la biomasse est donc assuré uniquement grâce à la quantité de la matière organique. Cette faible activité peut s'expliquer par des matières organiques trop stables.

o Azote potentiellement minéralisable :

L'azote minéralisé en 28 jours en laboratoire en conditions contrôlées (température, humidité) modélise la quantité d'azote minéral potentiellement disponible pour les plantes dans une situation de terrain d'environ 4 mois. Pour votre sol cette quantité est satisfaisante (38mg d'azote par kg de sol sec). De plus, rapportée à l'azote total, cette quantité d'azote rapidement utilisable par les plantes est satisfaisante (indice de minéralisation de l'azote = 1,7%). On dit que l'activité de l'azote de la matière organique est correcte. La mise à disposition d'azote minéral pour le culture est donc assurée par la quantité de matière organique, mais aussi par sa qualité (activité). La nitrification fonctionne correctement et aboutit très majoritairement à la synthèse de nitrate.

Par extrapolation sur 6 mois, l'activité biologique du sol peut générer environ 162 unités d'azote par hectare.

Annexe 2 : Analyses de sol (Exploitation de M. Vallet – 2011 – Parcelle Sur le Canal)

Confidentiel



ANALYSE REALISEE PAR:
CHARMES
 FERME DES CHARMES
 10500 BOUJ
 PARCELLE: **GONTHIER P6 (5 ha)**
 N° D'ÉCHANTILLON: 1694328
 COEF. P: 77.2 / P: 200 / K: 107.5 / N: 27.960 / 107

DISTRIBUTEUR:
SOUFFLET AGRICULTURE
 EP16 QUAI DU GAL SAURAIL
 10412 NOGET SUR SEINE CEDEX
 TECHNIQUE: R. M y FRANCOIS
 DATE: **NOGENT MIRALAIN CANARD**
 CODE: 2317A.S.7.239828K.107/9/06

PARCELLE : GONTHIER P6

PRÉLÈVEMENT N° d'échantillon : 1694328
 PRÉLÈVE: **Robt ASLIER** DATE: **F43238"** 15/04/2011
 POINT DE VUE: **CENLLE** LATITUDE: **N48°39'21.8"** Longitude: **28°04'20.11"**
 ALTITUDE: **146.000 m** DATE DE LA PHOTO: **13/04/2011** PAYS: **FRANCE**

HISTORIQUE DE FERTILISATION

CULTURE	Rdt	Rés	P2O5	K2O	Apport Minéral	Apport Organique
Précédent	75	Critique	NOK	NOK	NOK	NOK
Antécédent	70	Efficace	NOK	NOK	NOK	NOK

Nombre d'années sans apport P: 2 Nombre d'années sans apport K: 2

AGREMENT: **AGRICULTURE**
 ANALYSE REALISEE PAR: **AGRO-SYSTEMES**
 LE LABORATOIRE SAS, agréé par le Ministère de l'Agriculture

Interprétation et conseils de fumure

Les conseils de fumure PK sont exprimés par 2 valeurs:
 - la plus basse correspond à la plus faible dose en gr/g COE FER, dans l'hypothèse de trajectoire à la fois source par une baisse des teneurs.
 - la plus élevée correspond à une dose d'entretien à maintenir les teneurs en sol bien pourvu et éviter la baisse des teneurs en sol riche.

RÉSULTATS DE VOTRE ANALYSE

CAPACITE D'ECHANGE EN CATIONS (CEC)

Graphique: CEC (meq/100g) vs Type de sol. Type de sol: **Orste**, **Argilo calcare**. Résultat CEC: **9.3 meq/100g**.

EQUILIBRE CHIMIQUE DU SOL

COMPLEXE ARGILLO-HUMIQUE

THAUDESATURATION > 100 %

SATURATION CATIONS	H+	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Pourcentage
ACTUELLE	0	>100	3.1	0.8	0.2	>100
OPTIMALE	0.4	32.8	1.5	1.5	<0.5	

TYPE DE SOL : ARGILO CALCAIRE TRÈS SUPERFICIEL
 Terre (hor. 28/01/19) - (hor. 28/01/19) - (hor. 28/01/19)

BILAN ACIDE BASE

MO

ELEMENTS NUTRITIFS

Graphiques: Bar charts for pH eau (6.2), pH KCl (79.6), CaCO3 TOTAL (11403), CaO (2445), % MO (3), C/N (10.5), P2O5 (42), K2O (138), MgO (126), Zn (1.9), Mn (9), Cu (2.3), Fe (10.5), B (0.18).

Saut d'acides (*) : 70/60, 100/100, 125.

Seuil d'urgence PK pour culture d'urgence élevée: 100/100.

CARBONE C = 2.21% **AZOTE** N = 0.21%

POUVOIR FIXATEUR

PO2O	CO2MgO	CO2MgO	CO2NO	P2O5/Zn
FABLE	1.1	0.8	0.8	2.2
MOYEN	80.5	28.8	0.4	21.4
ELEVÉ				

RATIOS D'EQUILIBRE

RATIO	RÉSULTAT	NORME
CO2MgO	1.1	0.8
CO2MgO	80.5	28.8
CO2NO	0.81	0.4
P2O5/Zn	2.2	21.4

BILAN HUMIQUE
 BILAN HUMIQUE: **BH +230 ± 200**

PLAN DE FERTILISATION PRÉVISIONNEL

Unités/ha	PHOSPHORE P2O5	POTASSE K2O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	GUIDE D'APPORT des éléments	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
EXIGENCE CULTURE					TRES ELEVE						
REGIME DE FERTILISATION					MOYEN						
Coefficient multiplicateur					EQUILIBRE						
CONSEIL DE FUMURE					INSUFFISANT						
					ASURVEILLER						
MOYENNE SUR LA ROTATION											
(unités/ha)	PHOSPHORE P2O5	POTASSE K2O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	Le Coefficient Multiplicateur des Exportations (CME) est calculé en divisant le résultat du sol par le contenu d'éléments dans l'apport PK de référence de référence.						
STRATÉGIE DE FERTILISATION	Les régimes de fertilisation découlent du Coefficient Multiplicateur des Exportations (CME) calculé en divisant le résultat du sol par le contenu d'éléments dans l'apport PK de référence de référence. Les valeurs PK sont indiquées dans les recommandations de référence pour les différentes cultures. Les recommandations de référence sont indiquées dans le document "Les recommandations de référence pour les différentes cultures".										
SOMME DES EXPORTATIONS (t)											
COEF MULTIPLICATEUR MOYEN (%)											
CONSEILS DE FUMURE (t) (t)											
RENFORCEMENT (%) (t) DESTOCKAGE (%)											
CONSEIL MOYEN ANNUEL											



Annexe 2 : Analyses de sol (Exploitation de M. Vallet – 2011 – Parcelle Sur le Canal)



ANALYSE REALISEE POUR :
CHARMES
 FERME DES CHARMES
 70500 BOUSSY
 PARCELLE : **GONTHIER P6 (5 ha)**
 N° D'ECHANTILLON : 1894328
 COORDONNEES X Y Z (PROJ) : 469733 739037 86081157

DISTRIBUTEUR :
SOUFFLET AGRICULTURE
 EPIC QUAI DU GAL SAUVAIRE
 10412 NOGENT SUR SEINE CEDEX
 TELEPHONE : 03 20 31 51 11
 FAX : 03 20 31 51 12
 COORDONNEES X Y Z (PROJ) : 469733 739037 86081157

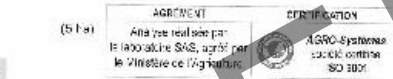
PARCELLE : **GONTHIER P6**

PRÉLÈVEMENT N° d'échantillon : **1894328**

PRELEVÉ PAR : **ASPIER** DATE : **15/04/2011**
 PRELEVÉ PAR : **GENIE** DATE : **28/04/2011**
 PRELEVÉ PAR : **GENIE** DATE : **13/04/2011**

HISTORIQUE DE FERTILISATION

CULTURE	Rdt	Rds	Apport Minéral		Apport Organique
			P	K	
Précédent	75	Critique	NON	NON	NON
Antécédent	70	Extrême	NON	NON	NON
Nombre d'années sans apport P :		Nombre d'années sans apport K :			
2		2			



Interprétation et conseils de fumure

Les conseils de fumure PK sont exprimés par 2 valeurs

- la plus basse correspond à la dose de culture en grille COM FER, dans l'hypothèse de travail à l'extremité des rendements pour une baisse des rendements.
- la plus élevée correspond à une dose d'entretien, à savoir à maintenir les rendements du sol bien pourvu et éviter la baisse des rendements du sol.

RÉSULTATS DE VOTRE ANALYSE

CAPACITÉ D'ÉCHANGE EN CATIONS (CEC)

Résultat CEC : **9.3 meq/100g**

TYPE DE SOL : ARGILO CALCAIRE TRÈS SUPERFICIEL
 (terre fine < 2µm > 10% - un peu (10%))

EQUILIBRE CHIMIQUE DU SOL

SOLUTION DU SOL

COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE

SATURATION CATIONS

	H ⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	total
ACTUELLE	0	>100	3.1	0.8	0.2	>100
OPTIMALE	0.4	92.8	1.6	1.8	<0.5	

CEC = valeur dimensionnelle, Résultat de l'analyse, conditionnement de l'analyse en absorbance d'ions.

BILAN ACIDE BASE

MO

ELEMENTS NUTRITIFS

EXCESSIF
TRÈS ÉLEVÉ
ELEVÉ
SATISFAISANT
UN PEU FAIBLE
FAIBLE
TRÈS FAIBLE

	42	138	126	1.9	9	2.3	10.5	0.18
P ₂ O ₅	20/50	60/70	65	2.8	13	1.5	10.1	0.5

Sauit d'urgence (*) : 70/60 100/100 125

Résultat C/N : 10.5, valeur recommandée de 10.0

(*) le seuil minimum et le seuil d'urgence P et K sont exprimés en tonnes/ha ; la valeur la plus correspond à la culture d'urgence (valeur et la valeur haute aux cultures d'urgence de 2 ans).

CARBONE AZOTE

C = **2.21%** N = **0.21%**

POUVOIR FIXATEUR

RATIOS D'EQUILIBRE


	RATIO	RÉSULTAT	NORME
Ca/Mg	1.1	0.8	NORMAL
Ca/Mn	90.5	28.8	TROP ÉLEVÉ
Ca/K	0.81	0.4	TROP ÉLEVÉ
P ₂ O ₅ /Zn	22	21.4	NON ALIGÉ

PLAN DE FERTILISATION PRÉVISIONNEL

Unités / ha	PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	GUIDE D'APPORT des éléments	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
EXCÈS DE CULTURE					TRÈS ÉLEVÉ						
RÉGIME DE FERTILISATION					MOYEN						
Coefficient multiplicateur											
CONSEIL DE FUMURE											
Unités / ha	PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	GUIDE D'APPORT des éléments	Zn	Mn	Cu <td>Fe <td>B <td>Mo</td> </td></td>	Fe <td>B <td>Mo</td> </td>	B <td>Mo</td>	Mo
EXCÈS DE CULTURE					TRÈS ÉLEVÉ						
RÉGIME DE FERTILISATION					MOYEN						
Coefficient multiplicateur											
CONSEIL DE FUMURE											
MOYENNE SUR LA ROTATION											
(unités / ha)	PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	Le Coefficient Multiplicateur des Exportations (CME) est calculé en fonction de la récolte qui sera obtenue sur 3 ans : 1. Production normale, 2. Production maximale, 3. Production minimale.						
STRATÉGIE DE FERTILISATION	Le régime de fertilisation dépend du coefficient multiplicateur des exportations (CME) calculé en moyenne sur 3 ans : 1. Production normale, 2. Production maximale, 3. Production minimale. Les valeurs P, K sont en tonnes/ha dans l'hypothèse de rendement maximal. Les valeurs N, P, K sont en tonnes/ha dans l'hypothèse de rendement maximal. Les valeurs N, P, K sont en tonnes/ha dans l'hypothèse de rendement maximal. Les valeurs N, P, K sont en tonnes/ha dans l'hypothèse de rendement maximal.										
SOMME DES EXPORTATIONS (t)											
COEF MULTIPLICATEUR MOYEN (CME)											
CONSEILS DE FUMURE (t/ha)											
RENFORCEMENT (%) DE STOCKAGE (C)											
CONSEIL MOYEN ANNUEL											

Annexe 2 : Analyses de sol (Exploitation de M. Gublin – 2010)

Confidentiel



Analyse de terre

ANALYSE REALISEE POUR :
SCEA DE LA HOULETTE
DOMAINE DE LA HOULETTE
10500 CRESPIY LE NEUF

ORGANISME INTERMEDIAIRE :
F.D.G.E.D.A. AUBE
2 BIS RUE JEANNE D'ARC
BP 4017
10014 TROYES CEDEX

TECHNICIEN : GDA BRIENNE
ZONE: NR

Prélevé le : 18/02/2010 Arrivée labo : 24/02/2010


PARCELLE : PIERRE DE BARS **LATITUDE :** **LONGITUDE :**

N° de Laboratoire : 1809129 **Conteneur :** BRIENNE LE CHATEAU

CEC ET EQUILIBRE CHIMIQUE

Résultats	Normes	Très faible	Faible	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
CEC (mg / 100g) Capacité d'échange cationique						
Taux de saturation (%)						
Ca / CEC (%)						
Na / CEC (%)						
CEC						
Mg / CEC (%)						

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



Argile
Limos fins
Limos grossiers
Sables fins
Sables grossiers
Indice de battance
Risque de battance

ANALYSE CHIMIQUE

8.2	7.8	3.1	
eau	pH	(%) Matière Organique	N TOTAL (%)

ELEMENTS MAJEURS

EXCESSIF	TRES ELEVE	ELEVE	SATISFAISANT	UN PEU FAIBLE	FAIBLE	TRES FAIBLE
		X	X		X	

OLIGO-ELEMENTS

PROSPERITE (Baux)	POTASSIUM	CALCIUM	MAGNESIUM	SODIUM	ZINC	MANGANESE	CUIVRE	FER	BOR
	X								

COMMENTAIRES / AUTRES ELEMENTS

CaCO3 : 51.2%

JH2906

Méthodes d'analyses : Analyse granulométrique après décarbonatation (X 31 107), CEC Méthode (NF X 31 130), Matière organique - méthode organique x 1.73 (NF ISO 14205), N TOTAL - méthode DUJARD (NF ISO 13078), pH eau - méthode mes., "méthode van der Meer" (NF ISO 10385), CaCO3 (NF ISO 10920), Calcium échangeable Ca^{ex} (NF X 31 131), Potassium - méthode à l'acétate d'ammonium (NF X 31 106), Phosphore - méthode à l'acide molybdique (NF X 31 105), Phosphore - méthode à l'acide molybdique (NF X 31 105), Phosphore - méthode à l'acide molybdique (NF X 31 105), Cu, Mn, Fe, et Zn - méthode à l'acide molybdique (NF X 31 105), Sulfate soluble à froid - méthode (NF X 31 132), Chlorure de Sodium - méthode (NF ISO 11546), SO₄ - méthode à l'acide molybdique, tous les résultats sont exprimés en mg/kg, sauf indication contraire.

SAS LABORATOIRE - 270 avenue de la gare de pié - BP 10035 - ARON - 49160 OLIVET - FR - 02 20 62 26 21 - Fax : 02 20 76 14 00

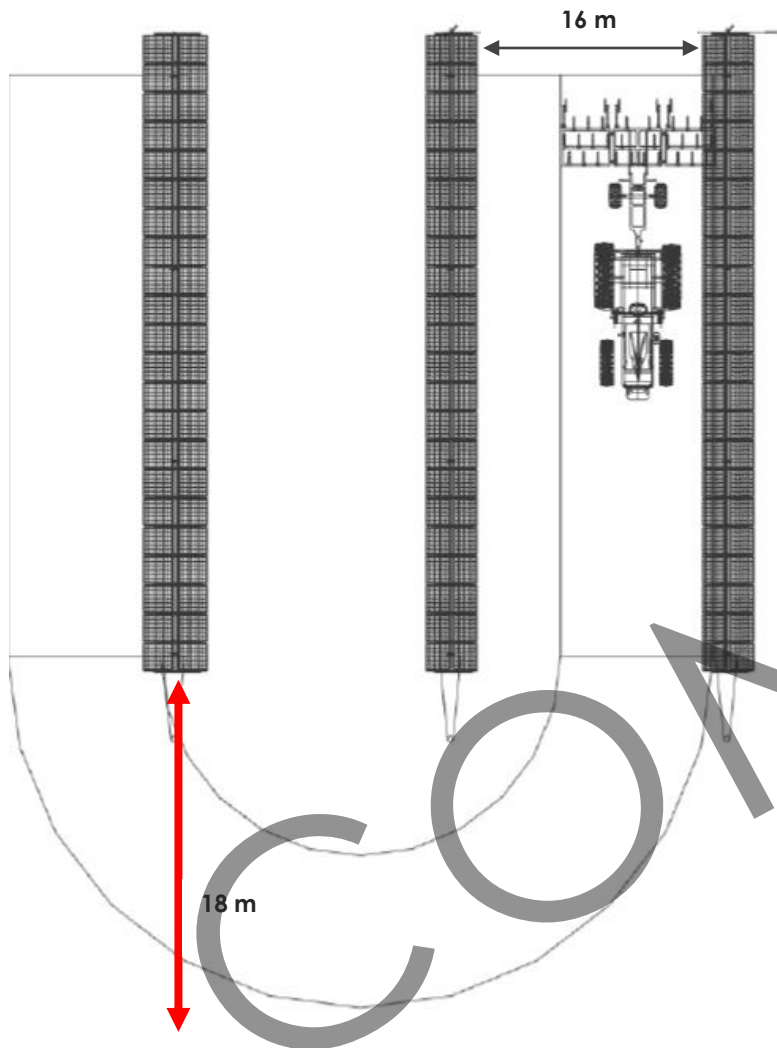
CONFIDENTIEL

Annexe 5 : Schéma mécanisation de Brienne-le-Château

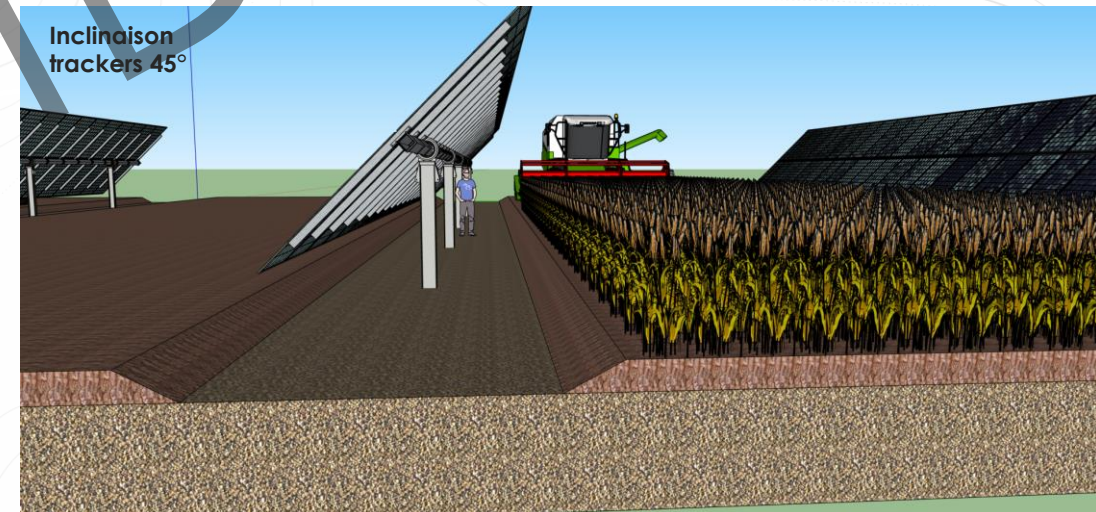
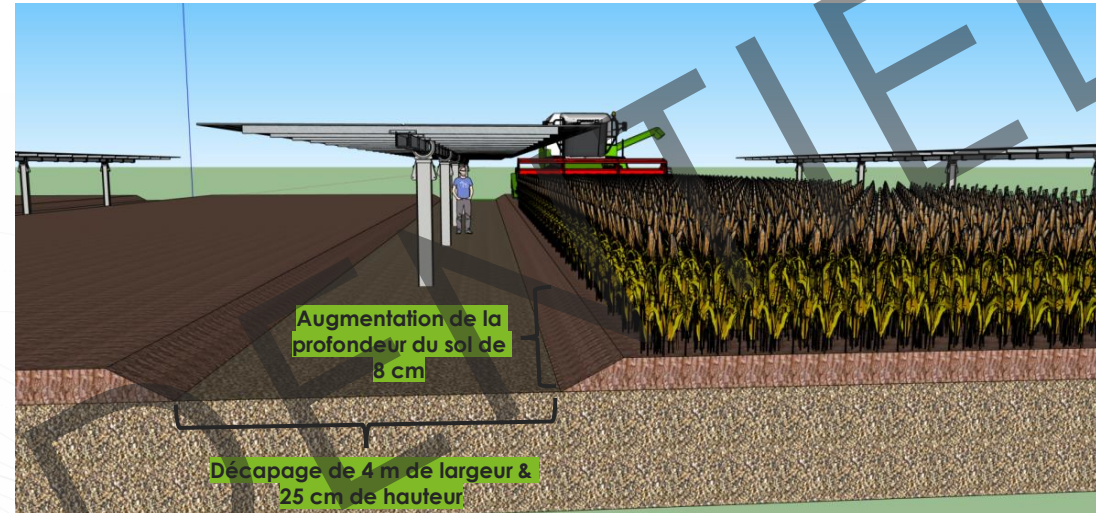
INTER RANG 16 m

Confidentiel

Schéma du bout de rang des parcelles



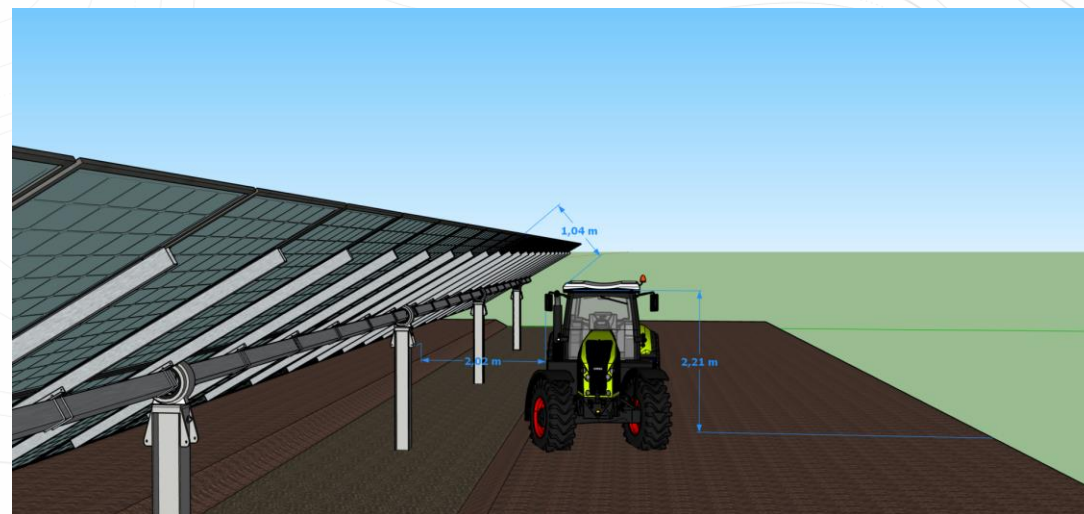
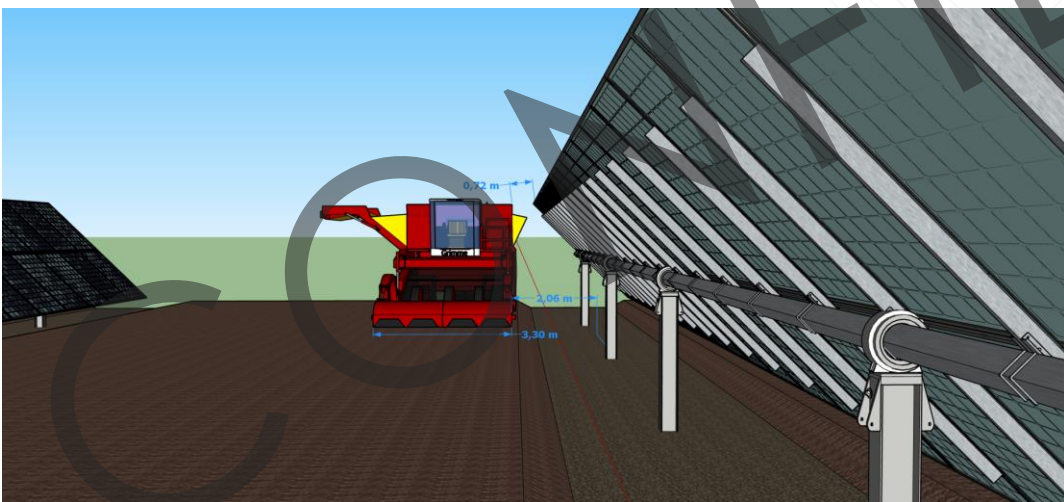
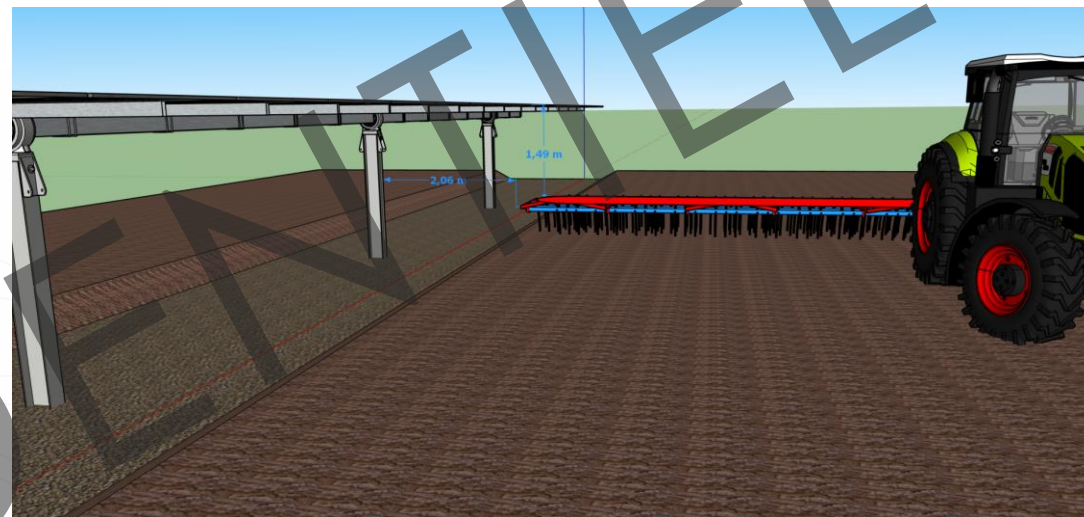
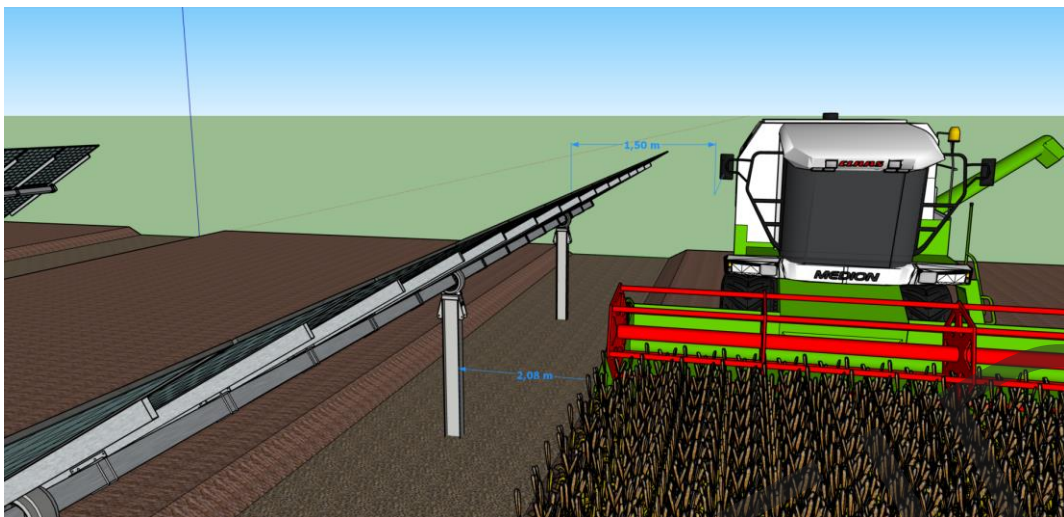
Modélisations des parcelles avec un inter rang de 16 m



Annexe 5 : Schéma mécanisation de Brienne-le-Château

Confidentiel

INTER RANG 16 m

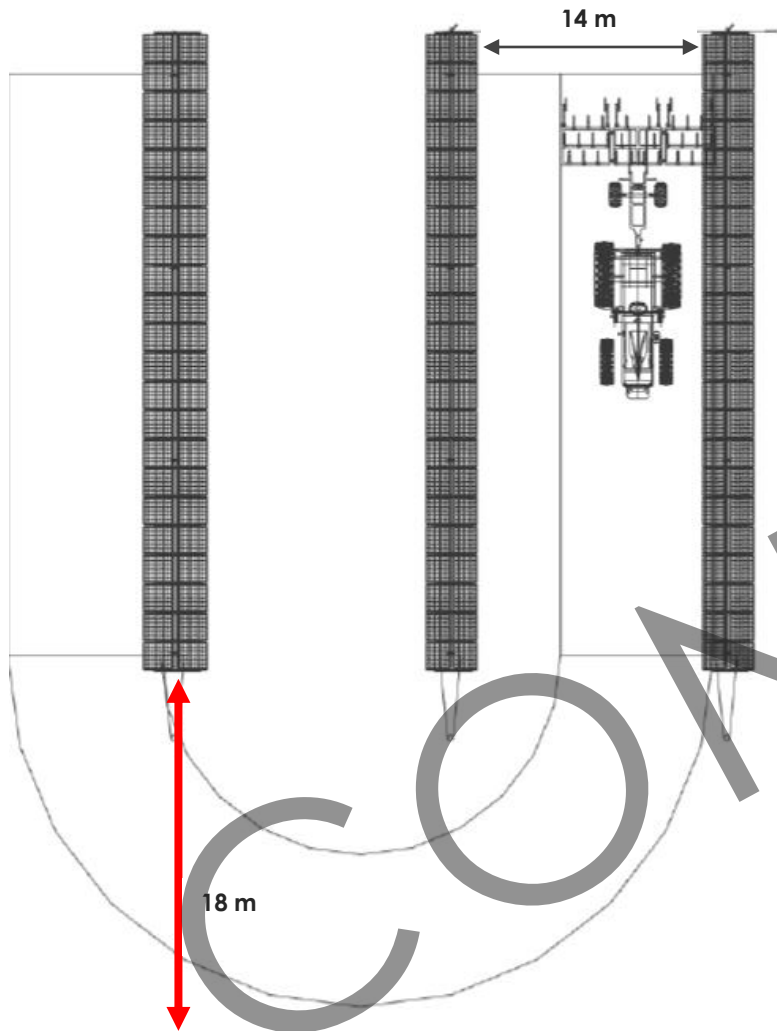
Modélisations de la mécanisation avec un inter rang de 16 m

Annexe 5 : Schéma mécanisation de Brienne-le-Château

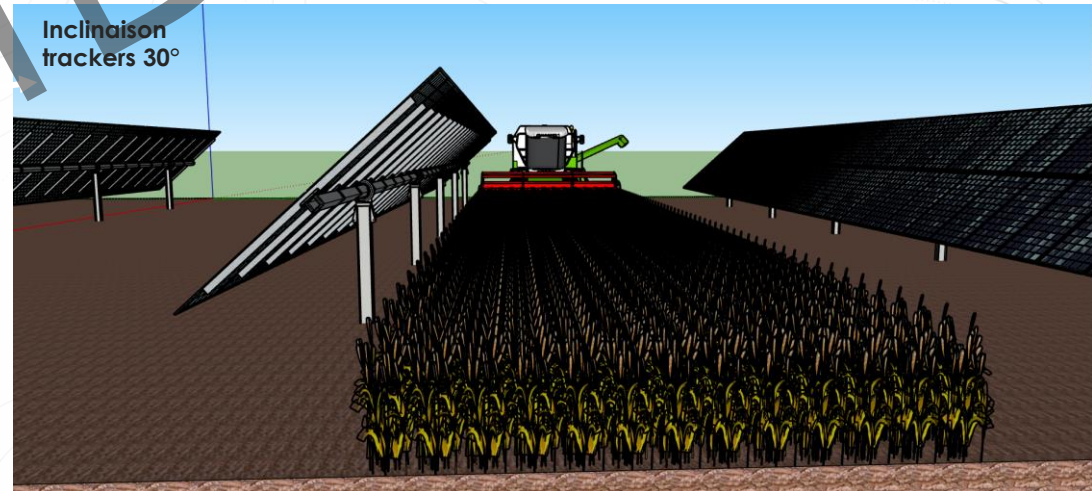
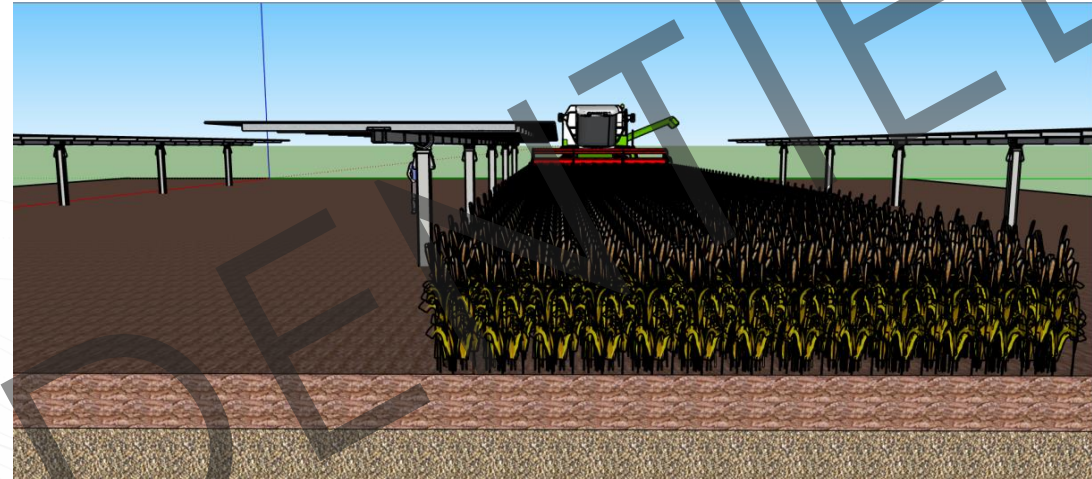
INTER RANG 14 m

Confidentiel

Schéma du bout de rang des parcelles



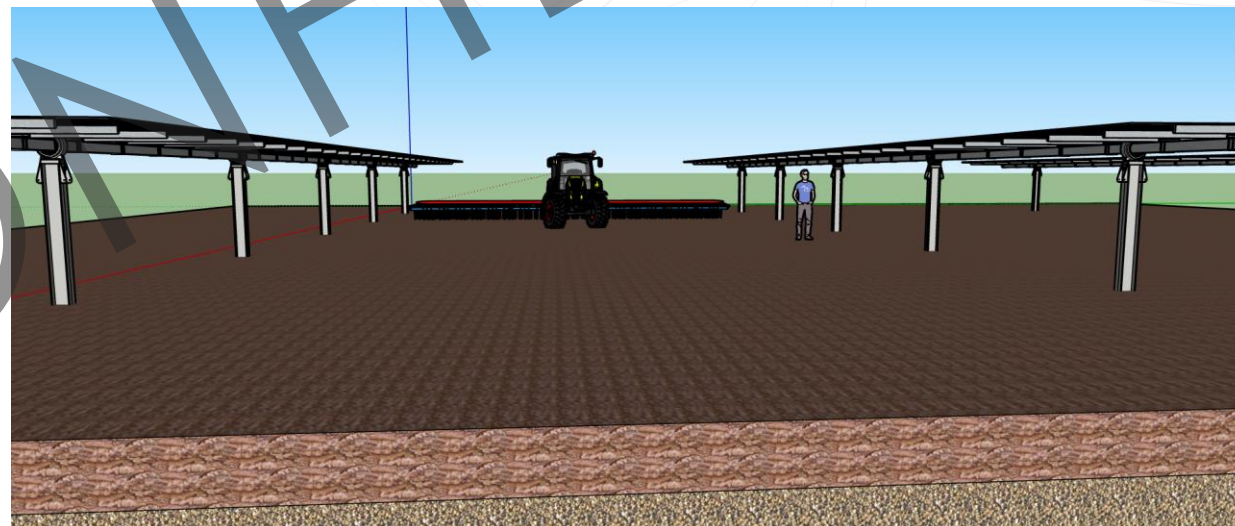
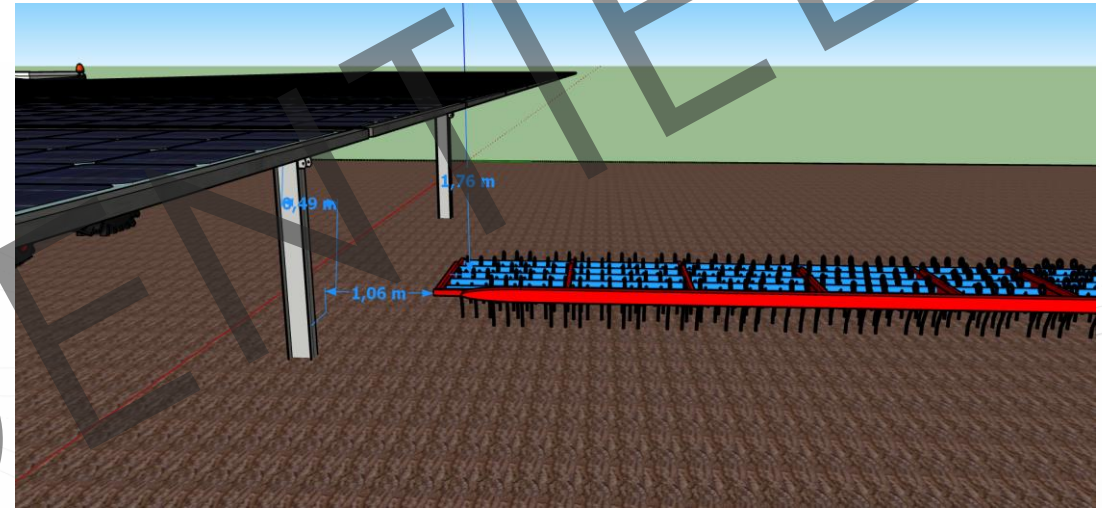
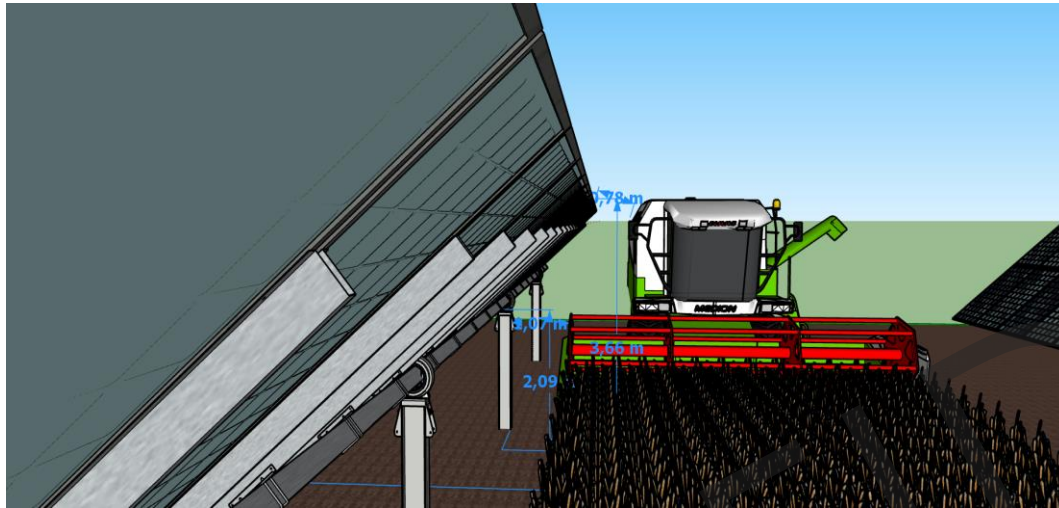
Modélisations des parcelles avec un inter rang de 14 m



Annexe 5 : Schéma mécanisation de Brienne-le-Château

INTER RANG 14 m

Confidentiel

Modélisations de la mécanisation avec un inter rang de 14 m

Annexe 6 : Recherche et suivi technique sur les sites Agrinergie® d'Akuo

DEUX SITES D'ÉTUDES EN FRANCE



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 :

- Phytoprotecteurs :
 - Traitements fongiques divisés par 4,5
 - Traitements insecticides divisés par 4
- Interventions nécessaires :
 - Baisse du Temps Homme de 2h
 - 0,41 T_{eq} 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)

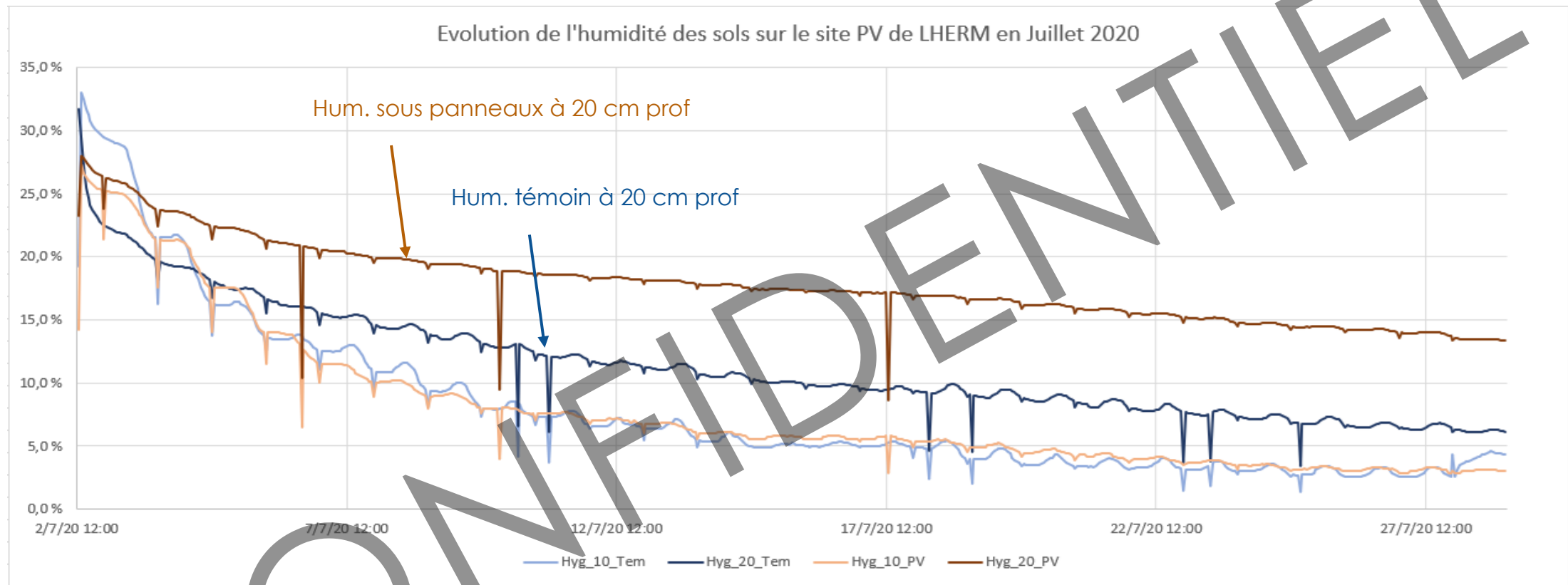
- Centrales de mesures installées sur le site de LHERM en Juillet 2020
- Station témoin sans obstacles
- Station sous panneaux
- Capteurs aériens : thermomètre, hygromètre, pluviomètre, anémomètre, pyranomètre,
- Capteurs enterrés : hygromètres et thermomètres (6 mesures tous les 10 cm)



Impact des panneaux sur la biomasse

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

Confidentiel



- 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)

Evolution de la température à LHERM lors d'une vague de chaleur



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 7 : 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)



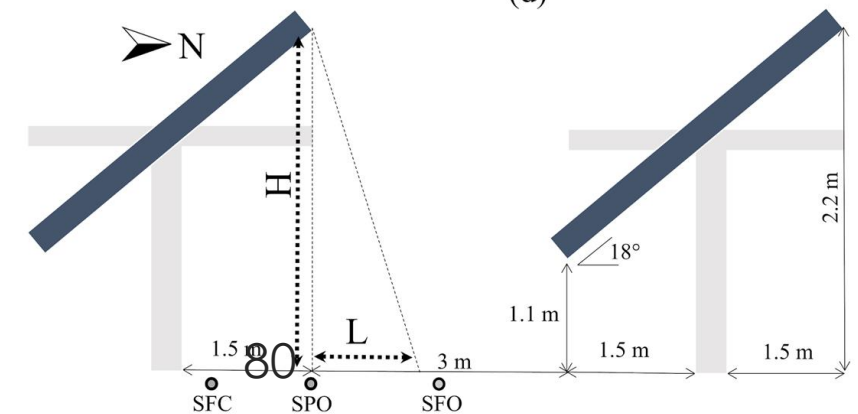
(b)



(c)



(d)

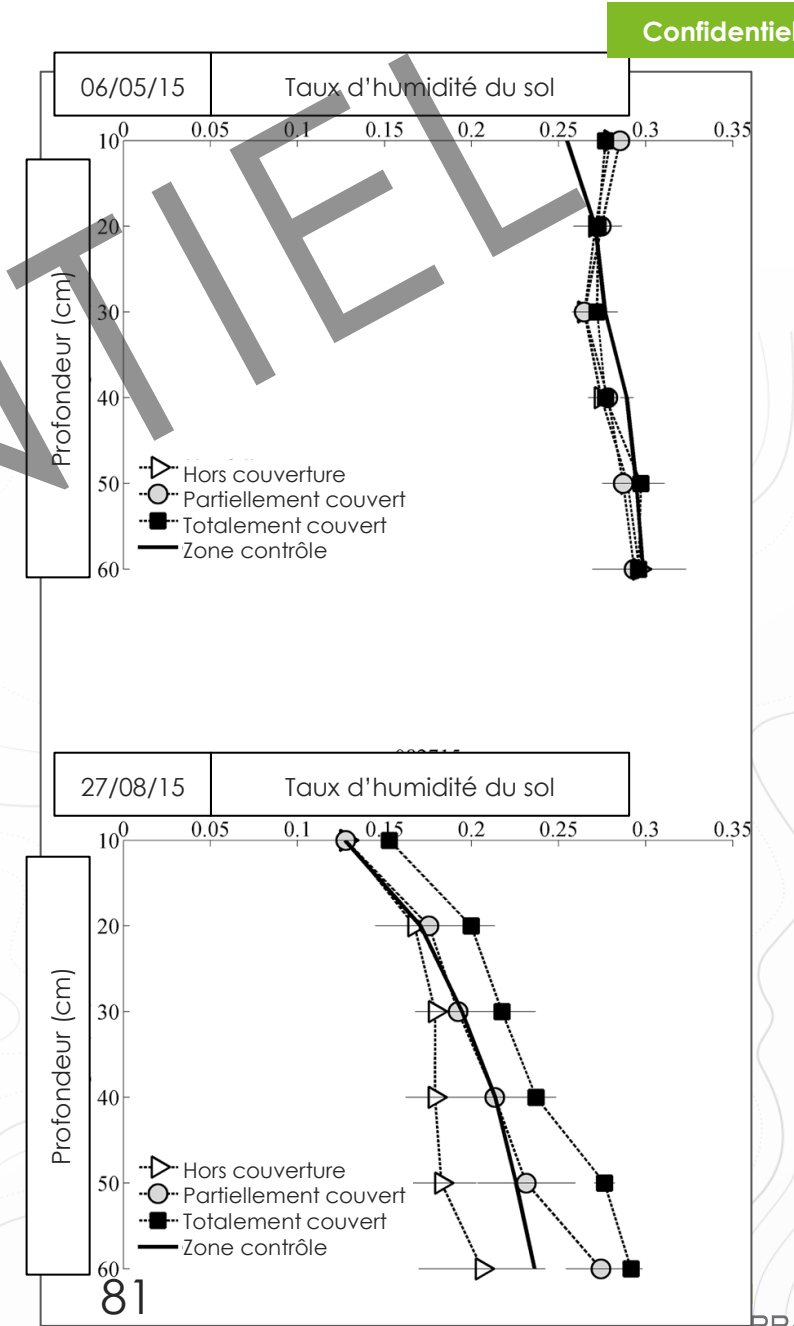
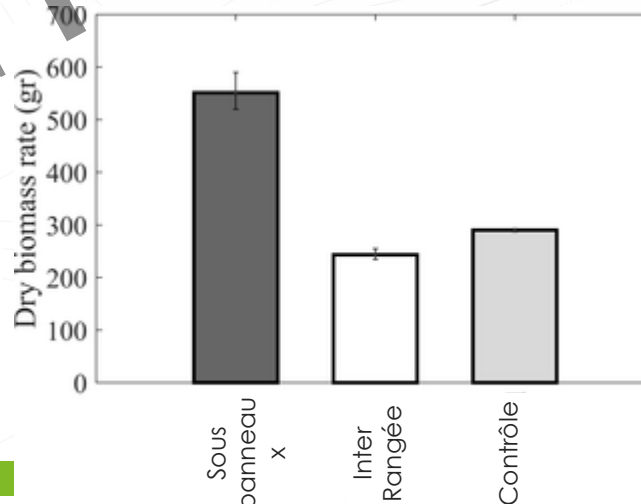


(e)

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

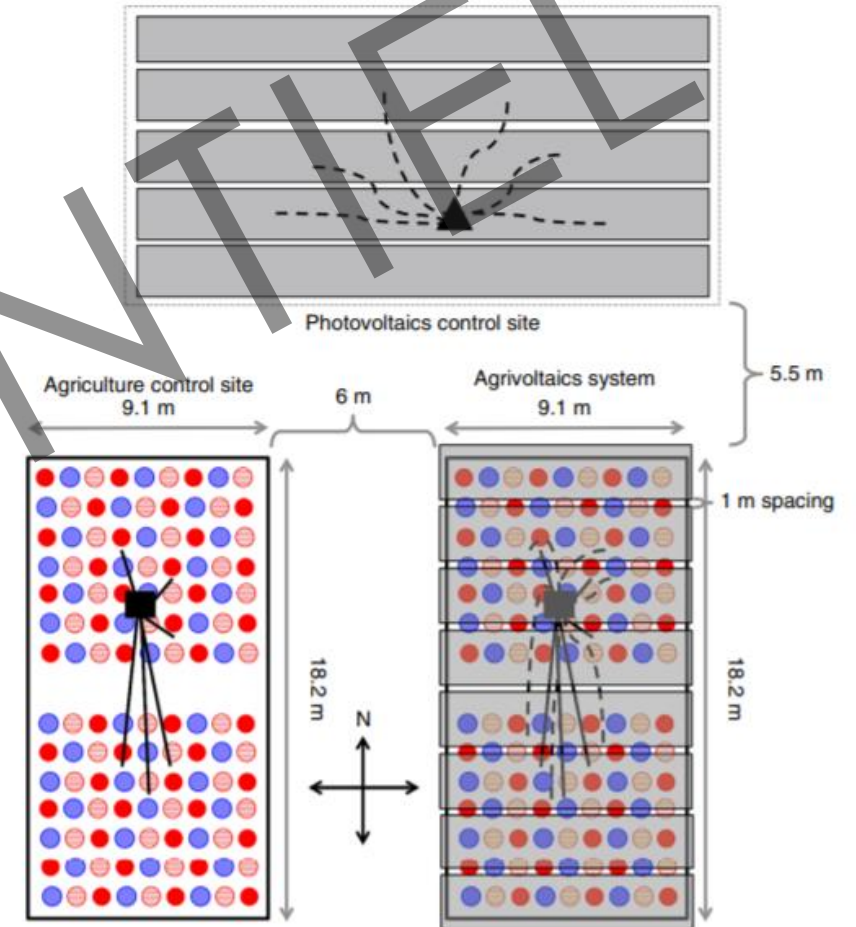
Titre de l'étude	Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency
Date - Auteurs	2018 - Hassanpour Adeh E, Selker JS, Higgins CW - Oregon, USA
Climat	Tempéré - zones avec étés secs et hivers humide
Type Structures	Structures fixes Orientation 18° Hauteurs min/max : 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

CONFIDENTIEL



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

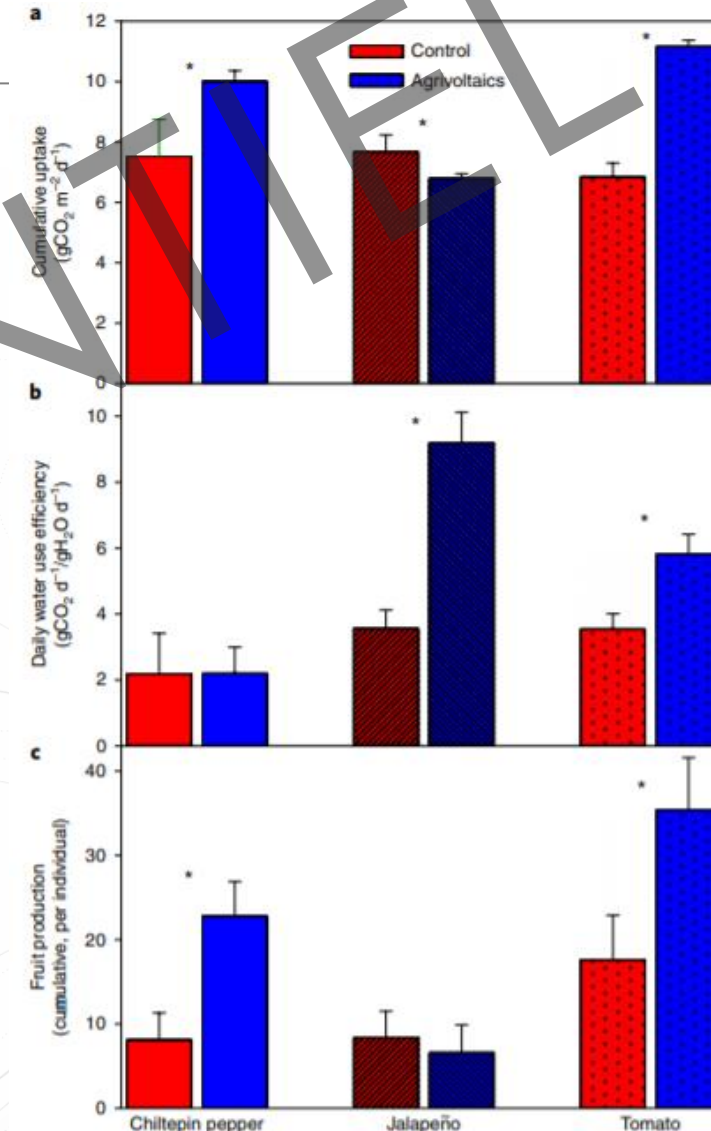
Titre de l'étude	Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands
Date - Auteurs	2019 - Greg A. Barron-Gafford, Mitchell A. Pavao-Zuckerman, Rebecca L. Minor, et al.
Lieu de l'étude	Sud-Ouest des Etats-Unis
Climat	Zones arides
Protocole	<p>Générateur photovoltaïque 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

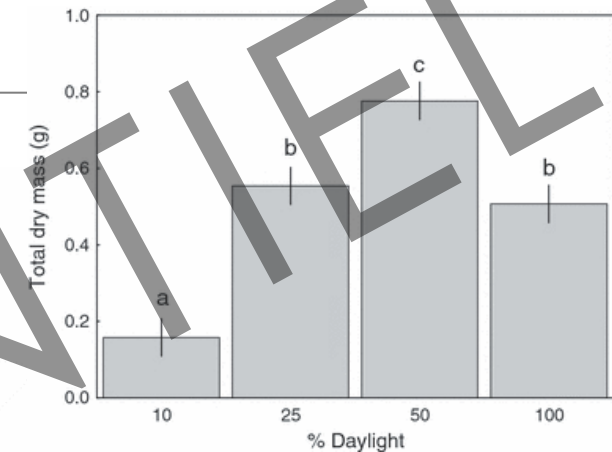
Titre de l'étude	Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands
Date - Auteurs	2019- Greg A. Barron-Gafford, Mitchell A. Pavao-Zuckerman, Rebecca L. Minor, et al.
Lieu de l'étude	Terres arides au Sud-Ouest des Etats-Unis - Zones arides
Protocole	<ul style="list-style-type: 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



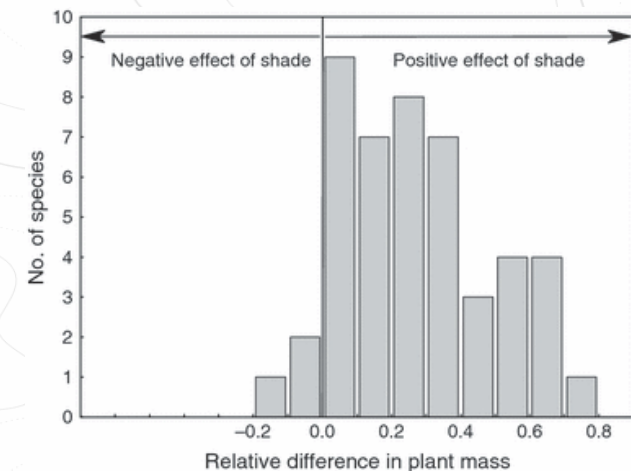
Impacts éco physiologiques des plantes d'un système agrivoltaïque (en bleu) par rapport à un système traditionnel (en rouge).

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 ?

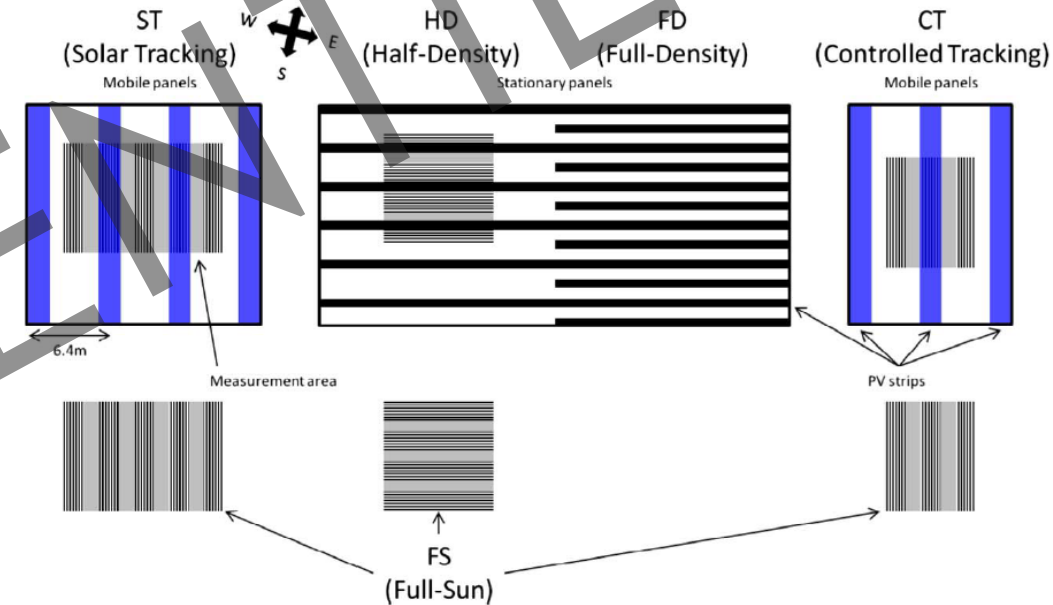
Titre de l'étude	Positive effect of shade on plant growth: amelioration of stress or active regulation of growth rate?
Date - Auteurs	2012 - Semchenko et al.
Climat	Graines provenant de prairies au climat tempéré - Habitats aux caractéristiques différentes (disponibilité en nutriments et eau) Expérimentation 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

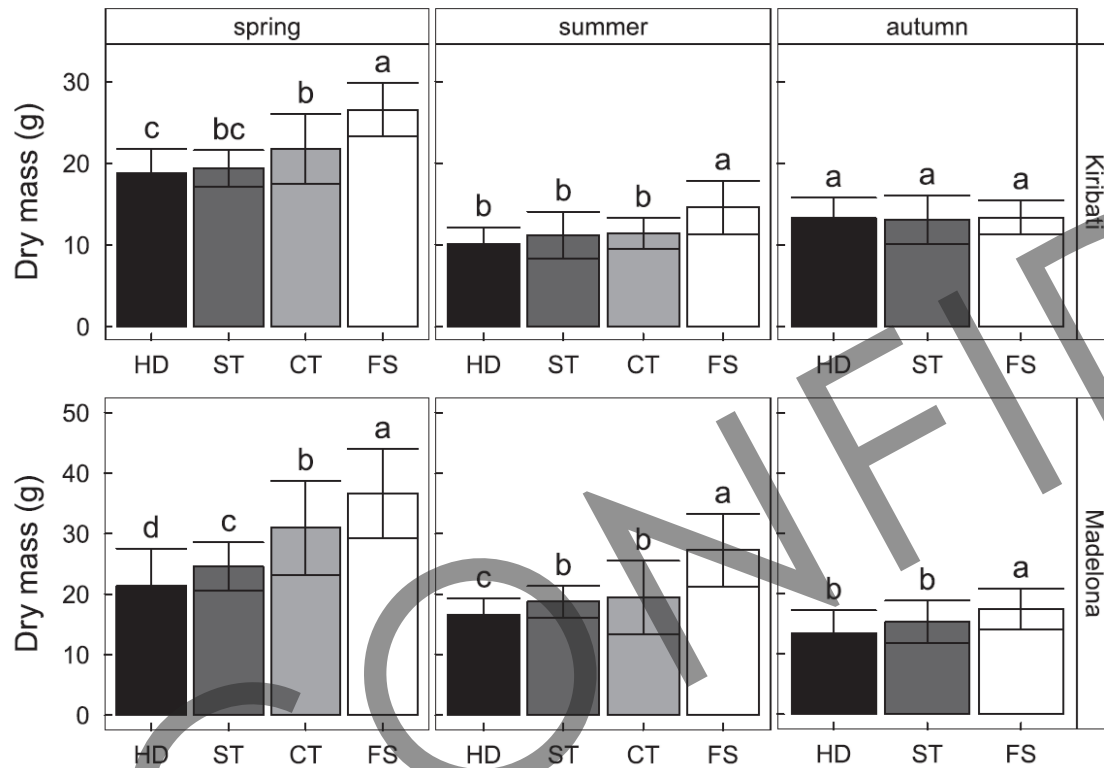
- **Un ombrage modéré (50% de la lumière de jour disponible) augmente de manière significative la croissance des plantes.**
- **Un ombrage à 25% a très peu d'effet**
- **Au-delà de 90%, est observé une baisse significative de la masse sèche** des plantes. La croissance des plantes dépend de l'**optimum 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**)

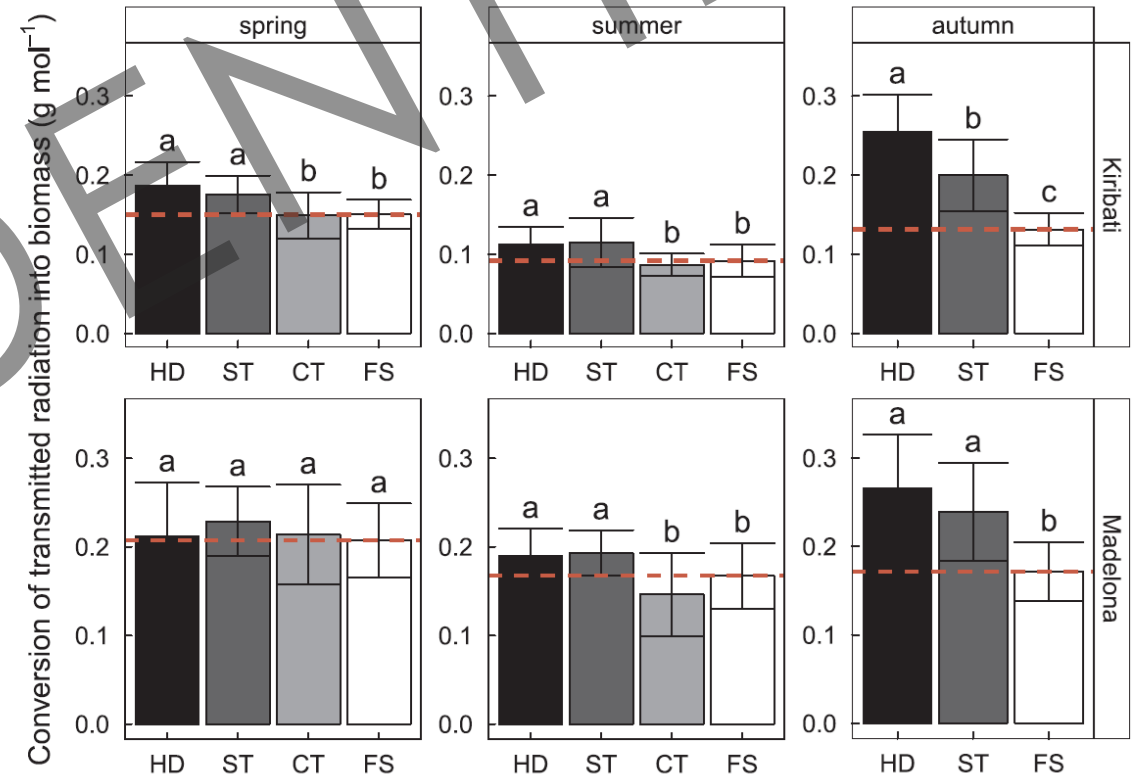
Titre de l'étude	Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops
Date - Auteurs	B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, A. Christophe - 2017
Climat	France, Montpellier : climat méditerranéen
Protocole	<p>2 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



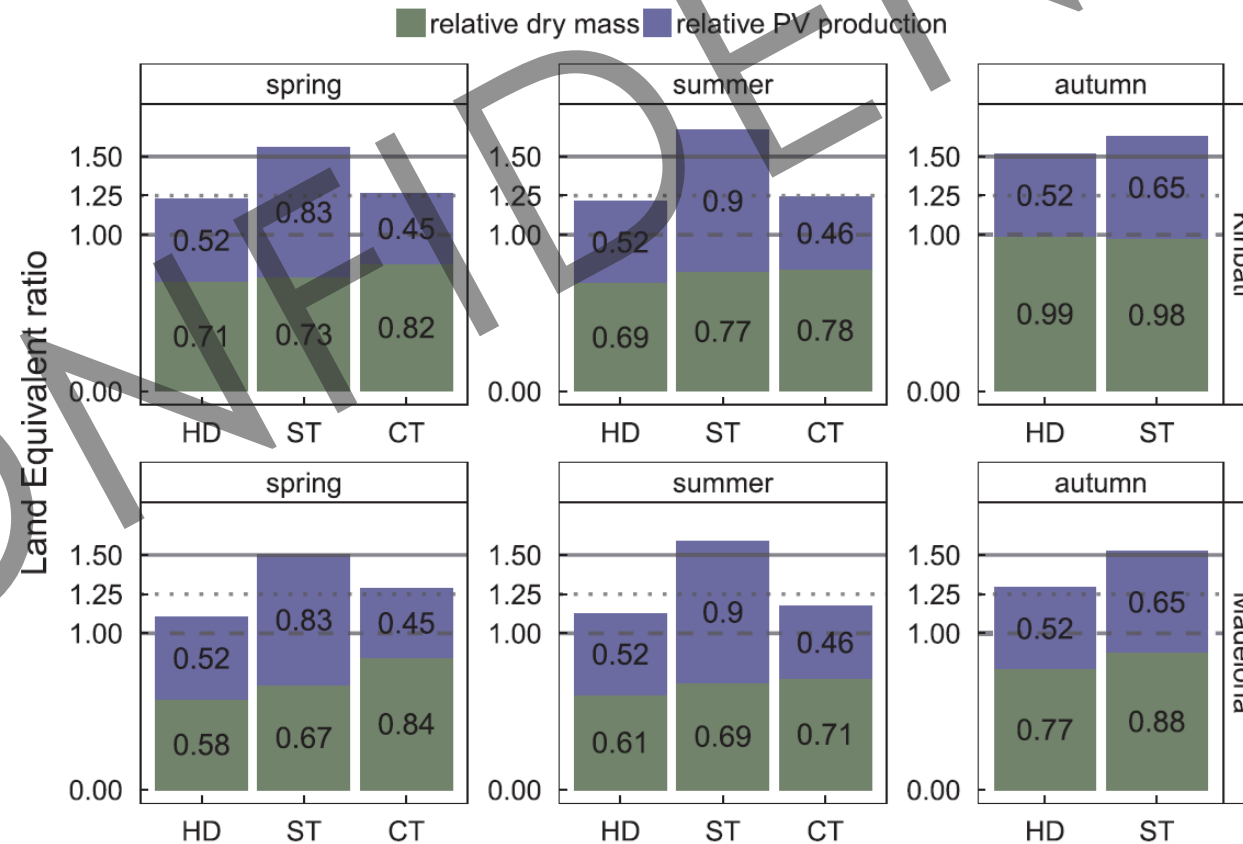
Conversion de la radiation solaire en biomasse: on observe une meilleure efficacité en présence de panneaux, due à une acclimatation des plantes à l'ombre

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]).

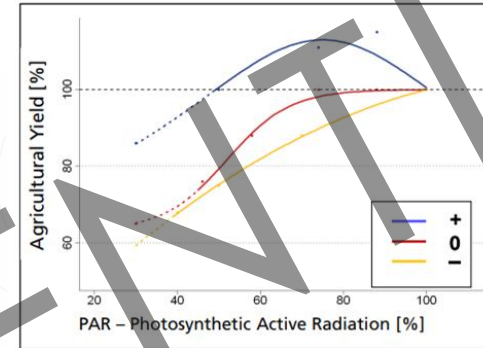
La production de biomasse dans un système tracker au printemps et en été atteint 67-77% de sa production observée en plein soleil. Ceci est notamment grâce à une meilleure efficacité de la photosynthèse. La production de biomasse est meilleure en système CT (71-84%) au détriment de la production PV.



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

Titre de l'étude	Agro-photovoltaïcs : 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

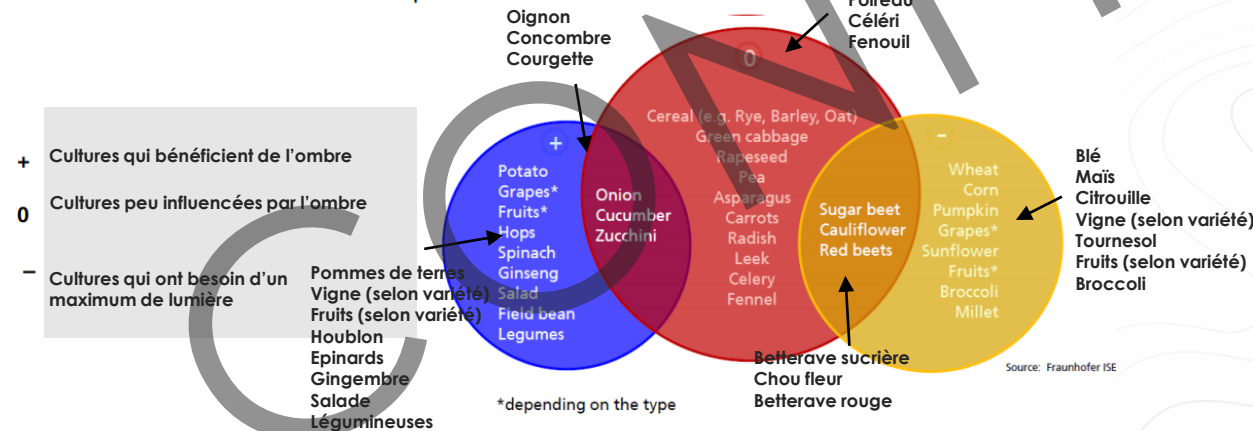
Source: Fraunhofer ISE

- 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

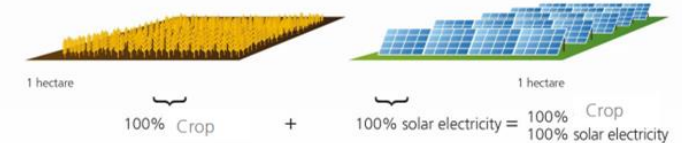
Classification most relevant crops:



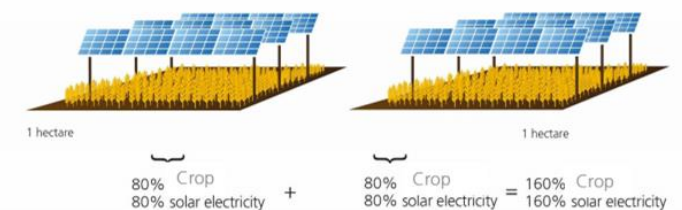
- For sunny and arid regions a higher share of "+" crops are expected

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>

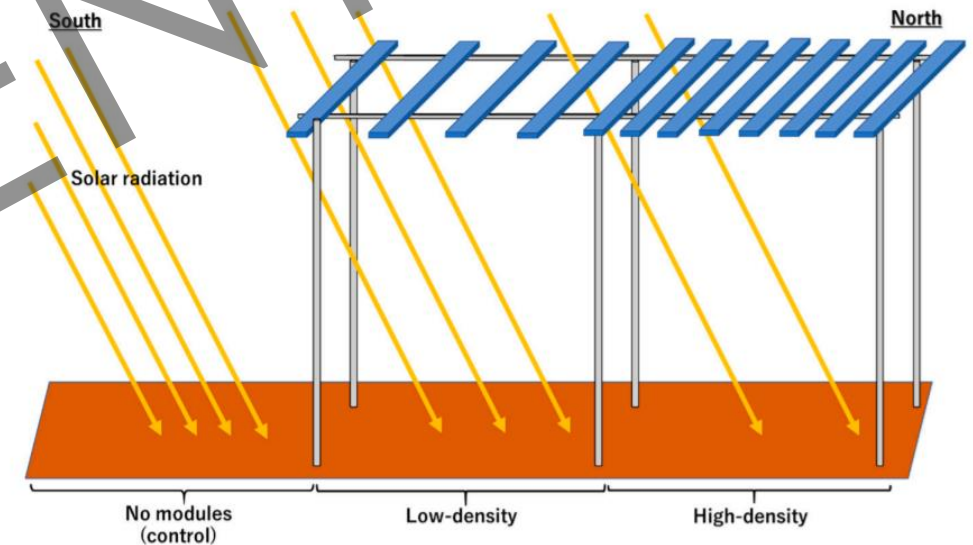


Figure 2. PV module configurations at the agrivoltaic experimental farm.

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>Etude 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

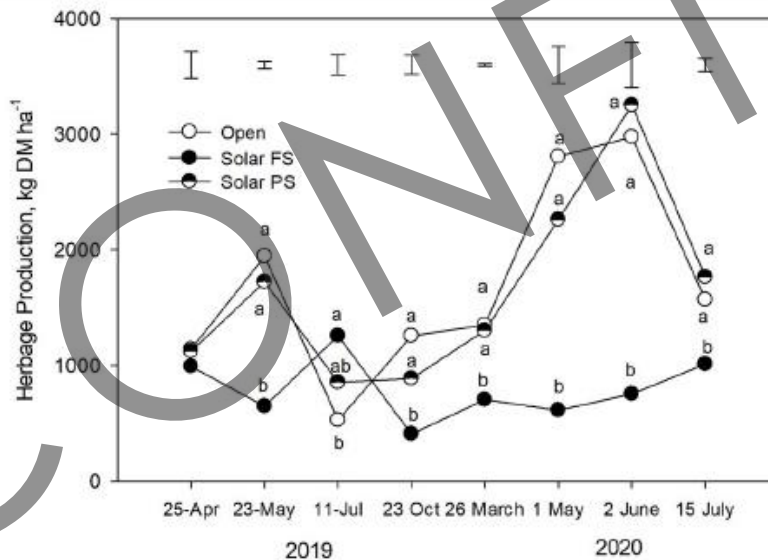


FIGURE 2 | Seasonal herbage dry matter (DM) production (kg DM ha⁻¹) in fully (FS) and partially shaded (PS) areas under solar panels and open pastures in 2019 and 2020. ^{a-b}Lowercase letters indicate statistical differences for total herbage production according to Fisher's unprotected least significant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

Impact des panneaux sur la biomasse

Référence 10 : 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 80 (mis 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 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>

CONFIDENTIEL

Impact des panneaux sur la biomasse

Référence 10 : Dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur 2 sites prairiaux pâturés

Confidentiel

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.

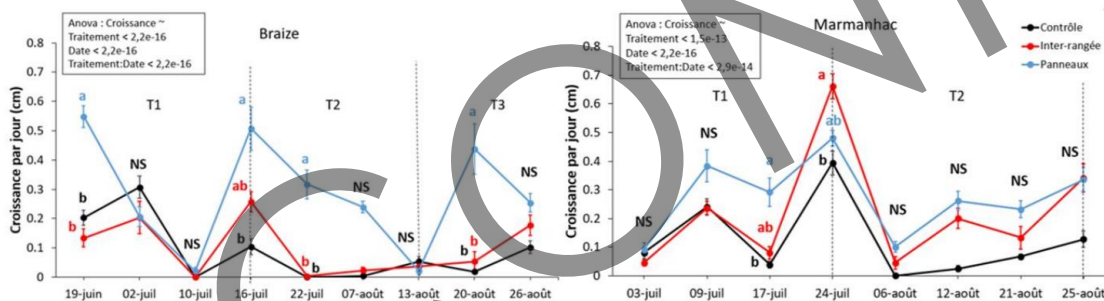


Figure 3 : Dynamique temporelle de la croissance mesurée sur les transects pour le site de Braize à gauche et pour le site de Marmanhac à droite. Pour chaque date et site, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) ; NS : $P > 0.05$. Moyenne +/- erreur standard, $n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

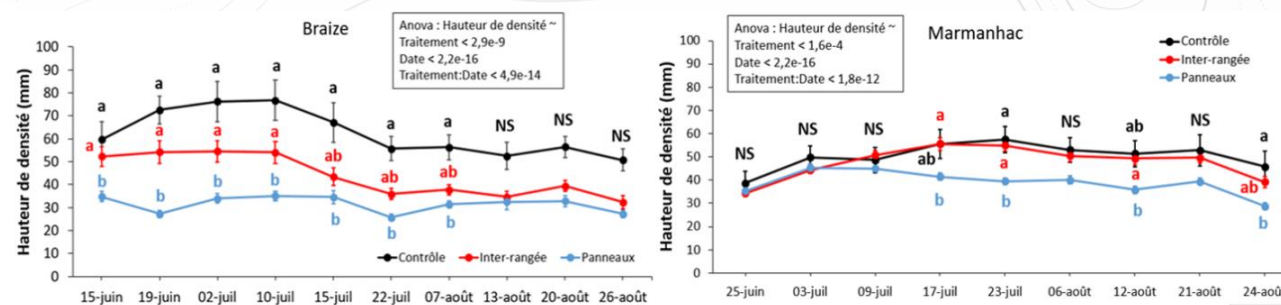


Figure 4 : Dynamique temporelle de la hauteur de densité (mm) pour le site de Braize à gauche et pour le site de Marmanhac à droite. Pour chaque date et site, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) ; NS : $P > 0.05$. Moyenne +/- erreur standard, $n : P \text{ et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

Contacts

Référent Akuo Energy :

Mathieu Vulvin vulvin@akuoenergy.com

Référente Agriterra :

Elise Garesse garesse@agriterra-group.com