



LA CANOPÉE AGRICOLE DE TSE

Une innovation agrivoltaïque
pour reconquérir notre
souveraineté énergétique
et alimentaire et relever le défi
de la ressource en eau.



SOMMAIRE

1.	L'édito de Mathieu Debonnet, Président de TSE	4
2.	TSE, producteur indépendant d'énergie solaire	5
3.	La canopée agricole de TSE	6
4.	Le programme d'expérimentation agrivoltaïque et ses premiers résultats	7
5.	Le site de Brouchy : Lancement du premier système innovant d'irrigation intégré	8
6.	Les partenaires de TSE	10

L'édito

Depuis plusieurs années, l'agriculture subit des événements climatiques extrêmement dévastateurs. Chez TSE, nous sommes déterminés à concilier agriculture durable, énergie verte, redéploiement de la biodiversité et préservation des ressources en eau.



Mathieu Debonnet,
Président de TSE

La France et l'Europe font face à deux défis majeurs : la **souveraineté énergétique** et la **souveraineté alimentaire**. Pour y répondre, il faut remplacer les énergies fossiles par l'électricité décarbonée et s'engager résolument dans l'adaptation au changement climatique. Cette urgence à agir a encore été rappelée par le GIEC dans son rapport d'avril 2023 qui met notamment en lumière le rôle incontournable des énergies renouvelables dans cette grande transformation.

Dans ce contexte, le Gouvernement a décidé de faciliter l'**accélération de la production des énergies renouvelables** avec une loi adoptée au début de l'année. Cette trajectoire politique s'inscrit dans la relance d'une « industrie verte » et sera déclinée dans la loi de programmation sur l'énergie et le climat (LPEC) attendue pour l'automne.

À la croisée de ces enjeux, l'**agrivoltaïsme** constitue une opportunité majeure pour la France. Il s'agit non seulement de coupler production photovoltaïque et production agricole sur une même emprise foncière mais aussi et surtout de créer une synergie entre les deux activités. Cette nouvelle pratique contribue ainsi à la **protection des cultures** et à l'**amélioration du bien-être des animaux d'élevage**.

L'agrivoltaïsme permet aussi de sécuriser le **modèle économique des exploitations agricoles** en leur offrant une **source de revenus complémentaires, sans pour autant les détourner de leur vocation première**. De cette façon, l'agrivoltaïsme remet pleinement l'énergie au cœur du territoire. C'est là toute l'ambition de la loi d'accélération qui fait du développement de l'agrivoltaïsme une priorité nationale tout en fixant un haut niveau d'exigence sur la qualité des projets.

Chez TSE, nous sommes déterminés à **concilier agriculture durable, énergie verte, redéploiement de la biodiversité et préservation des ressources en eau**. L'ombrière agrivoltaïque que nous avons développée produit le meilleur de l'énergie solaire pour le meilleur de la culture.

Notre « **canopée agricole** » a été pensée en priorité pour les **grandes cultures**. Nous avons cherché à réduire au maximum l'occupation du sol, avec un système autoporté, inspiré de la technologie de câbles. Cette innovation est le fruit d'un travail, main dans la main, avec le monde agricole pour définir une solution qui réponde aux besoins des agriculteurs, à ses habitudes et pratiques culturelles.

Nous avons lancé un programme ambitieux de 8 sites pilotes, qui rend possible une expérimentation **sur un nombre d'espèces et variétés végétales très large, ainsi que plusieurs types d'élevage, sur l'ensemble du territoire français**. Pour cela, nous nous sommes entourés de partenaires scientifiques de premier plan comme, l'INRAE, l'IDELE (l'Institut de l'Élevage) et l'école d'ingénieurs en agronomie de PURPAN.

En septembre 2022, nous avons inauguré notre premier première canopée agricole à Amance, en Haute-Saône, sur de la grande culture. Pour l'heure, les résultats des expérimentations, qui ont été menées avec l'Alliance BFC, union de coopératives agricoles, sont plus qu'encourageants, avec notamment des impacts bénéfiques sur les stress hydrique et thermique.

Pour notre deuxième démonstrateur, nous souhaitons aller plus loin, et répondre à un nouveau défi majeur pour le monde agricole : **celui de la maîtrise de la ressource en eau**. La canopée agricole de Brouchy, dont la construction s'est achevée en juin 2023, est équipée d'un système intelligent qui permet d'optimiser l'irrigation et de maximiser les économies d'eau. Dans le contexte de sécheresse croissante, nous continuons de faire progresser notre technologie de production d'énergie solaire au service d'une agriculture plus résiliente.

De la protection de la biodiversité, en passant par la reconquête de notre souveraineté agricole et énergétique, TSE s'inscrit durablement comme un acteur de la réindustrialisation verte au travers de la constitution d'une filière agrivoltaïque française innovante et compétitive.

TSE, producteur indépendant d'énergie solaire

Créé en 2012, TSE est un producteur indépendant français d'énergie solaire présent sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Son parc en exploitation est composé de 18 centrales solaires d'une puissance totale de 210MW soit l'équivalent de la consommation électrique de 110 000 habitants.

En septembre 2021, TSE a inauguré la deuxième plus grande centrale photovoltaïque de France, située à Marville, dans la Meuse, d'une puissance installée de 150MW pour une surface de près de 150 ha.

Avec une solution totalement innovante de canopée agricole, TSE est également un des leaders de l'agrivoltaïsme et a

inauguré en septembre 2022 sa première canopée agricole, à Amance en Haute-Saône, sur une parcelle de grandes cultures. En avril 2023, TSE a levé 130 millions d'euros en capital afin de renforcer son développement.

En mai 2023, TSE a annoncé sa participation dans la construction de la gigafactory photovoltaïque de Sarreguemines. Avec une capacité de production de 5GW par l'an, l'usine produira, en rythme de croisière, 10 millions de panneaux photovoltaïques soit l'équivalent des besoins énergétiques d'un million de foyers.



NOS MÉTIERS

Nous réalisons l'intégralité de la chaîne de valeur d'une centrale solaire : la conception, le financement, la construction, la supervision et la gestion opérationnelle afin de transformer l'énergie solaire en électricité.



Identification et sécurisation de projet



Études techniques et environnementales



Développement de projet et financement



Construction et pilotage



Gestion opérationnelle



Démantèlement et recyclage

CHIFFRES CLÉS



270 collaborateurs



600 M€ investis



1 PÔLE R&D
Bourgoin-Jallieu
(22 ingénieurs)



2 GW en cours de développement en France / Objectif 5 GW d'ici 2025



460 MW développés & construits ou en cours de construction en France, dont 210 MW en propre.

La canopée agricole de TSE

Conservation de l'usage du terrain
(production végétale ou élevage)

Production d'énergie renouvelable

Complément de revenu pour propriétaire et exploitant sur le long terme

Une intégration paysagère réfléchie

Compatibilité avec les machines agricoles
(5m de hauteur, 27m de largeur)

Système automatique d'orientation des panneaux en fonction des conditions climatiques

Protection contre les aléas climatiques

Ombage partiel tournant

Possibilité d'intégration d'un système **d'irrigation**

UNE TECHNOLOGIE DE RUPTURE

- Des panneaux solaires installés sur des câbles pour une emprise au sol de l'ombrière de 0.5%.
- Près de 5 500 modules bifaciaux placés à plus de 5m de hauteur bénéficiant d'un fort albedo (part des rayonnements solaires qui sont renvoyés vers l'atmosphère).
- Des algorithmes de tracking SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) pour une meilleure orientation des panneaux en fonction des conditions climatiques. Une augmentation de la production solaire est estimée entre 5% et 15% par rapport à une centrale photovoltaïque classique.
- Plus de 800 capteurs météorologiques, mécaniques, agronomiques pour réaliser des études R&D approfondies.

Cette innovation technologique a été totalement conçue et développée au centre de R&D à Bourgoin-Jallieu par une équipe d'ingénieurs hautement qualifiés sur les problématiques de structure et de data. Le système fait l'objet de plusieurs brevets français et européens.

LES BÉNÉFICES AGRONOMIQUES DE L'OMBRAGE TOURNANT

Grâce à l'ombage partiel et tournant généré sur la parcelle, ces ombrières permettent de lutter contre les aléas climatiques en réduisant :



LE STRESS THERMIQUE
Baisse de température sous l'ombrière en période estivale, diminution de l'amplitude thermique et des risques de gel printanier



LE STRESS HYDRIQUE
Baisse de l'évapo-transpiration



LA CONSOMMATION D'EAU
Economie d'eau jusqu'à 30% grâce à l'ombage et au système d'irrigation intelligent

Le programme d'expérimentation agrivoltaïque de TSE et ses premiers résultats

Avec ses 8 sites pilotes de plus de 3ha chacun, répartis sur toute la France, TSE met en place le plus grand démonstrateur agrivoltaïque en France. Pensée en priorité pour les grandes cultures, la solution d'ombrière agrivoltaïque de TSE est compatible avec toutes les activités agricoles. Cette canopée agricole a été conçue pour tous les agriculteurs, tournés vers l'innovation et l'agriculture durable, qui souhaitent lutter contre

les aléas climatiques.

Tous les sites suivront un protocole de test scientifique co-construit et mené avec des équipes d'experts agronomes et des partenaires scientifiques et agricoles. Sur une durée de 3 à 9 ans, les essais agronomiques permettront de quantifier les effets bénéfiques attendus.

Somme / Brouchy

Blé, féverole, pomme de terre, haricot

Calvados / Souleuvre en Bocage

Bovins laitiers

Charente / Puyréaux

Colza, blé, orge, maïs, soja, féverole, luzerne, ortie

Charente-Maritime / Saint-Palais-de-Phiolin

Grandes cultures : céréales, oléagineux, légumineuses

Charente-Maritime / Bois

Grandes cultures : céréales, oléagineux, légumineuses

Aisne / Monceau-sur-Oise

Luzerne, Ray-Grass Anglais, féverole, chanvre, blé tendre, lupin

Haute-Saône / Amance

Soja, blé, seigle fourrager, orge d'hiver, colza, blé tendre

Côte d'Or / Verdonnet

Blé, luzerne, lentille, orge de printemps, pois d'hiver, lin

La construction de la première canopée agricole, à Amance, en Haute-Saône s'est achevée en juin 2022. La deuxième canopée agricole est située à Brouchy dans la Somme et a été mise en service en Juin 2023. La construction du démonstrateur de Verdonnet en Côte d'Or, sur une parcelle en agriculture biologique, s'est achevée à l'été 2023, alors que le site de Souleuvre en Bocage, qui accueille des vaches laitières sera finalisé à l'automne. Les sites suivants seront réalisés entre 2024 et 2025.

Les résultats du premier site pilote à Amance en Haute-Saône

L'exploitation de Sylvain Raison, sur laquelle est installée la canopée agricole, s'étend sur 850 hectares avec de la grande culture et 150 vaches allaitantes.

Après une première récolte de six variétés de soja différentes, les résultats sont très encourageants :

- 1 Une diversité de comportement selon la variété**
.....
- 2 Des rendements extrêmement prometteurs pour les futures récoltes**
Pas de différence significative de rendement (variété Soprana)
.....
- 3 Une limitation des fortes températures de l'air et du sol**
- 1,4°C sous la canopée (température aérienne maximale)
.....
- 4 Une protection contre le stress hydrique**
-75% de jours de stress sur l'ensemble du cycle
.....
- 5 Des épisodes de grêle moins destructeurs**
Observations de l'agriculteur

Ces résultats sont issus du suivi réalisé par les équipes agronomiques de l'Alliance BFC, union de coopératives agricoles et les équipes d'ingénieurs agronomes de TSE. À la suite de la récolte de soja, une céréale à paille a été semée sur le site d'Amance. Cette nouvelle expérimentation est toujours menée avec les équipes agronomiques de TSE et de l'Alliance BFC, ainsi que par l'INRAE, pour y étudier le rayonnement photosynthétiquement actif (PAR) direct et diffus sous la canopée agricole.

Le site de Brouchy

Lancée en janvier 2023, la construction de la deuxième canopée agricole située à Brouchy dans la Somme s'est achevée en Juin 2023. L'exploitation de Benoit Bougler compte environ 450 ha de SAU. La canopée agricole est installée sur une surface de grandes cultures de 3 hectares, en zone irrigable, sur un sol de limons sablo-argileux. La rotation comprend notamment des cultures légumières comme la pomme de terre et le haricot, du pois protéagineux et des céréales (maïs, blé, orge). Cette installation permettra de produire une puissance de 2,9MWc, soit l'équivalent de la consommation de 1 650 habitants.

PREMIER SITE DOTÉ D'UN SYSTÈME D'IRRIGATION INNOVANT INTÉGRÉ, UNE PREMIÈRE MONDIALE

Pour répondre à l'enjeu majeur de maîtrise de la ressource en eau dans l'agriculture, TSE a développé un système unique d'irrigation intelligent, intégré à ses solutions agrivoltaïques, qui permet aux agriculteurs une gestion plus raisonnée de l'eau.

Grâce à la mise en place d'un système de pilotage à distance, sans fil, composé de sondes et capteurs permettant de contrôler le taux d'humidité du sol, de l'air, la vitesse du vent et la pluviométrie, l'agriculteur est en mesure d'optimiser l'irrigation de sa parcelle en n'arrosant que lorsque nécessaire, et au meilleur moment.

L'exploitant peut ensuite *via* son smartphone, son PC ou sa tablette, et ce à distance, programmer les paramètres de l'irrigation, passer d'un système entièrement automatisé à un système manuel, vérifier les consommations d'eau et apporter la juste quantité d'eau. Ainsi, l'économie d'eau réalisée grâce au système pourrait atteindre 30%.

Ce nouveau dispositif permet par ailleurs de gagner du temps en main d'œuvre grâce à une solution pilotable à distance et à la suppression des tâches liées à la mise en place et au déplacement du système.



BENOIT BOUGLER, EXPLOITANT AGRICOLE À BROUCHY

Pourquoi vous lancez vous dans un projet d'agrivoltaïsme?

Sur ma surface agricole utilisée, les plantes ont particulièrement souffert de stress thermique et hydrique ces dernières années, avec de fortes amplitudes thermiques et surtout de longues périodes sans eau qui ont impacté la croissance végétale et les rendements, notamment en blé et pomme de terre. Le réchauffement avance aussi progressivement et régulièrement la date des moissons. Je cherche donc constamment des solutions pour m'adapter aux perturbations environnementales. L'agrivoltaïsme est une des réponses possibles.



LES ESSAIS COMPLÉMENTAIRES SUR LA RESSOURCE EN EAU

Sur le site de Brouchy, des expérimentations complémentaires seront menées avec la Chambre d'Agriculture de la Somme sur l'impact de la canopée agricole et de son système d'irrigation sur la ressource en eau :

- Sur les cultures non irriguées, l'essai portera sur les effets bénéfiques de l'ombrage généré par la canopée agricole sur le stress hydrique et la baisse de l'évapotranspiration.
- Sur les cultures irriguées, l'essai portera sur l'économie potentielle en irrigation grâce à la canopée et au système d'irrigation intelligent.



- 114 canons en quinconce pour optimiser la surface irriguée
- Portée de 17m
- Positionnés à 3m de hauteur



L'énergie du site de Brouchy revendue à bioMérieux *via* un CPPA

L'énergie produite sur ce site est revendue à bioMérieux, acteur mondial dans le domaine du diagnostic *in vitro* sur une durée de 20 ans dans le cadre d'un Corporate Power Purchase Agreement (CPPA). Cette opération permet à bioMérieux d'accélérer sa transition énergétique en réduisant à 50% en valeur absolue les émissions de gaz à effet de serre de ses scopes 1 et 2 entre 2019 et 2030. Elle vise également à sécuriser une partie de son coût d'approvisionnement en électricité pendant 20 ans en bénéficiant de la production d'électricité renouvelable de deux centrales solaires, dont celle de Brouchy.

Les partenaires de TSE

NOS PARTENAIRES AGRONOMIQUES SUR LE DÉMONSTRATEUR DE BROUCHY

Depuis 2019, TSE travaille main dans la main avec la filière agricole pour répondre aux besoins des exploitants agricoles. Pour cela, TSE a construit un pool d'expertises de premier plan nécessaire à l'élaboration et au suivi des expérimentations agricoles avec une équipe d'ingénieurs et doctorants agronomes, complété par l'excellence technique de nos partenaires.



INRAE

L'institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement accompagne TSE sur le site pilote d'Amance en Haute-Saône.

Un projet de recherche commun a été construit avec l'équipe du Pôle National Recherche, Innovation, Enseignement sur l'Agri-Photovoltaïsme (PNR-AgriPV) à Lusignan, afin d'analyser le comportement agronomique des variétés de plusieurs espèces de grandes cultures sous une ombrière agrivoltaïque (croissance végétative, biomasse foliaire, activité photosynthétique, productivité...), et d'étudier le rayonnement PAR direct et diffus sous les panneaux photovoltaïques.

TSE est adhérent du Pôle National de Recherche sur l'agrivoltaïsme fondé par INRAE.

INP PURPAN
ÉCOLE D'INGÉNIEURS
Sciences du vivant | Agriculture
Agroalimentaire | Marketing | Management

L'école d'ingénieurs de Purpan forme des étudiants en Sciences du vivant, Agriculture, Agro-alimentaire, Marketing et Management.

Le département R&D de l'école accompagne TSE sur les protocoles scientifiques de recherche appliquée, le suivi transversal des essais et l'analyse mécanistique.

Par ailleurs, en parallèle du développement des sites pilotes de TSE, des essais sous voilage et stress hydrique ont été menés sur le campus de de Purpan de Lamothe, domaine expérimental de polyculture-élevage et centre de R&D d'une superficie de 218 ha à Seysses (31).

CHAMBRE
D'AGRICULTURE
SOMME

La Chambre d'agriculture de la Somme intervient auprès des agriculteurs, des salariés agricoles et des collectivités pour toutes les questions d'intérêt agricole. Organisme consulaire, elle a pour mission d'accompagner les agriculteurs et leurs entreprises par le conseil, la formation et la gestion de projets. Elle représente aussi la profession agricole au niveau territorial. Sur le projet de Brouchy, la chambre d'agriculture de la Somme accompagnera TSE et l'exploitant pour mieux évaluer les impacts de l'ombrière agrivoltaïque sur la production agricole et le besoin en eau des cultures.

eat
European Agro Technologie

European Agro Technologie (EAT) est une entreprise de conseil indépendant en agronomie, qui possède une solide expertise dans le domaine des grandes cultures industrielles et légumières de plein champ.

Pour le projet pilote de Brouchy, EAT sera chargée d'accompagner TSE et l'exploitant pour :

- le choix des espèces et variétés à tester sous l'ombrière agrivoltaïque
- l'optimisation des itinéraires techniques et de la conduite culturale (travail du sol, fertilisation...)
- le suivi de l'essai agronomique et la réalisation des mesures / notations
- l'analyse des résultats du site

novasol
EXPERTS
Décryptons la biodiversité de vos sols

Novasol a pour activité principale l'évaluation innovante de la qualité écologique des sols, *via* une expertise et des outils développés en écologie microbienne des sols et en agroécologie au sein de l'institut de recherche public INRAE. Sa mission est d'accompagner de façon opérationnelle les agriculteurs et clients dans leur volonté de mieux connaître leur sol et l'impact environnemental de leurs activités dans un contexte de transition agroécologique et de développement des villes durables.

À Brouchy, Novasol va suivre et caractériser sur plusieurs années et sur les deux modalités (canopée agricole et témoin) les propriétés physico-chimiques du sol et effectuer un diagnostic microbiologique, en mesurant la biomasse moléculaire microbienne et l'équilibre champignons / bactéries.

NOS PARTENAIRES TECHNIQUES

TSE a sélectionné une cinquantaine de prestataires, fournisseurs et sous-traitants, parmi les plus les plus pointus pour développer ce concept très innovant de canopée agricole. Combiné à l'expertise de l'équipe d'ingénieurs R&D située à Bourgoin-Jallieu, nos partenaires techniques ont contribué à la réussite de la 1ère version de la centrale agrivoltaïque de Brouchy.



En s'appuyant sur l'expertise du Groupe Clisson en matière de connaissance des aciers, principalement les profils tubulaires (sections, nuances, revêtements, possibilité de découpe et d'assemblage), TSE a réussi à mettre au point une structure métallique unique pour sa canopée agricole.

Le Groupe Clisson, constitué principalement de Clisson Metal (distribution de produits sidérurgiques) et Laseris (découpe laser de tubes et profilés) est très heureux d'avoir été embarqué dans cette belle aventure et développer ce partenariat avec TSE tout au long de la phase d'étude, de mise au point et de construction des installations déjà réalisées et restera présent pour tous les ambitieux projets futurs.



Jinko Solar est le premier industriel photovoltaïque à établir une capacité de production «verticalement intégrée et est un leader de son marché. Jinko Solar élargit continuellement les scénarios d'application de la technologie photovoltaïque, y compris la production d'hydrogène photovoltaïque, le stockage d'énergie et plus récemment des projets agrivoltaïques. Jinko Solar est heureux du partenariat avec le groupe TSE pour le projet agrivoltaïque de Brouchy d'une puissance de 2,9 MWC. Ce projet est équipé de modules de la gamme NEO qui s'appuie sur la dernière génération de cellules TOPCon pour des modules plus efficaces qui deviendront, sans nul doute, le nouveau standard de la profession. Nous sommes persuadés que ce projet est aux prémices d'une nouvelle vision du futur du marché et qu'il marque dès aujourd'hui un tournant vers la mixité d'usage des terres agricoles.



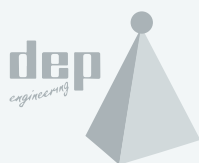
Automatique & Industrie est spécialisée dans l'intégration de solutions automatisées à travers une offre complète de services : projet, assistance technique, maintenance en condition opérationnelle, tierce maintenance applicative, astreinte.

Ai a été retenu par TSE pour la conception, l'étude, la fourniture et la mise en service de la solution d'automatisme et de supervision. Cet ensemble pilote la gestion de puissance et de couplage avec le réseau électrique ainsi que la gestion des trackers selon les algorithmes développés par TSE.



Canametal est une entreprise de 120 salariés spécialistes en structure acier. L'usine est basée à Niort dans les Deux-Sèvres et dispose d'un atelier de 20 000 m². Avec plus de 60 années d'expériences dans la fabrication de structures métallique, Canametal est en capacité de fabriquer des bâtiments en charpente métallique, des ouvrages d'arts tels que des ponts et tous autres éléments en structure métallique.

Canametal collabore avec TSE depuis le début de l'aventure et a fait naître le premier prototype dans ses ateliers en 2021.



DEP Engineering, basé en région grenobloise, est un bureau d'ingénierie focalisé autour du câble, du transport et du levage.

Il a participé, avec TSE, à la recherche et au développement de la structure métallique hybride à profilés et câbles en acier. Son savoir-faire dans le domaine des câbles a permis de concevoir, de valider par le calcul et d'orienter la fourniture et le suivi des composants structurels.



CHABERT MTI, expert dans le montage des structures à câbles et des remontées mécaniques dans des environnements difficiles à haute technicité, a réalisé le montage de la structure fixe hybride et de la structure mobile avec les modules photovoltaïques.

CHABERT MTI a étudié et optimisé dans les détails la méthodologie de montage et de cadencement avec TSE et DEP et il a réussi le pari du montage d'un système nouveau et unique présentant beaucoup de défis.



SIÈGE SOCIAL DE SOPHIA ANTIPOLIS
25 allée Pierre Ziller Business Pôle - Le Paros
06560 SOPHIA ANTIPOLIS
www.tse.energy

Contact presse :
charlotte.marine@publicisconsultants.com