



Note à l'attention de l'ARS

Projet agrivoltaïque des Bussières
Lieu-dit du Poirier Tata - Nantois (55)

31/10/2024

Table des matières

I.	Présentation du projet.....	4
II.	Historique du projet et contexte.....	5
	a. Historique et émergence du projet.....	5
	b. Le captage d'eau de Menaucourt, en PPE	6
	c. La source des Grandes Fontaines, en projet de PPR.....	7
	d. Echanges avec l'Agence Régionale de Santé Grand Est.....	13
III.	Etat des lieux en France.....	14
	a. Etude de l'ANSES - 2011	14
	b. Etat de l'existant.....	17
IV.	Etude hydrogéologique menée sur le projet.....	20
	a. Etude de vulnérabilité	20
	b. Impact des fondations.....	21
	c. Risques de pollution.....	23
	a. Recommandations de BURGEAP.....	24
	b. Intégration au projet.....	24
VI.	Analyse du risque spécifique incendie	26
	a. Composition d'une centrale et inflammabilité.....	26
	1. Les modules photovoltaïques	26
	2. Les câbles électriques	27
	3. Les structures porteuses	28
	4. Les postes de livraison et autres équipements électriques	28
	5. Les pistes DFCI	28
	6. Les équipements agricoles et clôtures	28
	b. Examen de l'accidentologie et recommandations du SDIS.....	29



c. Risques liés à un incendie.....	30
VIII. Conclusion	37

Préambule

La société ESCOFI mène un projet agrivoltaïque sur les communes de Nantois, Naix-aux-Forges et Menaucourt avec l'EARL des Bussièrès, exploitation agricole, depuis début 2023.

Après une année et demie d'études et de concertations locales, la conception du projet a été finalisée à l'automne 2024 et une demande de Permis de Construire sera déposée en fin d'année 2024. Instruite par la Préfecture, cette demande de Permis fera l'objet de consultations de tous les services de l'Etat et institutions concernées, parmi lesquels l'Agence Régionale de Santé.

Il a été convenu en septembre 2024 lors d'un échange téléphonique avec Mme Bertrand (ARS Grand Est – Délégation Territoriale Meuse) d'envoyer de premiers éléments sur le projet dès que possible, avant dépôt du dossier complet, pour anticiper les éléments nécessaires et faciliter la bonne instruction du dossier à la réception de la sollicitation Préfecture.

La présente note vient répondre à cette sollicitation et doit donc bien être prise comme un échange préalable à un dépôt formel de dossier complet de demande de Permis de Construire, assortie d'une étude d'impact et d'éléments complémentaires.

ESCOFI se tient à la disposition de l'ARS pour tout élément complémentaire à fournir avant ou lors du dépôt de la demande de Permis de Construire.

I. Présentation du projet

L'agrivoltaïsme est une pratique définie par la loi relative à l'Accélération de la Production des Energies Renouvelables du 8 mars 2023 consistant à mener un projet agricole et un projet photovoltaïque en synergie.

Le projet agrivoltaïque des Bussièrès est situé sur les communes de Nantois, Naix-aux-Forges et Menaucourt, dans la Meuse (55).

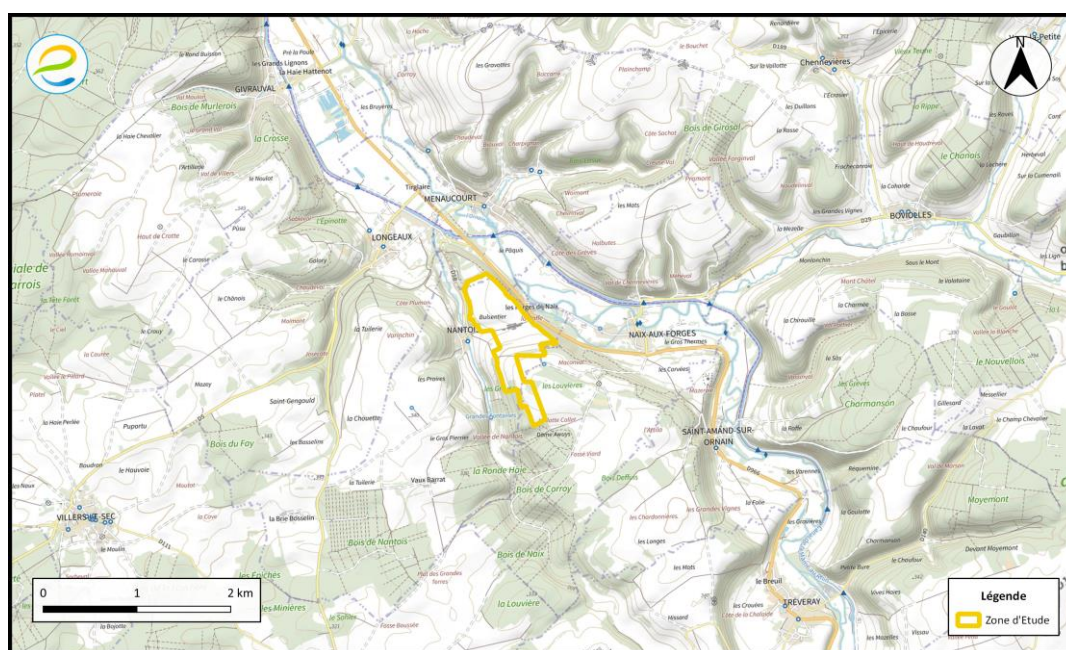


Figure 1 : Carte de situation du projet

Il consiste à accompagner la diversification d'une exploitation agricole existante, l'EARL des Bussièrès, par la création d'un atelier ovin générant la création d'un emploi agricole. Les parcelles associées seront ainsi pérennisées en tant que prairies permanentes pour les 30 à 45 années de fonctionnement du projet.

En parallèle aura lieu une production d'électricité photovoltaïque, avec l'installation d'une centrale d'une puissance de 24 MW, permettant d'alimenter 4200 personnes en électricité renouvelable. Une carte précise des installations est fournie en Annexe.

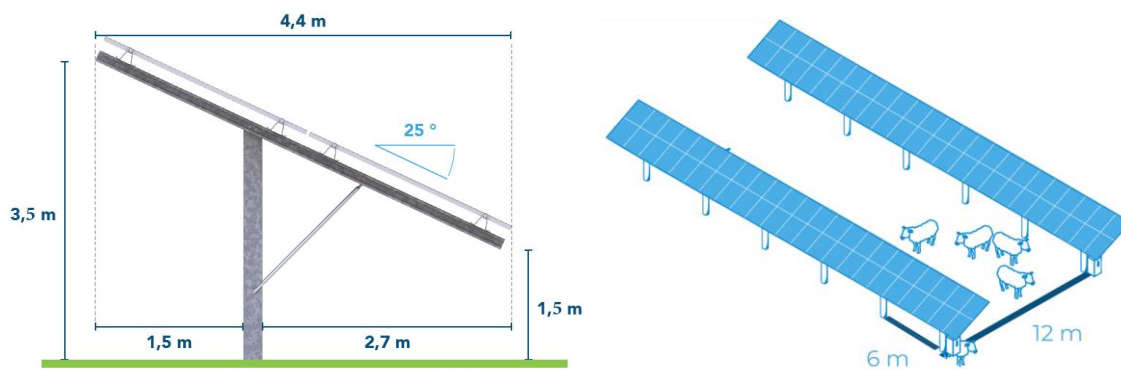


Figure 2 : Structuration de la centrale agrivoltaïque

II. Historique du projet et contexte

a. Historique et émergence du projet

Le projet agrivoltaïque des Bussières est issu d'un échange avec la DDT 55. Lors d'une rencontre en janvier 2023, la DDT de la Meuse a évoqué sa volonté d'encourager les projets agrivoltaïques en zone protection de captage d'eau. En effet, les projets agrivoltaïques pourraient présenter de nombreux bénéfices pour la protection des captages :

- La clôture des centrales agrivoltaïques permet d'empêcher les intrusions, évitant de ce fait les déversements de produits sur la zone, volontaires ou accidentels.
- La vidéosurveillance permet de connaître et de contrôler les activités sur la zone. Elle permet également une réaction rapide en cas d'accident.
- Un projet agrivoltaïque en pâture permet de pérenniser sur le long terme des terres agricoles en prairies permanentes, favorables à la biodiversité et minimisant voire supprimant les intrants phytosanitaires.
- Les revenus liés à la centrale agrivoltaïque permettent de sécuriser l'exploitation qui est soumise à des contraintes techniques dues à la protection du captage.

A l'issue de cet échange, ESCOFI a mené une analyse de l'ensemble des périmètres de protection de captage du département, en s'intéressant au potentiel agrivoltaïque des sites ainsi qu'à la réglementation associée aux captages. Seuls les captages dont la DUP et son règlement permettaient les projets ont été retenus.

Le plateau situé sur les communes de Nantois, Naix-aux-Forges et Menaucourt répondait bien à ces critères, avec une autorisation explicite pour les projets photovoltaïques.

C'est ainsi que le projet agrivoltaïque des Bussières est né d'une volonté commune de protéger la ressource en eau tout en sécurisant la production agricole et en produisant de l'électricité renouvelable.

Deux sources sont concernées par le projet, le captage d'eau de Menaucourt et la source des Grandes Fontaines à Nantois.

b. Le PPE du captage d'eau de Menaucourt

Une partie du Périmètre de Protection Eloignée (PPE) du captage est comprise dans la zone d'implantation de la centrale agrivoltaïque. La DUP du captage indique qu'en son PPE, les activités industrielles doivent être déclarées à l'administration.

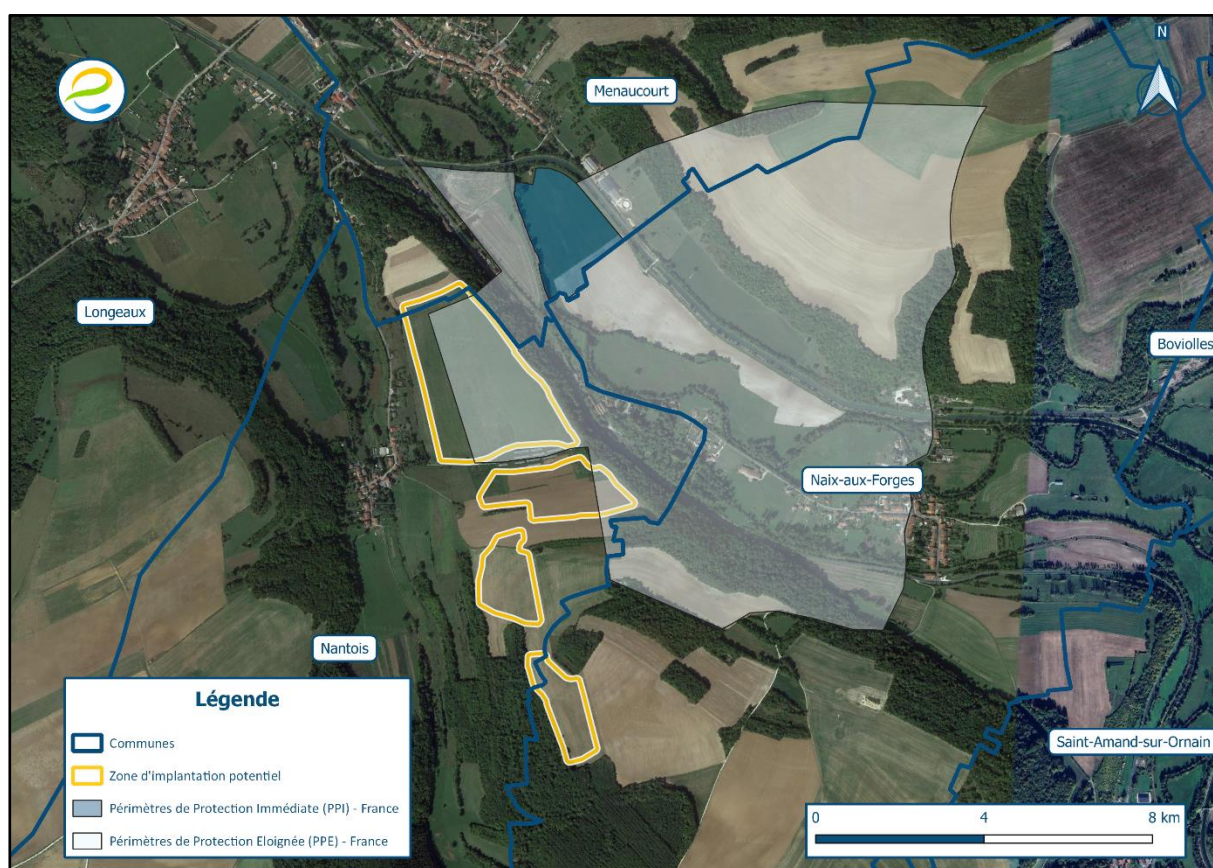


Figure 3 : Emprise de la zone d'étude sur le PPE du captage de Menaucourt

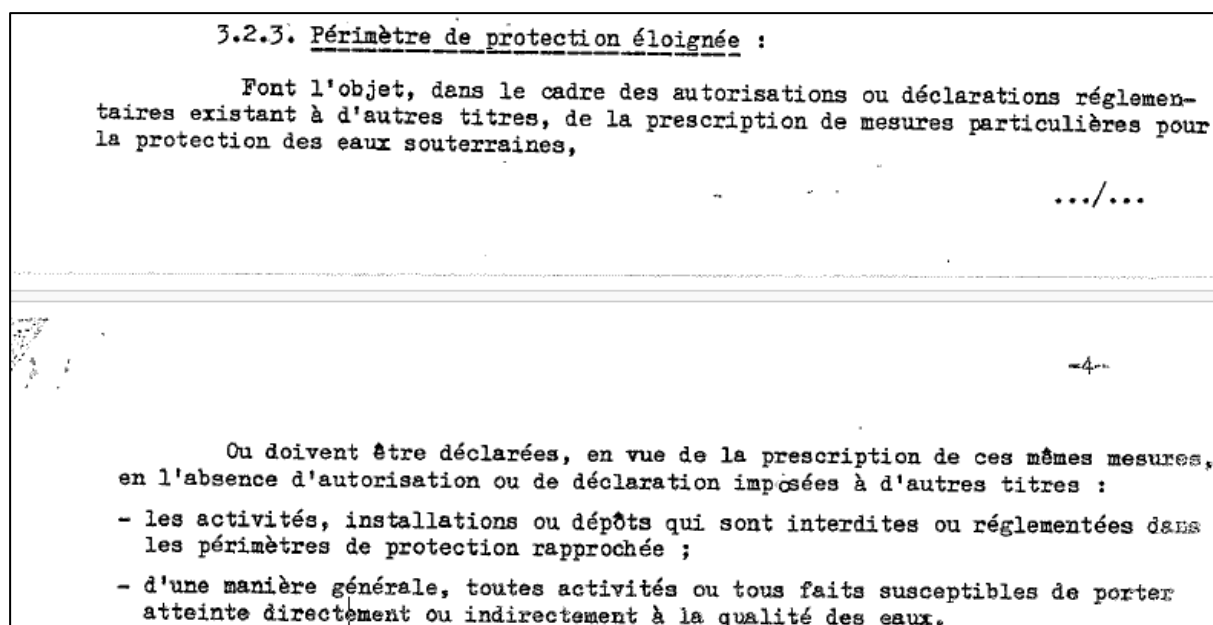


Figure 4 : Extrait de la DUP du captage de Menaucourt, sur le PPE

La DUP n'interdit pas la construction de centrale photovoltaïque. Si certaines dispositions spécifiques pourraient être prescrites à l'issue de l'instruction, sa réglementation est compatible avec l'installation d'une centrale agrivoltaïque. Les attentions apportées à la protection du captage, détaillées par la suite dans cette note, devraient répondre à toutes les exigences qui pourraient être formulées pour le PPE.

c. Le projet de PPR de la source des Grandes Fontaines

Le projet agrivoltaïque est également compris dans un projet de Périmètre de Protection Rapproché (PPR) sur la source des Grandes Fontaines. La Déclaration d'Utilité Publique est en cours d'instruction et le contenu de sa réglementation n'est pas connu du public à ce jour.

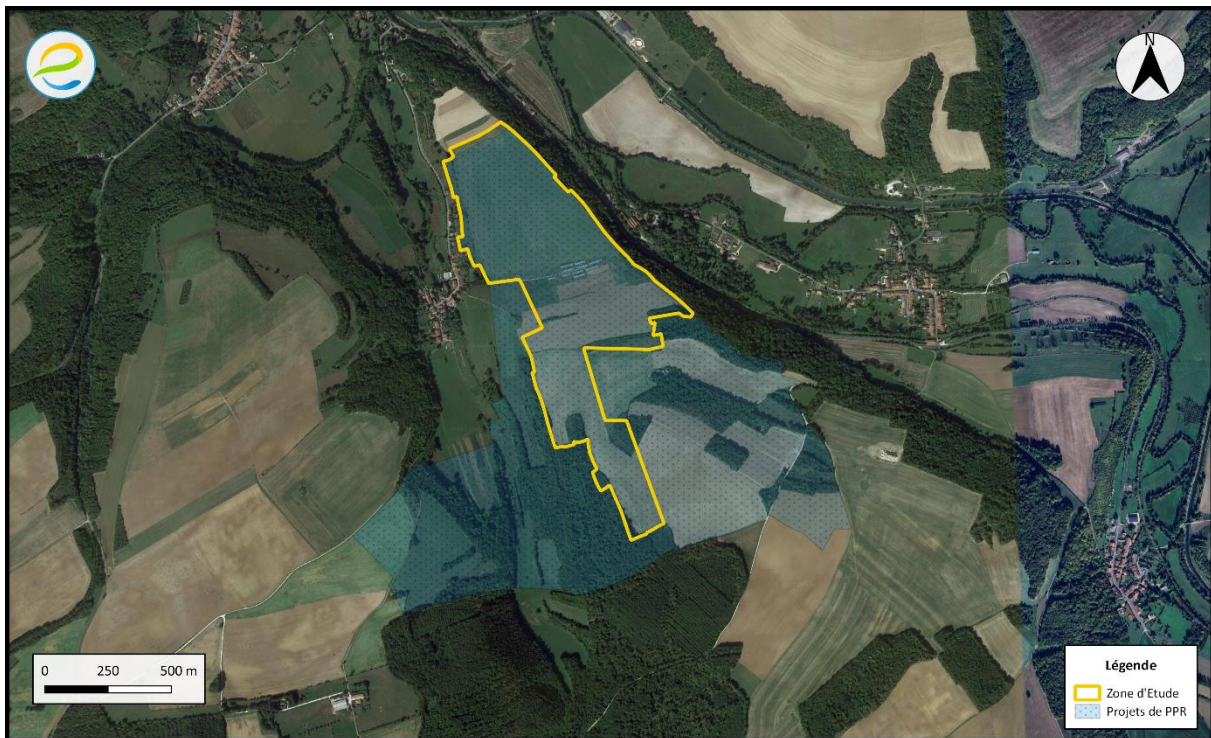


Figure 5 : Emprise de la zone d'étude sur le projet de PPR du captage des Grandes Fontaines

La source des Grandes Fontaines avait toutefois déjà fait l'objet d'une expertise en août 2014 par un hydrogéologue agréé (n°0227 8x 0039). L'avis de l'hydrogéologue agréé fournissait une description de la source, des aménagements et contenait des préconisations de réglementation pour le PPR, entre autres.

Les installations photovoltaïques y sont spécifiquement signalées parmi les activités réglementées : « l'installation d'exploitation de l'énergie photovoltaïque [...] sont autorisés en prenant en compte la présence du point d'eau lors de leur mise en place (fondations) avec interdiction de traiter chimiquement les installations (désherbage) ».

Le sujet des activités agricoles y est également largement abordé et paraît présenter une forte sensibilité. En particulier, l'utilisation et le stockage d'engrais et de produits phytosanitaires paraissent présenter une sensibilité. Les prairies permanentes paraissent être à privilégier.

4 – Constructions et installations	
<u>Activités interdites</u>	<u>Activités réglementées</u>
<p>Constructions et installations y compris les bâtiments agricoles:</p> <p>4.1. Les constructions et installations de toute nature quelle que soit la destination, l'usage et l'objet, autres que celles strictement nécessaires à l'exploitation du réseau d'eau potable</p> <p>4.2 La création de cimetières ou leur agrandissement.</p>	<p>Constructions et installations</p> <p>4.8. L'Installation d'exploitation de l'énergie solaire photovoltaïque et installation d'exploitation de l'énergie éolienne sont autorisés en prenant en compte la présence du point d'eau lors de leur mise en place (fondations) avec interdiction de traiter chimiquement les installations (désherbage)</p>

Figure 6 : Extrait de l'avis de l'hydrogéologue agréé sur la source des Grandes Fontaines (2014), concernant les installations photovoltaïques

7 - Activités agricoles et pâturage	
<u>Activités interdites</u>	<u>Activités réglementées</u>
<p>7.3 La suppression des prairies permanentes existantes à la signature du présent arrêté, à l'exception des cas suivants : Le retournement est autorisé pour la remise en état de parcelles, suite à des dégâts causés par le gibier, par des larves d'insectes ou à un phénomène naturel (inondation), et sous réserve qu'un réensemencement en prairie soit réalisé dans les meilleurs délais.</p> <p>7.4 La suppression des talus, des haies, des bandes enherbées et des surfaces boisées.</p> <p>7.6 les rejets d'effluents agricoles non traités.</p>	<p>7.7 Le pâturage ne doit pas conduire à la destruction du couvert herbacé. Toute détérioration du sol et de son couvert végétal entraînera le retrait immédiat de la totalité des animaux de la zone dégradée, qui ne pourra être à nouveau pâturée qu'après reconstitution de la végétation.</p>

Figure 7: Extrait de l'avis de l'hydrogéologue agréé sur la source des Grandes Fontaines (2014), concernant les activités agricoles et le pâturage

8 - Stockage et épandage d'engrais	
<u>Activités interdites</u>	<u>Activités réglementées</u>
<p>8.1 Le stockage d'engrais organiques, lisier, ou de synthèse excepté dans des locaux dédiés conformes à la réglementation en vigueur et existants à la date de signature du présent arrêté. Pour les fumiers, les fumières seront équipées de récupération des jus vers une fosse aux normes.</p> <p>8.3 L'épandage de purin, lisier, jus d'ensilage et fientes de volailles. Seuls le fumier de dépôt stabilisé pendant au moins 3 mois par an au champ ou stabilisé sur une plateforme de compostage, le compost vert et le compost à pleine maturité sont autorisés.</p> <p>8.4 L'épandage de boues de station d'épuration et de boues industrielles.</p>	<p>8.5 Les lieux de stockage d'engrais azotés organiques, y compris fumier, ou de synthèse sont conçus conformément à la réglementation afin d'empêcher toute pollution. Les produits liquides sont stockés dans des cuves étanches à doubles enveloppes ou munies d'un bassin de rétention étanche. Les bassins présentent une capacité égale au volume stocké.</p> <p>8.6 L'épandage d'engrais azotés organiques ou de synthèse destinés à la fertilisation des sols doivent être conformes aux prescriptions du programme d'actions Directive Nitrates (dose, fractionnement ...).</p>

Figure 8 : Extrait de l'avis de l'hydrogéologue agréé sur la source des Grandes Fontaines (2014), concernant le stockage et l'épandage d'engrais

9 - Stockage et épandage de produits phytosanitaires	
<u>Activités interdites</u>	<u>Activités réglementées</u>
<p>9.1 Le stockage de produits phytosanitaires excepté dans les locaux dédiés conformes à la réglementation en vigueur et existants à la date de signature du présent arrêté.</p> <p>9.2 La préparation de bouillies de traitement et le remplissage du pulvérisateur excepté sur une aire de remplissage conforme à la réglementation en vigueur et existante à la date de signature du présent arrêté.</p> <p>9.3 La vidange de fonds de cuve de pesticides et de produits phytosanitaires et le lavage du matériel en dehors des aires spécialement prévues à cet effet.</p> <p>9.4 L'épandage de tout produit phytosanitaire sur les prairies et les jachères.</p> <p>9.6 L'épandage de tout produit phytosanitaire par voie aéroportée.</p> <p>9.8. L'épandage de produits phytosanitaires par les particuliers (désherbage) dans le cadre d'activité non agricole.</p>	<p>9.9 Les locaux de stockage existants à la date de signature du présent arrêté sont conçus conformément à la réglementation, afin d'empêcher toute pollution du sol.</p> <p>9.10 Les aires de remplissage sont aménagées à proximité des locaux de stockage des produits phytosanitaires. Elles sont étanches, équipée d'un dispositif de rétention et pourvues d'un point d'eau sécurisé empêchant toute contamination du réseau par phénomène de retour d'eau.</p>

Figure 9 : Extrait de l'avis de l'hydrogéologue agréé sur la source des Grandes Fontaines (2014), concernant le stockage et l'épandage de produits phytosanitaires

Le projet des Bussièrès est un projet agrivoltaïque, une filière émergente qui n'existait pas à l'époque de l'avis de l'hydrogéologue, qui combine et développe une synergie entre activité agricole et production d'électricité photovoltaïque. Aussi le projet de réglementation a été étudié pour ces deux activités :

- Pour la partie photovoltaïque, la « prise en compte de la présence du point d'eau » pour les fondations a fait l'objet d'une étude hydrogéologique, présentée par la suite et présent en annexe. Par ailleurs, aucun désherbage chimique ne sera utilisé pour l'entretien de la centrale agrivoltaïque ;
- Pour la partie agricole, le projet permettra de conforter une exploitation agricole de prairies permanentes sans intrants phytosanitaires sur le long terme. Il s'inscrit donc pleinement dans les orientations souhaitées.

Aussi, le projet agrivoltaïque des Bussières paraît bien en ligne avec l'avis de l'hydrogéologue agréé sur le PPR de la Source des Grandes Fontaines.

d. Echanges avec l'Agence Régionale de Santé Grand Est

Après avoir réuni ces premiers éléments et identifié une volonté communale et de la Communauté d'Agglomération, ayant la gestion du captage, d'avancer sur un tel projet agrivoltaïque, ESCOFI a pris attache avec l'ARS et obtenu un retour le 21 avril 2023.

Il est apparu qu'à cause du projet de PPR, et malgré l'avis de l'hydrogéologue agréé, une position prudente devait être adoptée pour le projet, en l'absence de DUP.

Le document faisant référence est le rapport de l'ANSES « *Dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables dans les périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine* » (2011), préconisant, pour un projet comme celui-ci, la réalisation d'une étude de vulnérabilité. La réalisation de cette étude a donc été convenue avec l'ARS.

III. Etat des lieux en France

a. Etude de l'ANSES - 2011

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a rendu en 2011 à travers son rapport « *Dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables dans les périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine* » un avis « *relatif à l'analyse des risques sanitaires liés à l'installation, à l'exploitation, à la maintenance et à l'abandon de dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables (géothermie, capteurs solaires et éoliennes) dans les périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine* ».

En 2011, les centrales agrivoltaïques n'existaient pas. Toutefois, le photovoltaïque au sol et l'agrivoltaïsme peuvent valablement faire l'objet d'une analyse similaire, le premier comprenant le second. Les extraits de l'Avis concernant le photovoltaïque sont présentés ci-dessous :

Énergie solaire photovoltaïque

Sur les sites d'implantation des centrales photovoltaïques, la modification parfois nécessaire de la topographie du site, la création de chemins d'exploitation, l'implantation de bâtiments abritant les équipements électriques, la surface couverte par les panneaux peuvent modifier la perméabilité du sol et les conditions d'écoulement des eaux de pluie.

L'incendie des équipements électriques peut conduire à la formation de sous-produits de combustion mal connus. Selon Lincot *et al.* (2009), pour les panneaux en tellure de cadmium et en cas d'incendie la fuite de cadmium est limitée¹¹. Il est important que les équipements électriques respectent les normes en vigueur, que les bâtiments abritant ces derniers résistent à l'incendie, que des parafoudres soient installés et que la végétation au sol et en périphérie soit entretenue et son développement limité.

Le risque lié aux installations solaires photovoltaïques est jugé faible ou négligeable, excepté en milieu perméable dans les zones où la nappe est libre et peu profonde (< 10 m).

Par ailleurs, en zone karstique, les risques liés à l'installation de dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables ne peuvent être évalués qu'au cas par cas après une étude de vulnérabilité réalisée par un hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique¹².

Tableau : Résultat de l'analyse des risques liés à l'installation de dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables dans les périmètres de protection rapprochée (PPR)

Type d'installation	Vulnérabilité de la nappe *	Nappe captive et semi-captive (pas de zone non saturée)	Nappe libre dont la surface piézométrique < 10 m en hautes eaux		Nappe libre dont la surface piézométrique > 10 m en hautes eaux	
			Zone non saturée perméable (> 10 ⁻⁴ m/s)	Zone non saturée semi-perméable (de 10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁴ m/s)	Zone non saturée perméable (> 10 ⁻⁴ m/s)	Zone non saturée semi-perméable (de 10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁴ m/s)
Installation d'exploitation de l'énergie solaire photovoltaïque		Risque Négligeable	Risque Élevé	Risque Faible	Risque Faible	Risque Faible

* Milieu karstique : étude de vulnérabilité au cas par cas.

Figure 10 : Extraits concernant le photovoltaïque de l'Avis de l'ANSES (2011)

Différents impacts peuvent être liés à l'installation d'une centrale photovoltaïque en Périmètre de Protection de Captage (modifications de topographie, création de chemin, ...). Le risque lié aux installations photovoltaïques est globalement jugé « faible ou négligeable ». En revanche, dans les zones karstiques, comme c'est le cas sur le plateau où se trouve le projet agrivoltaïque des Bussières, une étude de vulnérabilité est recommandée pour une analyse au cas par cas. Celle-ci a donc été réalisée pour le projet et fait l'objet d'une présentation par la suite.

L'Avis de l'ANSES se basait sur le rapport d'expertise collective associé, allant plus dans le détail des risques. Chacun de ceux-ci sont recensés et présentés dans le tableau ci-après, pour chaque phase du projet. L'ensemble des risques a fait l'objet d'un traitement par ESCOFI, présenté par la suite.

Tableau V : Impacts des installations d'exploitation de l'énergie solaire photovoltaïque

	Opération		Danger	Moyen de maîtrise
Phase d'installation	Aménagement de la zone de chantier	Création de voies d'accès d'une plate-forme de stockage et de chemins d'exploitation	Tassement du sol Imperméabilisation partielle <i>Mais, surfaces concernées limitées</i>	Limitation des surfaces mobilisées Création de voies d'accès et de la plate-forme de stockage si possible hors des PPC ou utilisation de voies existantes
		Stockage de produits dangereux (hydrocarbures par exemple)	Infiltration de polluants	Stockage en cuvettes de rétention
		Assainissement du chantier	Infiltration de polluants	Mise en place de sanitaires de chantier conformément à la réglementation
	Conduite du chantier	Circulation de véhicules de chantier et de transport	Infiltration d'hydrocarbures <i>Mais, utilisation des chemins d'exploitation</i>	Aucun
		Entretien des véhicules, utilisation de groupes électrogènes	Infiltration de polluants (hydrocarbures notamment).	Pas de stockage d'hydrocarbures et de fluides dans les PPC Entretien et réparation des engins hors des PPC Présence de kits anti-pollution (absorbants et floculants) sur le site
	Modification de la topographie du site		Déplacement et mélange de terre Modification de la perméabilité du sol et des conditions d'écoulements, possibilité d'infiltration d'hydrocarbures	Interdiction de retravailler le site
	Pose ou construction des supports des panneaux solaires	Décapage du sol éventuel, création de secteurs drainants Imperméabilisation du sol <i>Mais sur une faible surface</i>		Choix de supports reposant sur le sol
		Imperméabilisation du sol <i>Mais sur une faible surface</i>		Choix de fondations à faible emprise (ex. : pieux)
	Implantation d'abris préfabriqués ou construction de bâtiments pour les équipements électriques et la maintenance		Imperméabilisation du sol <i>Mais sur une faible surface</i>	Installation si possible à l'extérieur des PPC
	Pose de câbles et de boîtes de jonction enterrés		Déplacement et mélange de terre Modification de la perméabilité du sol Infiltrations préférentielles au niveau des tranchées (=drains)	Pose de câbles à « enterrabilité directe »
Phase d'exploitation et de maintenance	Utilisation de véhicules		Infiltration de polluants (hydrocarbures) <i>Mais, circulation sur les chemins d'exploitation et fréquences limitées</i>	Aucun
	Utilisation de divers matériaux pour le montage des modules.		Entraînement d'éléments métalliques (ex. : Zn^{2+} si acier galvanisé) <i>Mais rétention possible dans la zone non saturée du terrain</i>	Aucun
	Recouvrement du sol par des modules (30 à 35% de l'emprise totale pour une installation fixe en rangées).	Concentration des précipitations au pied des modules		Aucun vis-à-vis de la modification des écoulements
		Modification de l'infiltration et du ruissellement		Écartement suffisant des panneaux pour assurer la transparence hydraulique
		Érosion du sol		Maintenir l'enherbement pour limiter l'érosion
	Utilisation d'équipements électriques (onduleurs, transformateurs, poste de livraison, câbles, modules, etc.)		Incendie Sous produits de combustion mal connus (mobilité et toxicité) Pas de possibilité d'éteindre la combustion <i>Mais concernant les panneaux en TeCd, les fuites en Cd sont limitées par les plaques de verre et par formation d'une matrice inerte avec le verre lors de la fusion (Lincot et al.)</i>	Respect des normes pour les équipements électriques Utilisation d'abris résistants à l'incendie Installation de parafoudres conformes aux normes Entretien de la végétation au sol dans l'installation et en périphérie Création d'une bande sans végétation en périphérie de l'installation Déclenchement d'une alarme transmise à un service capable d'intervenir en urgence
	Opérations de maintenance effectuées par des agents extérieurs à la production et/ou la distribution d'eau		Agents peu familiarisés avec les risques liés à l'EDCH	Établissement de conventions entre les différents acteurs, précisant notamment leurs responsabilités respectives Formation des agents
	Nettoyage des surfaces des modules		Écoulement de produits de nettoyage <i>Mais en général auto-nettoyage par l'eau de pluie</i>	Utilisation exclusive d'eau
	Entretien de la végétation de la parcelle		Entraînement d'herbicides	Entretien mécanique
	Bris de panneaux		Lixiviation possible de Cd <i>Mais limitée et très lente (Lincot et al.) et rétention dans la zone non saturée du sol</i>	Aucun
Phase d'abandon	Abandon d'éléments en béton ou de panneaux	Imperméabilisation partielle	Les panneaux usagés doivent être récupérés pour être recyclés Nettoyage complet du site, labour, remise en prairie	
	Abandon des câbles	Zones d'infiltration privilégiées	Aucun	
	Ouvertures de tranchées pour retirer les câbles	Déplacement et mélange de terre Modification de la perméabilité du sol Infiltrations préférentielles au niveau des tranchées (=drains)	Remblaiement	

Figure 11 : Extrait du rapport d'expertise collective de l'ANSES (2011)

b. Etat de l'existant

Afin de tirer parti d'éventuels retours d'expérience, une analyse a été menée pour identifier si des centrales photovoltaïques avaient été construites sur des PPR en France, postérieurement à l'avis de l'ANSES.

De nombreuses centrales photovoltaïques ont bien été installées en France sur des zones de protection de captage, en PPR (liste ci-dessous). Ces dossiers ont pour partie fait l'objet de saisines des ARS locales et des expertises d'hydrogéologues agréés ont parfois été menées pour montrer la compatibilité de ces centrales avec la protection du captage d'eau potable. Les avis favorables ont permis, si aucun autre enjeu n'y faisait obstacle, d'aboutir à la construction de toutes ces centrales.

Chaque captage étant différent, et les informations disponibles au public étant généralement limitées sur des Permis de Construire de plusieurs années, la seule conclusion générique qui a pu en être tirée est la nécessité d'une étude hydrogéologique afin de concevoir la centrale au mieux. Cela permet également de démontrer la compatibilité, au cas par cas, de ces centrales avec les enjeux d'un PPR. Enfin, il n'y a pas eu, à notre connaissance, d'incident sur les captages lié à la présence d'une centrale photovoltaïque depuis leur construction.

Commune (Dpt)	Centrale photovoltaïque	Captage concerné	Date de mise en service / de PC
Athies-sous-laon et Samoussy (02)	Athies-Samoussy	Le chemin de Monthaon	2021
Châteauneuf-Val-saint-Donat (04)	-	Source du Thoron	2020
Sisteron (04)	-	Puit de St Jerome	2013
Upaix (05)	-	Captage de Claret	2018
Istres (13)	Urba 133	Captage de Salauze	2016
Le Chay (17)	Urba 107	La Bourgeoisie	2021
Bedenac (17)	-	Le Jarculet	2018 / 2014
Lannion (22)	Centrale de Buhulien	Lestreuz	2011
Bourg-lès-Valence (26)	CNR de Bourg les Valence	Puit de combeaux	2021
Martillac (33)	Centrale de Montesquieu	La Cape	2008
Levroux (36)	Centrale solaire de Levroux	Captage du Gour	2020 / 2011
Lhospitalet (46)	-	Fontaine des Chartreux	2011
Bédarieux (34)	Centrale solaire des Terres rouges	Sources des Douzes et de la Joncasse	2017
Bessan (34)	-	Station Filliol	2020
Saint-Georges-D'Espérenche (38)	SAS Lafayette	Les forages de Lafayette	2021
Saint-Christophe-sur-Dolaison (43)	La clé des champs	Roumey	2022
Rosières-en-Haye (54)	Toul-Rosières	Forage communal	2012
Torreilles (66)	Ferme PV6	Forage Coutius	2015

Cabasse (83)	Cuxac- Cabardès	Forage Guinguette du Lac	2016
Mazaugues (83)	Soleil de Mazaugues	Source des Lecques	2013

Figure 12 : Liste des centrales photovoltaïques se situant partiellement ou totalement en Périmètre de Protection Rapproché de captage d'eau, en France Métropolitaine

IV. Etude hydrogéologique menée sur le projet

Conformément à la demande de l'ARS, à l'Avis de l'ANSES et aux enseignements tirés des nombreuses centrales photovoltaïques construites en France en Périmètres de Protection de Captages, pour assurer de la compatibilité entre le projet agrivoltaïque et la protection du captage d'eau, la société Escofi a fait appel au bureau d'étude spécialisé en hydrogéologie Burgeap pour mener une **étude de vulnérabilité** ainsi qu'une **évaluation des risques** sur les eaux souterraines d'un projet de parc agrivoltaïque. Cette étude se trouve en Annexe 1.

Il s'agit d'une évaluation des risques sur les eaux souterraines du projet de parc agrivoltaïque. Le rapport évalue notamment les risques mis en évidence par l'avis de l'hydrogéologue agréé émis en 2014 sur la source des Grandes Fontaines. Une évaluation du risque lié aux fondations (les pieux) a été effectuée, et des recommandations pour la mise en œuvre du chantier ont été faites.

a. Etude de vulnérabilité

Il ressort de cette étude que, le sol étant vraisemblablement karstique, la vulnérabilité de la source est caractérisée, mais que les risques associés sont cependant limités.

A la demande de l'ARS, BURGEAP a étudié l'intérêt de réaliser des traçages afin de vérifier les circulations d'eaux souterraines au droit du site. Cette étude n'a au final pas été jugée nécessaire par BURGEAP :

« Au vu des éléments acquis, dans le cas de figure étudié, ces investigations n'apparaissent pas adaptées :

- *La centrale occuperait une superficie assez vaste et un accident peut survenir en n'importe quel lieu. Un traçage ne permettra de tester que quelques secteurs ;*
- *Aucun indice de karst n'est identifié en surface, si ce ne sont les talwegs, zone d'infiltration préférentielle très probable. Un test pourrait être prévu dans ces zones, mais rien n'indique qu'il n'existe pas d'autres zones de circulation souterraine au droit du site, qui ne seraient pas testées ;*

Ainsi, la réalisation d'un traçage permettrait au mieux de confirmer la localisation du site au sein du bassin d'alimentation de la source, ce qui apparait évident déjà au stade de l'étude. Un résultat négatif ne permettrait pas de conclure à l'inverse, aucune certitude n'étant possible sur le fait d'avoir recoupé ou non une zone de circulation lors du traçage. »

Aussi, ESCOFI a souhaité mettre en place toutes les mesures permettant d'arriver à des risques négligeables sur l'intégralité du site.

b. Impact des fondations

Concernant les fondations, objets d'une demande de « prise en compte » dans l'avis de l'hydrogéologue agréé de 2014, l'étude conclut à un risque négligeable.

Les fondations seront réalisées avec des pieux battus mono-pieu, technique la moins invasive du sol : sans béton, un pieu en métal est planté, sans retournement de sol, à une profondeur ne pouvant dépasser 2m.

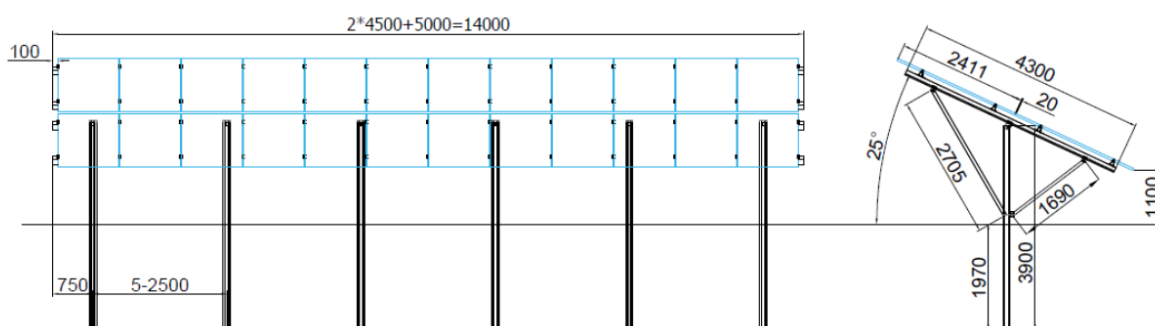


Figure 13 : Type de fondations utilisées pour le projet agrivoltaïque des Bussières

Le niveau d'eau ne pouvant pas être rencontré avant 20m, BURGEAP retient cette solution comme sans risque et donc adaptée à la prise en compte de la source.

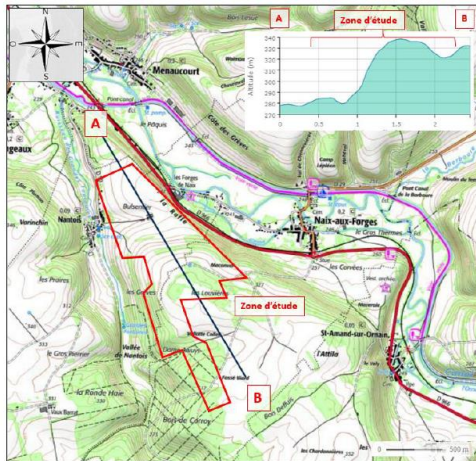


Figure 18 : Profil topographique du projet (source : IGN, annotations : BURGEAP)

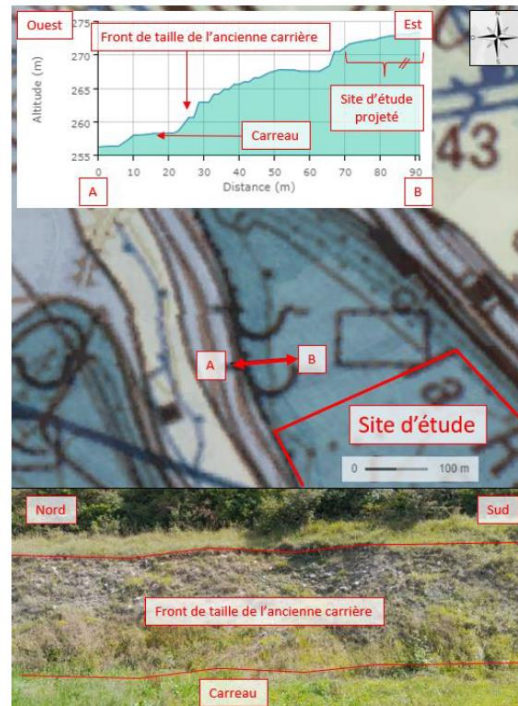


Figure 10 : Carrière du Tithonien inférieur (source : BRGM/BURGEAP, annotations BURGEAP)

Après prise en compte de la source, les fondations par pieux battus peuvent donc être retenues comme adaptées au site.

c. Risques de pollution

Comme le rappelle BURGEAP, sur la base des travaux de l'ANSES, *« l'exploitation en elle-même d'une centrale agrivoltaïque ne génère pas de risque particulier vis-à-vis des eaux souterraines. C'est pourquoi les risques résiduels peuvent être considérés comme faibles du fait de leur occurrence aléatoire. Ils sont liés :*

- *soit à une pollution accidentelle en phase travaux ;*
- *soit à une pollution accidentelle lors de la maintenance en phase d'exploitation. »*

Le risque en phase chantier serait circonscrit autour d'une zone d'accident. Des mesures préventives et curatives fortes afin de minimiser et supprimer tout impact d'une pollution permettront d'éviter les risques associés, ces mesures sont détaillées dans la partie suivante.

En période d'exploitation, le principal risque relevé par l'ANSES correspond à l'infiltration possible de sous-produits de la combustion des matériaux lors d'un incendie et/ou par l'infiltration des mousses anti-incendie utilisées par les pompiers. Ces risques sont donc maîtrisables par une conception évitant les risques d'incendies, une gestion adaptée et la mise en place des éléments sensibles sur bac de rétention des eaux. Les aménagements associés sont détaillés dans les deux parties suivantes.

V. Mise en œuvre des prescriptions et recommandations sur le projet des Bussières

a. Recommandations de BURGEAP

À la suite de l'analyse de vulnérabilité, BURGEAP a été missionnée pour formuler des recommandations à appliquer sur le projet agrivoltaïque des Bussières permettant d'éviter tout risque d'impact sur la source des Grandes Fontaines :

« Les risques pourront être réduits si l'opérateur met en place et garantit le maintien sur la durée des mesures de prévention suivantes :

- Mise sur rétention des équipements sensibles (bâtiments transformateurs / onduleurs / points d'injection / parking engins / etc.) ;
- Prévention forte des risques de départ incendie (maintien d'un couvert végétal bas, etc.) ;
- Réduction des impacts d'un éventuel incendie :
 - o Conception : espacement pour éviter les effets domino ;
 - o Eaux incendie : non utilisation de mousse d'extinction ;
 - o Gestion des eaux d'incendie pour les équipements sensibles mis sur rétention. »

b. Intégration au projet

Suite au retour de ces différentes expertises, le projet agrivoltaïque prévoit de mettre en place les différentes recommandations prévues par l'étude hydrogéologique de Burgeap.

Concernant les fondations :

1. Les fondations des rangées de panneaux photovoltaïques se feront par pieux battus. Une fondation avec une profondeur inférieure à 2m n'aura pas d'impact sur la source.

Concernant le risque de pollution en phase chantier :

1. Une plateforme de chantier sera prévue en-dehors du Périmètre de Protection Rapproché pour procéder à toutes les opérations de maintenance des engins de chantier, ainsi qu'au stationnement des véhicules ;
2. Des kits anti-pollution seront présents sur site pendant toute la durée du chantier, pour prévenir et remédier à tout accident ;
3. Les intervenants sur chantier seront sensibilisés au risque et formés pour intervenir au plus vite ;
4. Les engins de chantier utilisés seront sur chenilles pour répartir le poids pour maintenir un couvert végétal, indispensable à un projet agrivoltaïque ;

Concernant le risque de pollution en phase exploitation :

1. Le projet de centrale respecte toutes les préconisations du SDIS ;
2. Le couvert végétal sera maintenu bas, le site étant dédié à une pâture de brebis. Les éventuels refus, rares dans le cas des brebis, seront traités par débroussaillage mécanique, sans produit chimique ;
3. En cas d'incendie d'éléments de la centrale (voire partie suivante), le SDIS n'interviendra pas sur les éléments électriques et limiterait son intervention sur les espaces végétalisés. La réserve d'eau utilisée pour cela sera celle mise à disposition sur la centrale, dans des réserves DFCL, qui ne contiendront que de l'eau sans adjuvant. Aucune mousse d'extinction ne pourra donc être utilisée sur le site, conformément aux prescriptions du SDIS ;
4. Les transformateurs et autres équipements électriques seront enfermés dans des coffrages en béton, coupe-feu de niveau M0. Un éventuel incendie d'une installation électrique resterait ainsi dans une enceinte close. Conformément aux normes électriques en vigueur, les éléments seront par ailleurs mis sur rétention, avec un volume permettant d'absorber 10mm de pluie, pour parer à un éventuel affaissement du toit de l'enceinte béton ;
5. La porte des transformateurs sera placée vers le bas de la pente, pour se prémunir d'éventuels effets de ruissellement.

Aussi, le projet de centrale se conforme à toutes les préconisations émises dans le rapport de BURGEAP, s'appuyant lui-même sur l'avis de l'ANSES.

VI. Analyse du risque spécifique incendie

a. Composition d'une centrale et inflammabilité

En période d'exploitation, le principal risque relevé par l'ANSES correspond à l'infiltration possible de sous-produits de la combustion des matériaux, il convient donc d'examiner les différents matériaux présents sur la centrale. La centrale agrivoltaïque des Bussièrès sera composée de plusieurs éléments : les modules photovoltaïques, les câbles électriques, les structures porteuses, les postes de livraison, les pistes DFCL, les équipements agricoles.

1. Les modules photovoltaïques

La question d'éventuels sous-produits de combustion de panneaux photovoltaïques est un sujet abordé par l'ANSES dans son rapport d'expertise de 2011.

Les cellules en silicium sont les plus utilisées pour les installations sur toitures et les cellules en tellure de cadmium (CdTe) pour les installations au sol. Les panneaux photovoltaïques au tellure de cadmium contiennent environ 7 g de cadmium, principalement sous forme de tellure de cadmium (CdTe) et de petites quantités de sulfure de cadmium (CdS) (Lincot *et al.* 2009) :

- les atomes de cadmium (Cd) sont engagés dans des liaisons fortes avec les atomes de tellure (Te) et de soufre (S). Ainsi en cas de bris d'un panneau, même si la lixiviation de Cd est possible, celle-ci sera limitée et très lente ;
- les couches contenant le cadmium sont placées entre deux plaques de verre de 3 mm d'épaisseur chacune. Ainsi en cas d'incendie, les fuites sont limitées par les plaques de verre et par fusion du verre il se forme une matrice inerte.

Figure 14 : Extrait du rapport d'expertise de l'ANSES, 2011

L'ANSES s'était à l'époque concentrée sur les panneaux présentant le plus de risques, à savoir ceux utilisant du tellure de cadmium et concluait qu'une éventuelle lixiviation serait « limitée et très lente ».

Les panneaux solaires installés aujourd'hui ne contiennent plus de tellure de cadmium ni de sulfure de cadmium, la technologie du silicium monocristallin s'étant imposée. Les panneaux prévus pour le projet des Bussièrès, de modèle Jinko Tiger Neo 66HL4M-BDV 615W, seront donc de cette technologie.

Composés de silicium (modules), de verre (protection des modules), d'argent (anode) et d'aluminium (cadre), les panneaux sont composés de matières inertes.

Par ailleurs, avec l'évolution de la réglementation, les panneaux solaires doivent maintenant répondre à la norme de résistance au feu IEC 61730-2 (liée

principalement aux panneaux en toiture, mais applicable également aux panneaux installés au sol), composée de deux tests :

- Propagation de flamme : le panneau solaire est exposé à une flamme de 325 à 378 kW pendant une durée de 4 à 10 minutes
- Résistance à un incendie extérieur : du bois inflammé est posé sur le panneau solaire, jusqu'à disparition du bois ;

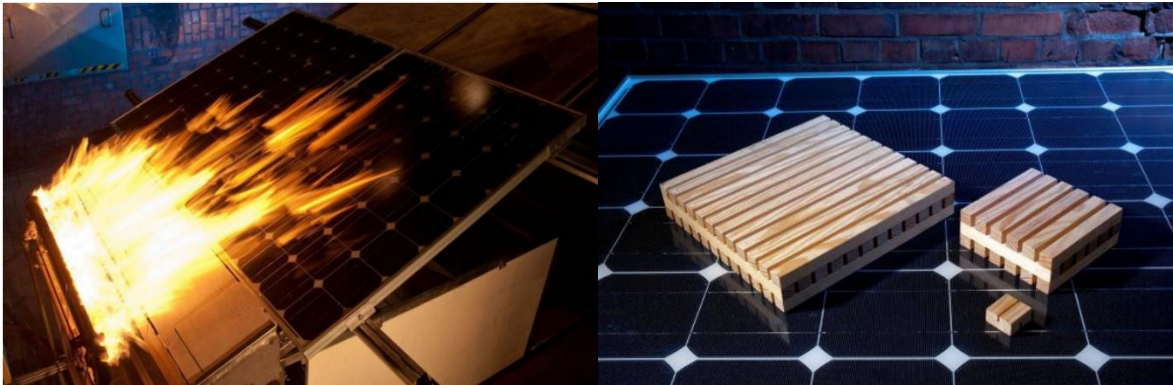


Figure 15: Test de résistance au feu des panneaux photovoltaïques selon la norme IEC 61730-2

La norme exige que, dans ces deux tests :

- Aucune partie du panneau solaire ne prenne feu ou ne tombe du banc d'essai, l'intégrité du panneau doit être maintenue ;
- Les zones endommagées par les flammes ne doivent pas dépasser 1,82 à 3,90m, selon la classe du panneau (Fireclass A à C) ;
- Le feu ne doit pas se propager sur les panneaux voisins.

Aussi, les panneaux solaires actuels ne peuvent ni mener à des pollutions, ni propager d'incendie.

2. Les câbles électriques

Les câbles électriques sont en cuivre, dans une gaine non-propagatrice au feu, et répondent aux normes électriques en vigueur. Dans un projet agrivoltaïque, afin d'éviter les risques pour les animaux, les câbles sont par ailleurs passés dans des gaines métalliques directement dans la structure.

3. Les structures porteuses

Les structures porteuses sont en acier galvanisées, et ne présentent aucun élément inflammable.

4. Les postes de livraison et autres équipements électriques

Les installations électriques (postes de livraison, poste de transformation) peuvent être installés dans des containers en métal (solution conventionnelle) ou en béton, pour une question de sécurité incendie. Dans le cas du projet des Bussièrès, les containers seront en béton avec des parois de 10cm d'épaisseur, de manière à satisfaire au critère M0 et servir de coupe-feu.

Les postes de transformation permettent d'augmenter la tension du courant pour la rendre compatible avec le réseau public HTA (convertissent l'électricité de 400 volts à 20 000 volts).

Cinq postes transformateurs de 3 500 kVA seront installés sur la centrale agrivoltaïque et doivent être installés le long des allées techniques centrales du site. Les postes de transformation sont ensuite connectés aux postes de livraison où se trouvent les cellules de branchement ainsi que les protections coupe-circuit.

Habituellement situés à l'entrée de la centrale, les postes de livraison ont pour le projet des Bussièrès été décalés en dehors du PPR.

Enfin, conformément aux normes électriques, les installations (postes de transformation et livraison) contiendront des bacs de rétention d'huile et seront posés sur des bassins de rétentions (porte surélevée) permettant de contenir des précipitations de 100mm, en cas d'affaissement de la partie supérieure de l'enceinte.

5. Les pistes DFCI

Les pistes DFCI font le tour de la centrale, et des pistes d'accès internes sont prévues de manière à ce que tout élément de la centrale soit à moins de 100m d'une piste. En grave non traitée, les pistes DFCI sont perméables à l'eau et composées de matériaux inertes. En améliorant la portance, elles permettent aux camions de pompier un accès simple et rapide à l'ensemble du site.

6. Les équipements agricoles et clôtures

Divers équipements agricoles ordinaires seront installés sur la centrale, comme des bacs d'eau, des clôtures en acier galvanisés. Aucun stockage de lisier, de produit

phytosanitaire, ni bergerie n'est prévue sur site, qui sera uniquement dédié à la pâture.

b. Examen de l'accidentologie et recommandations du SDIS

Les centrales agrivoltaïques et photovoltaïques au sol font l'objet de prescriptions de la part du SDIS pour limiter le risque incendie. Avec un retour d'expérience de plus de 15 ans, les centrales solaires sont maintenant bien connues des services de pompiers. Il n'existe pas à notre connaissance de recensement d'incendies de centrales solaire, les seuls existants concernant des toitures.

Les centrales répondant aux dernières prescriptions des SDIS sont maintenant des points d'appuis pour les pompiers. En effet, si le risque incendie lié aux centrales peut aisément être évité, les installations connexes restent utilisables pour lutter contre les feux de forêt ou de végétation qui peuvent survenir aux alentours.

Lors d'un incendie, les pistes DFCI créées à l'intérieur des parcs photovoltaïques permettent de lutter plus efficacement contre la propagation des flammes. La nature inerte des matériaux composant les panneaux photovoltaïque (encapsulation en verre) empêche la propagation des flammes le long des tables de panneaux photovoltaïques. Les flammes se propagent donc par la végétation.

“Les retours d'expérience menés ces dernières années sur des incendies qui ont menacé des parcs photovoltaïques montrent que les équipements DFCI externes de ces parcs (pistes externes et bandes débroussaillées) ont pu être utilisés lors d'incendies majeurs (sans entrer dans le parc) en profitant du débroussaillage interne du parc qui avait réduit l'intensité de l'incendie lorsque celui-ci arrivait sur les équipements DFCI situés à l'extérieur du parc.[...] La présence de parcs photovoltaïques implantés au contact d'ouvrages DFCI (sans empiéter sur ceux-ci) a pu augmenter l'efficacité des interventions.” (Etude technique – INERIS – ONF - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires - 2023)

L'agrivoltaïsme, avec des panneaux plus hauts, plus espacés et sur un terrain agricole entretenu, devrait par ailleurs permettre de réduire encore ce risque. En effet, comme le précise l'état de l'art concernant les risques incendies liés au photovoltaïque, « Les risques d'incendie peuvent être réduits par le pâturage ou l'enlèvement de la biomasse. [...] Pour éliminer ce risque, il est nécessaire d'utiliser des méthodes appropriées de gestion de la végétation, telles que le pâturage ou la tonte régulière

de la végétation. »¹, ce qui est précisément le cas dans un projet comme celui des Bussières, qui est combiné à une exploitation de pâturage ovin.

c. Risques liés à un incendie

Le risque principal identifié en phase d'exploitation est l'infiltration possible de sous-produits de la combustion des matériaux lors d'un incendie ou l'infiltration de mousse anti-incendie.

Concernant ce dernier point, le SDIS 55 a confirmé n'utiliser que de l'eau sans adjuvant pour l'extinction des incendies, provenant directement des citernes mises à disposition par l'exploitant du parc. Aucune mousse anti-incendie ne peut donc se retrouver au sein du parc.

Concernant la production de sous-produits de combustion en cas d'incendie, le rapport cite précisément la problématique des panneaux en tellure de cadmium dont une fuite de cadmium serait dommageable pour le captage. Les panneaux photovoltaïques utilisés pour le projet des Bussières, comme pour l'ensemble des projets aujourd'hui, n'utilisent plus de tellure de cadmium. Les panneaux sont par ailleurs résistants au feu.

Enfin, le rapport insiste sur le fait qu'il est important que « *les équipements électriques respectent les normes en vigueur, que les bâtiments abritant ces derniers résistent à l'incendie, que des parafoudres soient installés et que la végétation au sol et en périphérie soit entretenue et son développement limité.* » Le parc agrivoltaïque des Bussières a été conçu de manière à lutter efficacement contre les incendies en respectant toutes les préconisations du SDIS ainsi que l'ensemble des réglementations électriques. Les bâtiments abritant les équipements électriques seront résistants à l'incendie. Enfin, un parc agrivoltaïque nécessite d'installer des panneaux en hauteur, à 1,5m du sol au point bas, avec un entretien de la végétation au sol intrinsèque au projet par pâturage ovin.

¹ *Fire hazard associated with different types of photovoltaic power plants: Effect of vegetation management - Magdalena D. et al, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022*

Toutes les mesures prescrites par le SDIS ont été respectées, pour permettre d'éviter au maximum une pénétration d'un incendie à l'intérieur de la centrale.

Des pistes stabilisées, perméables, en matériaux inertes (graviers) font le tour complet du site, et font office de coupe-feu si un incendie externe venait à atteindre le parc photovoltaïque. L'espacement moyen de 8m entre les rangées de panneaux (bords à bords) permet également d'après un entretien avec des pompiers du SDIS55 de faire coupe-feu pendant 2h. 3 citernes d'eau seront également réparties sur le site.

Le dimensionnement de la centrale agrivoltaïque permet de limiter au maximum le risque incendie ainsi que sa propagation et ses potentielles nuisances. Son dimensionnement permet également de maintenir une sécurité anti-intrusion.

VII. Récapitulatif des risques et des mesures associées

Les différents risques et mesures ont été évoquées à travers ce dossier. Globalement, les principales mesures mises en œuvre sont les suivantes :

- La centrale agrivoltaïque étant sur terrain agricole, et devant donc respecter une production agricole, la phase travaux sera pensée pour impacter le moins possible le sol et sa perméabilité.
- Tous les stockages de produits se feront sur cuvette de rétention en-dehors de la zone de captage.
- La base vie pendant le chantier sera également installée en-dehors du périmètre de captage.
- Une formation du personnel de chantier aux enjeux du captage sera effectuée.
- Chaque entreprise intervenant sur le chantier sera munie de kit anti-pollution et de produits absorbants.
- Les phases d'entretien/de réparation des véhicules de chantier sera effectuée en-dehors de l'aire de captage.
- Les structures seront sur pieux battus, sans béton, et n'auront pas d'impact sur la source.
- Une couverture végétale, du fait du caractère agricole du terrain, sera maintenue en permanence, permettant ainsi d'éviter l'érosion du sol.
- L'entretien de la prairie ou des panneaux photovoltaïques se fait sans utilisation de produits phytosanitaires ou autre produit chimique susceptible de porter atteinte à la qualité des eaux.
- Les postes de transformation et de livraison seront enfermés dans une enceinte de béton, avec une cuve de rétention suffisante.
- Des panneaux résistants au feu et sans tellure de cadmium seront utilisés

A des fins d'exhaustivité, bien que le contexte ait beaucoup évolué depuis, ESCOFI a souhaité repartir du dernier document de référence, le rapport de l'ANSES de 2011, pour lister l'ensemble des mesures réalisées, permettant d'aboutir à un risque négligeable pour le captage.

	Opération		Danger	Moyen de maîtrise	Solutions retenues par ESCOFI
Phase d'installation	Aménagement de la zone de chantier	Création de voies d'accès d'une plate-forme de stockage et de chemins d'exploitation	Tassement du sol imperméabilisation partielle <i>Mais, surface concernées limitées</i>	Limitation des surfaces mobilisées Création de voies d'accès et de la plate-forme de stockage si possible hors des PPC ou utilisation de voies existantes	Etude de tassement de sol réalisée par la Chambre d'Agriculture et utilisation d'engins de chantier plus légers pour maintenir le couvert végétal Surface de voies d'accès réduites au minimum réglementaire, avec réutilisation maximale des voies d'accès existantes Installation de la plateforme de chantier (parking, sanitaires, stockage et plateforme de maintenance) en dehors du PPR, avec cuvette de rétentions pour les stockages et maintenance
		Stockage de produits dangereux (hydrocarbures par exemple)	Infiltration de polluants	Stockage en cuvette de rétention	Installation de la plateforme de chantier (parking, sanitaires, stockage et plateforme de maintenance) en dehors du PPR, avec cuvette de rétentions pour les stockages et maintenance
		Assainissement du chantier	Infiltration de polluants	Mise en place de sanitaires de chantier conformément à la réglementation	Installation de la plateforme de chantier (parking, sanitaires, stockage et plateforme de maintenance) en dehors du PPR, avec cuvette de rétentions pour les stockages et maintenance
	Conduite du chantier	Circulation de véhicules de chantier et de transport	Infiltration d'hydrocarbures <i>Mais, utilisation des chemins d'exploitation</i>	Aucun	Sensibilisation des équipes de chantier via cahier des charges et réunions HSQE Mise à disposition de kit anti-pollution (absorbants et floculants) sur site
		Entretien des véhicules, utilisation de groupes électrogènes	Infiltration de polluants (hydrocarbures notamment)	Pas de stockage d'hydrocarbures et de fluides dans les PPC Entretien et réparation des engins hors des PPC Présence de kits anti-pollution (absorbants et floculants) sur le site	Installation de la plateforme de chantier (parking, sanitaires, stockage et plateforme de maintenance) en dehors du PPR, avec cuvette de rétentions pour les stockages et maintenance Mise à disposition de kit anti-pollution (absorbants et floculants) sur site
	Modification de la topographie du site		Déplacement et mélange de terre Modification de la perméabilité du sol et des conditions d'écoulement, possibilité d'infiltration d'hydrocarbures	Interdiction de retravailler le site	Pas de terrassement ni de travail du sol Etude de tassement de sol réalisée par la Chambre d'Agriculture et utilisation d'engins de chantier plus légers pour maintenir le couvert végétal Semis pré-construction et post-construction pour aider à stabiliser le couvert végétal
	Pose ou construction des supports des panneaux		Décapage du sol éventuel, création de secteurs drainants Imperméabilisation du sol <i>Mais sur une faible surface</i>	Choix de supports reposant sur le sol	Utilisation de structures en pieux battus, sans structure béton, permettant une emprise au sol minimal

	Opération	Danger	Moyen de maîtrise	Solutions retenues par ESCOFI
Phase d'exploitation et de maintenance		Imperméabilisation du sol <i>Mais sur une faible surface</i>	Choix de fondations à faible emprise (ex : en pieux)	Utilisation de structures en pieux battus, sans structure béton, permettant une emprise au sol minimal
	Implantation d'abris préfabriqués ou construction de bâtiments pour les équipements électriques et la maintenance	Imperméabilisation du sol <i>Mais sur une faible surface</i>	Installation si possible à l'extérieur des PPC	Installation du poste de livraison hors du PPR
	Pose de câbles et de boîtes de jonction enterrés	Déplacement et mélange de terre Modification de la perméabilité du sol Infiltrations préférentielles au niveau des tranchées (=drains)	Pose des câbles à "enterrabilité directe"	Utilisation de câbles à "enterrabilité directe"
	Utilisation de véhicules	Infiltration de polluants (hydrocarbures) <i>Mais, circulation sur les chemins d'exploitation et fréquences limitées</i>	Aucun	Sensibilisation des équipes de maintenance via cahier des charges et réunions HSQE Mise à disposition de kit anti-pollution (absorbants et floculants) sur site
	Utilisation de divers matériaux pour le montage des modules	Entrainement d'éléments métalliques (ex : Zn 2+ si acier galvanisé) <i>Mais rétention possible dans la zone non saturée du terrain</i>	Aucun	Aucun, mais vu le contexte de la source (>20 m de profondeur, avec des failles karstiques), les surfaces concernées seraient particulièrement limitées
	Recouvrement du sol par des modules (30 à 35% de l'emprise totale pour une installation fixe en rangées).	Concentration des précipitations au pied des modules	Aucun vis-à-vis de la modification des écoulements	Maintien d'un espace entre chaque panneau, pour la transparence hydraulique (faciliter l'infiltration à travers une même table et éviter l'effet gouttière)
		Modification de l'infiltration et du ruissellement	Ecartement suffisant des panneaux pour assurer la transparence hydraulique	Maintien d'un espace entre chaque panneau, pour la transparence hydraulique (faciliter l'infiltration à travers une même table et éviter l'effet gouttière) Réduction du taux d'emprise des panneaux sur emprise clôturée à 23,7 %
		Erosion du sol	Maintenir l'enherbement pour limiter l'érosion	Passage du terrain agricole en prairie permanente, permettant de limiter l'érosion. Entretien effectué par le pâturage naturel des ovins

	Opération	Danger	Moyen de maîtrise	Solutions retenues par ESCOFI
	Utilisation d'équipements électriques (onduleurs, transformateurs, poste de livraison, câbles, modules etc.)	Incendie Sous produits de combustion mal connus (mobilité et toxicité) Pas de possibilité d'éteindre la combustion <i>Mais concernant les panneaux en TeCd, les fuites en Cd sont limitées par les plaques de verre lors de la fusion (Licot et al.)</i>	Respect des normes pour les équipements électriques Utilisation d'abris résistants à l'incendie Installation de parafoudres conformes aux normes Entretien de la végétation au sol dans l'installation et en périphérie Création d'une bande sans végétation en périphérie de l'installation Déclenchement d'une alarme transmise à un service capable d'intervenir en urgence	Utilisation d'équipements électriques respectant les normes en vigueur Utilisation d'abris en béton M0, résistants à l'incendie Installation de parafoudres conformes aux normes Entretien de la végétation au sol par pâturage ovin dans l'ensemble de la partie clôturée, et débroussaillage mécanique (fauche) en dehors Pistes coupe-feu encerclant la centrale conformément aux demandes du SDIS Vidéosurveillance et alarme sur site Pas d'utilisation de panneaux en cadmium Surélévation des panneaux à 1m50 du sol pour des raisons agricoles, les éloignant de la végétation
	Opérations de maintenance effectuées par des agents extérieurs à la production et/ou la distribution d'eau	Agents peu familiarisés avec les risques liés à l'EDCH	Etablissement de conventions entre les différents acteurs, précisant notamment leurs responsabilités respectives Formation des agents	Sensibilisation de l'exploitant agricole et des chargés d'exploitation aux enjeux du captage
	Nettoyage des surfaces des modules	Ecoulement de produits de nettoyage <i>Mais en général auto-nettoyage par l'eau de pluie</i>	Utilisation exclusive d'eau	Entretien des panneaux exclusivement réalisé à l'eau, sans produit chimique pour le nettoyage (NB : parcelle sans produits phytosanitaires)
	Entretien de la végétation de la parcelle	Entrainement d'herbicides	Entretien mécanique	Entretien par pâturage ovin et traitement des refus par débroussaillage mécanique (NB : parcelle sans produits phytosanitaires)
	Bris de panneaux	Lixiviation possible de Cd <i>Mais limitée et très lente (licot et al.) et rétention dans la zone non saturée du sol</i>	Aucun	Pas d'utilisation de panneaux contenant du cadmium

	Opération	Danger	Moyen de maîtrise	Solutions retenues par ESCOFI
Phase d'abandon*	Abandon d'éléments en béton ou de panneaux	Imperméabilisation partielle	Les panneaux usagés doivent être récupérés pour être recyclés Nettoyage complet du site, labour, remise en prairie	Démantèlement total du parc contractualisé dans le bail emphytéotique Recyclage des panneaux photovoltaïques Remise en condition initiale des terrains Garanties financières mises en place pour le démantèlement
	Abandon des câbles	Zones d'infiltration privilégiées	Aucun	Retrait des câbles contractualisé pour remise en état initial
	Ouverture des tranchées pour retirer les câbles	Déplacement et mélange de terre Modification de la perméabilité du sol Infiltrations préférentielles au niveau des tranchées (=drains)	Remblaiement	Remblaiement et couverture par terre végétale

* « Phase d’abandon » était la terminologie employée par l’ANSES en 2011, elle est donc reproduite ici par ESCOFI, mais il est important de noter que les centrales agrivoltaïques sont maintenant tenues d’être démantelées et ne peuvent plus être « abandonnées »

Tableau 1 : Tableau des risques et mesures (ANSES 2011) et solutions retenues par ESCOFI pour le projet agrivoltaïque des Bussière

VIII. Conclusion

Le projet agrivoltaïque des Bussières est né d'une volonté de protéger la ressource en eau et de soutenir l'exploitation agricole. Bien que la question de la protection de l'eau ait ensuite été précisée par les services de l'Etat en charge, cette volonté a bien présidé à la conception du projet.

Son implantation se situe au sein d'un projet de périmètre rapproché de captage d'eau dont un avis d'hydrogéologue agréé avait été rendu favorable aux installations photovoltaïques sous conditions.

Conformément aux préconisations de l'avis d'hydrogéologue et aux demandes de l'ARS, un rapport d'expert hydrogéologique a été produit pour mener une étude de vulnérabilité et une analyse des risques. En se basant sur ce rapport ainsi que sur l'ensemble des recommandations émises par l'ANSES, des mesures ont été prises pour répondre à chaque enjeu identifié et arriver à des risques négligeables pour le captage.

En parallèle, le parc agrivoltaïque des Bussières permettra de limiter les sources de pollution en garantissant d'éviter des produits phytosanitaires pendant les plus de 30 ans de durée de vie du parc, en pérennisant les prairies et par la création d'une sécurité anti-intrusion.

Annexe 1 : Etude hydrogéologique – BURGEAP

Annexe 2 : Plan des installations