



Envoyé en préfecture le 04/10/2024

Reçu en préfecture le 04/10/2024

Publié le

ID : 027-200066405-20240930-D_B_ST_19_2024-DE

S²LO

PRE-ETUDE PHOTOVOLTAIQUE



GYMNASE COLETTE BESSON - BOISSY-LE-CHATEL

Communauté de communes
Roumois Seine

ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

Etude réalisée par Dominique LHERNAULT
Service Transition Energétique du SIEGE

Tel : 02.32.39.92.84
dominique.lhernault@siege27.fr

Mai 2024

Visa Contrôle ✎



AVANT-PROPOS :

Cette étude a été réalisée par le service Transition Energétique du SIEGE. Son objectif est d'analyser un potentiel photovoltaïque en apportant des éléments technico-économiques qui permettront de juger de la pertinence du projet.

En effet depuis la création de sa Commission Consultative Paritaire de l'Energie (CCPE) en décembre 2015, le SIEGE est compétent en matière de production d'énergie renouvelable et a ainsi décidé d'accompagner les collectivités dans leurs projets photovoltaïques.

Les simulations techniques et financières ont été faites à partir de ratio et des tarifs d'achat de l'électricité en vigueur au moment de l'étude.

Une telle étude reste sommaire et devra être complétée, le cas échéant, par des études plus approfondies menées par des bureaux d'études spécialisés.

Cette étude est :

- **Un outil d'aide à la décision**
- **Une référence pour la consultation des professionnels intervenants**



SOMMAIRE

1. Préambule	4
2. Présentation du site	4
2.1. Présentation générale	4
2.2. Caractéristiques de la toiture	4
2.3. Contraintes techniques et/ou administratives	5
2.3.1. Contraintes en toiture	5
2.3.2. Charpente/structure	5
2.3.3. Ombrages proches et lointains	5
2.3.4. Etablissement Recevant du Public (ERP)	5
2.3.5. Amiante	5
2.3.6. Périmètre de protection	6
2.3.7. DECI (Défense Extérieure Contre l'Incendie)	6
2.3.8. Raccordement au réseau public de distribution d'électricité	7
2.3.9. Efficacité énergétique	8
2.3.10. Démarches administratives	8
3. Potentiel photovoltaïque	9
3.1. Photomontage	9
3.2. Solution technique envisagée	9
3.3. Productible	11
4. Analyse économique	11
4.1. Estimation des dépenses et recettes	11
4.1.1. Dépenses d'investissement prévisionnelles	11
4.1.2. Dépenses de fonctionnement annuelles prévisionnelles	12
4.1.3. Subventions éventuelles	12
4.1.4. Recettes de fonctionnement	12
4.1.5. Récapitulatif prévisionnel :	12
4.2. Bilan financier	13
5. Conclusion	14
ANNEXES	15
ANNEXE 1 : Intervention du SIEGE pour les projets photovoltaïques sur bâtiments publics et ombrières de parking	15
ANNEXE 2 : Photovoltaïque – Organisation et principes de fonctionnement	16

1. Préambule

La Communauté de communes Roumois Seine souhaite étudier la possibilité d'installer des panneaux photovoltaïques en toiture du gymnase Colette Besson situé sur la commune de BOISSEY-LE-CHATEL.

2. Présentation du site

2.1. Présentation générale

Le gymnase Colette Besson, situé Rue Longs Champs, à BOISSEY-Le CHATEL possède une toiture en bac acier qui repose sur une charpente métallique.



2.2. Caractéristiques de la toiture

Surface disponible : environ 1180 m²

Inclinaison : 5° (à confirmer)

Orientation : SUD 7° OUEST

Type de couverture : Bac Acier

Type de charpente : Acier galvanisé



2.3. Contraintes techniques et/ou administratives

2.3.1. Contraintes en toiture



- La présence d'un système de ventilation en toiture réduit légèrement la surface.

2.3.2. Charpente/structure

La capacité de la charpente à supporter le poids supplémentaire des panneaux photovoltaïques devra être vérifiée par un bureau d'études compétent avant tout commencement de travaux.

2.3.3. Ombrages proches et lointains

Il n'y a aucun ombrage proche ou lointain.

2.3.4. Etablissement Recevant du Public (ERP)

Le bâtiment est classé comme Etablissement Recevant du Public de type X (Établissements sportifs couverts).

Dans le cadre d'un ERP, les préconisations de la Commission centrale de sécurité du 6 décembre 2012 et 7 février 2013 doivent être prises en compte concernant la sécurité incendie et les risques électriques.

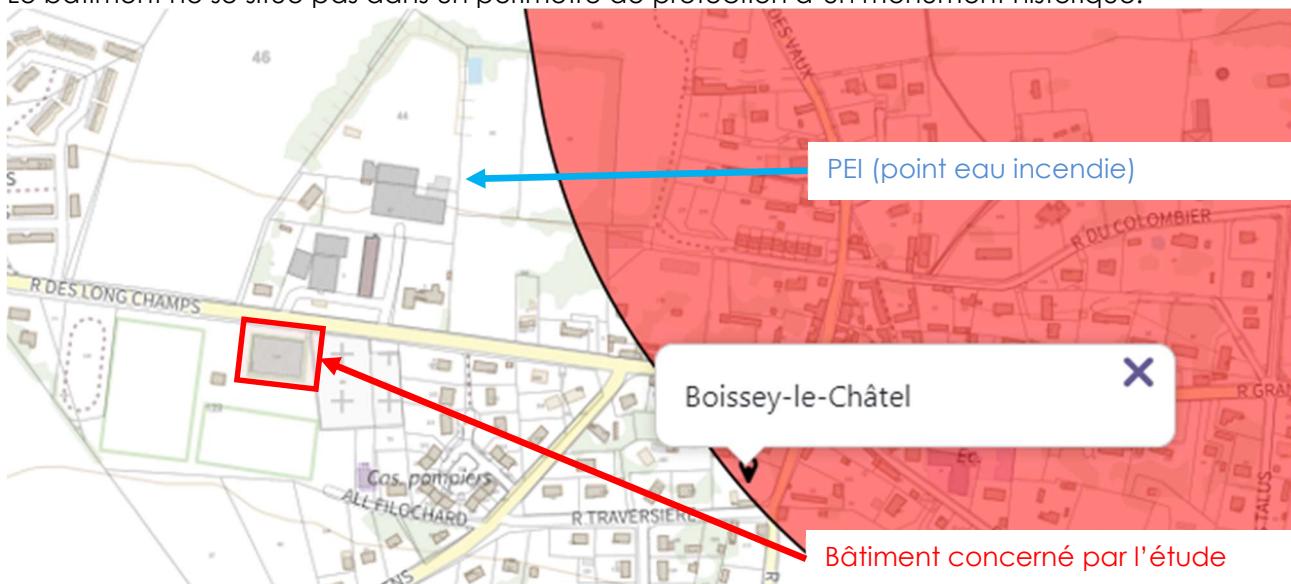
2.3.5. Amiante

Le décret 2017-899 du 9 mai 2017 relatif au repérage de l'amiante avant certaines opérations, impose la réalisation d'un diagnostic amiante avant travaux pour tous les bâtiments dont le permis de construire a été délivré avant le 1^{er} juillet 1997. Ce diagnostic doit être réalisé pour tous les travaux de rénovation afin de préserver la sécurité des artisans qui interviennent sur le chantier.

Si la présence d'amiante était révélée, le coût du désamiantage compromettrait la rentabilité d'un quelconque projet photovoltaïque.

2.3.6. Périmètre de protection

Le bâtiment ne se situe pas dans un périmètre de protection d'un monument historique.



Source : DDTM 27 (Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l'Eure)

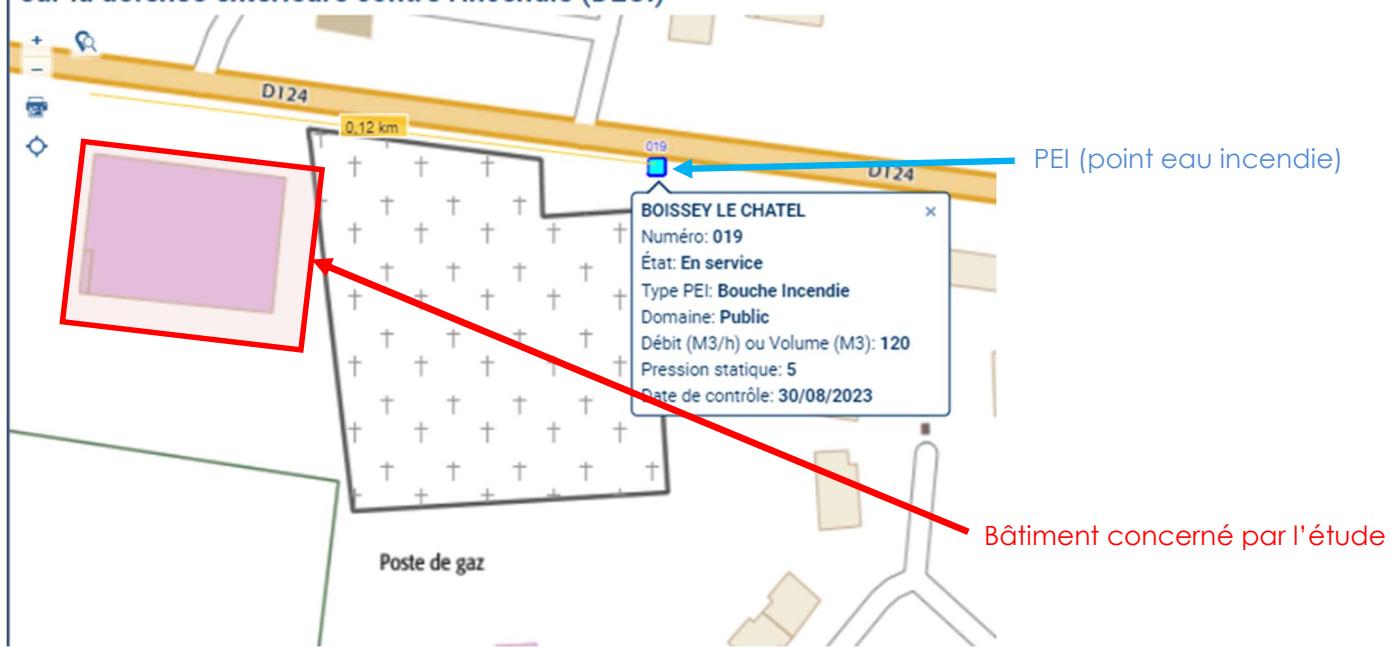
2.3.7. DECI (Défense Extérieure Contre l'Incendie)

Dans le cadre de la mise en place de panneaux photovoltaïques, il convient de vérifier la conformité de la commune concernant la Défense Extérieure Contre l'Incendie : quadrillage de la commune par un réseau de PEI (Point d'Eau d'Incendie).

Il revient à la commune de vérifier cet aspect sécurité.

Si la mise en place d'un PEI était nécessaire, les coûts liés à la mise en place de ce dernier ne seraient pas supportés par le SIEGE 27.

Plateforme départementale d'information sur la défense extérieure contre l'incendie (DECI)



Source : Plateforme départementale d'information sur la défense extérieure contre l'incendie

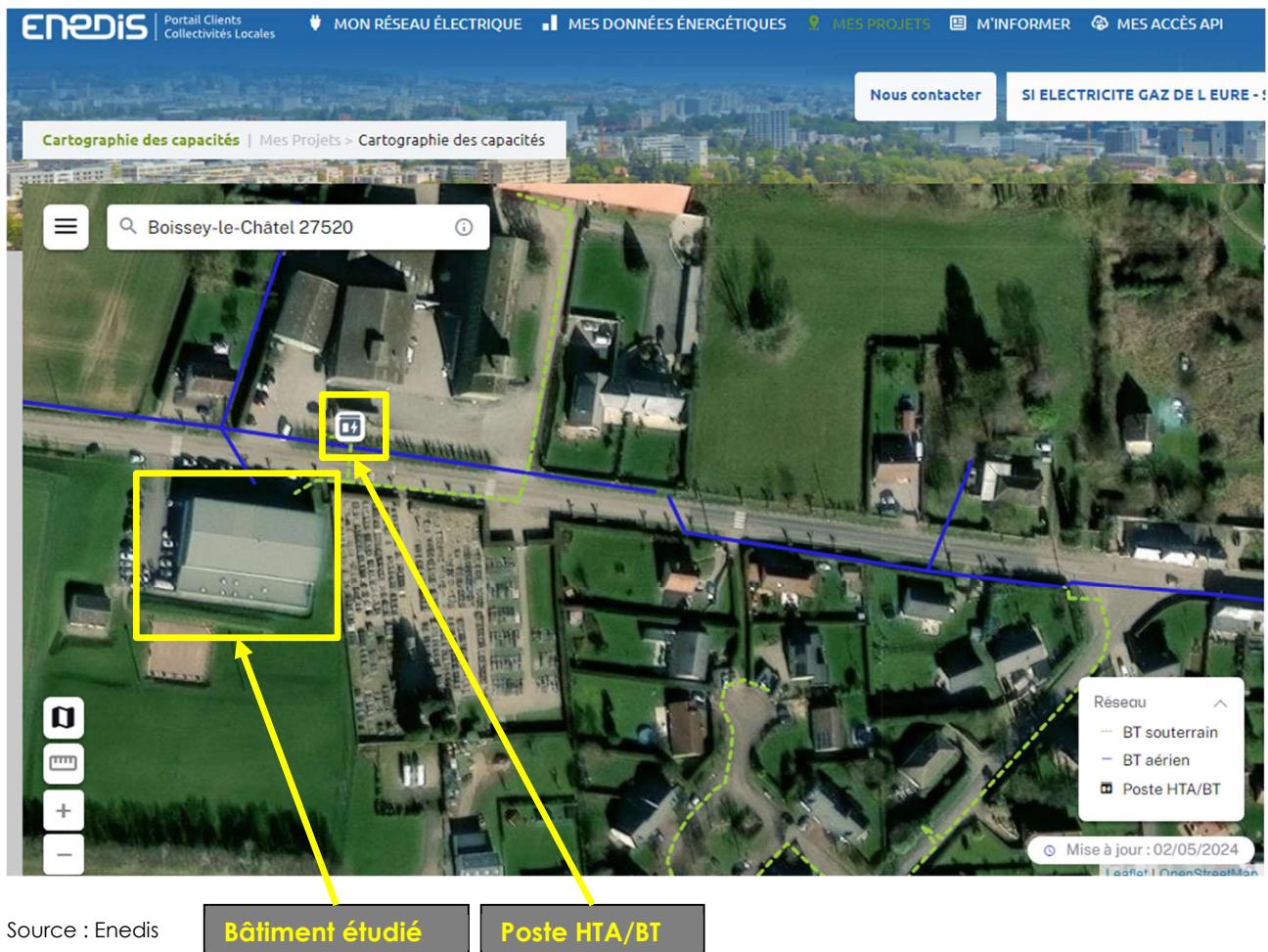
2.3.8. Raccordement au réseau public de distribution d'électricité

- Cas de la vente totale :

Lorsque l'installation est inférieure à 36kWc, le point d'injection est positionné par Enedis sur le réseau BT au plus près du bâtiment si la section du câble est suffisante. Sinon, il est parfois nécessaire de créer un départ dédié depuis le poste HTA/BT qui dans notre cas se situe à environ 7 mètres ou de renforcer ce dernier.

Capacité du poste de distribution :

Enedis affiche une capacité du poste de distribution de 110 kVA en injection. Toutefois cette valeur est mentionnée à titre indicatif et n'est pas engageante pour ENEDIS.



La demande de raccordement à faire auprès d'Enedis déterminera la solution finale retenue et les coûts associés. Cette demande ne pourra se faire qu'après obtention des autorisations d'urbanisme.

Branchements de type 1, local déjà raccordé (cas général)

Le branchement de type 1 est autorisé lorsque la longueur du câble de branchement en zone privative est inférieure à 30 mètres.



Source : www.photovoltaïque.info

2.3.9. Efficacité énergétique

Conformément à l'article R173-3 du Code de la construction et de l'habitat, lorsque qu'un bâtiment fait l'objet de travaux importants de réfection de toiture, le maître d'ouvrage doit alors réaliser des travaux d'isolation thermique de la toiture ou du plancher haut du dernier niveau occupé ou chauffé.

Les travaux de réfection concernés sont des travaux comprenant le remplacement ou le recouvrement **d'au moins 50 % de l'ensemble de la couverture, hors ouvertures.**

Ce n'est pas le cas sur ce projet.

2.3.10. Démarches administratives

En cas de réalisation du projet, il sera nécessaire de réaliser au préalable :

- une **déclaration préalable** ;
- dans le cas d'un Etablissement Recevant du Public (ERP), une demande d'**autorisation de travaux** à adresser à la Commission Consultative Départementale de Sécurité et d'Accessibilité. L'avis rendu devra être favorable au projet. Le SIEGE attire l'attention sur le fait que si le bâtiment ne répond d'ores et déjà pas aux normes incendie alors la commune devra, à ses frais, réaliser les travaux de conformité. En effet, un avis favorable de cette commission au projet photovoltaïque ne pourra être obtenu qu'une fois le bâtiment aux normes.



3. Potentiel photovoltaïque

3.1. Photomontage



3.2. Solution technique envisagée

Type de cellules	Silicium monocristallin
Type de panneaux	Cadré alu
Système d'intégration	Surimposition

La solution technique préconisée est **l'intégration simplifiée au bâti (ISB)** aussi appelé surimposition : le système photovoltaïque est posé par-dessus la couverture qui garde sa fonction d'étanchéité.

Il est fixé à l'aide d'un système de pose adapté au type de couverture :

- Tuile, ardoise : rails fixés sur les chevrons de la charpente ;
- Bac acier : rails fixés sur le bac directement ;
- Toiture terrasse : lestage, thermo-soudage ;
- Etanchéité bitumineuse : thermo-soudage et câblage.

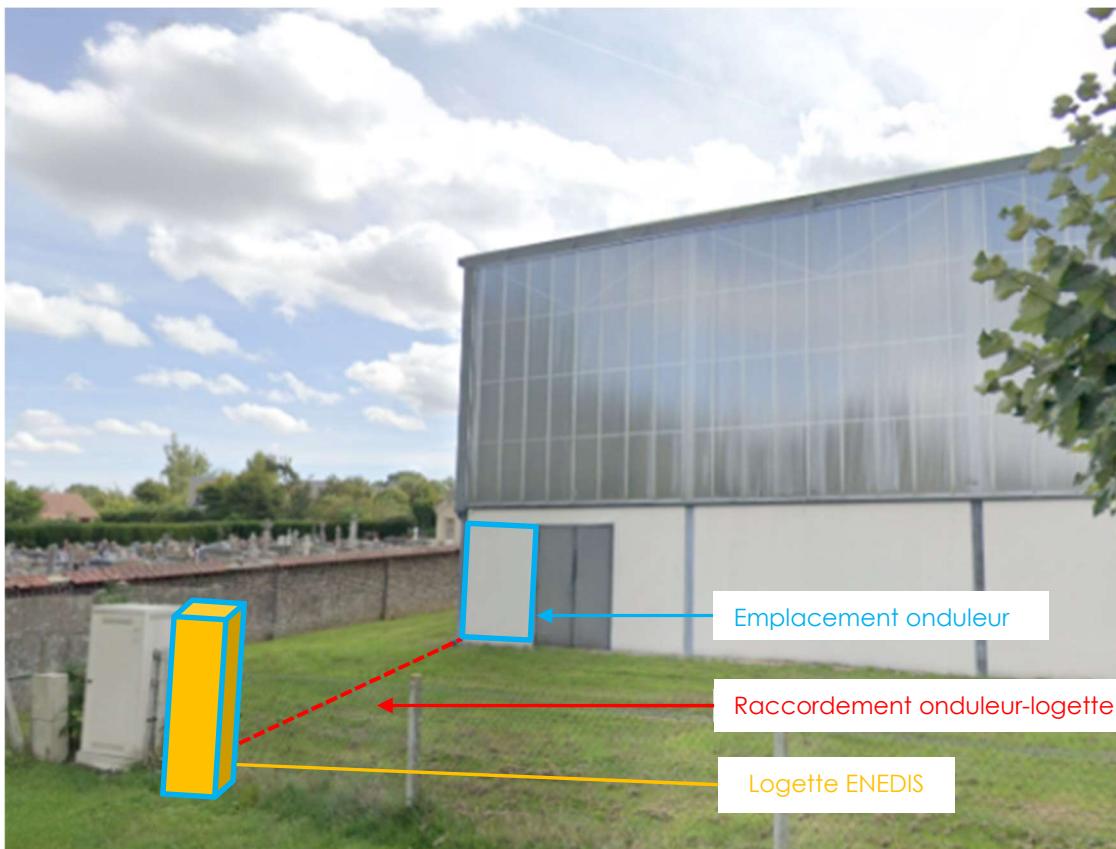
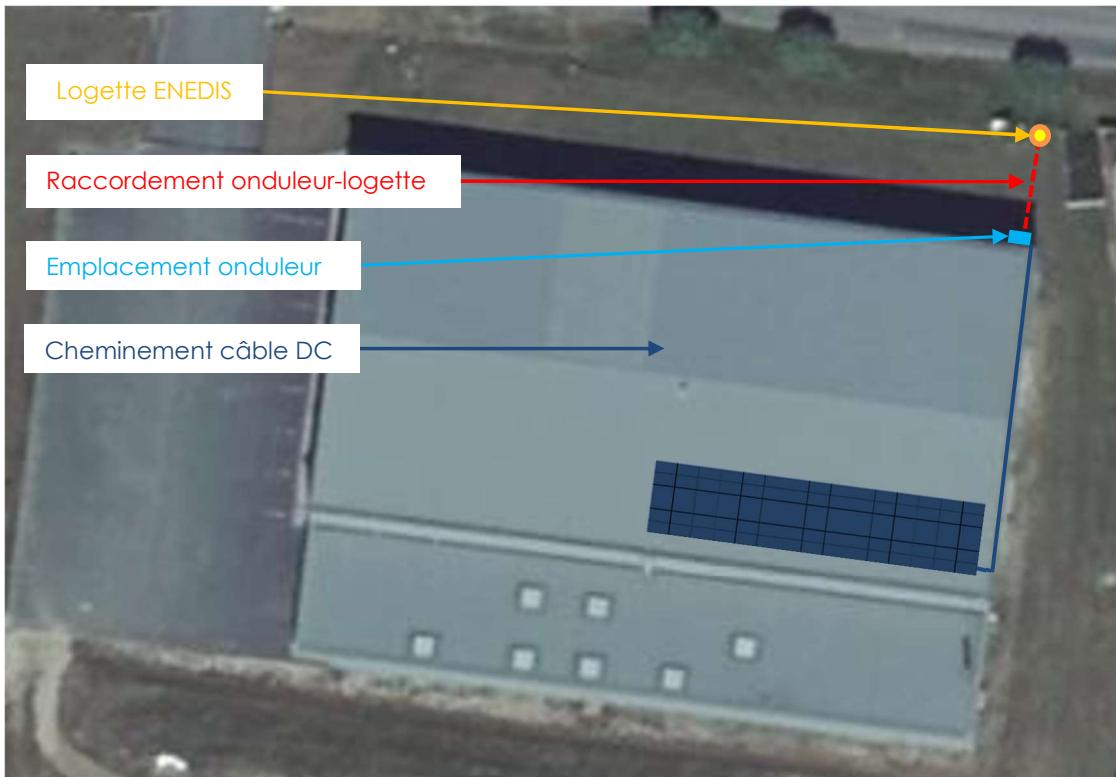
La mise en œuvre de cette solution technique est conditionnée à la capacité de la charpente à supporter le poids supplémentaire des panneaux photovoltaïques.

Intégration simplifiée au bâti (ISB) (surimposition).



Source SIEGE 27 : Ecole de Bourg Beaudouin

Schématisation de l'implantation du matériel et de son cheminement :

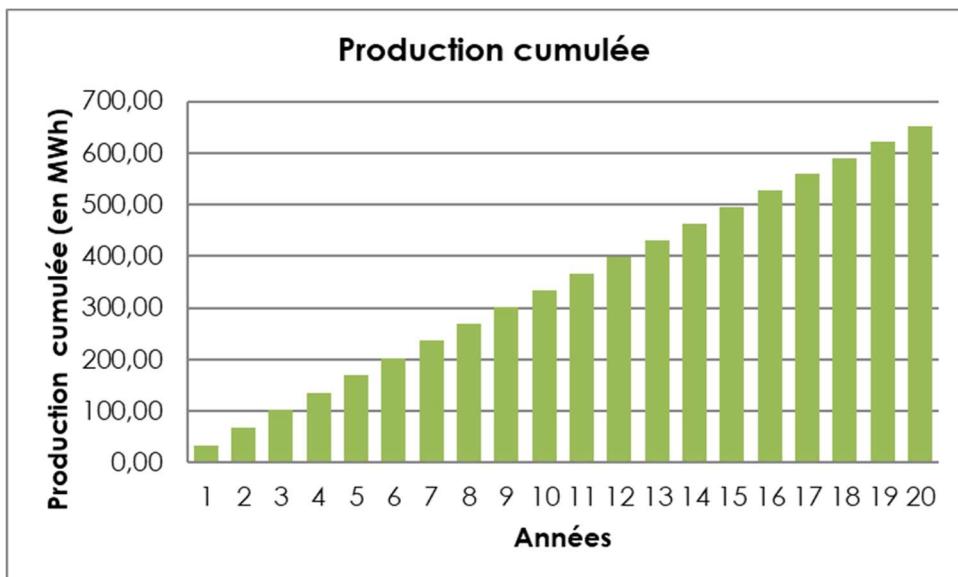




3.3. Productible

Potentiel photovoltaïque	Surface maximale de captage (m ²)	172,4
	Puissance du champ (kWc)	36
	Productible moyen (kWh/kWc)	954
	Production (1 ^{ère} année) (MWh)	34.23
	Production sur 20 ans (MWh)	653,11

La production annuelle de l'installation correspond à la consommation théorique d'environ **11 foyers** (hors chauffage) en prenant l'hypothèse d'une consommation moyenne de 3000 kWh/an/foyer.



4. Analyse économique

4.1. Estimation des dépenses et recettes

4.1.1. Dépenses d'investissement prévisionnelles

Dépenses d'investissement	Pose et fourniture de l'installation PV (modules, onduleurs, accessoires...)	70 005,00 €
	Frais de toiture (bac acier...)	- €
	Raccordement électrique (onduleurs-PDL)	800,00 €
	Raccordement électrique (Enedis)	1 200,00 €
	Etudes de structure	725,00 €
	Diagnostic Amiante avant Travaux (DAT)	720,00 €
	Contrôleur technique	800,00 €
	Coordonnateur Sécurité et Protection de la Santé (CSPS)	300,00 €
	Frais de Maîtrise d'Œuvre	5 784,40 €
	TOTAL €HT	80 334,40 €

Rappel : les surcoûts qui pourraient advenir du fait d'un éventuel désamiantage ou renforcement de structure à réaliser ne sont pas pris en compte dans l'étude.



4.1.2. Dépenses de fonctionnement annuelles prévisionnelles

Dépenses annuelles de fonctionnement	Maintenance et monitoring	502,60 €
	Assurances	179,50 €
	Provision pour renouvellement des onduleurs	287,20 €
	Tarif d'Utilisation du Réseau Public d'Electricité (TURPE)	36,48 €
	Imposition Forfaitaire sur les Entreprises de Réseaux (IFER)	- €
	TOTAL €HT	1 005,78 €

4.1.3. Subventions éventuelles

Depuis le nouvel arrêté tarifaire du 6 octobre 2021, les installations photovoltaïques ne peuvent plus cumuler d'aides locales, régionales, nationales ou de l'Union européenne avec un tarif d'achat de l'électricité produite.

Dans ce cadre, la Région Normandie qui, depuis juillet 2017, accompagnait dans le cadre de son dispositif IDEE (Initiative Développement Durable Energie Environnement), sous certaines conditions, certaines installations photovoltaïques en vente totale, a dû supprimer cet accompagnement financier.

4.1.4. Recettes de fonctionnement

Le tarif d'achat de l'électricité produite, à date de réalisation de la présente étude, est de **13,55cts€/kWh**.

Cependant, il est réévalué tous les trimestres. Lors de la réalisation effective du projet, le tarif aura donc pu évoluer : à ce jour la tendance est à une légère baisse.

Les recettes totales estimées sur 20 ans pour ce projet sont de **92 751,79 €**.

4.1.5. Récapitulatif prévisionnel :

Dépenses d'investissement [€HT]	80 334,40 €
Dépenses de fonctionnement sur 20 ans [€HT]	22 146,27 €
Recettes de fonctionnement (vente d'électricité) sur 20 ans	92 751,79 €

4.2. Bilan financier

Le bilan financier est calculé sur 20 ans, durée qui correspond à la durée du contrat d'achat.

Pour le calcul de la rentabilité, les hypothèses suivantes ont été prises :

- aucune perte liée aux ombrages ;
- aucun coût de désamiantage et/ou de renforcement de charpente n'a été pris en compte ;
- un montant d'investissement avec projet en surimposition ;
- aucune aide financière.

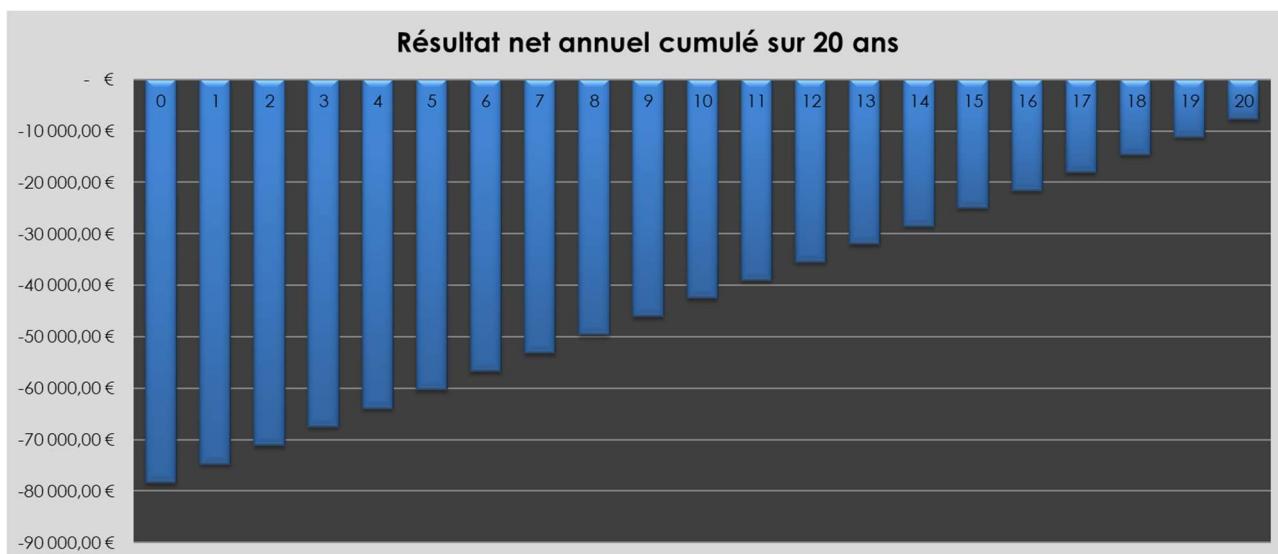
Les résultats sont les suivants :

	Sans fonds de concours	Avec fonds de concours
Bénéfices/pertes à 20 ans	-9 728,89 €	1 945,78 €
TRB* (années)	23	19
TRI**	-1,2%	0,3%
Ratio recettes/dépenses sur 20 ans***	90,5%	101,9%

*TRB : Temps de Retour Brut

**TRI : Taux de Rentabilité Interne

*** Ratio recettes/dépenses sur 20 ans : correspond à la somme des recettes (vente de l'électricité) divisée par l'ensemble des dépenses (investissement et fonctionnement) sur 20 ans et permet d'évaluer la pertinence économique du projet.





5. Conclusion

La présente étude pour un projet photovoltaïque en vente totale sur la toiture du gymnase Colette Besson correspondant à une puissance d'environ 36 kWc sur 172.4 m² et une production moyenne de 32.66 MWh/an conclut à un temps de retour sur investissement estimé à 22 années (durée supérieure aux 20 ans du contrat d'achat d'électricité). Cependant, les conditions d'intervention du SIEGE, décrites en annexe 1, lui permettent tout de même de proposer à la commune de l'accompagner dans la poursuite de son projet. En effet, le projet a une puissance comprise entre 9 et 500 kWc et le ratio recettes/dépenses sur 20 ans est compris entre 85% et 100%.

Cependant, cette première approche économique est à consolider par la réalisation d'études complémentaires à mandater à des bureaux d'études spécialisés :

- diagnostic structure : pour vérifier la compatibilité de la charpente/structure du bâtiment avec un projet photovoltaïque. Ses résultats pourraient alors éventuellement s'avérer rédhibitoires ou révéler la nécessité de la mise en place d'un système d'intégration des panneaux photovoltaïques en toiture différent (intégration complète en lieu et place d'une surimposition par exemple) pouvant engendrer un surcoût ;
- diagnostic amiante (si concerné) : si un désamiantage se révélait nécessaire, son coût remettrait en cause la rentabilité d'un tel projet.

Si la commune le souhaite, le SIEGE peut l'accompagner dans la poursuite de son projet en réalisant et finançant :

- ces études complémentaires ;
- les travaux ;
- l'exploitation et la maintenance de l'installation.

Les modalités d'intervention du SIEGE sont plus précisément décrites en Annexe 1.



ANNEXES

ANNEXE 1 : Intervention du SIEGE pour les projets photovoltaïques sur bâtiments publics et ombrières de parking

Après délibération favorable de la collectivité, le SIEGE propose de financer les projets photovoltaïques des études de faisabilité technico-économique à leur mise en service et d'assurer la maintenance et la gestion des installations à ses frais.

Les conditions d'intervention en phase travaux pour le SIEGE sur chaque projet sont un temps de retour sur investissement inférieur ou égal à 20 ans et la mise à disposition de la toiture ou du parking concerné au SIEGE pendant 20 ans.

Il accepte cependant d'intervenir sur des projets ayant une rentabilité supérieure à 20 ans si ces derniers respectent les critères suivants :

- leur puissance est comprise entre 9 et 500 kWc ;
- et le rapport entre la somme des recettes (vente d'électricité,...) et des dépenses (études, investissement, maintenance, exploitation,...) sur 20 ans est compris entre 85% et 100%.

Une fois le projet réalisé, l'objectif du SIEGE étant d'atteindre le seul équilibre budgétaire, les recettes liées à la vente de l'électricité produite lui sont entièrement reversées. Dans un second temps, une fois la rentabilité effective et les coûts d'exploitation/ maintenance annuels couverts, les bénéfices sont reversés à la collectivité.

Un compte rendu annuel projet par projet indiquant notamment les bénéfices réalisés grâce à la revente de l'électricité produite et des coûts d'intervention de maintenance sera réalisé par le SIEGE pour une transparence totale avec la collectivité.

Il permettra d'assurer en total transparence avec la collectivité le versement de 100% des bénéfices à la collectivité par le SIEGE dès la première année de rentabilité effective de l'installation c'est à dire déduction faite de l'investissement initial et frais annuels d'exploitation et de maintenance à charge du SIEGE.



ANNEXE 2 : Photovoltaïque – Organisation et principes de fonctionnement

Organisation :

L'intervention photovoltaïque en France se distingue en deux catégories : les projets d'une puissance inférieure à 500kWc (environ 2500 m²) et les projets d'une puissance supérieure à 500kWc.

Les projets inférieurs à 500kWc dépendent des tarifs d'achats de l'électricité fixés par arrêté dans le cadre de l'obligation d'achat. Ils sont réévalués tous les trimestres en fonction des raccordements au réseau effectués sur les deux trimestres précédents. Plus il y a eu de raccordements plus les tarifs d'achat diminuent puisque cela laisse supposer une baisse des coûts de production (principe de l'offre et de la demande).

Les projets supérieurs à 500kWc sont soumis aux appels d'offres de la commission de régulation de l'énergie (CRE). Les candidats fixent leur prix d'achat de l'électricité en fonction de l'équilibre économique de leur projet.

Le Wc est la puissance maximale d'un panneau dans des conditions standards d'irradiation (1000W/m²), de température (25°C) et de rayonnement (AM1.5).

On peut distinguer les installations en vente totale de celles en autoconsommation totale ou avec vente du surplus.

Principe de fonctionnement :

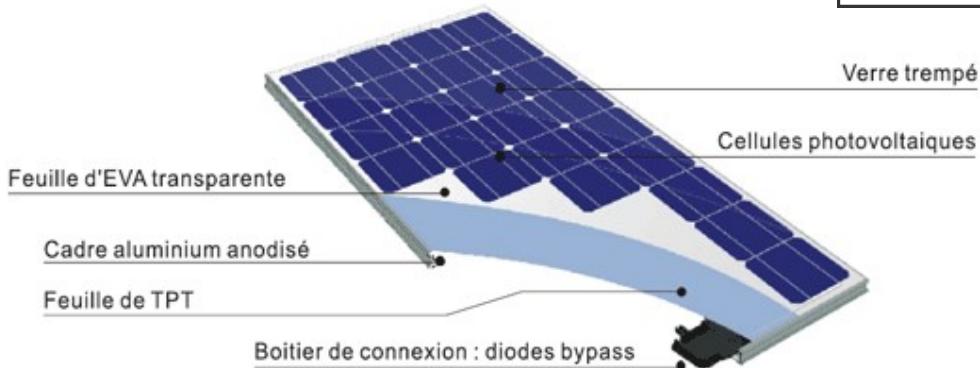
- Modules et cellules :

Une installation photovoltaïque est composée de modules eux-mêmes composés de cellules photovoltaïques. Les cellules transforment le rayonnement solaire en courant continu.

Il existe différents types de cellules photovoltaïques qui ont des performances et des coûts plus ou moins élevés.

- Les cellules au silicium cristallin qui représentent environ 90% du marché (robuste, bon rendement, ...):
 - Les cellules monocristallines : après refroidissement du silicium fondu, le bloc ne forme plus qu'un seul cristal que l'on découpe en fines tranches qui donneront les cellules de couleur bleue ou grise. Les coûts de fabrication étant plus élevés, la cellule est plus chère mais elle possède le meilleur rendement ;
 - Les cellules polycristallines : le silicium se refroidit en formant plusieurs cristaux, cela donne une couleur bleutée mais non uniforme. Les coûts sont moins élevés que pour les cellules monocristallines mais le rendement est plus faible.
- Les cellules à couches minces :
 - Les cellules au silicium amorphe : les coûts de production sont très bas mais le rendement est faible. Le silicium étant déposé en couche mince, les panneaux solaires peuvent être souples. C'est la technologie retrouvée pour faire fonctionner une calculatrice ou une montre par exemple.
 - Les cellules CIS (cuivre-indium-sélénium) ou CdTe (tellure de cadmium) : elles présentent des durées de vie moins longues et la toxicité du cadmium reste problématique pour sa production.

Les cellules sont recouvertes d'une feuille transparente d'EVA (éthylène-acétate de vinyle) elle-même recouverte de verre trempé pour garantir la solidité du panneau face aux intempéries. Au dos du panneau sont collés une feuille de TPT (tedlar, polyester, tedlar) et le boîtier de connexion. Le panneau est maintenu grâce à un cadre en aluminium.



Source : <https://www.qualiwatt.be/faqs/mono-polycristallin/>

Le poids d'un panneau peut varier de 5kg/m² pour de la membrane étanche photovoltaïque jusqu'à 15-20 kg/m² pour des panneaux classiques d'où la nécessité d'étudier si la structure du bâtiment est suffisamment solide pour accueillir une telle installation.

La durée de vie des panneaux photovoltaïques est supérieure à 30 ans et 80% de leur puissance initiale est souvent garanti à 30 ans.

La puissance unitaire d'un panneau est d'environ 400 Wc et ses dimensions sont variables (environ 1,9x1,0x0,2m).

- **L'onduleur :**

Les panneaux sont reliés les uns aux autres en série et en parallèle (plusieurs modules en série forment une chaîne, toutes les chaînes sont quant à elles reliées en parallèle) puis reliés à l'onduleur qui transforme le courant continu (DC) produit par les modules photovoltaïques en courant alternatif (AC) identique à celui du réseau électrique avec un rendement compris entre 92% et 98%.

L'onduleur est un boîtier métallique muni d'un radiateur ou d'un ventilateur que l'on place au plus proche des modules photovoltaïques pour limiter les pertes en lignes et dans un local ventilé ou à l'ombre pour limiter la perte de rendement.

La durée de vie moyenne d'un onduleur est de 8 à 12 ans. Il est donc prévu dans les charges de maintenance une provision pour un renouvellement sur la période du contrat d'achat de 20 ans.

- **Le raccordement au réseau :**

Le prix du raccordement n'est pas fixe mais varie en fonction de chaque situation (extension du réseau, création d'un départ dédié, ...).

Pour les installations inférieures ou égales à 36 kVA, le barème de raccordement d'Enedis propose des montants forfaitaires, qui varie selon la nature des travaux (travaux de branchement avec ou non des travaux d'extension).

Pour les installations supérieures à 36 kVA, le barème de raccordement précise que les coûts sont fixés sur devis.

Deux compteurs sont posés côté photovoltaïque : un compteur de production qui sert à relever la production devant être facturée, et un compteur de non consommation qui sert à éviter les fraudes.

- **Collecte et recyclage :**

Les panneaux sont constitués de verre (75-80%), d'aluminium, de composés électroniques et électriques et de cellules de silicium.

Le verre est recyclé dans des fours, l'aluminium en fonderie, le silicium est traité chimiquement et mécaniquement pour retirer les contacts métalliques et est réutilisé pour la fabrication de nouvelles cellules, les composés électroniques et électriques sont recyclés grâce à la filière existante des DEEE. Les panneaux à base de silicium cristallin sont recyclables à près de 94%.

La filière de collecte et de recyclage en France est gérée par l'éco-organisme Soren.

Source : <https://www.soren.eco/re-traitement-panneaux-solaires-photovoltaïques/>