

IMT Mines Albi

Étude de faisabilité photovoltaïque



V2 du 10/12/2024

Rédaction : Matéo Bacqué

Vérification : Laurent FARAVEL

Modification par rapport à la version initiale :

- Ajout d'une partie présentant le cadre réglementaire relatif à la mise en place de borne IRVE
- Modification du budget de l'IMT Mines Albi qui était initialement de 800 k€TTC et qui est maintenant de 250 k€TTC
- Adaptation des scénarios étudiés au nouveau budget de l'Ecole
- Prise en compte des subventions de l'Agence de l'eau pour une opération de désimperméabilisation
- Rajout d'un planning détaillé pour le scénario préconisé
- Ajout d'un glossaire relatif aux indicateurs financiers

SOMMAIRE

1 -	<u>CONTEXTE GENERAL DU PROJET</u>	4
1.1 -	INFORMATIONS GENERALES	4
1.2 -	OBJECTIFS	5
1.3 -	CAHIER DES CHARGES DE L'IMT MINES ALBI CARMAUX	6
2 -	<u>DESCRIPTION DU SITE A ALIMENTER</u>	7
2.1 -	TYPLOGIE, USAGE ET SITUATION DU SITE	7
3 -	<u>CADRE REGLEMENTAIRE</u>	9
3.1 -	REGLEMENTATION RELATIVE A L'OBLIGATION D'OMBRIERES PHOTOVOLTAÏQUES SUR LES PARCS DE STATIONNEMENT EXISTANTS	9
3.1.1 -	LOI N° 2023-175 DU 10 MARS 2023 RELATIVE A L'ACCELERATION DE LA PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES (APER) – ARTICLE 40	9
3.1.2 -	DECRET PORTANT APPLICATION DE L'ARTICLE 40 DE LA LOI N° 2023-175 DU 10 MARS 2023 RELATIVE A L'ACCELERATION DE LA PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES	10
3.1.3 -	PARKINGS DU CAMPUS CONCERNES PAR L'ARTICLE 40 DE LA LOI APER	11
3.2 -	REGLEMENTATION RELATIVE AU DECRET TERTIAIRE	12
3.3 -	OBLIGATIONS DE MISE EN PLACE DE BORNES DE RECHARGE POUR LES BATIMENTS EXISTANTS	13
4 -	<u>ANALYSE DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES ACTUELLES</u>	15
4.1 -	PROFIL ANNUEL DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES	15
4.2 -	PROFILS HEBDOMADAIRES	16
4.3 -	PROJECTION DES CONSOMMATIONS JUSQU'A L'HORIZON 2045	17
5 -	<u>DIMENSIONNEMENT ET DESCRIPTION DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE</u>	19
5.1 -	POSSIBILITES D'IMPLANTATION	19
5.1.1 -	PARCS DE STATIONNEMENT	20
5.1.2 -	TOITURES DU CAMPUS	28
5.2 -	SCENARIO ETUDIES	35
5.2.1 -	SCENARIO 1 « MAX ARBRES »	35
5.2.2 -	SCENARIO 2A : « PV EN TOITURE EN AUTOCONSOMMATION + OMBRIERES VIA TIERS INVESTISSEURS (SOULTE) »	36
5.2.3 -	SCENARIO 2B « PV EN TOITURE EN AUTOCONSOMMATION + OMBRIERES VIA TIERS INVESTISSEURS (AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE) »	37
5.3 -	CHOIX DES MODULES, SYSTEMES DE FIXATION ET TYPE D'OMBRIERE	38
5.3.1 -	CHOIX DES MODULES	38
5.3.2 -	SYSTEMES DE FIXATION	38
5.3.3 -	TYPE D'OMBRIERE	39
5.3.4 -	CHOIX DES ONDULEURS	39
5.3.5 -	PLANNING TYPE	42

6 -	<u>HYPOTHESES DE L'ÉTUDE</u>	43
7 -	<u>RESULTATS DE L'ÉTUDE</u>	46
7.1 -	RESULTATS TECHNIQUES	46
7.2 -	RESULTATS ECONOMIQUES	48
	GLOSSAIRE DES INDICATEURS ECONOMIQUES	49
7.3 -	BILAN DES SCENARIOS ETUDIES	50
8 -	<u>PLANNING DETAILLE DE LA SOLUTION PRECONISE</u>	51
8.1 -	PLANNING PLANTATION ARBRES	51
8.2 -	PLANNING PV EN TOITURE	52
8.3 -	PLANNING OMRIERES PV	52
9 -	<u>CONCLUSIONS</u>	54
	<u>ANNEXE 1 : SURFACES ASSUJETTIES A L'ARTICLE 40 DE LA LOI APER</u>	55
10 -	<u>ANNEXE 2 : GRILLE DE MODULES ACCEPTEES PAR ATEC</u>	57
10.1 -	ATEC « SOPRASOLAR FIX EVO TILT – BETON	57
10.2 -	ATEC « SOPRASOLAR FIX EVO TILT – TAN GP »	58

1 - CONTEXTE GENERAL DU PROJET

1.1 - INFORMATIONS GENERALES

Situation et coordonnées du maître d'ouvrage :

IMT Mines Albi
Campus Jarlard 81013
CT Cédex 09
05 63 49 30 00

Contact :

Jean-Pierre SOLÉ
Chef du département Infrastructure et Logistique
jean-pierre.sole@mines-albi.fr
05 63 49 30 19

Bureau d'études chargé de la présente étude de faisabilité :

PLUS DE VERT SARL
Gérant : Laurent FARAVEL
520 Avenue Saint-Sauveur
34980 Saint-Clément-de-Rivière
09 51 00 48 09

plusdevert@plusdevert.fr

PLUS DE VERT est qualifié par l'OPQIBI, sous le n° 14 04 2708, pour 14 qualifications dont 7 en énergies renouvelables, dont les suivantes qui bénéficient de la mention RGE obligatoire pour l'écoconditionnalité des aides de l'ADEME :

2011 et 2015 : Étude et Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie solaire photovoltaïque.

1.2 - **OBJECTIFS**

La présente étude porte sur la **faisabilité technico-économique de la mise en place d'installations photovoltaïques sur le campus de l'IMT Mines Albi**.

L'école d'ingénieurs souhaite implanter des panneaux photovoltaïques sur son campus pour atteindre **3 objectifs** :

1. La conformité à l'article de la loi APER imposant l'implantation de panneaux photovoltaïques sur ombrières sur les parcs de stationnements extérieurs existants.
2. La réduction de sa facture d'électricité
3. L'atteinte des objectifs du Décret éco-énergie tertiaire (« Décret tertiaire »)

Pour réaliser ce projet, IMT Mines Albi dispose dans une première phase d'un budget de 250K€TTC, soit 216 k€HT. D'autres phases sont envisageables.

Dans ce document, il est donc étudié plusieurs solutions permettant de répondre à l'obligation de mise en place d'ombrières photovoltaïques avec le budget prévu. L'impact de chaque solution sur la facture d'électricité ainsi que sur les objectifs du décret tertiaire sont présentés dans la présente étude.

1.3 - CAHIER DES CHARGES DE L'IMT MINES ALBI CARMAUX

Conformément à ce qui est demandé dans le cahier des charges de la maîtrise d'ouvrage ainsi qu'à travers les échanges avec celle-ci l'étude comprend les points suivants :

- État de l'art et des réglementations techniques ;
- Dimensionnement de l'installation en fonction des contraintes techniques (encombrement, contraintes en hauteur, pentes, accès, ombrages, ...) ;
- Choix des matériels et configuration adaptés ;
- Études d'implantation.
- Chiffrage par poste des investissements et coûts de fonctionnement ;
- Reprise des éléments techniques et de leur incidence économique ;
- Estimation des coûts de raccordement au réseau ;
- Estimation de production et de revenus sur 25 ans ;
- Estimatif des frais annexes, et notamment des frais d'installation et de maintenance ;
- Bilan économique du projet (Part d'autoconsommation, évolution annuelle des couts et des performances pour cause de salissure, vieillissement, remplacement des onduleurs, ...) ;
- Accompagnement juridique.
- Valeur estimative des aides et subventions : le prestataire devra identifier toutes les aides publiques ou financements publics disponibles selon la taille des projets à l'échelle locale, régionale, nationale et européenne.

2 - DESCRIPTION DU SITE A ALIMENTER

2.1 - TYPOLOGIE, USAGE ET SITUATION DU SITE

Le site se trouve en périphérie de la ville d'Albi, située dans le Tarn (81).



Localisation du projet (Contexte lointain) – Image satellite

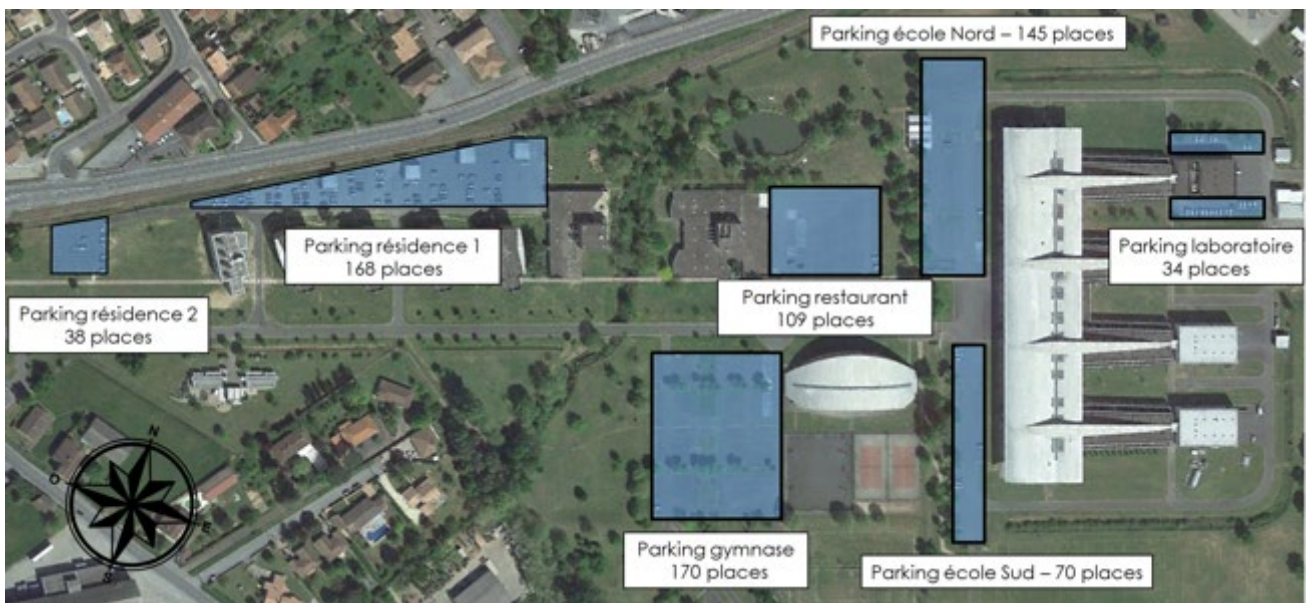


Localisation du projet – Image satellite

Le campus Jarlard de l'IMT Mines Albi-Carmaux comprend :

- Le bâtiment principal de l'école comprenant les salles de cours, les amphithéâtres, des bureaux, des laboratoires
- Le bâtiment Innov'Action
- 5 résidences étudiantes
- Un restaurant
- La Maison Des Elèves (MDE)
- Un gymnase
- Des infrastructures sportives extérieures : terrains de sport

Plusieurs poches de stationnement sont associées à ces infrastructures. Au total, le campus comporte **734 places de stationnement**.



3 - CADRE REGLEMENTAIRE

3.1 - REGLEMENTATION RELATIVE A L'OBLIGATION D'OMBRIERES PHOTOVOLTAÏQUES SUR LES PARCS DE STATIONNEMENT EXISTANTS

3.1.1 - Loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (APER) – Article 40

L'article de loi oblige les parcs de stationnement extérieurs d'une **superficie supérieure à 1 500 m²** à s'équiper, sur au moins **la moitié de leur superficie**, d'ombrières intégrant un procédé de production d'énergies renouvelables (le plus pertinent étant le photovoltaïque) sur la totalité de leur surface.

Entrée en vigueur :

Cette obligation rentre en vigueur pour les parcs existants qui ne sont pas gérés en concession ou en délégation de service public :

- **Le 1^{er} Juillet 2026** pour les parcs de stationnement dont **la superficie est supérieure à 10 000 m²**.
- **Le 1^{er} Juillet 2028** pour les parcs de stationnement dont **la superficie est inférieure à 10 000 m² et supérieure à 1 500 m²**.

La superficie globale des parkings de l'IMT est de l'ordre de 16 000 m² : le projet relève du 1^{er} cas.

Possibilités de reporter l'obligation :

Pour les parcs de superficie supérieure à 10 000 m², il existe plusieurs possibilités de report de l'obligation au 1^{er} Janvier 2028 :

- Le préfet peut accorder un délai supplémentaire si le gestionnaire justifie des mesures qu'il a prises et que le retard ne lui est pas imputable.
- Lorsque le gestionnaire justifie d'un contrat d'approvisionnement en panneaux solaires présentant de meilleures performances en termes techniques, environnementaux et de résilience de l'approvisionnement :
 - o Contrat d'engagement avec acompte **au plus tard le 31 décembre 2024**
 - o Bon de commande conclu avant le 31 décembre 2025
 - o Installation avant le 1^{er} janvier 2028

Possibilités de déroger à l'obligation :

D'après le texte de loi il existe plusieurs possibilités de déroger à l'obligation

Il est possible de déroger à l'obligation si :

- Des contraintes techniques, de sécurité, architecturales, patrimoniales et environnementales ou relatives aux sites et aux paysages ne permettent pas l'installation d'ombrières photovoltaïques.
- L'obligation ne peut être satisfaite dans des conditions économiquement acceptables.
- **Si le parc est ombragé par des arbres sur la moitié de sa superficie.**
- Si la suppression totale ou la transformation totale ou partielle du parc de stationnement est prévue.

3.1.2 - Décret portant application de l'article 40 de la loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables

Un **décret** précisant l'application de l'article 40 la loi APER est paru le 15 novembre 2024. Le décret définit notamment la méthode de calcul de la superficie du parc de stationnement assujettie aux obligations, **et précise également les modalités d'appréciation de l'exonération permise en raison de la présence d'arbres sur le parc de stationnement.**

Ainsi d'après ce décret, la superficie d'un parc de stationnement comprend :

- Les emplacements destinés au stationnement des véhicules et de leurs remorques situées en dehors de la voie publique au sein d'un périmètre compris entre la ou les entrées et la ou les sorties du parc.
- Les voies et les cheminements de circulation, et les aménagements permettant l'accès à ces emplacements.

La proportion de l'ombrage par des arbres de la moitié d'un parc de stationnement **est considérée comme étant atteinte par la présence d'arbres à canopée large, concourant ou susceptibles de concourir à l'ombrage du parc**, répartis sur l'ensemble du parc, à raison **d'un arbre pour trois emplacements de stationnement.**

Le décret précise également les autres possibilités de dérogation, le tableau ci-dessous les synthétise :

CAS D'EXONÉRATION	CRITÈRES D'EXONÉRATION
Modifications planifiées	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsqu'une autorisation d'urbanisme prévoyant la transformation ou la suppression du parc a été délivrée avant le 1er juillet 2023.
	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsqu'une dérogation temporaire a été délivrée par le préfet (5 ans maximum) au motif que la transformation ou la suppression du parc est prévue par une opération d'aménagement (OAP, ZAC etc.)
Contraintes techniques	<ul style="list-style-type: none"> • Contraintes techniques liées à la nature du sol, telles que la composition géologique ou l'inclinaison de celui-ci ;
	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilité technique de ne pas aggraver, en conséquence d'une telle installation, un risque naturel, technologique ou relatif à la sécurité civile, au sens de l'article L. 112-1 du code de la sécurité intérieure ;
	<ul style="list-style-type: none"> • Contraintes techniques liées à l'usage du parc de stationnement, le rendant incompatible avec une telle installation (par ex. utilisation régulière du parc pour l'accueil d'événements tels que des concerts, des marchés, etc).
Contraintes patrimoniales*	<ul style="list-style-type: none"> • Abords des monuments historiques
	<ul style="list-style-type: none"> • Site patrimonial remarquable
	<ul style="list-style-type: none"> • Site inscrit ou classé
	<ul style="list-style-type: none"> • Cœur d'un parc national
	<ul style="list-style-type: none"> • Immeuble classé ou inscrit au titre des monuments historiques ou protégé.
Autres	<ul style="list-style-type: none"> • Incompatibilité avec le code de l'environnement
	<ul style="list-style-type: none"> • Parc ombragé par des arbres sur > moitié de sa superficie
	<ul style="list-style-type: none"> • Préexistence d'un procédé de production ENR permettant une production équivalente ou supérieure.

*NB : Il est également écrit dans le décret que les règles des PLU ne peuvent pas être considérées comme une contrainte empêchant l'application de l'article 40 de la loi APER.

Le décret détaille également ce que sont des conditions économiques acceptables au regard de l'article 40 de la loi APER.

À l'exception de la dérogation concernant l'ombrage par des arbres sur plus de la moitié de la surface des parkings, les autres dérogations ne s'appliquent pas ou ne sont pas pertinentes (exemple : production ENR équivalente) pour les parkings du campus Jarlard de l'IMT Mines Albi Carmaux.

3.1.3 - Parkings du campus concernés par l'article 40 de la loi Aper

Le campus Jarlard de l'IMT Mines Albi Carmaux comporte plusieurs poches de parking de plus de 1 500 m² celles-ci sont donc concernées par l'obligation de mise en place d'ombrière PV. Le schéma ci-dessous présente les poches de parking concernées par l'obligation :



Les parkings situés le long des laboratoires ne sont pas assujettis à l'obligation d'ombrière, car ceux-ci sont ombragés sur au moins la moitié de leur surface par des arbres.



Parking situé le long des laboratoires

Bien que le parking résidence 2 ait une surface de 810 m², soit moins importante que 1500 m², celui-ci reste assujetti à l'obligation d'ombrière, car il est considéré comme faisant partie de la même poche de stationnement que le parking résidence auquel il est relié.

D'une manière générale, un parking ne pourrait être considéré distinct que s'il avait des accès spécifiques. Or sur le campus, tous les parkings sont liés.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des parkings concernés par l'obligation d'ombrières, ainsi que la surface minimum d'ombrières à installer pour répondre à l'obligation, ainsi que le nombre d'arbres à planter pour répondre à l'obligation sans installer d'ombrière PV.

Parc de stationnement	Nombres de places	Surface assujettie*	Surface d'ombrières à installer	Nombres d'arbres à planter
Parking Gymnase	170	5062 m ²	2531 m ²	57
Parking Ecole Sud	70	1670 m ²	835 m ²	24
Parking Ecole Nord	145	3552 m ²	1776 m ²	37
Parking Restaurant	109	2811 m ²	1406 m ²	49
Parking résidence 1	168	4834 m ²	2417 m ²	56
Parking résidence 2	38	810 m ²	405 m ²	13
Total	700	18739 m²	9370 m²	236

*Le détail des surfaces assujetties est détaillé en annexe

3.2 - REGLEMENTATION RELATIVE AU DECRET TERTIAIRE

Le **Décret Tertiaire**, mis en application le 1er octobre en vertu de la loi Elan, impose aux **propriétaires et occupants** de bâtiments du secteur tertiaire de réduire progressivement leur consommation d'énergie.

Les objectifs de réduction énergétique sont définis selon trois étapes :

- **40 %** de réduction d'ici à **2030**,
- **50 %** de réduction d'ici à **2040**,
- **60 %** de réduction d'ici à **2050**.

Ce décret s'applique aux bâtiments, ou ensembles de bâtiments, situés sur une même parcelle, exerçant des **activités tertiaires** (tels que bureaux, commerces, hôtels, complexes sportifs ou établissements d'enseignement) et dont la **surface de plancher** est supérieure ou égale à **1 000 m²**.

Non-Prise en compte des bornes IRVE :

Le texte législatif (dernier alinéa du I de l'article L111-10-3 du CCH) dispose que " La consommation d'énergie liée à la recharge de tout véhicule électrique et hybride rechargeable est déduite de la consommation énergétique du bâtiment et ne rentre pas dans la consommation de référence ".

Bâtiments concernés par le décret tertiaire

L'ensemble des bâtiments ou partie de bâtiments du campus **sont concernés** par le décret tertiaire **à l'exception** :

- Des **résidences étudiantes**.
- Les **laboratoires de R&D de l'école**, qui ne doivent pas être pris en compte, d'après la FAQ Eco Energie Tertiaire. Toutefois, pour ne pas être prises en compte, les consommations des laboratoires **doivent pouvoir être isolées** des autres consommations de l'école par un sous-comptage.

3.3 - OBLIGATIONS DE MISE EN PLACE DE BORNES DE RECHARGE POUR LES BATIMENTS EXISTANTS

La loi LOM (Loi d'Orientation des Mobilités) impose, **à partir du 1^{er} janvier 2025 à tous les bâtiments bâtiments non résidentiels comportant un parc de stationnement de plus de vingt emplacements**, de disposer d'au moins un point de recharge pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables situé sur un emplacement dont le dimensionnement permet l'accès aux personnes à mobilité réduite. Ces parcs de stationnement doivent également disposer **d'un point de charge par tranche de vingt emplacements supplémentaires**, sauf si des travaux importants d'adaptation du réseau électrique sont nécessaires pour remplir cette obligation.

Cette obligation n'est toutefois pas applicable aux parcs de stationnement dépendant de bâtiments possédés et occupés par des petites et moyennes entreprises telles que définies par la recommandation 2003/361/ CE de la Commission du 6 mai 2003 concernant la définition des micro, petites et moyennes entreprises.

Les bâtiments résidentiels existants ne sont quant à eux pas concernés par des obligations de mise en place de point de recharge, ainsi aucune obligation n'impose la mise en place de bornes de recharge sur les parcs de stationnements des résidences étudiantes.

Le tableau ci-dessous présente le nombre de point de recharge à installer par parc de stationnement :

Parc de stationnement	Nombres de places	Nbr de points de charge à installer	Nbr de bornes doubles de charge à installer	Commentaire
Parking Gymnase	170	8	4	
Parking Ecole Sud	70	3	2	
Parking Ecole Nord	145	7	4	
Parking Restaurant	109	5	3	
Parking résidence 1	168	/	/	Non concerné par loi LOM
Parking résidence 2	38	/	/	Non concerné par loi LOM
Total	700	23	13	

Sur l'ensemble des parcs de stationnement de l'école, **23 points de recharges doivent être installés, ce qui équivaut à la mise en place de 13 bornes de recharges double.**

Pour la mise en œuvre de borne de rechargement deux solution sont possibles :

Solution 1 : Mise en place de bornes de recharge intégrant un système de facturation

Pour répondre aux besoins des usager de l'école nous recommandons l'installation de bornes de recharge d'une puissance de 22 kW.

Les coûts fourni-posé de telles bornes sont compris entre 2 000 et 20 000 €HT. Le cout matériel d'une borne de recharge est peu important (environ 1 000 €HT), cette large fourchette de couts est essentiellement due aux couts de raccordement électrique et VRD associés à la mise en place d'une borne qui peuvent facilement évoluer à la hausse selon le projet.

Actuellement, l'IMT Mines Albi recharge ses véhicules de service via des bornes doubles fournies et gérées par **Freshsmile**. Après échanges avec cette entreprise, celle-ci nous a indiqué que le coût d'installation de bornes doubles de 22 kW se situe entre **3 000 € HT et 6 000 € HT**. Concernant la gestion des bornes, l'abonnement Freshsmile s'élève à environ **218 € HT pour quatre points de recharge**, avec une commission de **10 % sur chaque paiement effectué** via les bornes.

En considérant un coût d'installation de bornes double de 4 500 €HT, l'investissement total pour répondre à l'obligation de mise en place de bornes de recharge de la Loi d'Orientation sur les Mobilités **serait de 58 500 €HT.**

Solution 2 : Mise en place de système de recharge sans système de facturation

La deuxième solution serait de ne pas mettre de bornes de recharge électrique intégrant un système de facturation, mais de mettre en place des points de recharge en quasi libre-service.

Cette solution a déjà été évoquée avec l'IMT Mines Albi, **celle-ci ne désire pas se tourner vers ce type de solution.** Nous préconisons toutefois de ne pas installer de bornes de recharge avec système de facturation pour les véhicules de service, car l'école n'a pas d'intérêt économique à le faire.

Pour les véhicules de service, nous préconisons néanmoins de privilégier des options plus simples et économiques, telles que :

- Des **prises électriques renforcées de type 2** (puissance : 3,7 kW).
- Des **bornes de recharge domestiques** (puissance : 7 kW).

Ces alternatives présentent des coûts d'investissement nettement inférieurs à ceux des bornes intégrant un système de facturation.

Comparé aux bornes sans système de facturation, les bornes avec facturation offrent un meilleur contrôle sur l'usage des points de recharge, limitant ainsi les éventuels abus.

Des solutions à faible cout permettent toutefois d'avoir un certain contrôle sur les bornes de recharges. L'installation d'un interrupteur horaire aurait par exemple l'avantage de contrôler les horaires pendant lesquelles il est possible de recharger les véhicules électriques de service.

Nous préconisons quand même la mise en place de bornes domestiques plutôt que des prises électriques renforcées de type 2, car les bornes domestiques intègrent généralement un compteur électrique, en plus d'avoir un suivi plus fin sur ses consommations cela permet à l'IMT Mines Albi de retirer les consommations IRVE des consommations considérées pour les objectifs du décret tertiaire.



Bornes de recharges domestiques



Avec une entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2025, **l'IMT Mines Albi ne pourra pas respecter l'obligation de mise en place de bornes de recharge pour les bâtiments existants.** Nous recommandons toutefois à l'école d'installer dans un premier temps par elle-même un nombre de bornes de recharges adaptés à ses besoins actuels. Dans un second temps, elle pourrait envisager de faire installer les bornes restantes par un tiers investisseur, dans le cadre de l'AMI (Appel à Manifestation d'Intérêt) présenté ultérieurement dans ce rapport.

4 - ANALYSE DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES ACTUELLES

Le campus Jarlard de l'école est alimenté par **une seule source (point de raccordement au réseau public) d'énergie électrique**. L'IMT Mines Albi-Carmaux possède un contrat d'électricité avec les caractéristiques suivantes :

- Fournisseur : ENGIE
- Acheminement : **Tarif HTA5 à Pointe Fixe Longue Utilisation**
- Puissance souscrite actuelle : **576 kW**

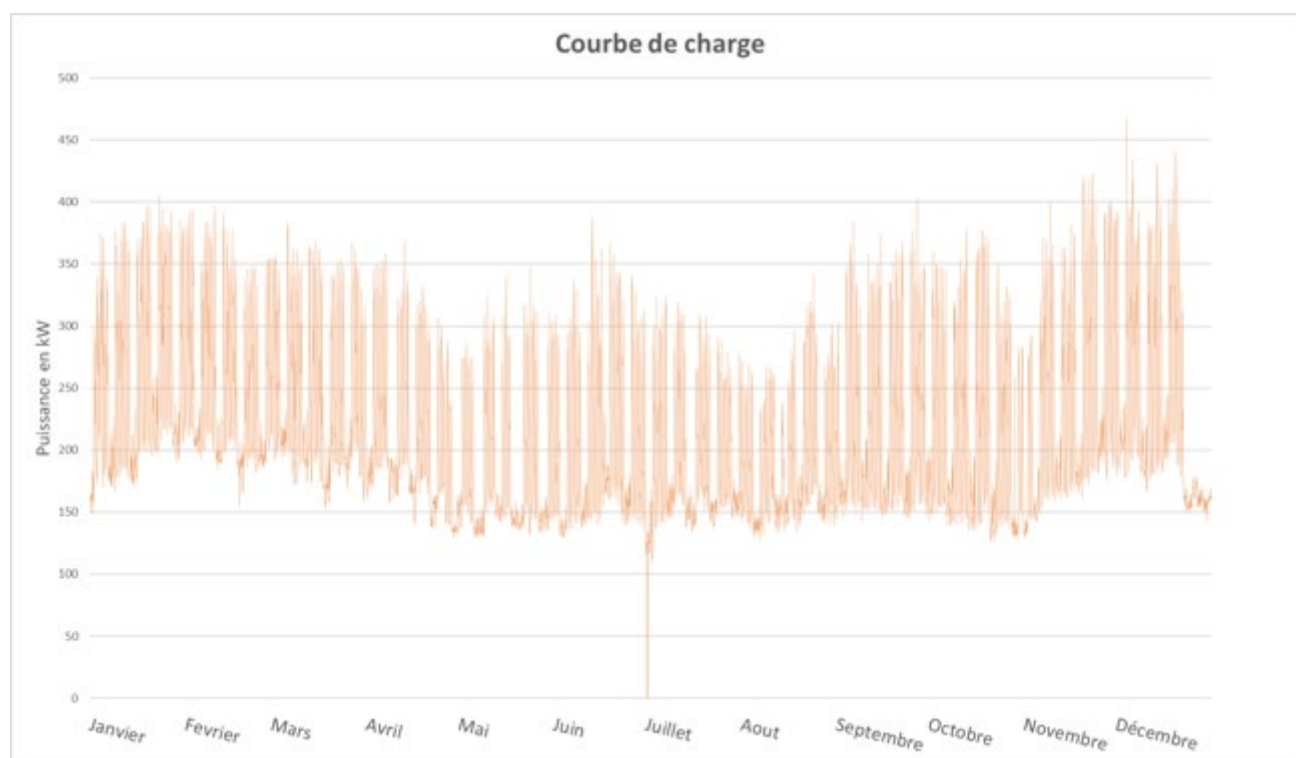
Afin d'analyser les consommations électriques du site, PLUS DE VERT a reçu les données suivantes :

- Les factures d'électricité du campus de janvier et février 2023 et de janvier à juillet 2024
- Les consommations du campus au pas de temps 5 minutes de janvier 2023 à juillet 2024.

Les données de consommations issues des éléments précédents regroupent les consommations de l'ensemble des bâtiments (l'école, les logements, le restaurant, la maison des élèves, le bâtiment Innov'Action et le gymnase) mais également les postes de consommation annexes tels que l'éclairage extérieur.

Pour l'analyse des consommations, les consommations de l'année 2023 (année complète la plus récente) ont été considérées.

4.1 - PROFIL ANNUEL DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES



Ce graphique présente les appels de puissance sur l'année au pas de temps horaire.

Le campus Jarlard de l'IMT Mines Albi présente des consommations électriques annuelles de 1 887 MWh.

On distingue sur la courbe de charge deux périodes de consommations :

- La période de Septembre à Avril où les consommations électriques sont plus importantes.

- La période d'Avril à Septembre où les consommations électriques sont moins importantes. On distingue également des **baisses de consommations ponctuellement pendant les vacances scolaires**. Ceci témoigne de l'impact important sur les consommations électriques du campus de la présence ou non des étudiants sur celui-ci.

La courbe de charge met en valeur un **pic de puissance en décembre de 466 kW**.

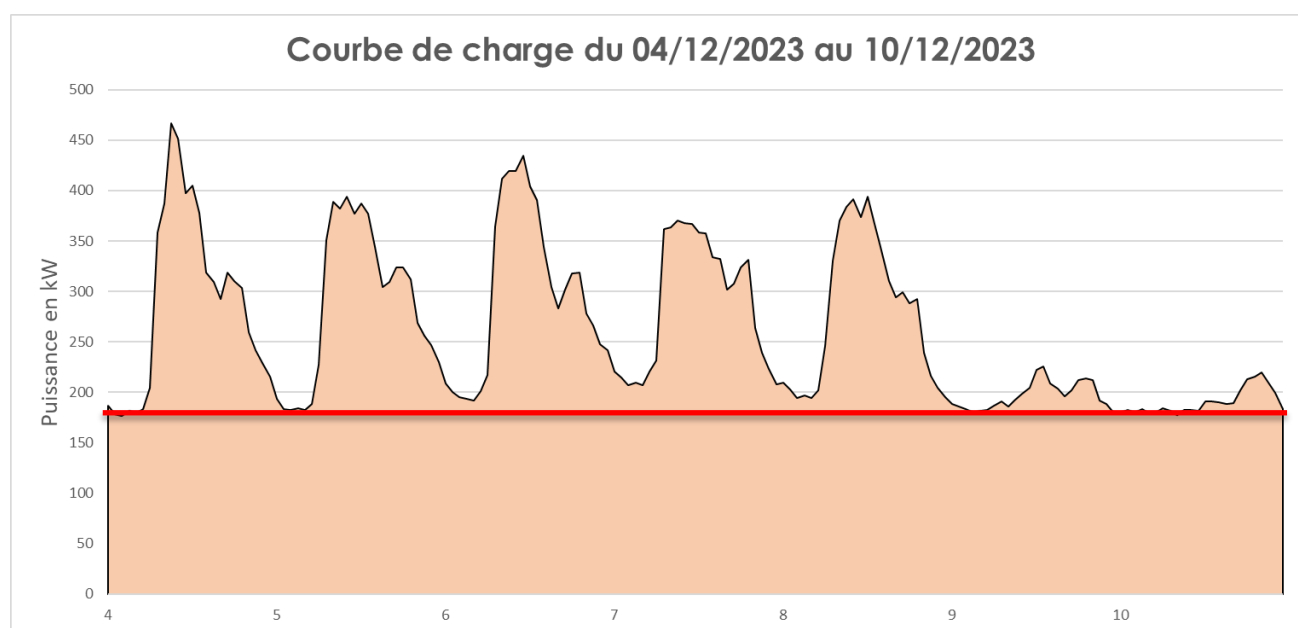
Le talon de puissance (puissances minimales appelées constantes) représente une part importante des consommations, il est ici d'environ 140 kW. Le talon correspond aux consommations électriques nocturnes.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des consommations journalières et nocturnes.

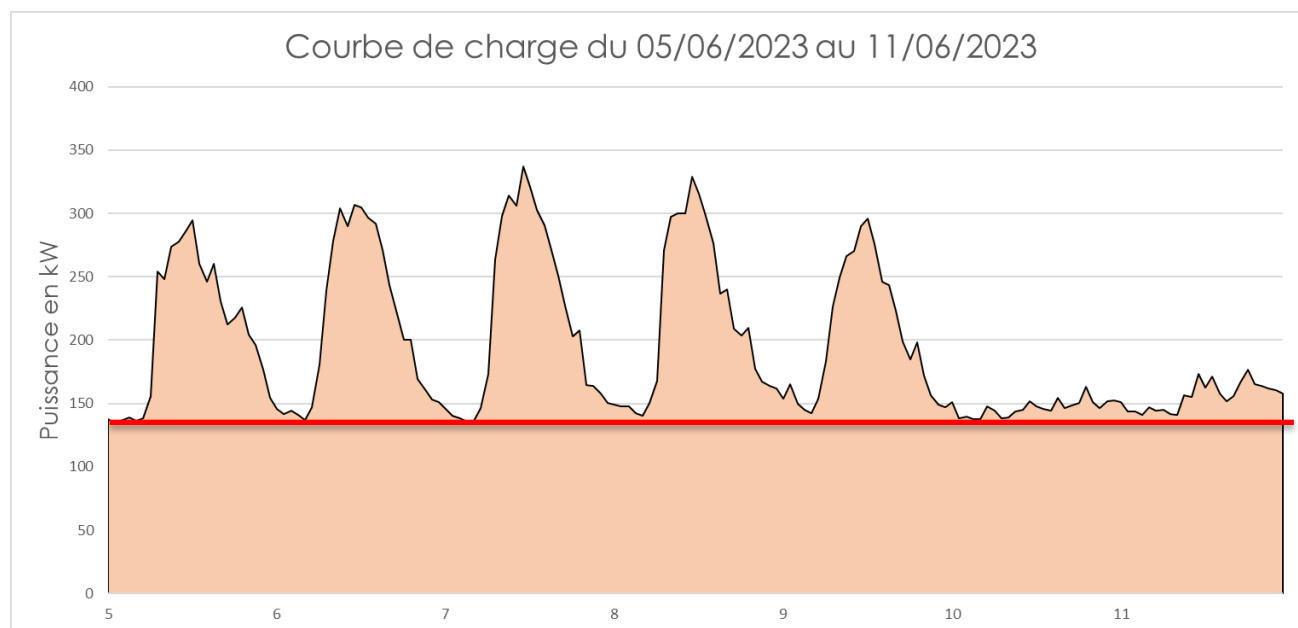
Consommation journalière annuelle	1 020 MWh/an	54%
Consommation nocturne annuelle	887 MWh/an	46%
Consommation annuelle	1 887 MWh/an	100%

4.2 - PROFILS HEBDOMADAIRES

Le graphique ci-dessous présente la courbe de charge du 04/12/2023 au 10/12/2023 :



Le graphique ci-dessous présente la courbe de charge du 05/06/2023 au 11/06/2023 :



4.3 - PROJECTION DES CONSOMMATIONS JUSQU'A L'HORIZON 2045

Afin de mener à bien cette étude de faisabilité, il a été nécessaire de réaliser des projections sur les consommations électriques du site pour une période allant de 2025 à 2045. L'un des facteurs clés qui a été pris en compte pour l'évolution des consommations est **l'augmentation du nombre de bornes de recharge de véhicules électriques sur le campus et l'augmentation de leur usage.**

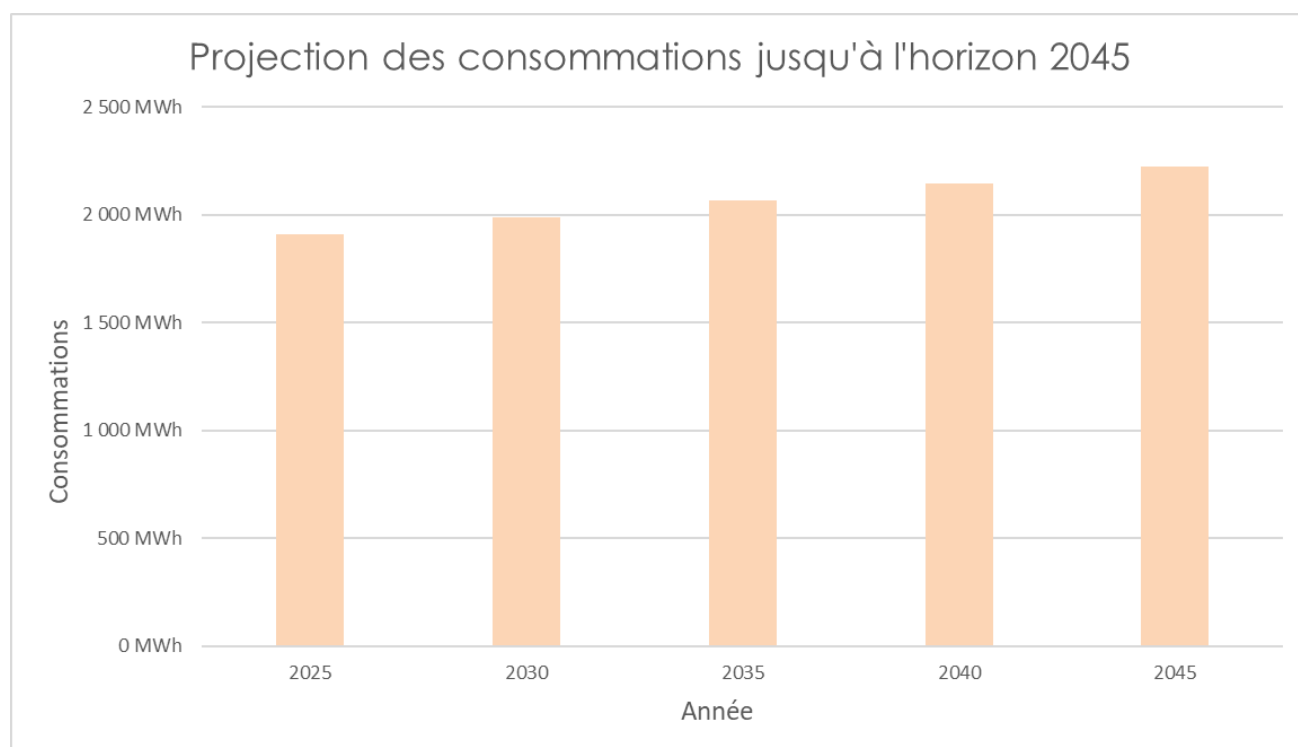
Le tableau ci-dessous présente les principales hypothèses qui ont été prises pour intégrer les futures consommations électriques liées à la recharge de voitures électriques.

Type de véhicule électrique	Consommation annuelles/Véhicule	Nombre de véhicules en 2045
Véhicule service	2 000 kWh/an	20
Véhicule professeur	3 000 kWh/an	60
Véhicule élève	2 500 kWh/an	50

Les consommations annuelles des véhicules de service sont basées sur les consommations actuelles des véhicules de service sur le campus de l'école.

Une augmentation progressive du nombre de véhicules sur site a été considérée. Le tableau ci-dessous présente l'évolution du nombre de véhicules site ainsi que l'évolution des consommations électriques associées qui ont été considérés.

Année	Véhicules électrique "service"		Véhicules électriques "élèves"		Véhicules électriques "professeurs"		Total	
	Nombre de véhicule	Consommation (en kWh)	Nombre de véhicule	Consommation (en kWh)	Nombre de véhicule	Consommation (en kWh)	Nombre de véhicule	Consommation (en kWh)
2025	10	18750	0	0	0	0	10	18750
2026	10,5	19688	2,5	6250	3	7500	16	33438
2027	11	20625	5	12500	6	15000	22	48125
2028	11,5	21563	7,5	18750	9	22500	28	62813
2029	12	22500	10	25000	12	30000	34	77500
2030	12,5	23438	12,5	31250	15	37500	40	92188
2031	13	24375	15	37500	18	45000	46	106875
2032	13,5	25313	17,5	43750	21	52500	52	121563
2033	14	26250	20	50000	24	60000	58	136250
2034	14,5	27188	22,5	56250	27	67500	64	150938
2035	15	28125	25	62500	30	75000	70	165625
2036	15,5	29063	27,5	68750	33	82500	76	180313
2037	16	30000	30	75000	36	90000	82	195000
2038	16,5	30938	32,5	81250	39	97500	88	209688
2039	17	31875	35	87500	42	105000	94	224375
2040	17,5	32813	37,5	93750	45	112500	100	239063
2041	18	33750	40	100000	48	120000	106	253750
2042	18,5	34688	42,5	106250	51	127500	112	268438
2043	19	35625	45	112500	54	135000	118	283125
2044	19,5	36563	47,5	118750	57	142500	124	297813
2045	20	37500	50	125000	60	150000	130	312500



Le graphique ci-dessus présente les projections des consommations électriques annuelles pour les années 2025, 2030, 2035, 2040, 2045.

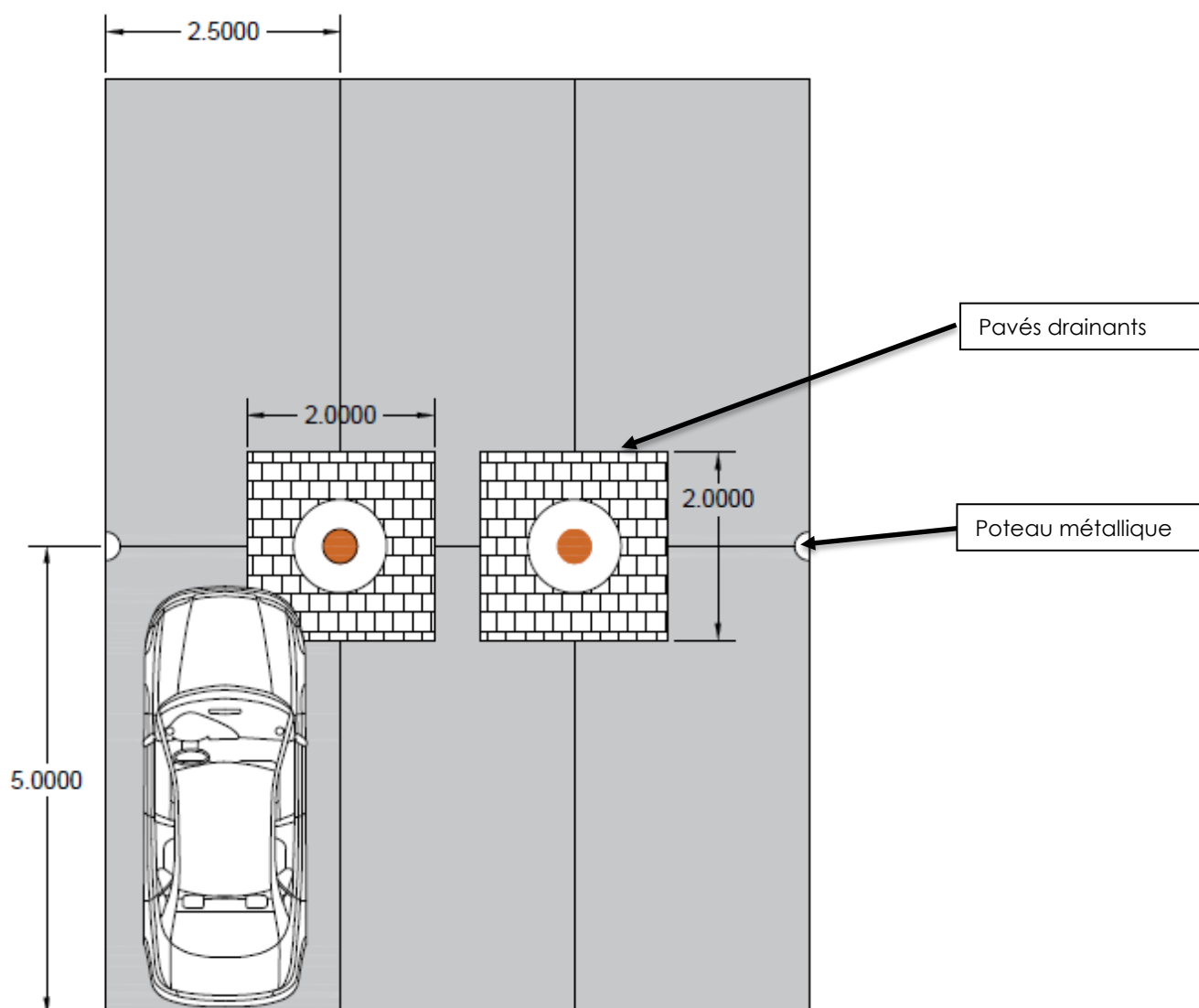
Les consommations prévisionnelles de 2025 sont de 1 907 MWh et celles de 2045 sont de 2 221 MWh. Ainsi entre 2045 et 2025, **la recharge des véhicules électriques représenterait une augmentation des consommations électriques du campus de +16%.**

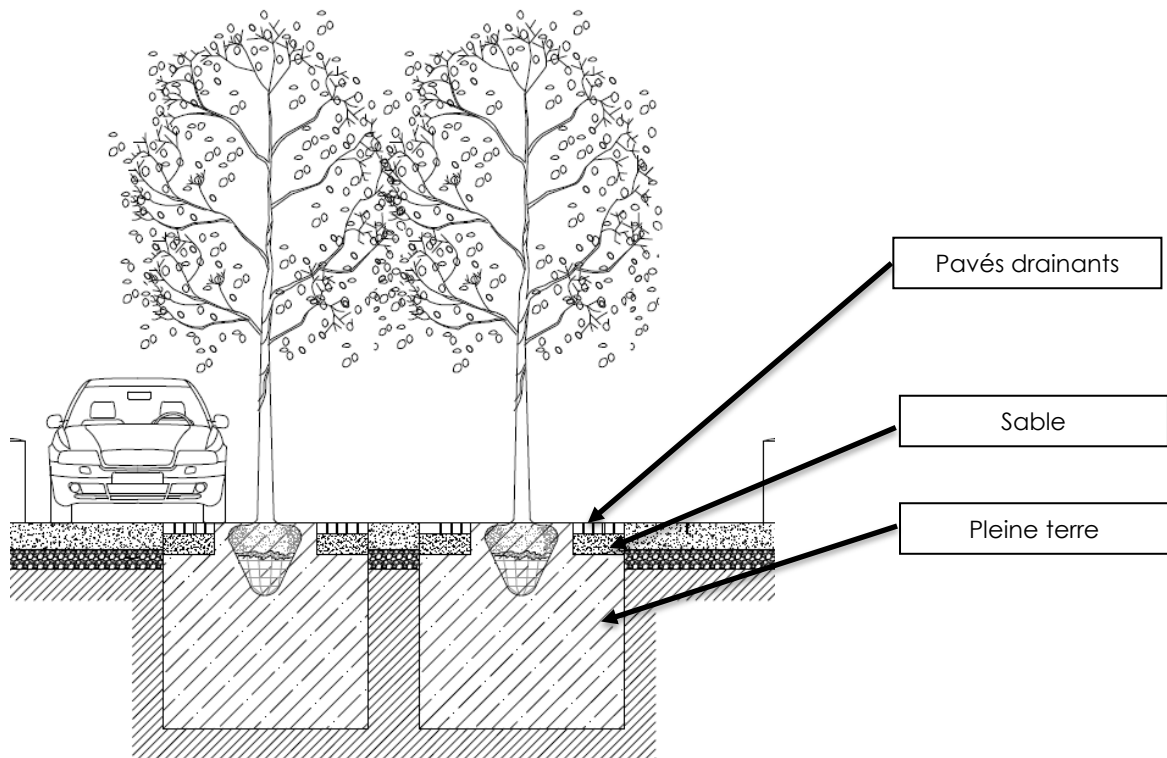
5 - DIMENSIONNEMENT ET DESCRIPTION DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

5.1 - POSSIBILITES D'IMPLANTATION

Pour respecter l'obligation de mise en place d'ombrières photovoltaïques de l'article 40 de la loi APER, nous proposons deux solutions différentes pour chaque parc de stationnement :

- 1) Implantation mixte : Une solution avec la mise en place d'ombrières à poteaux centrés double peigne (couvrant les doubles rangés de places de stationnement). Les simples rangées seraient quant à elles ombragées avec des arbres plantés en pleine terre ou par des arbres déjà existants.
- 2) Implantation max arbres : Cette solution consiste à planter le nombre d'arbres requis pour respecter la loi APER **sans mettre en place d'ombrières photovoltaïques**. En plus d'arbres à planter en pleine terre le long des simples rangées de places de stationnement, cette implantation implique la plantation d'arbres entre quatre places de stationnement existantes. Pour ces arbres, nous préconisons la solution décrite par les schémas ci-dessous :





Cette solution a l'avantage de garantir aux arbres suffisamment de terre et d'espace pour croître sans entrave, tout en ayant des places de stationnement qui respectent la norme de marquage pour véhicules léger (< 3.5t et < 1.90m) pour les parkings accessibles au public (Norme NF P91-100).

La solution « max photovoltaïque », consistant à installer des ombrières au-dessus de la totalité des places de stationnement n'a pas été étudiée, car elle ne semblait pas pertinente à la vue du coût des ombrières simple peigne.

Les possibilités d'implanter des installations photovoltaïques sur les toitures des différents bâtiments du campus ont également été étudiées, car elles présentent un intérêt économique supérieur.

5.1.1 - Parcs de stationnement

Pour l'ensemble des possibilités d'implantation d'ombrières il a été considéré :

- Une orientation des panneaux photovoltaïques au format portrait. Cette orientation garantit notamment une meilleure tenue au vent des panneaux. Toutefois le choix de l'orientation des panneaux sur ombrières dépendra de l'ETN du système de fixation choisi.
- Une inclinaison des ombrières de 5°. Entre une ombrière inclinée à 5° et une ombrière inclinée à 10° la production d'électricité est quasiment équivalente. L'avantage d'une inclinaison à 5° est notamment de proposer une apparence plus discrète et donc une intégration à son environnement plus facile. Toutefois l'inclinaison à 5° facilite l'accumulation de saletés ce qui peut amener à des nettoyages des panneaux plus fréquemment.

a) Parking gymnase

Le parking est de type véhicules légers et comporte 170 places de stationnement. La largeur des places de stationnement est de 2,5 m de large.

On retrouve sur le parking déjà plusieurs arbres existants concourant à l'ombrage du parc de stationnement. 11 des arbres existants sont reconnus comme apportant de l'ombre, selon l'article 40 de la loi APER.



Les deux plans ci-dessous présentent les deux possibilités d'implantations envisagées pour ce parc de stationnement :

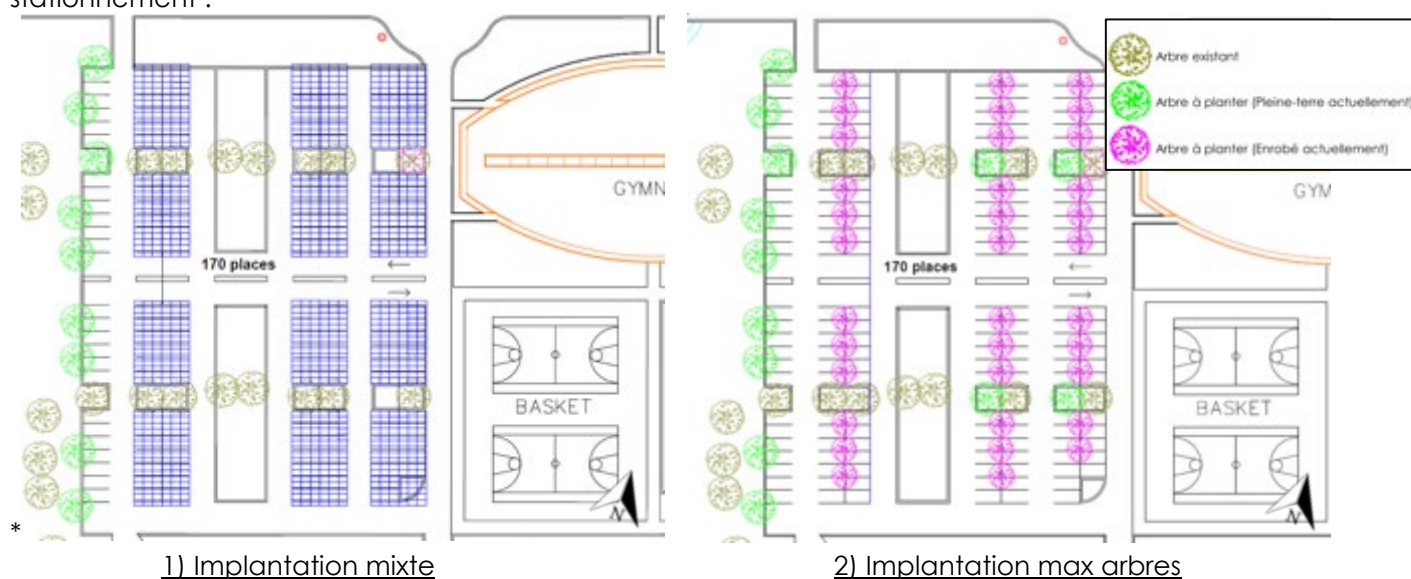


Tableau descriptif implantation mixte

Ombrières photovoltaïques	
Puissance installée	465 kWc
Surface de PV installée	2 086 m ²
Azimut PV	70,7°
Productible (P90)	1062 kWh/kWc
Investissement	897 k€HT
Arbres	
Arbres plantés	9
Investissement	9 k€HT
Total	
Investissement total	906 k€HT

Tableau descriptif implantation max arbres

Arbres	
Arbres plantés	48
Investissement	83 k€HT

b) Parking école Sud

Le parking est de type véhicules légers et comporte 38 places de stationnement. Le parking n'a que de simples rangées de places de stationnement : la mise en place d'ombrières simple peigne sur ces places n'est pas économiquement intéressante. Ainsi seul le scénario max arbres a été étudié pour ce parking.

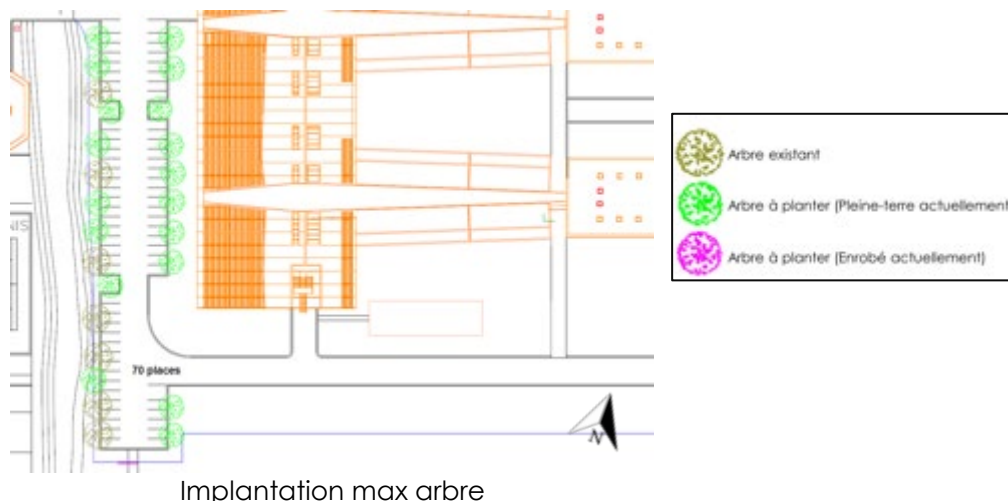


Tableau descriptif implantation max arbres

Arbres	
Arbres plantés	20
Investissement	20 k€HT

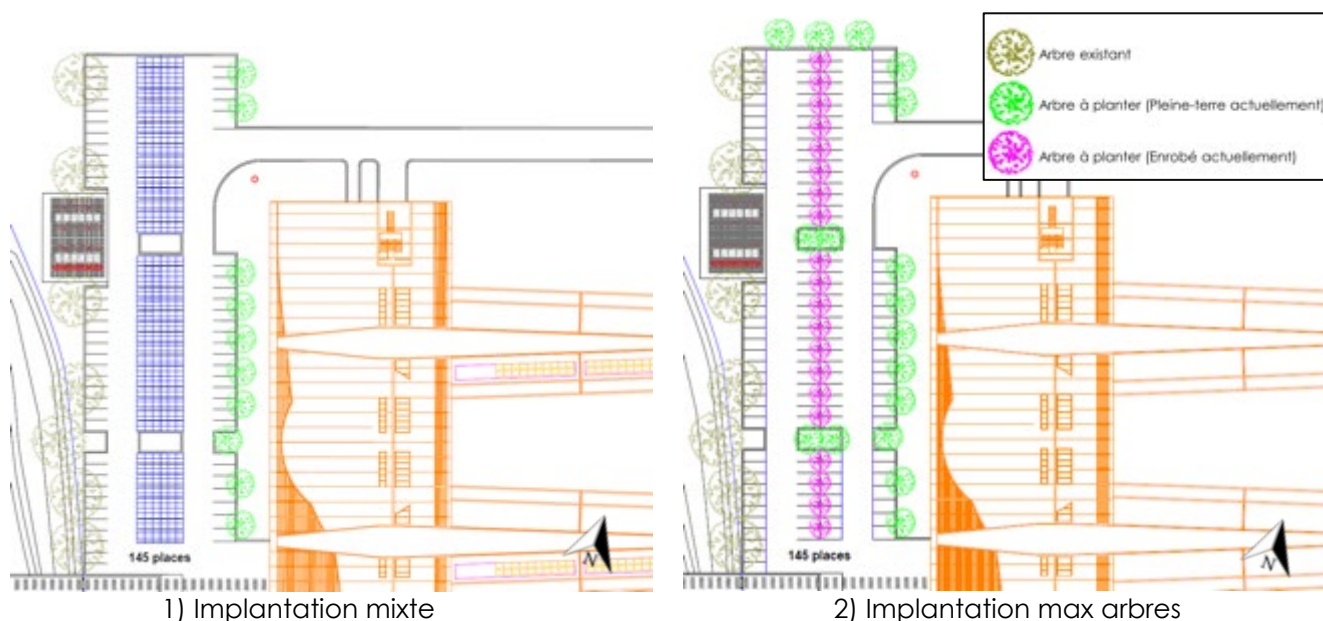
c) Parking école Nord

Le parking est de type véhicules légers et comporte 145 places de stationnement. La largeur des places de stationnement est de 2,5 m de large.

On retrouve sur le parking plusieurs arbres existants le long de la rangée de places de stationnement située à l'ouest du parking. Ces arbres ont plus d'une dizaine de mètres de haut et ont une canopée très large. Nous considérons que ces arbres participent à l'ombrage de la rangée de places le long de laquelle ils sont implantés.



Les deux plans ci-dessous présentent les deux possibilités d'implantations envisagées pour ce parc de stationnement :



1) Implantation mixte

2) Implantation max arbres

Tableau descriptif implantation mixte

Ombrières photovoltaïques	
Puissance installée	235 kWc
Surface de PV installée	1055 m²
Azimut PV	70,7°
Productible (P90)	977 kWh/kWc
Investissement	453 k€ HT
Arbres	
Arbres plantés	10
Investissement	10 k€HT
Total	
Investissement total	463 k€HT

Le productible de cette installation est moins important que les autres installations photovoltaïques sur ombrières étudiées notamment car celle-ci est ombragée par le bâtiment principal de l'école par l'Est et par les arbres existant à l'Ouest.

Tableau descriptif implantation max arbres

Arbres	
Arbres plantés	37
Investissement	57 k€HT

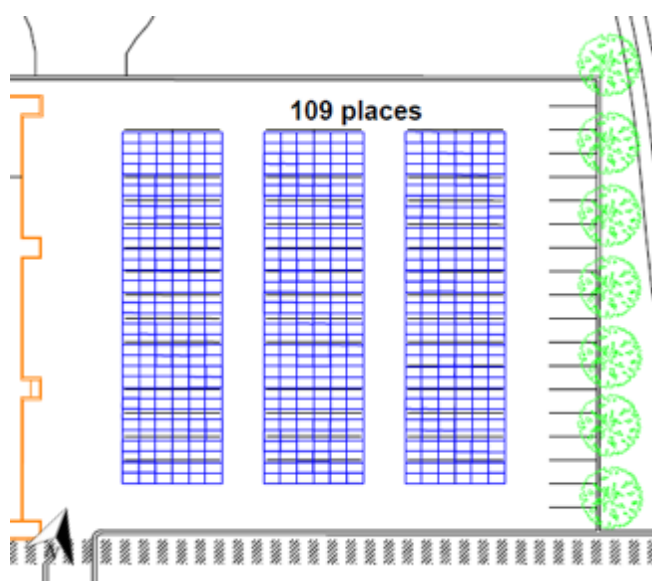
d) Parking restaurant

Le parking est de type véhicules légers et comporte 109 places de stationnement. La largeur des places de stationnement est de 2,5 m de large.

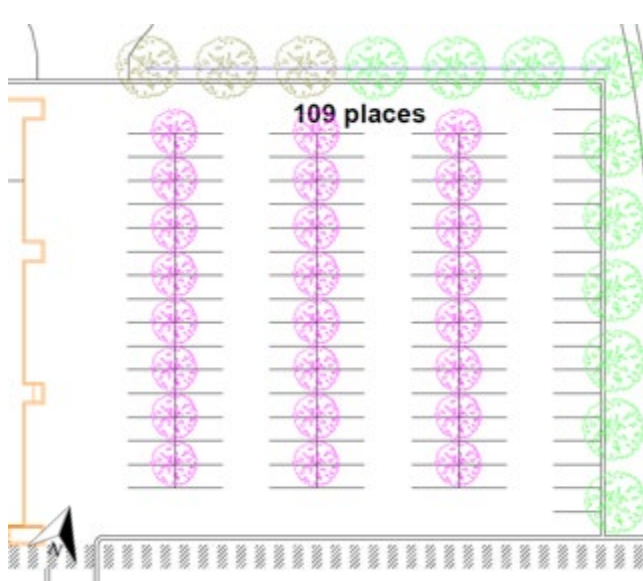
Ce parking est **très pertinent** pour la mise en place d'ombrières photovoltaïques. En effet, il présente d'une part très peu de contraintes pour l'implantation de longues ombrières double peigne, d'autre part très peu d'éléments autour du parking participent à son ombrage.



Les deux plans ci-dessous présentent les deux possibilités d'implantations envisagées pour ce parc de stationnement :



1) Implantation mixte



2) Implantation max arbres

Tableau descriptif implantation mixte

Ombrières photovoltaïques	
Puissance installée	264 kWc
Surface de PV installée	1187 m ²
Azimut PV	70,7°
Productible (P90)	1060 kWh/kWc
Investissement	510 k€HT
Arbres	
Arbres plantés	7
Investissement	7 k€HT
Total	
Investissement total	517 k€HT

Tableau descriptif implantation max arbres

Arbres	
Arbres plantés	34
Investissement	58 k€HT

e) Parking résidence étudiante

Le parking est de type véhicules légers et comporte 168 places de stationnement. La largeur des places de stationnement est de 2,5 m de large. La particularité de ce parking est que chaque rangée est de longueur différente, souvent courte.

Aucun arbre existant ne concourt à l'ombrage des places de parking.



Les deux plans ci-dessous présentent les deux possibilités d'implantations envisagées pour ce parc de stationnement :

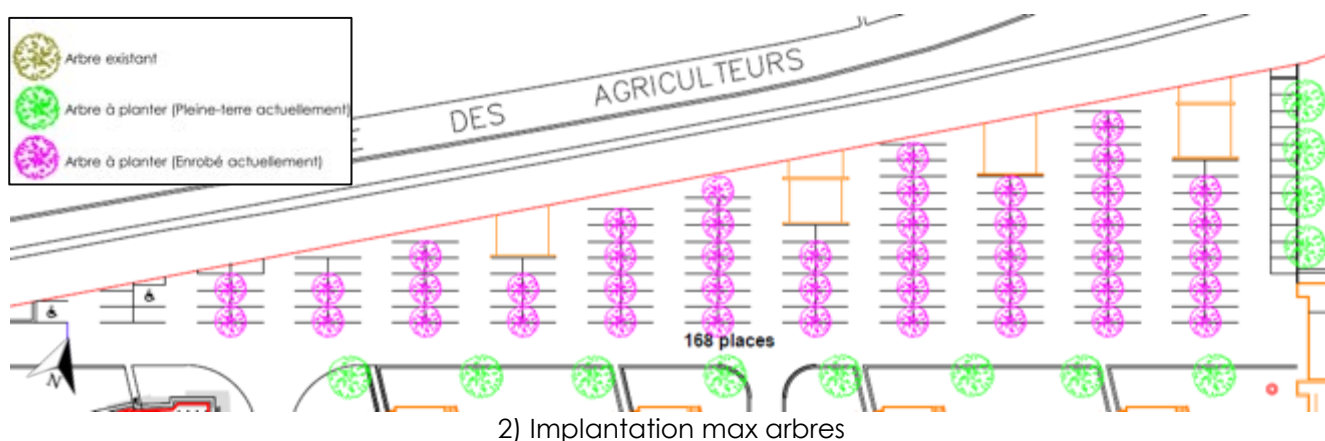
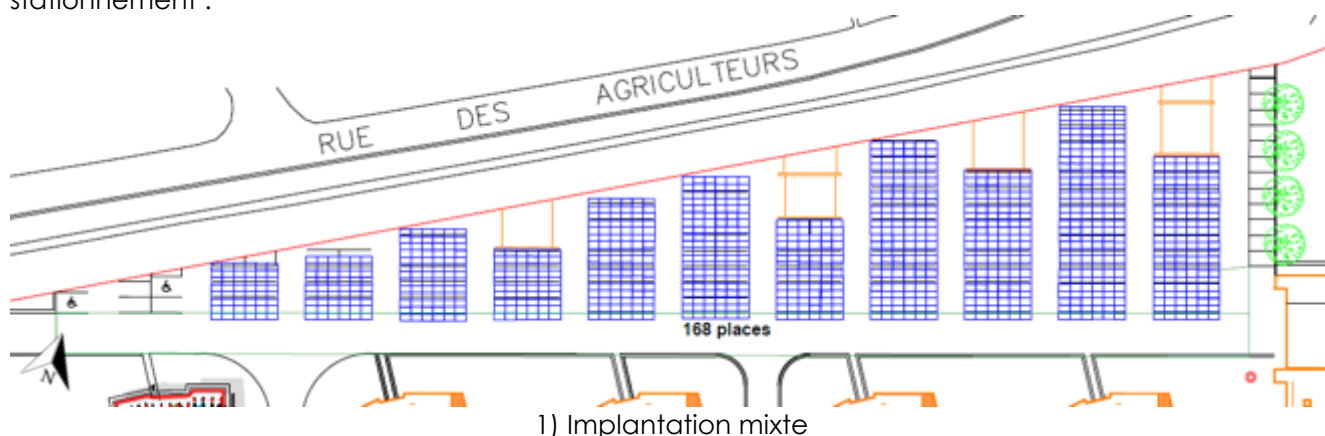


Tableau descriptif implantation mixte

Ombrières photovoltaïques	
Puissance installée	510 kWc
Surface de PV installée	2290 m ²
Azimut PV	70,7°

Productible (P90)	984 kWh/kWc
Investissement	979 k€ HT
Arbres	
Arbres plantés	4
Investissement	4 k€ HT
Total	
Investissement total	983 k€ HT

Le productible de cette installation est moins important que celui des autres installations photovoltaïques sur ombrières étudiées, notamment car celle-ci est partiellement ombragée par les bâtiments de la résidence étudiante.

Tableau descriptif implantation max arbres

Arbres	
Arbres plantés	56
Investissement	100 k€ HT

f) Parking résidence 2

Le parking est de type véhicules légers et comporte 38 places de stationnement. La largeur des places de stationnement est de 2,5 m de large.

Aucun arbre existant ne concourt à l'ombrage des places au centre du parking.



Les deux plans ci-dessous présentent les deux possibilités d'implantations envisagées pour ce parc de stationnement :

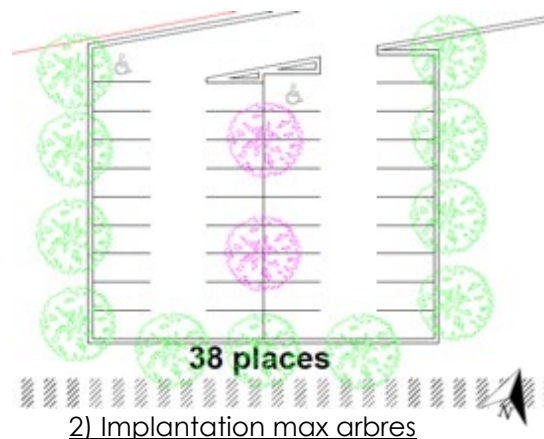
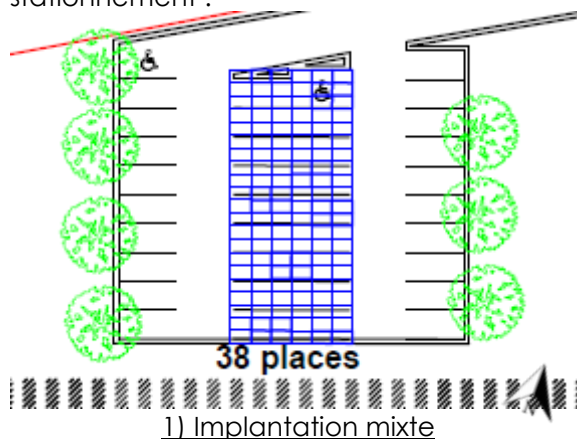


Tableau descriptif implantation mixte

Ombrières photovoltaïques	
Puissance installée	56 kWc
Azimut PV	70,7°
Surface de PV installée	252 m²
Productible (P90)	1066 kWh/kWc
Investissement	108 k€HT
Arbres	
Arbres plantés	7
Investissement	7 k€HT
Total	
Investissement total	115 k€HT

Tableau descriptif implantation max arbres

Arbres	
Arbres plantés	13
Investissement	15 k€HT

5.1.2 - Toitures du campus

A défaut d'avoir trouvé d'éventuelles règles spécifiques du SDIS 81, les règles spécifiques à l'installation de systèmes photovoltaïques dans les établissements recevant du public (ERP), sont définies dans la partie 2 de l'avis de la Commission Centrale de Sécurité (février 2013). Les principales exigences sont les suivantes :

- Une bande de 0,9 m sans panneaux photovoltaïques doit être maintenue autour de la toiture permettant le cheminement des services de secours.
- Une bande de 0,9 m sans panneaux photovoltaïques doit également être prévue autour des équipements techniques sur la toiture.
- Chaque champ photovoltaïque ne doit pas dépasser une surface de 300 m² avec une longueur maximale de 30 m. Une séparation de 0,9 m doit être respectée entre chaque champ.

Ces règles ont été considérées pour l'ensemble des propositions de calepinage étudiées.

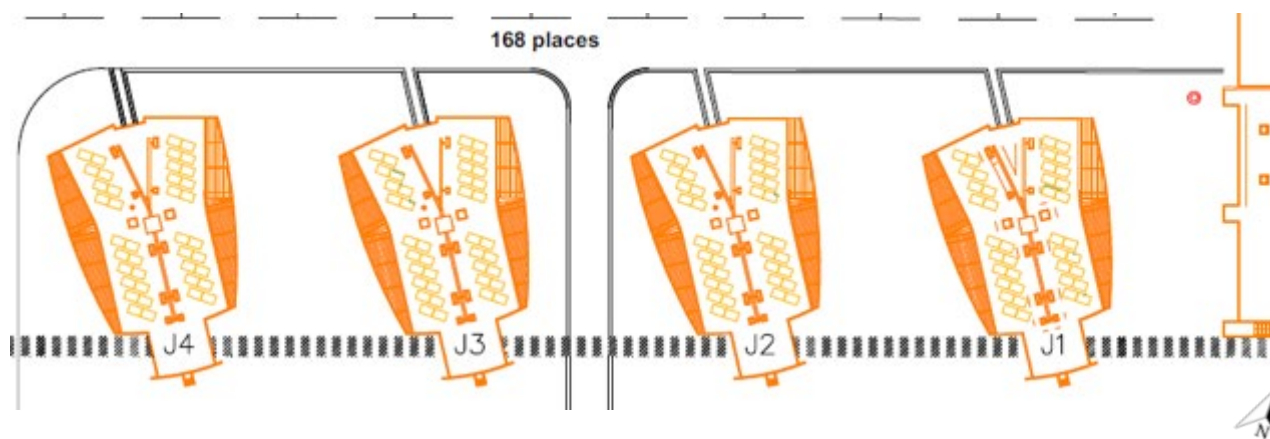
a) Toiture résidence Jarlard (J1-J2-J3-J4)

Les toitures des résidences J1-J2-J3-J4 sont des toitures plates avec une structure porteuse en béton. Dans la longueur du bâtiment, l'acrotère de la toiture est d'environ 30 cm de haut. Les acrotères dans la largeur du bâtiment sont plus hauts et génèrent un ombrage important sur la toiture, ainsi la mise en place de panneaux photovoltaïques sur la partie Sud de la toiture n'est pas pertinente.

Une grande partie de la toiture est occupée en son centre par des conduits de ventilation, impactant les possibilités de calepinage.



Au total une toiture de résidence peut accueillir près de 40 panneaux orientés plein Sud et inclinés à 10°. Ce qui correspond à un maximum de 18 kWc par toiture, soit 72 kWc pour l'ensemble des toitures de résidences.



Plan de calepinage PV toitures résidences

Tableau descriptif implantation PV en toiture des résidences

Installation photovoltaïque	
Puissance installée	72 kWc
Surface de PV installée	320 m ²
Azimut PV	0°
Productible (P90)	1102 kWh/kWc
Investissement	86 k€ HT

b) Toiture Maison Des Elèves

La toiture de la Maison des élèves est une toiture plate avec une structure porteuse en béton. La toiture dispose d'un acrotère d'une dizaine de cm de haut, son ombrage sur une potentielle installation photovoltaïque est quasiment négligeable. La toiture présente également de nombreux puits de lumières, avec leur faible hauteur ceux-ci génèrent un ombrage limité, une bande de 0,9 m devra toutefois être prévue autour.

Une grande partie de la toiture n'est pas pertinente pour la mise en place de panneaux photovoltaïques car elle est ombragée par la « tour » du bâtiment, faisant 6 m 60 de haut.



Au total la toiture de la Maison des élèves peut accueillir près de 50 panneaux orientés Sud-Sud-Est et inclinés à 10°. Ce qui correspond à un maximum de 23 kWc.

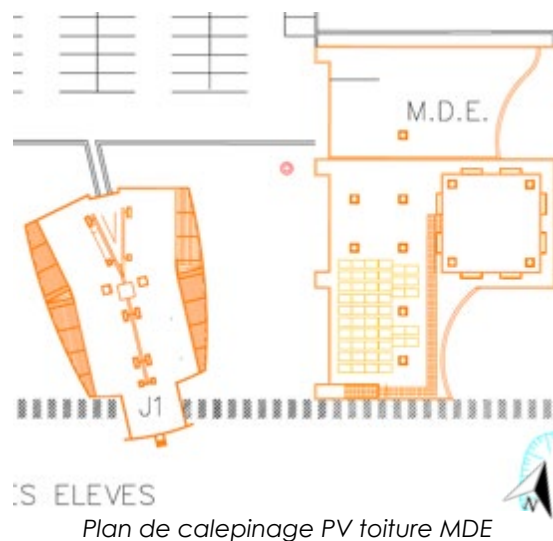


Tableau descriptif implantation PV en toiture MDE

Installation photovoltaïque	
Puissance installée	23 kWc
Surface de PV installée	100 m²
Productible (P90)	1113 kWh/kWc
Azimut PV	-19,3°
Investissement	27 k€ HT

c) Toiture Restaurant

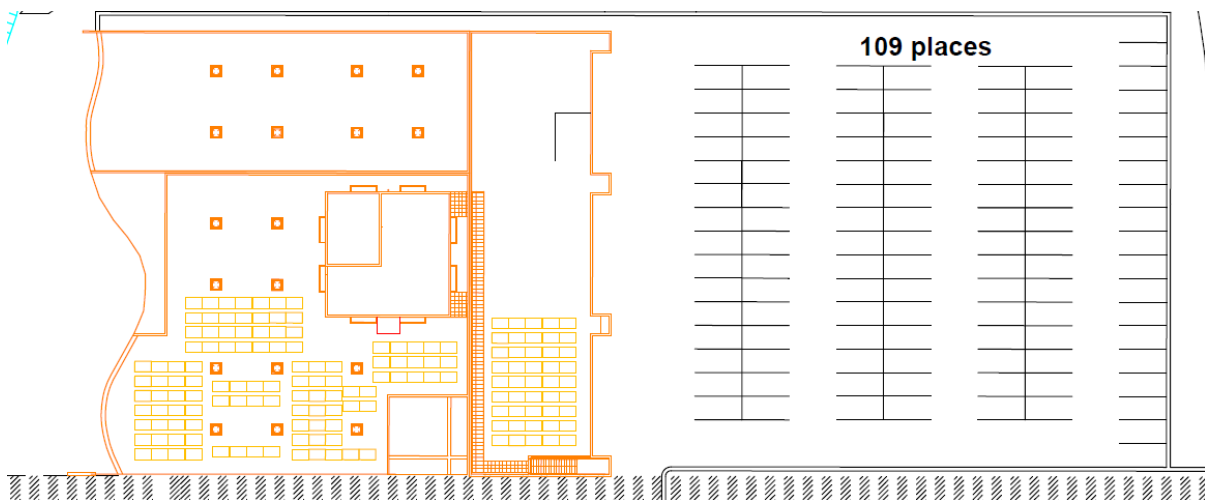
La toiture du restaurant présente des caractéristiques similaires à celle de la toiture de la maison des élèves.

La toiture du restaurant est une toiture plate avec une structure porteuse en béton. La toiture dispose d'un acrotère d'une dizaine de cm de haut, son ombrage sur une potentielle installation photovoltaïque est quasiment négligeable. La toiture présente également de nombreux puits de lumières, avec leur faible hauteur ceux-ci génèrent un ombrage limité, une bande de 0,9 m devra toutefois être prévue autour.

Une grande partie de la toiture n'est pas pertinente pour la mise en place de panneaux photovoltaïques car elle est ombragée par la « tour » du bâtiment, faisant 6m 60 de haut.



Au total la toiture du restaurant peut accueillir près de 155 panneaux orientés Sud-Sud-Est et inclinés à 10°. Ce qui correspond à un maximum de 70 kWc.



Plan de calepinage PV toiture restaurant



Tableau descriptif implantation PV en toiture Restaurant

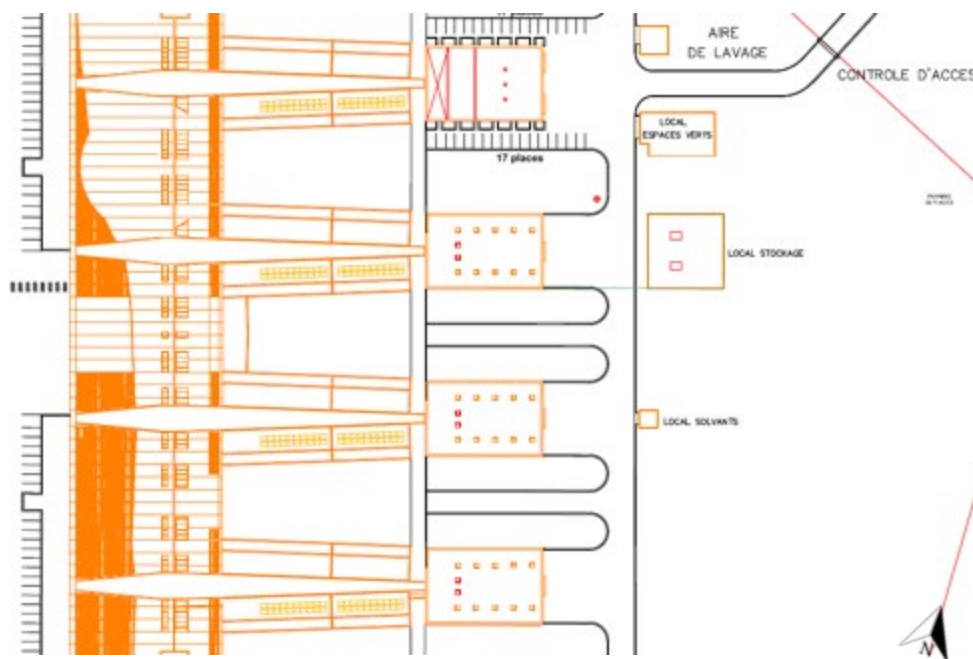
Installation photovoltaïque	
Puissance installée	70 kWc
Surface de PV installée	310 m ²
Productible (P90)	1104 kWh/kWc
Azimut PV	-19,3°
Investissement	84 k€ HT

d) Toitures épis

La toiture des épis est une toiture plate avec une structure porteuse en béton. La toiture possède un acrotère d'environ 25 cm de haut.



Au total une toiture d'épis peut accueillir près de 40 panneaux orientés Sud-Sud-Est et inclinés à 10°, ce qui correspond à un maximum de 18 kWc par toiture, soit 72 kWc pour l'ensemble des toitures des épis.



Plan de calepinage PV toitures épis

Tableau descriptif implantation PV en toiture Epis

Installation photovoltaïque	
Puissance installée	72 kWc
Surface de PV installée	320 m²
Azimut PV	-19,3°
Productible (P90)	1112 kWh/kWc
Investissement	86 k€ HT

e) Toitures halles de recherche

La toiture des halles est une toiture plate dont la structure porteuse est constituée de portiques métalliques. La toiture possède un acrotère d'environ 20 cm de haut. Malgré la présence de nombreux équipements en toiture (Puits de lumière, 2 lignes de vie, etc.), une surface importante de modules peut être installée sur les toitures des halles de recherches qui ne sont pas ombragées par des masques solaires importants.

Un BE structure devra toutefois réaliser une note de calcul structurelle afin de vérifier que la structure actuelle soit bien dimensionnée pour supporter le poids supplémentaire des panneaux, d'autant plus pour la halle qui dispose d'un bras permettant de soulever et déplacer des charges lourdes dont la structure repose sur les portiques de la halle.

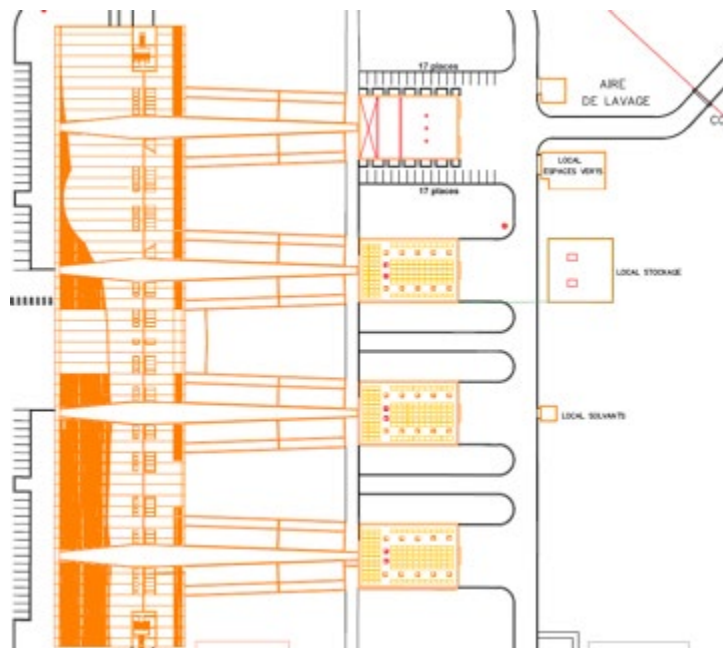


Toiture d'une halle de recherche



Intérieur d'une halle de recherche

Au total une toiture d'une halle de recherche peut accueillir près de 113 panneaux orientés Sud-Sud-Est et inclinés à 10°. Ce qui correspond à un maximum de 51 kWc par toiture, soit 153 kWc pour l'ensemble des toitures des halles de recherche.



Plan de calepinage PV toitures halles de recherche

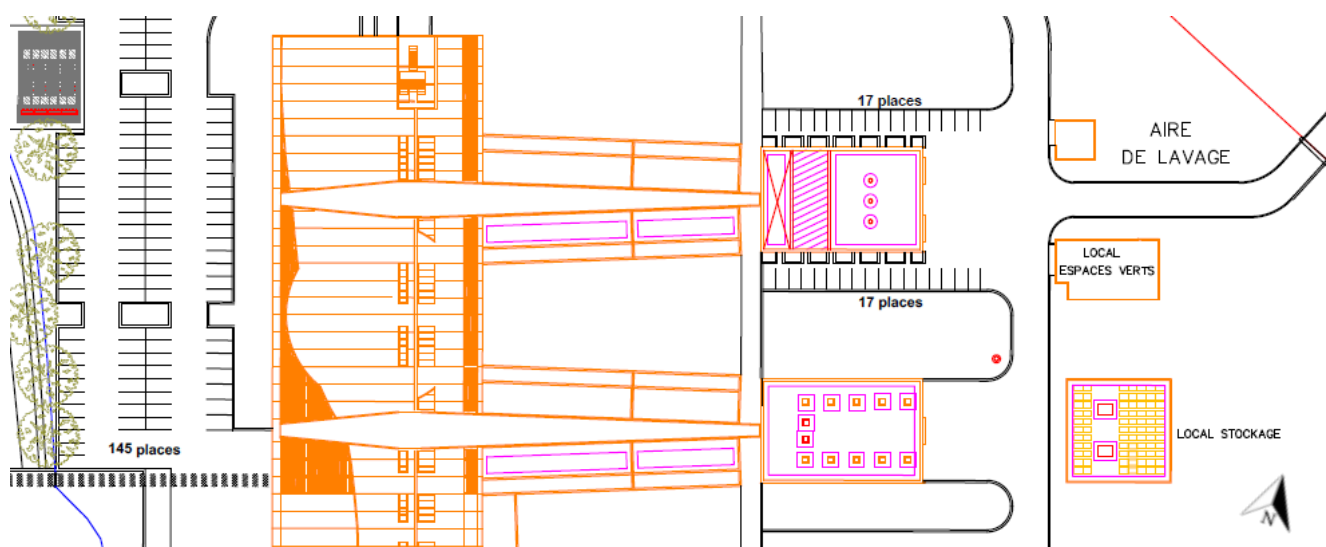
Tableau descriptif implantation PV en toiture Halles de recherche

Installation photovoltaïque	
Puissance installée	153 kWc
Surface de PV installée	677 m ²
Azimut PV	-19,3°
Productible (P90)	1096 kWh/kWc
Investissement	183 k€ HT

f) Toiture local de stockage



Bien que la toiture du local stockage n'ait pas été observée pendant la visite de site, celle-ci sur base de l'étude du plan masse du campus et d'images satellite semble pertinente pour la mise en place d'une installation photovoltaïque.



Plan de calepinage PV local de stockage

Au total la toiture du local de stockage peut accueillir près de 77 panneaux orientés Sud-Sud-Est et inclinés à 10°, ce qui correspond à un maximum de 34,7 kWc.

Tableau descriptif implantation PV en toiture Local stockage

Installation photovoltaïque	
Puissance installée	34.7 kWc
Surface de PV installée	154 m ²
Azimut PV	-19,3°
Productible (P90)	1115 kWh/kWc
Investissement	86 k€ HT

5.2 - SCENARIO ETUDIES

Deux scénarios permettant de répondre aux obligations de l'article 40 de la loi APER ont été étudiés en détail :

- Scénario 1 « Max arbre » : Ce scénario répond à l'obligation en ombrageant la totalité des parcs de stationnement sur la moitié de leur surface.
- Scénario 2 « PV en toiture en autoconsommation + ombrières via tiers investisseurs »

Pour les installations photovoltaïques, **la possibilité de faire de la revente en injection totale n'a pas été étudiée car c'est d'une part une solution moins intéressante économiquement que l'autoconsommation et revente du surplus. D'autre part la revente en injection totale n'est pas pertinente vis-à-vis des objectifs de réduction des consommations énergétiques du décret tertiaire car la production ne participerait pas à la réduction des consommations des bâtiments du campus.**

5.2.1 - Scénario 1 « Max arbres »

Le plan ci-dessous présente une implantation possible pour répondre à l'obligation de l'article 40 de la loi APER, **en plantant des arbres sur l'ensemble des parcs de stationnement** de l'école. Le plan d'implantation reprend l'ensemble des implantations « Max arbres » présentées en 5.1.1.



Plan d'implantation scénario 1

Il a été vu avec l'IMT Mines Albi, que pour un projet de désimperméabilisation des sols, l'agence de l'eau pouvait attribuer une aide comprise entre 50% et 70% du coût de l'opération.

Pour cette étude nous avons donc considéré une subvention de 50% pour la plantation d'un arbre entre quatre places de stationnement existantes.

Le tableau ci-dessous présente les investissements du scénario 1 :

Parc de stationnement	Nombres d'arbres à planter	Investissement sans subventions	Investissement avec subventions
Parking Gymnase	48	83 k€HT	48 k€HT
Parking Ecole Sud	10	10 k€HT	10 k€HT
Parking Ecole Nord	37	58 k€HT	37 k€HT
Parking Restaurant	34	57 k€HT	34 k€HT
Parking résidence 1	56	100 k€HT	56 k€HT
Parking résidence 2	13	15 k€HT	13k€HT
Total	198	323 k€HT	198 k€HT

Au total, le scénario 1 représente **un investissement de 323 k€HT sans subventions, et de 198 k€HT avec subventions**. Le budget de l'IMT Mines Albi de 216 k€HT est donc assez important pour mettre en œuvre ce scénario, à condition que la plantation des arbres entre quatre places de stationnement existantes soit subventionnée.

5.2.2 - Scénario 2a : « PV en toiture en autoconsommation + ombrières via tiers investisseurs (Soulte) »

Le plan ci-dessous présente une implantation possible pour répondre à l'obligation de l'article 40 de la loi APER en faisant installer sur l'ensemble des doubles rangées de places de stationnement des ombrières double peigne par un tiers investisseur. Le long des simples rangées de places de stationnement, des arbres seraient plantés par l'école. Le budget restant permettrait à l'école d'installer sur ses toitures des installations photovoltaïques qui fonctionnerait en autoconsommation + revente du surplus. **Le budget restant permettrait d'installer au total 137 kWc**. Nous avons considéré l'installation de 72 kWc sur l'ensemble des toitures des résidences étudiantes comme présenté dans la partie 5.1.2.a., et l'installation 60 kWc sur la toiture du restaurant. Pour la toiture du restaurant nous avons considéré moins de modules installés que dans la partie 5.1.2.c afin d'avoir une solution qui rentre dans budget de l'IMT Mines Albi.



Plan d'implantation scénario 2a

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques techniques du scénario 2a :

Installation photovoltaïques	
Installations photovoltaïques sur ombrières (Tiers investisseur)	
Nombre de modules	3438
Surface de panneaux (en m²)	6869
Puissance (en kWc)	1530
Installations photovoltaïques en toiture (Autoconsommation)	
Nombre de modules	305
Surface de panneaux (en m²)	587
Puissance (en kWc)	132
Arbres plantés	
Nombres d'arbres plantés	47

L'installation photovoltaïque en toiture représente un investissement de 169 k€HT, la plantation d'arbres un investissement de 47 k€HT. **Au total le scénario 2a représente un investissement total de la part de l'école de 216 k€HT.**

L'installation des ombrières photovoltaïques serait pris en charge par un tiers investisseur. Celui-ci verserait une soultte de 100 000 € à la mise en service de l'installation (Cf hypothèse de l'étude).

5.2.3 - Scénario 2b « PV en toiture en autoconsommation + ombrières via tiers investisseurs (Autoconsommation collective)

Le scénario 2b est une variante du scénario 2a, à la place de recevoir une soultte de la part d'un tiers investisseur, **l'IMT Mines Albi négocierait un contrat d'autoconsommation collective avec le tiers investisseur**. Ainsi, l'électricité produite en journée par les installations photovoltaïques en toitures sera autoconsommée en priorité, le reliquat de consommations en journée sera quant à lui acheté au tiers investisseur à un tarif préalablement négocié avec celui-ci.

La puissance d'une installation fonctionnant en autoconsommation collective est limitée à 3 MW. La totalité des ombrières photovoltaïques ayant une puissance de 1,5 MW l'autoconsommation collective est donc bien un modèle de valorisation économique que pourrait choisir le tiers investisseur.

Sur base des factures d'électricité de l'IMT Mines Albi et de ses consommations nous avons calculé le **coût d'achat moyen pondéré de l'électricité en 2024 pendant les heures de production d'une installation photovoltaïque, celui-ci est de 0,19 €TTC**. Ainsi, nous préconisons de négocier un contrat d'autoconsommation collective est avec un coût d'achat de l'ordre de 0,15 €TTC/kWh, au moins au début.

5.3 - CHOIX DES MODULES, SYSTEMES DE FIXATION ET TYPE D'OMBRIERE

5.3.1 - Choix des modules

En 2024, le gros du marché est occupé par des modules rigides cadrés au silicium mono ou polycristallin, d'une puissance surfacique de l'ordre de 210 Wc/m² de module. Il existe une autre classe de modules à haute performance, qui dépassent 225 Wc/m². Le choix de l'un ou l'autre dépend de la contrainte éventuelle de place disponible, du prix d'achat des modules, de l'importance accordée au contenu carbone des modules, mais surtout de la présence ou non des modules dans les Avis techniques ou ETN des systèmes de fixation.

Pour les modules photovoltaïques installés sur ombrières :

Nous proposons de retenir les panneaux photovoltaïques haute performance **DMEGC - 440 Wc**, qui disposent d'une puissance surfacique importante.

Pour les modules photovoltaïques installés en toiture :

Nous proposons de retenir les panneaux photovoltaïques haute performance **Jinko Solar – 450 Wc**, qui disposent d'une puissance surfacique importante.

Pour bénéficier de l'obligation d'achat, une installation photovoltaïque d'une puissance comprise entre 100 et 500 kWc doit avoir des modules photovoltaïques dont le bilan carbone est inférieur à 550 kg eqCO₂/kWc (Evaluation Carbone Simplifiée réalisée par un organisme certificateur accrédité : Certisolis est le seul en France). Les modules retenus dans cette étude ont bien un bilan carbone inférieur à 550 kg eqCO₂/kWc.

5.3.2 - Systèmes de fixation

a) Ombrières

A l'exception des ombrières avec des bacs acier, il n'existe pas à ce jour de systèmes de fixation pour ombrières PV sous ATEC ou ATEX. Toutefois il existe plusieurs ETN (Enquête de technique nouvelle) de systèmes de fixation permettant une couverture assurantielle. Ci-dessous se trouve une liste non exhaustive de systèmes de fixation sous ETN :

- Système de fixation Helios RC3 (Valide du 28/02/2023 au 28/02/2026)
- Système de fixation Soprasolar Park (Valide du 16/09/2024 au 14/02/2025)
- Système de fixation Adiwatt Profil Evolution (Valide du 10/06/2024 au 25/11/2025)

L'avantage du système de fixation Helios RC3 vis-à-vis des autres systèmes de fixation présentés est qu'il permet la mise en œuvre d'une plus grande variété de modules photovoltaïques.

b) Toitures photovoltaïques

Pour les installations en toiture, le **système de fixation sur la toiture devra être sous Avis Technique compatible avec le type de toiture sur laquelle les installations photovoltaïques devront être installées.**

Pour les toitures avec structure béton nous préconisons le système de fixation « SOPRASOLAR FIX EVO TILT – béton ». Son avis technique en cours de validité est le 21/20-71_V4 qui est valide depuis le 29/02/2024 au 31/03/2029.

Pour les toitures avec structure bac acier nous préconisons le système de fixation « SOPRASOLAR FIX EVO TILT – TAN GP ». Son avis technique en cours de validité est le 21/20-71_V4 qui est valide depuis le 18/04/2024 au 30/11/2025.

Les grilles de modules acceptés par ces ATEC sont présentées en Annexe.

5.3.3 - Type d'ombrière

Au regard de la portée, du caractère double peigne de l'ombrière recherchée et de la disposition des places de stationnements, **des ombrières double peigne mono-rampant à poteaux centrés semblent être adaptées**, cf. illustration ci-dessous :



Les poteaux centrés permettent de ne pas déranger l'ouverture des portières des véhicules.

De nombreuses autres configurations existent et pourraient être adaptées au projet.

5.3.4 - Choix des onduleurs

Le choix du type d'onduleurs dépend de la configuration du site et des critères économiques du projet. Deux installations de même taille peuvent requérir un système différent car disposant d'une configuration différente.

On retrouve différentes technologies d'onduleurs :

- **Les onduleurs string** : associés à plusieurs panneaux et installés directement au niveau des ombrières (partie haute)



- **Les micro onduleurs** : D'une puissance de plusieurs centaines de Watts, ces onduleurs sont couplés à un ou deux modules en parallèle.



- **Les onduleurs centralisés** : pour des puissances de plusieurs centaines de kW



Les micro-onduleurs et les onduleurs string correspondent à un système décentralisé (voir hyper décentralisé dans le cas des micro-onduleurs) : ils ne gèrent qu'une partie de l'installation. En revanche, les onduleurs centraux vont gérer l'ensemble ou une grosse partie de l'installation photovoltaïque.

Aux vues des puissances installées étudiées, l'utilisation d'onduleurs string est la solution la plus pertinente.

Éventualité de stockage

Les batteries permettent de :

- Stocker le surplus d'électricité produit par les systèmes photovoltaïques lorsque la production dépasse la consommation,
- La restituer lorsque la consommation dépasse la production.

La production de milieu de journée peut ainsi être stockée et restituée en fin de journée ou dans la soirée lorsque la demande en électricité est plus importante.

Cependant, **le stockage n'est pas pertinent pour les différentes solutions étudiées dans cette étude, car celles-ci présentent un taux d'autoconsommation élevé**, c'est-à-dire que la majorité de l'énergie produite est consommée immédiatement. Le peu d'excédent ne justifie pas techniquement et économiquement la mise en place de batteries de stockage.

Suivi de l'installation :

Suivre sa production est fondamental pour s'assurer du bon fonctionnement de l'installation. Plusieurs systèmes plus ou moins coûteux sont disponibles. Dans ce cas, nous préconisons de suivre les données

du compteur accessibles à distance gratuitement en consultant les données de production sur le compte client d'Enedis.

Les missions d'exploitation seront plus ou moins importantes en fonction de la taille de l'installation et de l'accessibilité du site de production, elles sont récapitulées dans le tableau suivant :

Suivi	Tâches	Périodicité
Technique	<ul style="list-style-type: none"> - Supervision des installations : vérification du bon fonctionnement - Gestion des intervenants et des interventions : maintenance curative, maintenance préventive, contrôle technique, visite de site, nettoyage, panne sur les onduleurs... - Mise à jour de la documentation : stock de modules, consignation des rapports d'intervention... 	Quotidienne
Contractuel	<ul style="list-style-type: none"> - Bail : redevance de location, lien avec le propriétaire - Contrat avec le gestionnaire de réseau de distribution d'électricité (GRD) : lien avec le GRD en cas de travaux et de demande de découplage - Contrat d'achat - Contrat de maintenance : négociation du contrat de maintenance, application des pénalités - Contrat d'assurance - Prêt bancaire 	Annuelle
Financier	<ul style="list-style-type: none"> - Facturation de la production (mensuelle, semestrielle ou annuelle en fonction de la puissance) - Déclarations fiscales - Indicateurs de performance : rapport sur la performance des installations et sur leur disponibilité 	Mensuelle
Réglementaire	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôles périodiques réglementaires - Assurances 	Annuelle

Il peut être plus rassurant de faire confiance à une entreprise bénéficiant déjà d'une expérience dans ce domaine, mais cela n'est pas toujours un gage de qualité. Privilégiez les installateurs locaux et qualifiés RGE (reconnu garant de l'environnement) pour le photovoltaïque **Quali'PV**. Le site <https://www.qualit-enr.org/> recense ces entreprises.



5.3.5 - Planning type

Le planning type pour un projet d'ombrières photovoltaïques est présenté ci-dessous. Du développement à la réception un projet d'ombrières photovoltaïques dure environ **13 mois**.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Developpement													
Faisabilité PV													
Etude géotechnique													
DICT													
Déclaration préalable													
Consultation ACT													
Approvisionnement													
Demande ENEDIS													
Fondations													
Implantation géometre													
Terrassement													
Micro-pieux													
Massif, séchage													
Ossature métallique													
Platines													
Montage structure principale+pannes													
Ombrières													
Terrassement, sciage enrobées													
Systèmes d'intégration des modules PV													
Raccordement courant continu													
Pose et raccordement onduleurs													
Liaison électrique courant alternatif													
Consuel													
Raccordement ENEDIS													
Contrôles, essais													
Réception													

6 - HYPOTHESES DE L'ÉTUDE

Sur l'étude :

- Analyse sur une **durée de 25 ans**, même si le contrat de rachat de l'électricité produite et revendue n'est que de 20 ans. La raison principale est que la durée de vie réelle des modules est d'au moins 25 ans, tendant vers 30.

Sur les caractéristiques des modules PV :

- Perte de performance des panneaux de 0,5% par an

Modules photovoltaïques sur ombrières

- Puissance unitaire : 445 Wc/panneau ; dimensions standard actuelles 1762 x 1134 mm soit 2,0 m², soit une puissance surfacique de 223 Wc/m².

Modules photovoltaïques en toiture

Puissance unitaire : 450 Wc/panneau ; dimensions standard actuelles 1762 x 1134 mm soit 2,0 m², soit une puissance surfacique de 225 Wc/m².

Sur les calculs économiques :

- **Coût de l'électricité basé sur les factures récupérées de janvier à juillet 2024 :**
 - o Heure pleine hiver : 0,33 €TTC/kWh
 - o Heure creuse hiver : 0,123 €TTC/kWh
 - o Heure pleine été : 0,115 €TTC/kWh
 - o Heure creuse été : 0,103 €TTC/kWh
 - o Part fixe annuelle 24 000 €TTC
- Augmentation du coût de l'électricité **de 5 %/an.**
- Demande de raccordement au réseau dans 4 semestres.
- **Montant du TURPE** applicable pour une puissance supérieure à 250 kVA :
 - o **Composante de comptage : 399,48 €HT la première année**
 - o **Composante de gestion** appliquée à un producteur en injection de surplus **259,8 €HT la première année**
- Charges de maintenance : 1% du coût de l'installation la première année et 4% de hausse/an.
- Charges de l'assurance : 1% du CA annuel.
- Augmentation annuelle du prix du kWh revendu : 0 % pour la partie revendue en excédent, contrairement au cas de la revente totale qui subit une revalorisation annuelle
- Pas de prime à l'investissement pour cette puissance
- **Taux d'actualisation** des mouvements financiers 4 % selon préconisation ADEME et taux de base européen.
- L'ensemble des **investissements se font sur fonds propres.**

Investissement

- Investissement installation photovoltaïque en toiture : 1,28 €HT/Wc
- Investissement ombrières photovoltaïques : 1,93 €HT/Wc
- Investissement plantation arbres en pleine terre : 1 000 €HT/arbre
- Investissement plantation arbres entre 4 places de stationnement (Enrobé actuellement): 2 000 €HT/arbre

Nb : le prix des onduleurs intègre une plus-value pour garantie à 20 ans, évitant de compter un remplacement dans les 20 premières années.

Prise en compte des tiers investisseurs

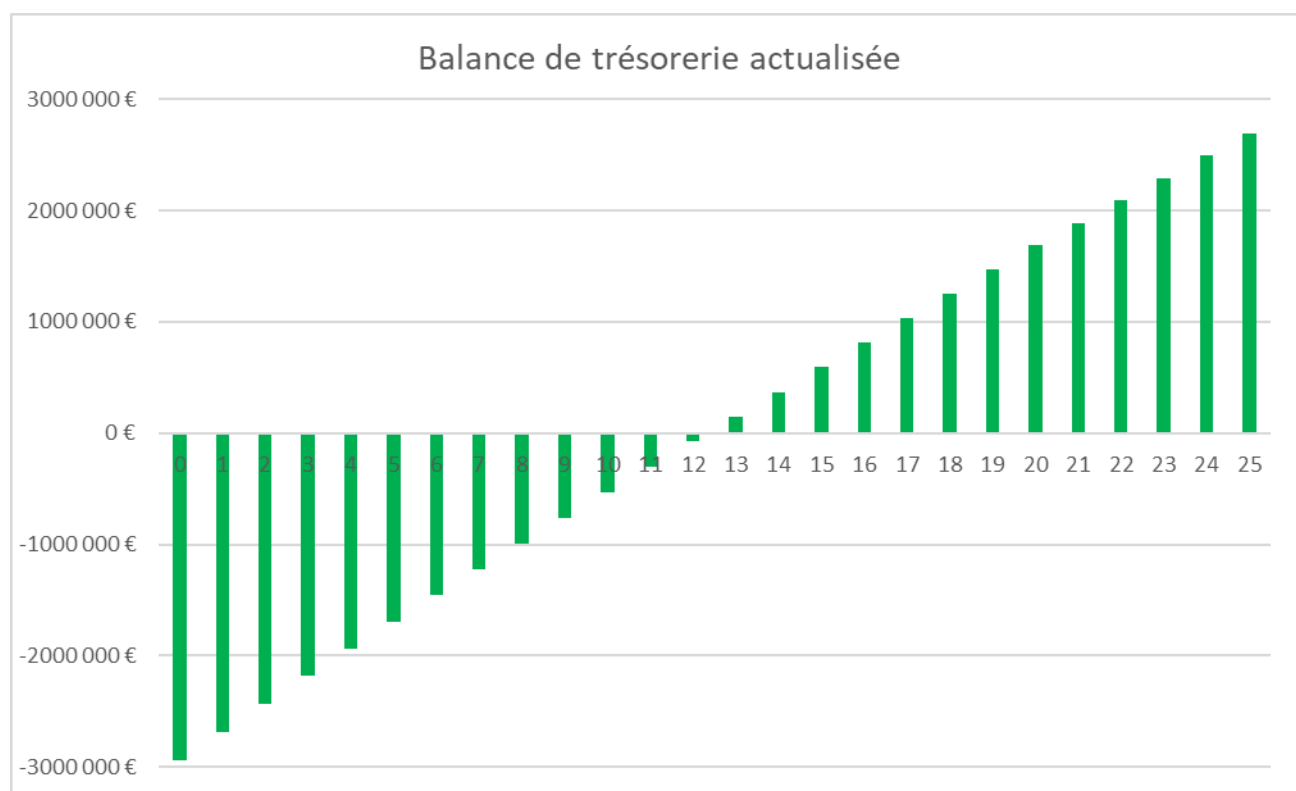
Soulte et loyer annuel

Pour cette étude plusieurs tiers investisseurs ont été consultés afin d'évaluer les avantages financiers qu'impliquait l'intervention de tiers investisseurs sur le projet. Nous avons reçu la proposition financière suivante :

Types d'installation	Puissance du projet	Option 1 – Loyer annuel	Option 2 - Soulte
Ombrières photovoltaïques	1 MWc	Opération neutre	Opération neutre
Ombrières photovoltaïques	1,5 MWc	6 500 €	100 000 €

- Durée d'exploitation : 28 ans
- Hypothèse de tarif AO CRE > 1 MWc : 102 €/MWh
- Hypothèse de tarif AO CRE < 1 MWc : 103,5€/MWh
- Loyer annuel indexé annuellement
- Soulte versée à la mise en service de la centrale

Nous avons simulé **le bilan financier pour une installation d'1,5 MWc réalisée par un tiers investisseur**, c'est-à-dire l'ensemble des ombrières du scénario 2. Au final sur 25 ans le cumul des gains (Actualisé) est de 2 694 000 €. **La soulte de 100 000 € représente 3,7% du cumul des gains (Actualisé).**



Pour l'étude des deux scénarios nous avons considéré, sur base de cette proposition financière :

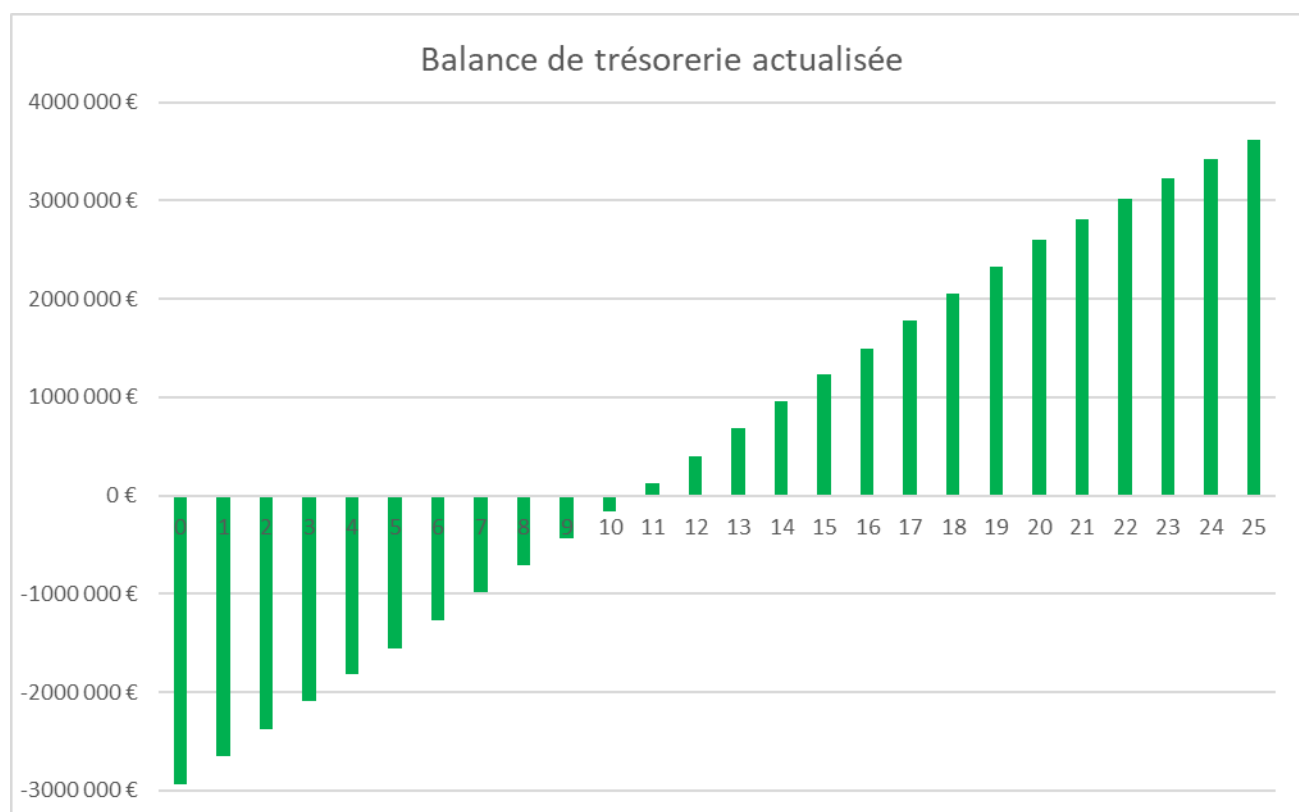
- Scénario 2 : Une soulte de 100 000 € pour l'installation de 1,5MWc.

Autoconsommation collective avec un tiers investisseur

Pour le scénario 2b, nous avons considéré que **le tiers investisseur s'engage à maintenir pendant 5 ans un coût de vente (pour lui) - d'achat (pour l'école) de l'électricité de 0,15 centimes TTC par kWh consommé.**

Nous avons aussi considéré une augmentation de 15% du coût d'achat de l'électricité tous les 5 ans pendant 25 ans.

Nous avons simulé le bilan financier pour une installation d'1,5 MWc réalisée par un tiers investisseur dont l'ensemble de la production photovoltaïque serait vendu à 0,15 € TTC. L'opération serait bien pertinente économiquement pour le tiers investisseur en présentant notamment un temps de retour sur investissement de 11 ans.



7 - RESULTATS DE L'ÉTUDE

7.1 - RESULTATS TECHNIQUES

L'autoconsommation est définie comme étant le ratio entre l'énergie photovoltaïque produite consommée sur place et l'énergie photovoltaïque produite totale. C'est l'énergie solaire produite par l'installation photovoltaïque consommée par le campus.

L'autoproduction est définie comme le ratio entre l'énergie photovoltaïque produite consommée sur place et l'énergie électrique consommée par le bâtiment.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	Scénario 2a et 2b
Puissance (kWc)	137
Productible P90 (kWh/kWc.an)	1103
Taux d'autoconsommation (année 1)	100%
Taux d'autoproduction (année 1)	8%
Gain sur consommations électriques (année 1)	146 MWh
Taux d'autoconsommation (année 10)	100%
Taux d'autoproduction (année 10)	7%
Gain sur consommations électriques (année 10)	139 MWh
Taux d'autoconsommation (année 20)	100%
Taux d'autoproduction (année 20)	6%
Gain sur consommations électriques (année 20)	132 MWh
Puissance maximale injectée au réseau (kVA)	106

Le calcul de la production prévisionnelle de l'installation repose sur l'utilisation :

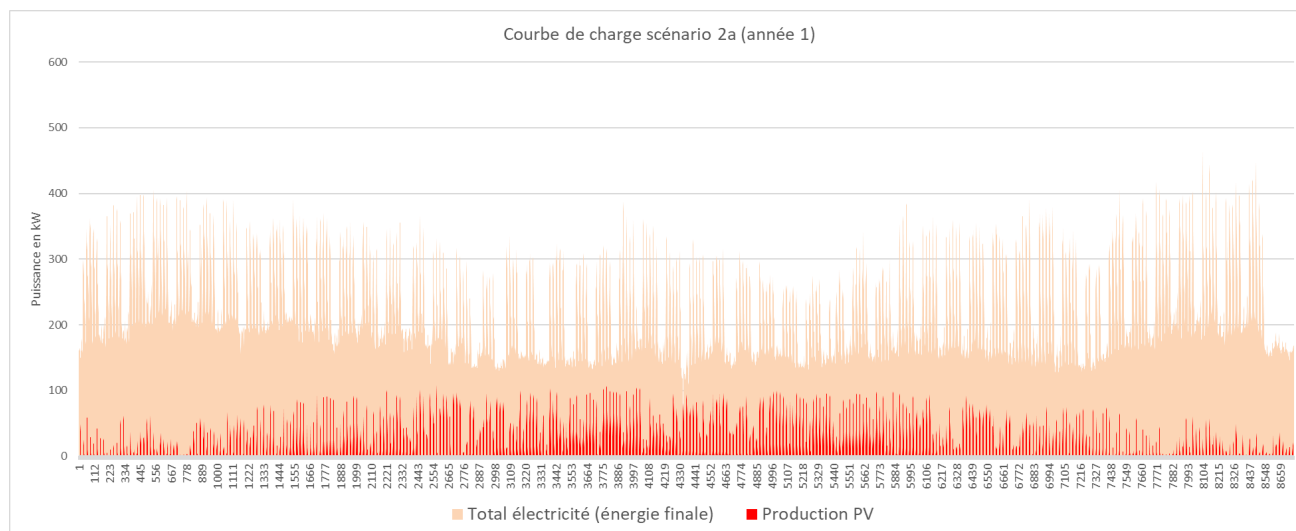
- de données climatologiques (rayonnement solaire, profil des températures) ;
- des caractéristiques moyennes de production des équipements ;
- d'une estimation de certains des paramètres de fonctionnement (l'encrassement des modules, ou la disponibilité de l'installation par exemple) ;
- d'une modélisation du système et d'un outil de calcul associé.

Les paramètres P50 et P90 sont des valeurs probabilistes qui prennent en compte tous ces paramètres. La valeur P50 correspond au niveau de production annuelle dont la probabilité de dépassement est

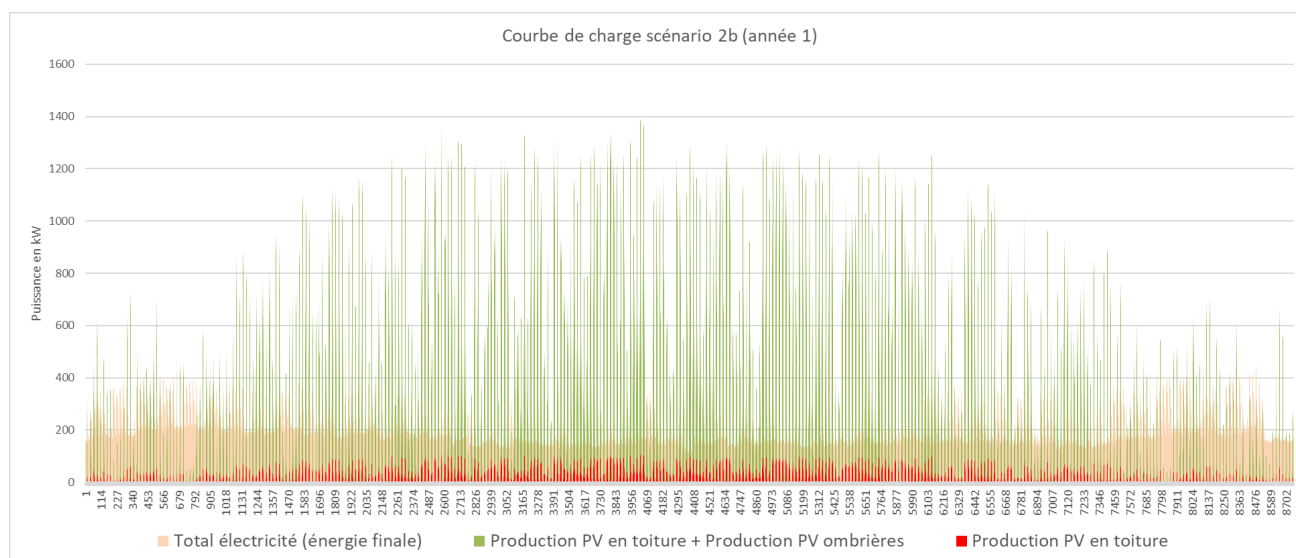
de 50%. La valeur P90 correspond au niveau de production annuelle qui devrait être dépassée avec une probabilité de 90%. **C'est cette valeur, prudente, que nous avons considérée.**

Nb : le taux d'autoproduction est l'opposé du gain annuel sur les consommations électriques, ainsi lorsque pour le scénario 2 le taux d'autoproduction est de 8% cela veut dire que l'installation photovoltaïque permet un gain de -8% sur les factures électriques de l'école.

La courbe de charge et la production PV pour le scénario 2a sont sur le graphique ci-après :

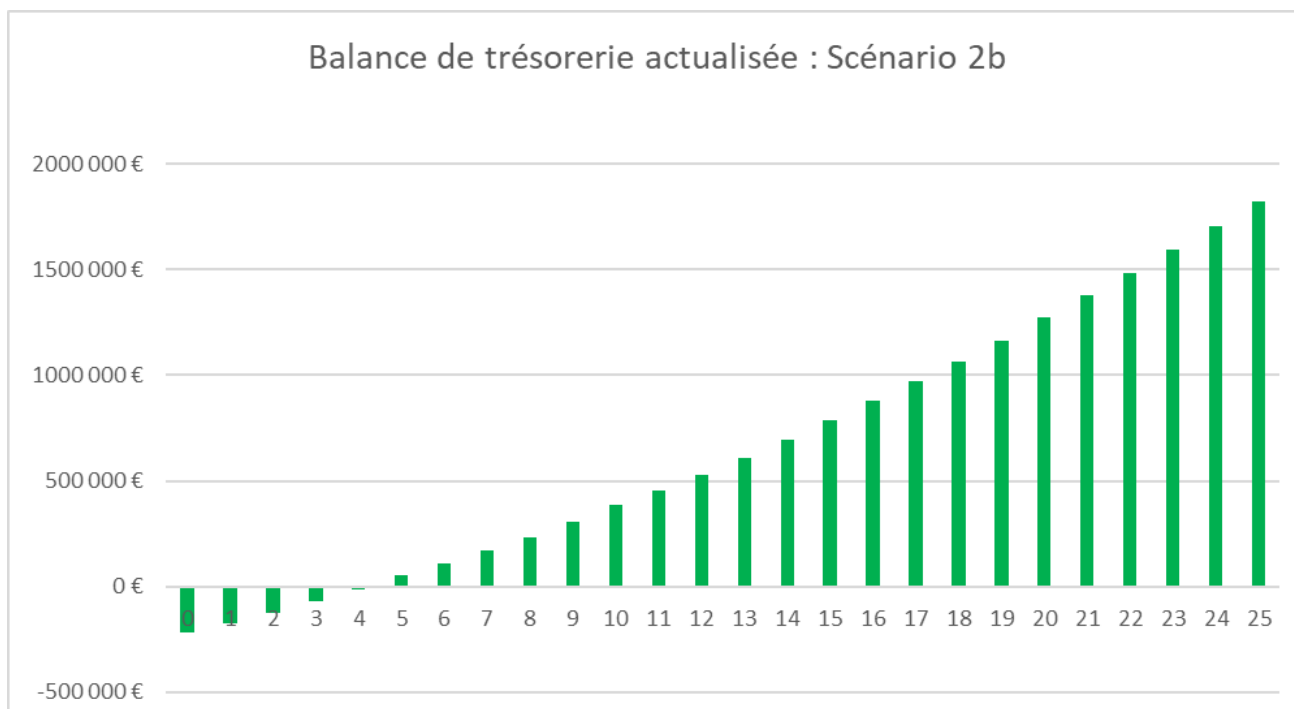
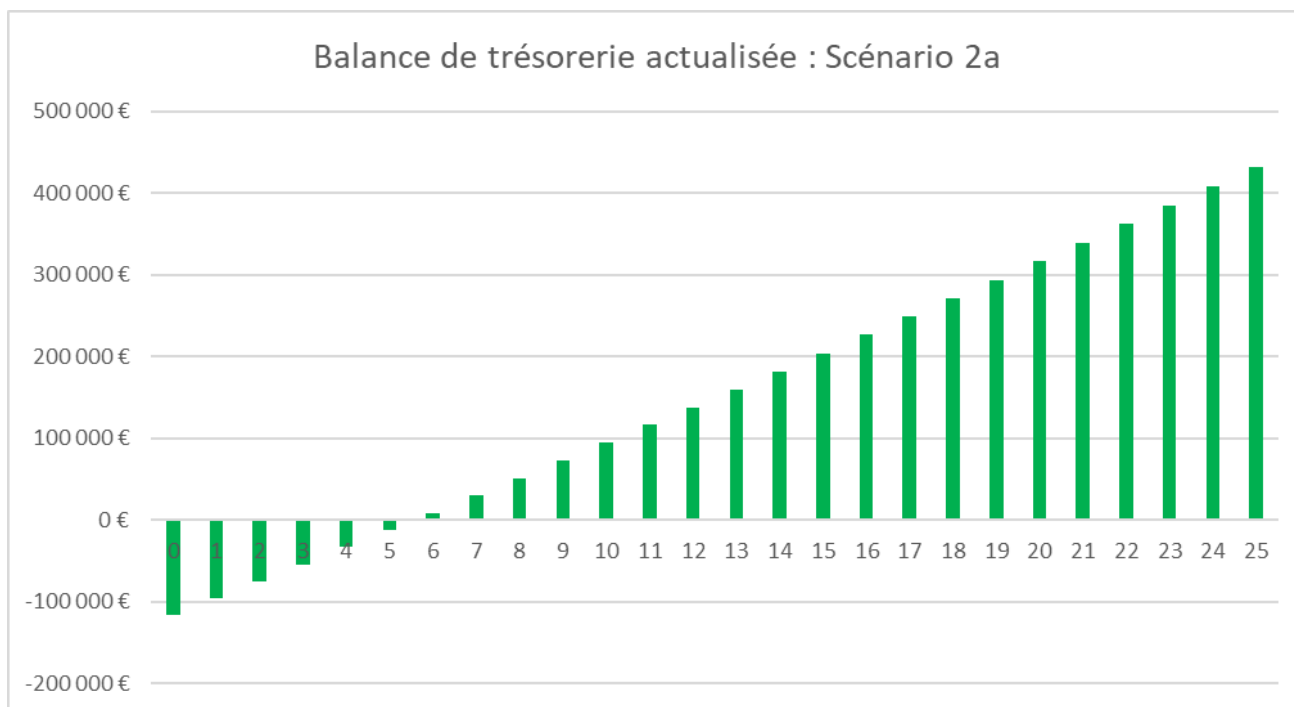


La courbe de charge et la production PV pour le scénario 2b sont sur le graphique ci-après :



7.2 - RESULTATS ECONOMIQUES

Les graphiques de la balance de trésorerie actualisée du scénario 2a, du scénario 2b sont illustrés sur les graphiques ci-après :



Le temps de retour sur investissement, non actualisé, est respectivement de 6 et 5 ans.

Le tableau ci-dessous récapitule les indicateurs économiques du projet.

	Scénario 2 a	Scénario 2 b
Investissement installation photovoltaïque	169 488 €	169 488 €
Investissement (Arbres)	47 000 €	47 000 €
Investissement total (HT)	216 488 €	216 488 €
Gains moyen annuel (actualisés)	17 263 €	72 946 €
Cumul des gains en trésorerie (non actualisés)	842 726 €	3 573 121 €
Cumul des gains en trésorerie (actualisés)	431 587 €	1 823 648 €
Valeur Actuelle Nette (VAN)	414 987 €	1 753 508 €
Taux de rentabilité interne (TRI)	17,9%	26%
Temps de retour actualisé (ans)	6	5
Indice de profitabilité	3,4	11,3
Taux d'enrichissement relatif (TER)	245%	1035%

Glossaire des indicateurs économiques

Valeur Actuelle Nette (VAN) : La VAN (Valeur Actuelle Nette) est la différence entre les flux de trésorerie actualisés lors de l'investissement et le capital investi. Une valeur actuelle nette positive signifie que les recettes prévues sont supérieures au montant du capital investi. Dès lors l'investissement est considéré comme rentable.

Taux de rentabilité interne (TRI) : Le TRI (Taux de Rentabilité Interne) est un indicateur qui intègre l'ensemble des flux financiers d'un projet (achats, ventes, revenus, frais, fiscalité, etc.) pour les convertir en un rendement annuel équivalent. Il représente le taux d'intérêt maximum permettant de garantir la rentabilité du projet, c'est-à-dire le taux pour lequel la VAN (Valeur Actuelle Nette) est égale à zéro. Plus le TRI est élevé mieux c'est.

Cout de revient du kWh : Le cout de revient du kWh est ici défini comme le coût total des investissements, de l'exploitation et de la maintenance, rapporté à l'ensemble de l'énergie produite par l'installation sur sa durée de vie.

Indice de profitabilité (IP) : L'indice de profitabilité mesure la valeur des flux de trésorerie que génère le projet par rapport au montant investi pour le mettre en place. Il est calculé comme le rapport de la valeur des flux de trésorerie que génère le projet futur sur l'investissement initial :

$$IP = \frac{\text{Flux de trésorerie généré par le projet}}{\text{Investissement initial}}$$

Cet indicateur de rentabilité met en évidence ce que 1 € investi rapporte, si celui-ci est supérieur à 1 le projet est donc rentable.

Taux d'enrichissement relatif (TER) : Le taux d'enrichissement relatif est calculé comme suit :

$$TER = \frac{\text{Flux de trésorerie générée par le projet} - \text{Investissement initial}}{\text{Investissement initial}}$$

Interprétation : Un TER de **76 %** signifie que pour chaque **100 € investis**, le projet génère un retour total de **176 €**, soit **100 € investis + 76 € de bénéfices**.

7.3 - BILAN DES SCENARIOS ETUDIES

Cette étude analyse plusieurs scénarios envisageables pour satisfaire aux exigences de l'article 40 de la loi APER. Voici ci-dessous, pour chaque scénario, un bilan synthétique de leurs principaux avantages et inconvénients.

Scénario 1



Le principal avantage de ce scénario est de permettre la mise en place d'ombrières sans recourir à un tiers investisseur, offrant ainsi à l'IMT Mines Albi **une flexibilité d'exploitation des parcs de stationnement sans contrainte de bail de longue durée**.

Cette solution est compatible avec la mise en place dans le futur d'installations photovoltaïques sur toitures mais également sur ombrières. Ce scénario représente un investissement total de 198 k€HT sur les 216 k€HT de budget total, la partie de budget restant pourrait être utilisée pour mettre en place des installations photovoltaïques en toiture.



En revanche, ce scénario ne contribue pas directement à la réduction des consommations d'énergie de l'école, qui reste un objectif crucial pour réduire les factures énergétiques et atteindre les objectifs fixés par le décret tertiaire.

D'autre part, contrairement aux scénarios intégrant des installations photovoltaïques, celui-ci ne génère aucune source de revenus pour l'IMT Mines Albi.

Scénario 2 (a et b)



Ce **scénario présente un très bon bilan économique**, avec notamment un temps de retour sur investissement très court : 6 ans pour la variante a, qui prend en compte une soultte proposée par le tiers investisseur, et 5 ans pour la variante b, qui prévoit un contrat d'autoconsommation collective négocié avec le tiers investisseur. Les gains de trésorerie actualisés sur 25 ans sont estimés à 431 k€ pour la variante a et à 1 823 k€ pour la variante b.

Ce scénario permet avec le budget de l'IMT Mines Albi d'installer une puissance crête importante et présente par conséquent un taux d'autoproduction important de 8%, soit la une réduction sur les consommations électriques du campus de 8%.



Le principal désavantage de cette solution est d'avoir l'ensemble des parcs de stationnement du campus équipés par des ombrières photovoltaïques financées par des tiers investisseurs, l'utilisation de l'ensemble des parcs de stationnement du campus serait contrainte par un bail d'au moins 25 ans.

Solution préconisée :

Nous recommandons à l'école de privilégier la solution proposée dans le scénario 2b.

Afin de sélectionner un tiers investisseur pour l'installation des ombrières photovoltaïques et de garantir un contrat d'autoconsommation collective avantageux, nous conseillons à l'IMT Mines Albi de lancer un AML (Appel à Manifestation d'Intérêt). Pour la rédaction de cet AML, l'école devra être accompagnée d'un juriste ainsi que d'un AMO spécialisé.

La première version de cette étude de faisabilité avait été réalisée en considérant un budget de l'école de 666 k€HT. Avec un tel budget, il était possible d'installer en toiture une installation photovoltaïque de 423 kWc. Avec une telle installation, l'école atteignait un taux d'autoconsommation de 93% et un taux d'autoproduction de 23%. Nous encourageons l'école, lorsqu'elle aura le budget nécessaire, à lancer une deuxième phase d'installation de photovoltaïques en toiture, car d'une part, c'est intéressant financièrement pour l'école, et d'autre part, cela permet une réduction réelle des consommations énergétiques de l'école. Attention, il faudra toutefois veiller à ce que le contrat d'autoconsommation signé avec le tiers investisseur permette à l'IMT Mines Albi d'installer une installation photovoltaïque en autoconsommation pendant la durée de ce contrat.

8 - PLANNING DETAILLE DE LA SOLUTION PRECONISE

La solution préconisée comprend trois opérations principales :

- 1) La plantation d'arbres le long des bandes simple de place de stationnement
- 2) Mise en place d'installations PV sur les toitures de l'école
- 3) Mise en place d'ombrières PV via un tiers investisseurs

Nous avons considéré que l'ensemble des opérations commençait en janvier 2025.

8.1 - PLANNING PLANTATION ARBRES

Le tableau ci-dessous présente le planning pour la plantation d'arbres :

	2025											
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Arbres												
Sélection des arbres												
Plantation des arbre												

Nous avons estimé une durée de deux mois pour la phase de sélection des essences d'arbres. En ce qui concerne la plantation, celle-ci devra impérativement être réalisée durant une période propice, c'est-à-dire soit au printemps soit à l'automne.

La plantation des arbres permettant en partie de répondre à l'obligation de l'article 40 de la loi APER pourra bien être réalisée avant le 1^{er} janvier 2026.

8.2 - PLANNING PV EN TOITURE

Le tableau ci-dessous présente le planning pour la mise en place de PV sur les toitures des bâtiments de l'école :

	2025												2026			
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
PV en toiture																
Sélection de la MOE																
APD																
Demande de permis																
PRO/DCE																
Sélection entreprises																
Approvisionnement																
Travaux																

De la sélection de la MOE à la réception des travaux la mise en place de PV sur les toitures de l'école devrait durer **1 an et 4 mois**.

8.3 - PLANNING OMRIERES PV

Les tableaux ci-dessous présentent le planning pour la mise en place des ombrières via un tiers investisseur :

	2025											
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Ombrières PV												
Sélection AMO+Juriste												
Rédaction AMI												
Consultation entreprises												
Développement projet												
Approvisionnement 1												
Fondations 1												
Ossature métallique 1												
Ombrières 1												
Approvisionnement 2												
Fondations 2												
Ossature métallique 2												
Ombrières 2												

	2026												2027			
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
Ombrières PV																
Sélection AMO+Juriste																
Rédaction AML																
Consultation entreprises																
Développement projet																
Approvisionnement 1																
Fondations 1																
Ossature métallique 1																
Ombrières 1																
Approvisionnement 2																
Fondations 2																
Ossature métallique 2																
Ombrières 2																

Le planning montre qu'il ne sera pas possible d'équiper les parcs de stationnement de l'IMT Mines Albi d'ombrières avant le 1^{er} janvier 2026. Compte tenu de cette échéance non tenable, il est nécessaire d'anticiper une demande de prolongation du délai auprès de la préfecture. En parallèle de la rédaction de l'AML, **il sera donc nécessaire de préparer un dossier de demande de report de l'obligation au 1^{er} janvier 2028.**

Pour assurer le bon fonctionnement de l'école, les travaux d'installation des ombrières photovoltaïques devront être réalisés en deux phases, afin de maintenir des places de stationnement disponibles en permanence. Si deux phases s'avèrent insuffisantes, les travaux pourront être répartis sur trois phases, entraînant une prolongation du planning jusqu'à fin 2027.

9 - CONCLUSIONS

Le premier objectif de cette étude était de proposer plusieurs solutions permettant à l'IMT Mines Albi de répondre à l'obligation de l'article 40 de la loi APER. L'ensemble des solutions étudiées dans cette étude répondent à cette obligation, soit en plantant seulement des arbres sur la totalité des parcs de stationnement de l'école, soit en proposant un mix arbres-ombrières photovoltaïque.

Parmi les solutions étudiées proposant la mise en place d'installations photovoltaïque, l'étude a mis en évidence qu'il était le plus intéressant pour l'IMT Mines Albi, d'une part de porter elle-même l'investissement d'installations photovoltaïques sur ses toitures en valorisant sa production en autoconsommation, tout en passant d'autre part par un tiers investisseur pour installer des ombrières photovoltaïques sur son parc de stationnement avec lequel un contrat d'autoconsommation collective serait négocié.

D'un point de vue économique cette solution présente un temps de retour sur investissement actualisé de 5 ans, ainsi qu'un cumul des gains (actualisé) de 1 800 k€ sur 25 ans.

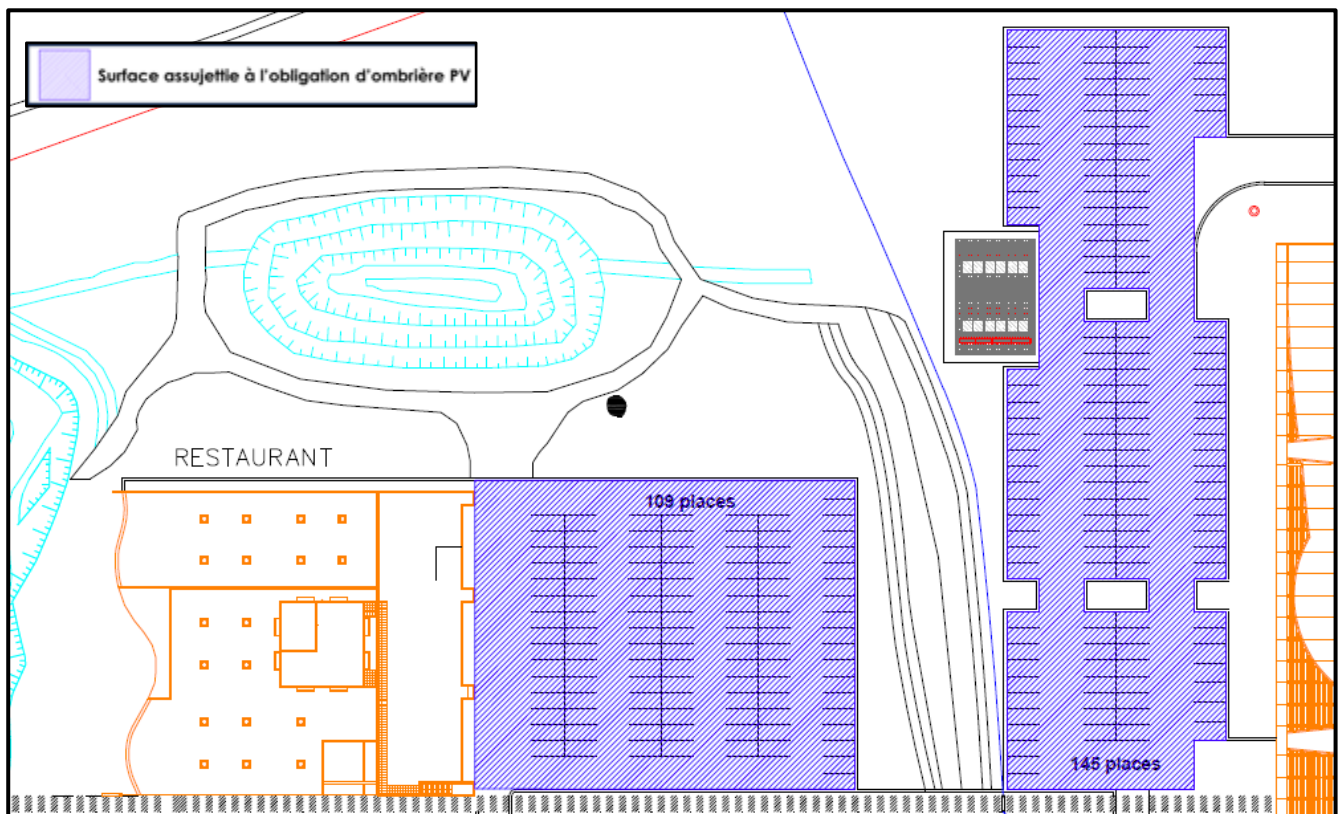
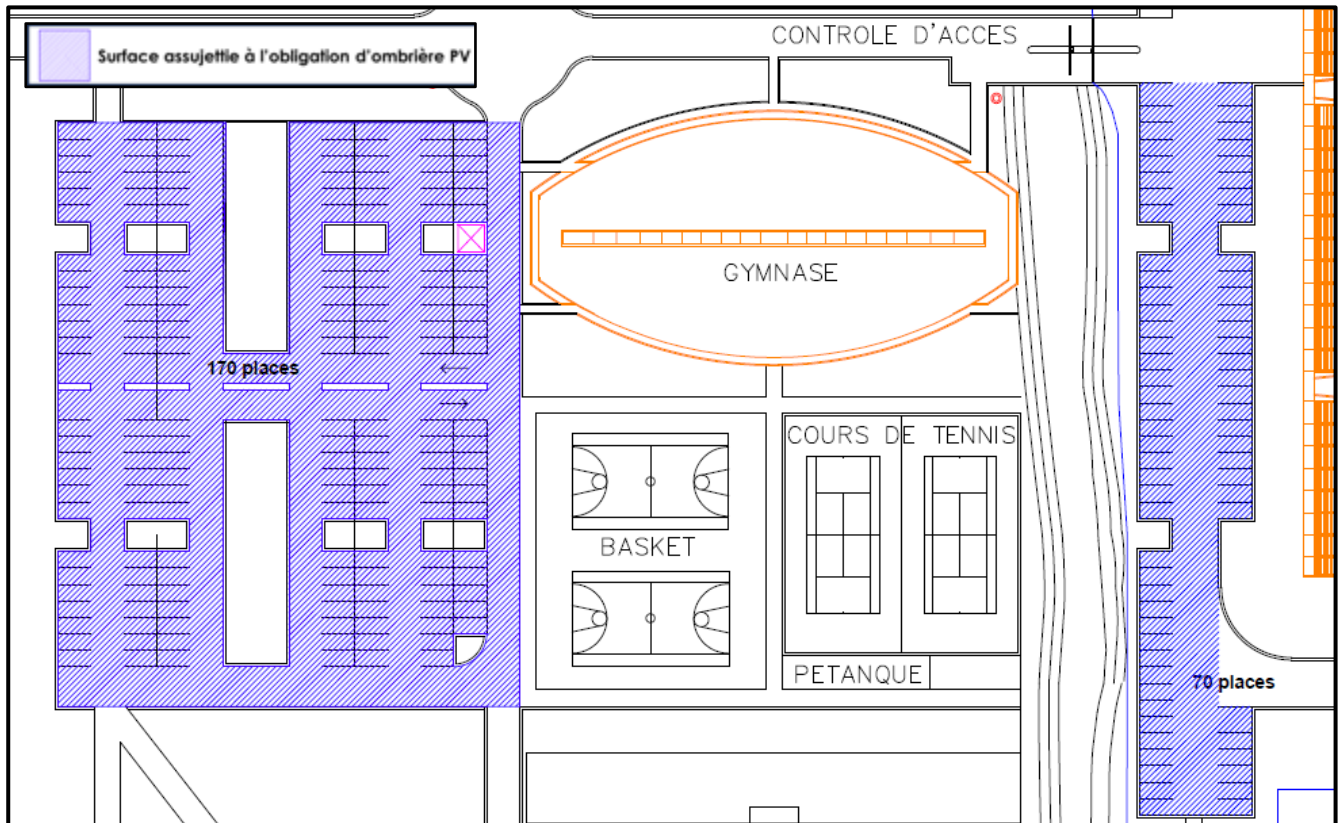
Les installations photovoltaïques en toiture avec 132 kWc installées permettront de produire 146 MWh pendant l'année, la totalité serait autoconsommée. Vis-à-vis des objectifs de réduction des consommations du campus l'installation permettra une réduction des consommations électriques de -8% (Année 1).

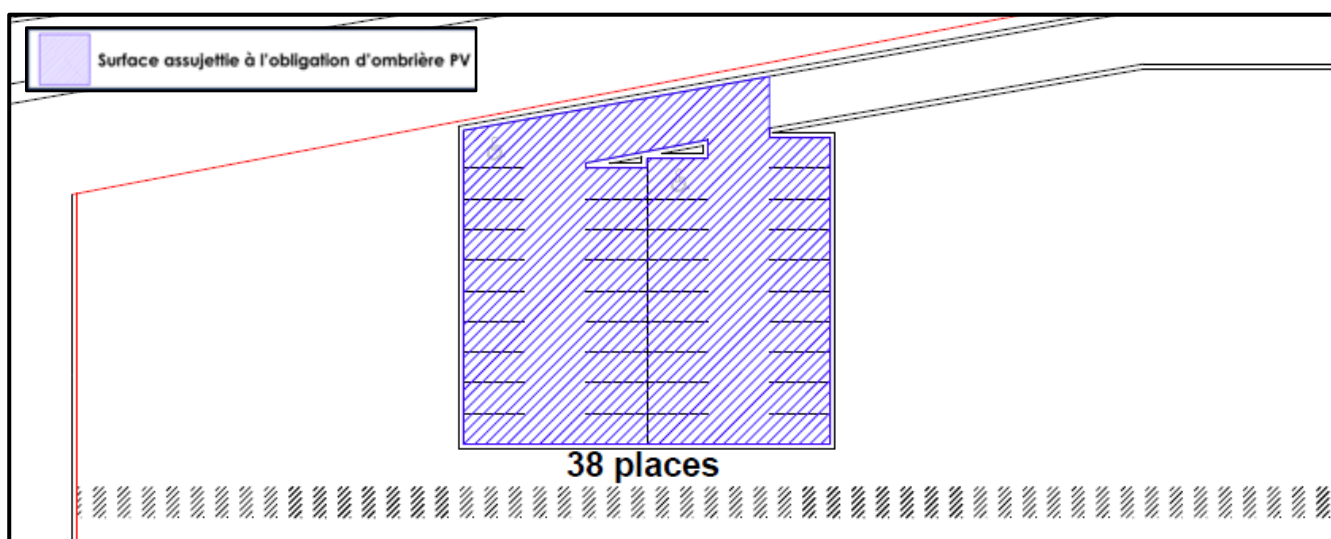
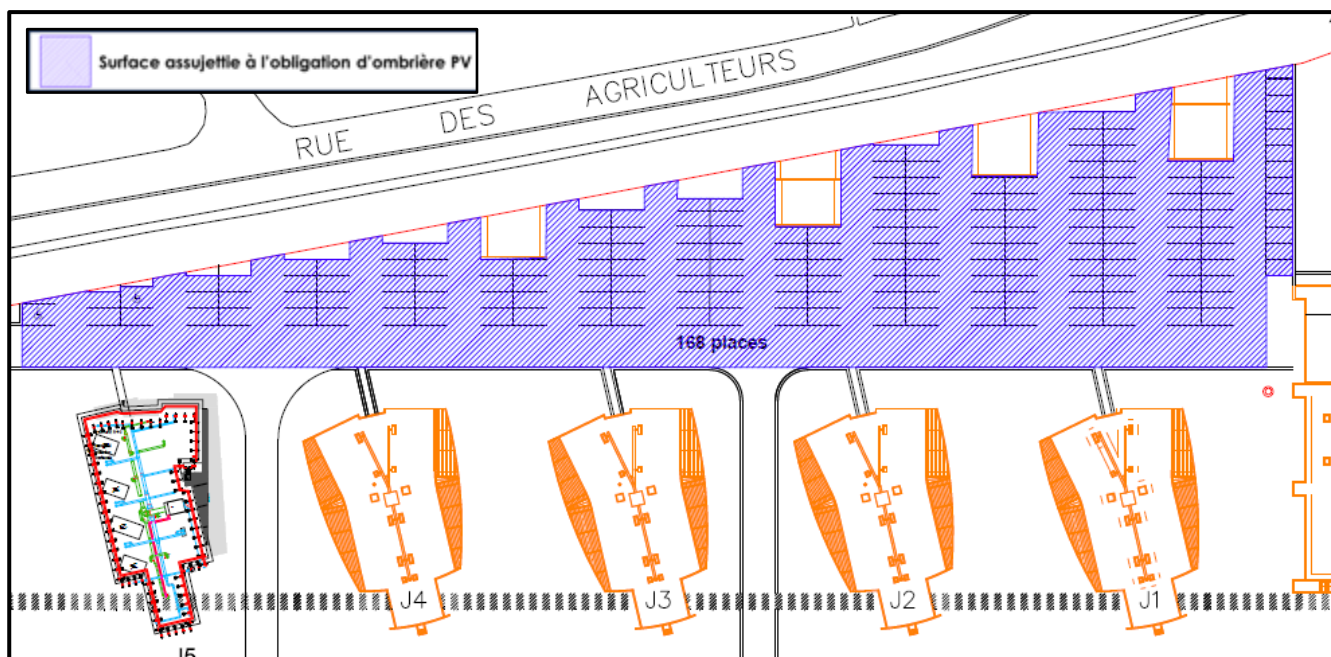
Pour la partie ombrières photovoltaïques, nous recommandons vivement à l'IMT Mines Albi de négocier un contrat d'autoconsommation collective avec le tiers investisseur, en négociant notamment un tarif d'achat de l'électricité intéressant pour elle, c'est-à-dire autour de 0,15 €TTC du kWh les 5 premières années. L'étude a montré qu'il était bien plus avantageux pour l'école de se tourner vers l'autoconsommation collective avec le tiers investisseur plutôt que d'accepter simplement la soule ou le loyer mensuel généralement proposé par les tiers investisseurs.

Des études structurelles devront être menées par un bureau d'études structure afin de s'assurer de la possibilité de mettre en place des modules photovoltaïques sur les différentes toitures de l'école. Cependant, partout où il y a des galets sur étanchéité, l'enlèvement des galets retire un poids qui semble supérieur à celui des systèmes PV qui seraient soudés sur une nouvelle étanchéité (hors budget – à accompagner d'un renforcement de l'isolant thermique).

Vis-à-vis des ombrières photovoltaïques, il conviendra de mettre en place un **phasage de travaux** qui permette l'utilisation d'une partie des places de stationnement lorsque des travaux seront réalisés sur une autre partie des parcs de stationnement afin de maintenir le bon fonctionnement de l'école et de son campus.

ANNEXE 1 : SURFACES ASSUJETTIES A L'ARTICLE 40 DE LA LOI APER





10 - ANNEXE 2 : GRILLE DE MODULES ACCEPTES PAR ATEC
10.1 - ATEC « SOPRASOLAR FIX EVO TILT – BETON »

Fabricant	Gamme de modules	Tension maximale	Plages de puissances	Dimensions hors tout (mm)	Validité en cours à renouveler avant le (*)	n° d'Avis Technique
						21/20-71_V4
SUNPOWER	SPR-MAX3-xxx	1 000 V	390 à 400 Wc	1 690 x 1 046 x 40	31/08/2025	A
	SPR-MAX3-yyy-COM		390 ou 400 Wc			
	SPR-MAX3-375-BLK		375 Wc			
PEIMAR	SM330M (BF)	1 500 V	330 Wc	1 665 x 1 002 x 40	31/12/2024	A
	SF345M (FB) SF350M (BF) SF360M (BF)	1 500 V	345 à 360 Wc	1 730 x 1 048 x 40	30/11/2024	A
DUALSUN	Flash DSxxx-120M6-02-V	1 500 V	345 à 380 Wc	1 755 x 1 038 x 35	31/03/2025	A
VOLTEC	TARKA 126 VSMD	1 500 V	380 à 395 Wc	1 835 x 1 042 x 35	31/01/2025	A
JINKO	JKM-xxxN-54HL4R-(V)	1 500 V	425 à 450 Wc	1 762 x 1 134 x 30	31/01/2025	A
LONGi	LR5 54 HIH LR5 54 HPH LR5 54 HTH	1 500 V	400 à 420 Wc 405 à 425 Wc 415 à 450 Wc	1 722 x 1 134 x 30	31/01/2025	A
TRINA	DE09R.08	1 500 V	415 à 435 Wc	1 762 x 1 134 x 30	31/01/2025	A
DUALSUN	Flash DSxxx HC 108M10-02	1 500 V	395 à 415 Wc	1 708 x 1 134 x 30 1 722 x 1 134 x 30	31/01/2025	A
DUALSUN	Flash DSxxx HC 108M10B-02	1 500 V	410 Wc	1 722 x 1 134 x 30	31/01/2025	A

10.2 - **ATEC « SOPRASOLAR FIX EVO TILT – TAN GP »**

Fabricant	Gamme de modules	Tension maximale	Plages de puissances	Dimensions hors tout (mm)	Validité en cours à renouveler avant le (*)	n° d'Avis Technique
						21/21-75_V5
SUNPOWER	SPR-MAX3-xxx	1 000 V	390 à 400 Wc	1 690 x 1 046 x 40	31/05/2025	A
	SPR-MAX3-yyy-COM		390 ou 400 Wc			
	SPR-MAX3-375-BLK		375 Wc			
PEIMAR	SM330M (BF)	1 500 V	330 Wc	1 665 x 1 002 x 40	31/12/2024	A
	SF345M (FB) SF350M (BF) SF360M (BF)	1 500 V	345 à 360 Wc	1 730 x 1 048 x 40	30/11/2024	A
DUALSUN	Flash DSxxx-120M6-02-V	1 500 V	345 à 380 Wc	1 755 x 1 038 x 35	31/03/2025	A
VOLTEC	TARKA 126 VSMD VSMS	1 500 V 1 000 V	380 à 395 Wc	1 835 x 1 042 x 35	31/07/2025	A
JINKO	JKM-xxxN-54HL4R-(V)	1 500 V	425 à 450 Wc	1 762 x 1 134 x 30	31/07/2025	A
LONGi	LR5 54 HIH LR5 54 HPH LR5 54 HTH	1 500 V	400 à 420 Wc 405 à 425 Wc 415 à 450 Wc	1 722 x 1 134 x 30	31/07/2025	A
DUALSUN	Flash DSxxx HC 108M10-02	1 500 V	395 à 415 Wc	1 708 x 1 134 x 30 1 722 x 1 134 x 30	31/07/2025	A
DUALSUN	Flash DSxxx HC 108M10B-02/TB-03	1 500 V	410 à 430 Wc	1 722 x 1 134 x 30	30/09/2024	A