

INTENTION TECHNIQUE PHOTOVOLTAÏQUE



Centre Hospitalier Intercommunal
Elbeuf . Louviers . Val de Reuil



04 février 2025



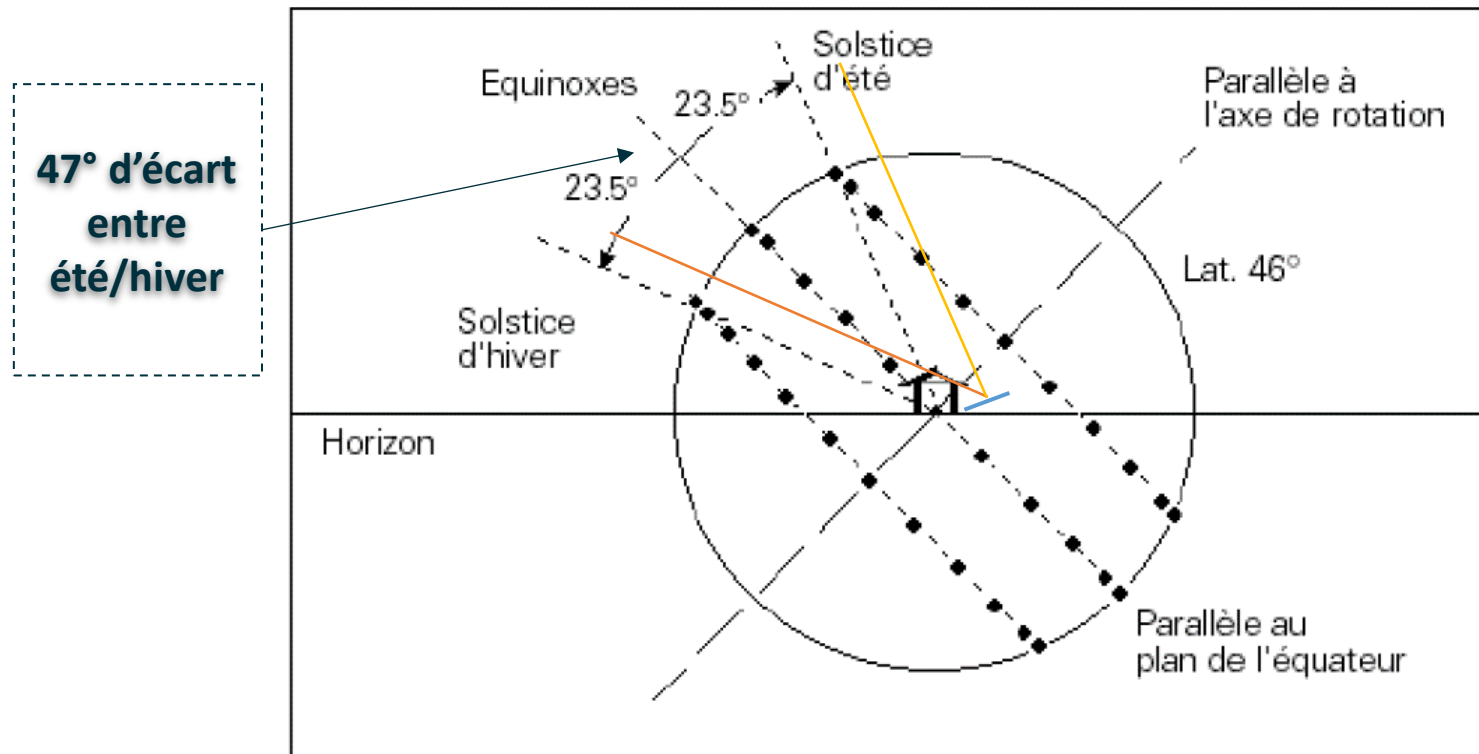
1. CONCEPTS PHOTOVOLTAÏQUES
2. PRÉSENTATION DU SITE
3. REGLEMENTATION
4. ANALYSE DE LA CONSOMMATION DU SITE
5. SCÉNARIO 1 : Solarisation de l'ensemble
6. SCÉNARIO 2 : Autoconsommation individuelle
7. SCÉNARIO 2 : Estimations
8. SCÉNARIO 2 : Retour sur investissement



CONCEPTS PHOTOVOLTAÏQUES



TRAJECTOIRE DU SOLEIL



Pour un observateur terrestre:
chaque jour le soleil décrit un cercle autour de l'axe de rotation

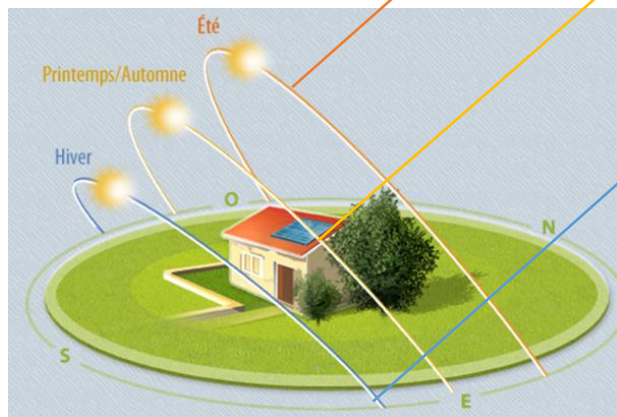
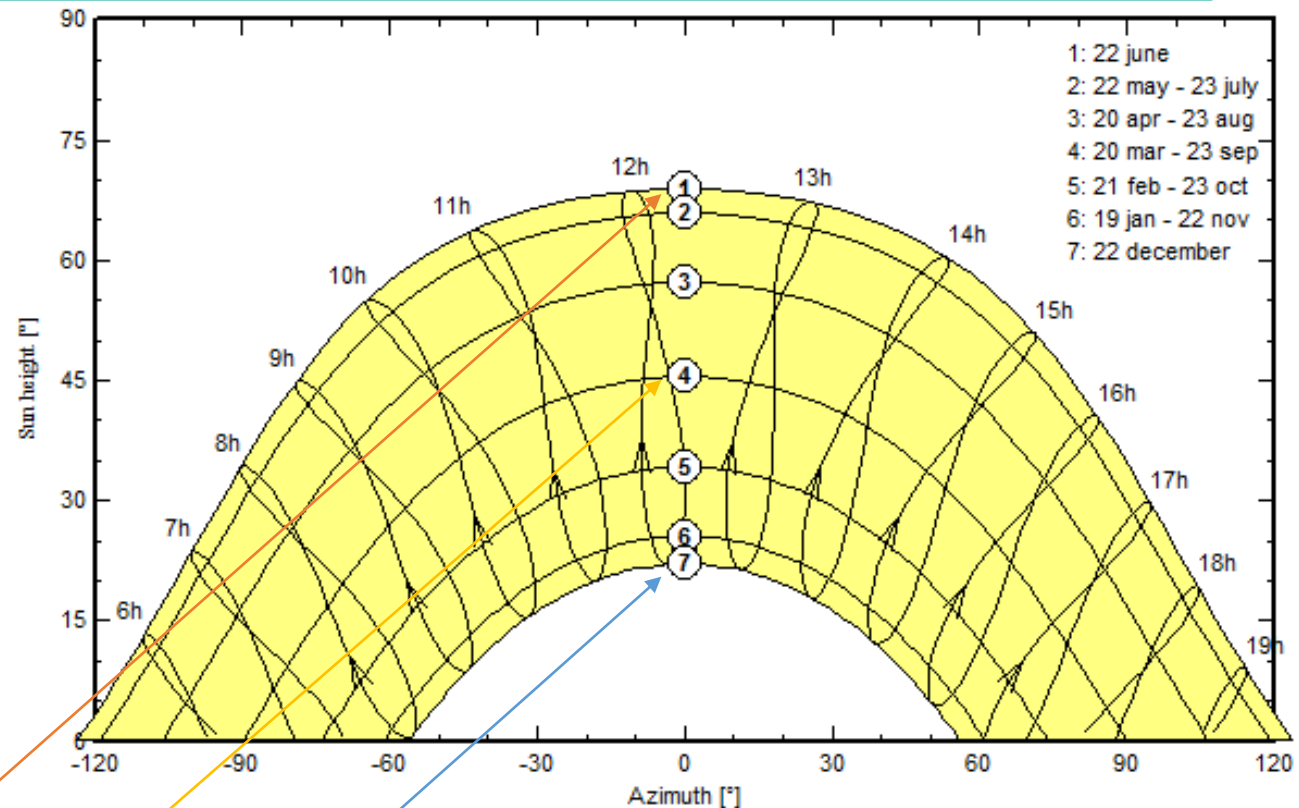
La moitié de l'année le soleil se retrouve dans les équinoxes, ¼ de l'année en solstice d'été et l'autre quart en solstice d'hiver.

L'objectif sera donc d'éviter au maximum l'ombrage pendant les équinoxes. De cette manière, on évitera les ombrages l'été, période de plus grande production et elles seront le plus faibles possibles les mois d'hiver.

Hauteur du soleil
l'été 64.5 °

En Normandie
À 12h00










Hauteur du soleil
l'hiver 17.5 °




- Les courbes (1 à 7) représentent les différents mois de l'année. Nous pouvons constater des journées plus « longues » l'été.
- Les courbes à l'intérieur de la zone jaune représentent les heures pendant les différents mois de l'année.



IRRADIATION

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNÉES					
INCLINAISON \ ORIENTATION		 0° —	 30° ↗	 60° ↘	 90° ↓
		0° —	30° ↗	60° ↘	90° ↓
Est		0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est		0,93	0,96	0,88	0,66
Sud		0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest		0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest		0,93	0,90	0,78	0,55

 : position à éviter si elle n'est pas imposée par une intégration architecturale

source Hespul

NB : ces chiffres n'incluent pas les possibles masques qui pourraient réduire la production annuelle.

En France, les panneaux doivent être de préférence orientés plein sud incliné à 30° pour avoir le meilleur rendement.

Dans certains cas, une orientation Est-Ouest est très intéressante afin d'obtenir une courbe de production qui ressemble plus à la courbe de consommation et éviter les pics de production entre 12h et 14h.

Une orientation Est-Ouest sans ombrages peut être autant productive qu'une centrale plein Sud avec des ombrages.

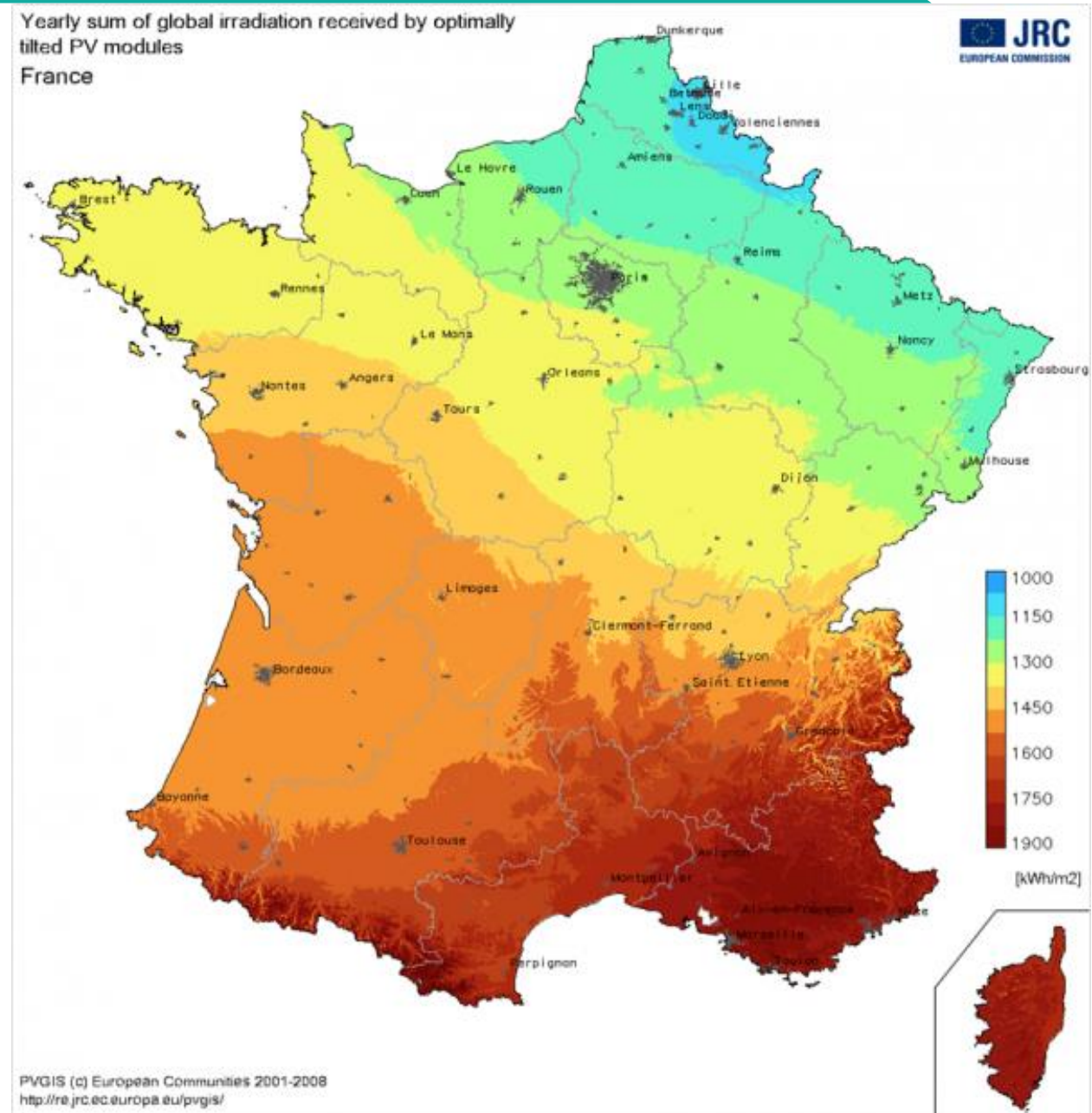
Pour la suite de ce projet, nous allons partir sur l'inclinaison de 6° soit un angle de 10,5% ce qui donnera un rendement de la centrale d'entre 93% et 100%.

Idéalement, il faut trouver le bon compromis entre production et coût d'implantation.

Elle doit être prise en compte, puisque l'ensoleillement est différent selon les régions.

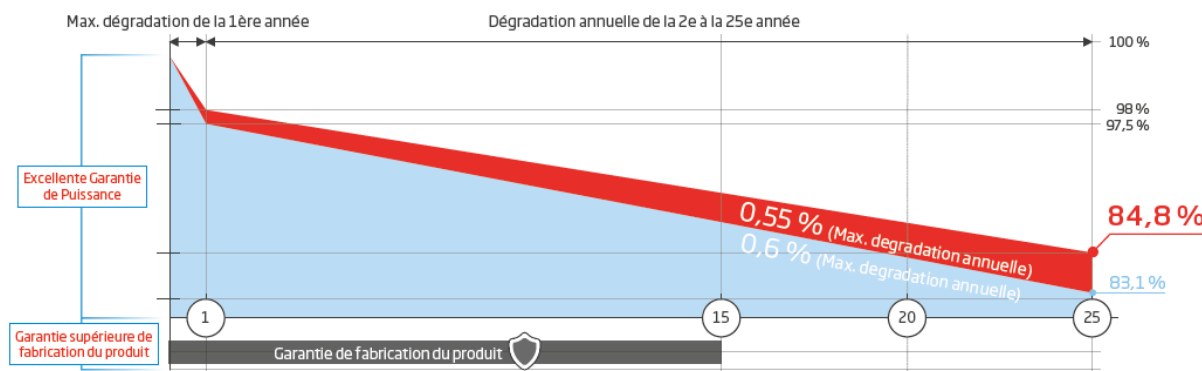
On constate que l'énergie moyenne apportée par le rayonnement solaire varie entre 3 kWh/m² par jour dans le Nord de la France et 5.2 kWh/m² par jour dans le Sud.

Environ 1100
kWh/m²/an
à ROUEN

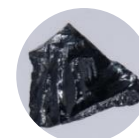




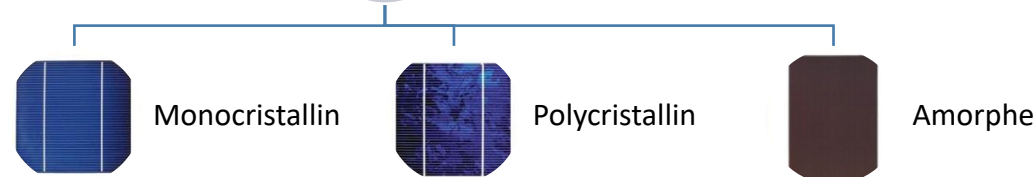
DIFFERENTES TYPES DE MODULES



La majorité des fabricants garantissent 80% de la puissance à 25 ans. (les meilleurs 90%)



Panneau en silicium



Panneaux polycristallins : Leur rendement est d'environ **18%**. Ils sont légèrement moins chers que les panneaux monocristallins. Leurs productions diminuent avec l'élévation de température. Il est donc conseillé de les installer sur un système d'intégration bien aéré.

Panneaux monocristallins : Leur rendement est d'environ **24%**. A production égale, les panneaux monocristallins nécessiteront donc une surface de toit plus petite. Privilégiez ce type de modules si votre espace est limité. Les panneaux monocristallins sont en revanche légèrement plus chers.

Panneaux amorphes : Ce sont des modules souples généralement utilisés sur de grandes toitures plates (entrepôts...). Ils se combinent efficacement avec un système d'étanchéité. Leur rendement est de l'ordre de **9%**. En revanche, les panneaux amorphes sont plus performants que les panneaux cristallins en lumière diffuse (nuage, ombre). Ils sont également moins sensibles aux élévations de températures. Leur prix est inférieur aux modules poly ou mono cristallin.

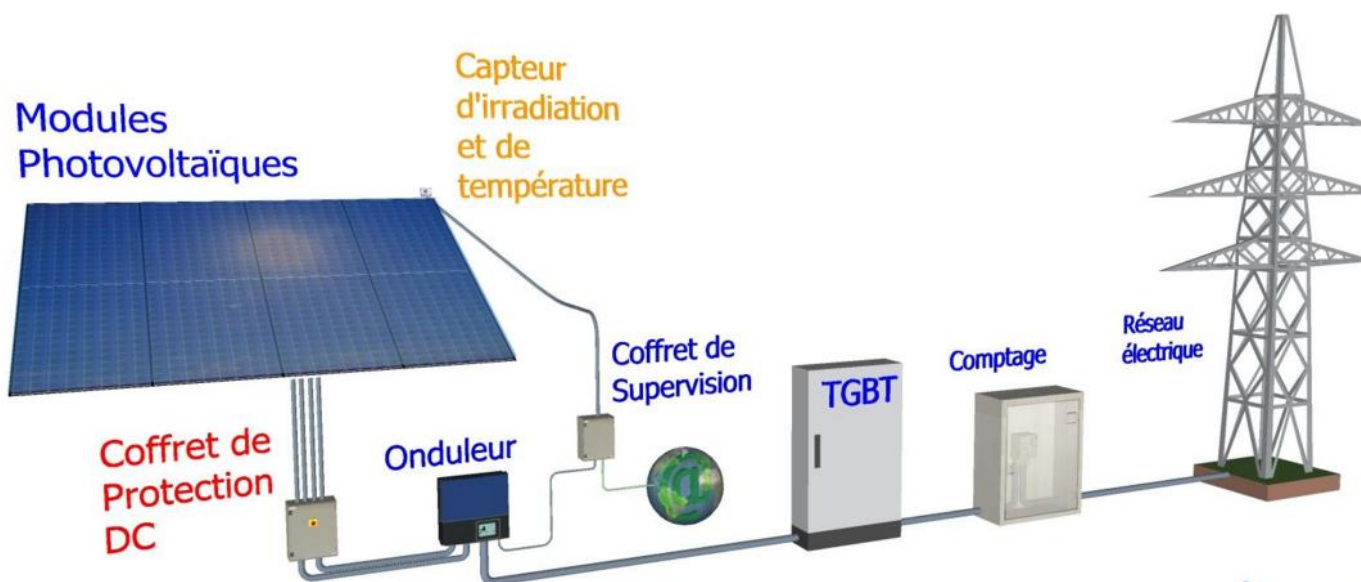


AUTOCONSOMMATION AVEC REVENTE

Le générateur photovoltaïque produit, par le rayonnement solaire, du courant continu transformé en courant alternatif par un onduleur. L'énergie ainsi produite sera injectée dans l'installation du bâtiment en autoconsommation et le restant sur le réseau, en surplus permettant ainsi de réduire la consommation et la facture d'électricité.

En fonction des conditions climatiques, le générateur produira plus ou moins d'électricité. Cette variabilité sera gérée par l'onduleur qui cherchera constamment le point de puissance maximal que peut délivrer le générateur.

Schéma de principe :





PRÉSENTATION DU SITE



La présente intention technique concerne le projet de solarisation des parcs de stationnement du Centre Hospitalier Intercommunal Elbeuf-Louviers-Val de Reuil.

L'établissement est situé Rue du Dr Villers, 76410 Saint-Aubin-lès-Elbeuf

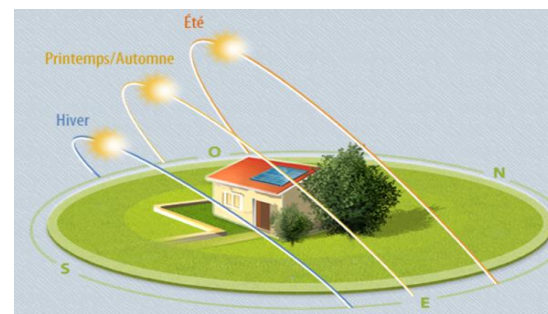
L'énergie moyenne apportée par le rayonnement solaire variant entre 3 kWh/m² par jour dans le Nord de la France et 5 kWh/m² par jour dans le Sud, la situation géographique de l'installation doit être prise en compte.

Dans le cadre de la présente intention technique, nous avons considéré un ensoleillement de 3,62 kWh/m² (cf. tableau ci-dessous) :



Données mensuelles d'ensoleillement à Elbeuf

Mois	Irradiation	Inclinaison	Température moyenne	Degrés-jours de chauffage
Janvier	1,34 kWh/m ²	63°	4.8°C	390
Février	2,21 kWh/m ²	56°	5.1°C	343
Mars	3,74 kWh/m ²	46°	7.1°C	286
Avril	5,02 kWh/m ²	33°	10.0°C	204
Mai	5,09 kWh/m ²	19°	13.2°C	103
Juin	5,35 kWh/m ²	12°	16.3°C	36
Juillet	5,43 kWh/m ²	16°	18.0°C	3
Août	4,89 kWh/m ²	28°	18.2°C	17
Septembre	4,54 kWh/m ²	43°	15.6°C	95
Octobre	2,87 kWh/m ²	54°	12.6°C	217
Novembre	1,68 kWh/m ²	62°	8.4°C	357
Décembre	1,28 kWh/m ²	67°	5.2°C	415
Annuelle	3,62 kWh/m²	36°	11.2°C	2466

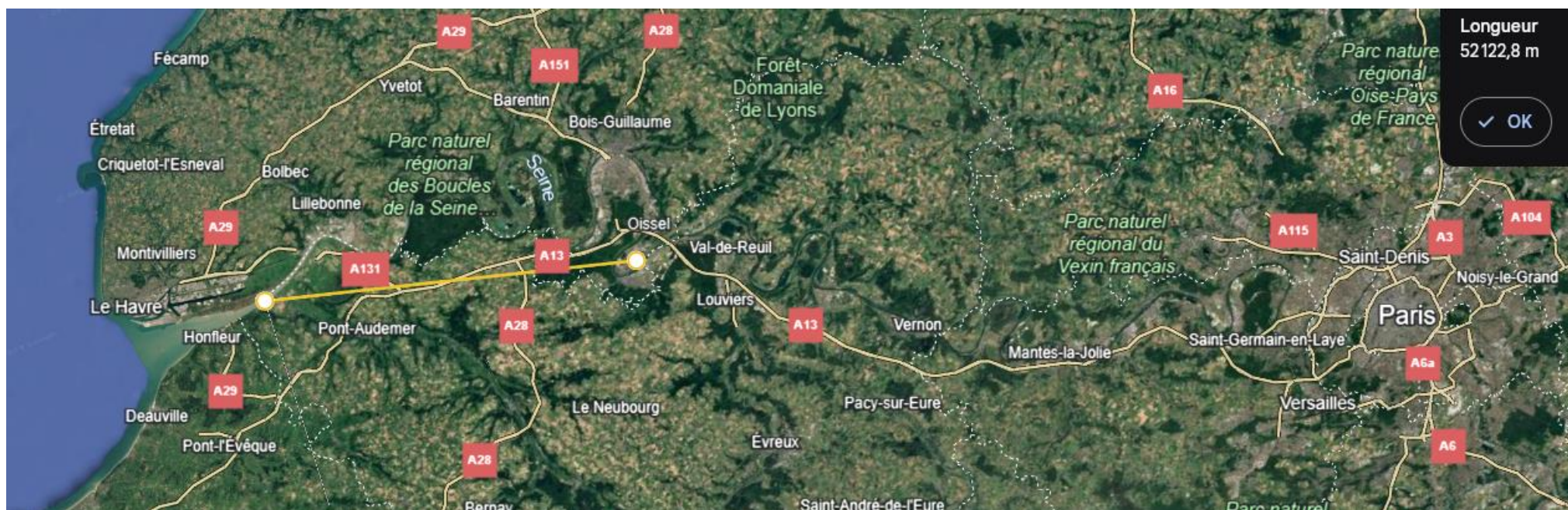




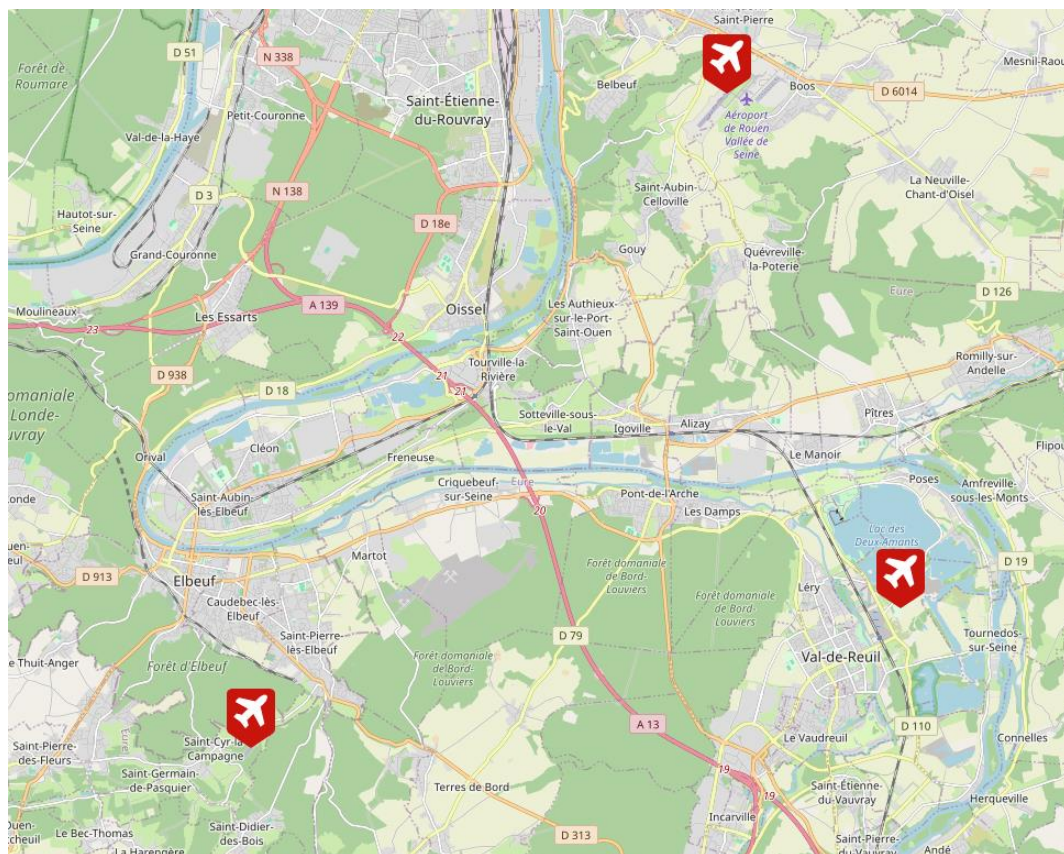
Distance par rapport à la mer

Le site est situé à environ 50 km de la mer.

Étant situé au-delà des 3km de la mer, il n'y a pas d'impact sévère par rapport à l'air salin, vis-à-vis des matériaux et matériels à employer dans les avis techniques.



Les champs photovoltaïques pouvant générer des éblouissements pour les pilotes d'avions lors des phases de décollage et d'atterrissage, il est donc nécessaire de vérifier cette éventuelle contrainte pour concevoir une centrale photovoltaïque.

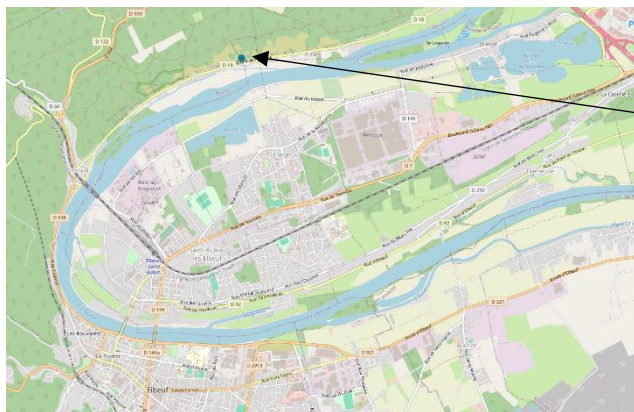


Le CHI Elbeuf est entouré de 3 terrains d'aviation, le plus proche étant celui de Saint-Cyr-la-Campagne implanté à 5,8km.

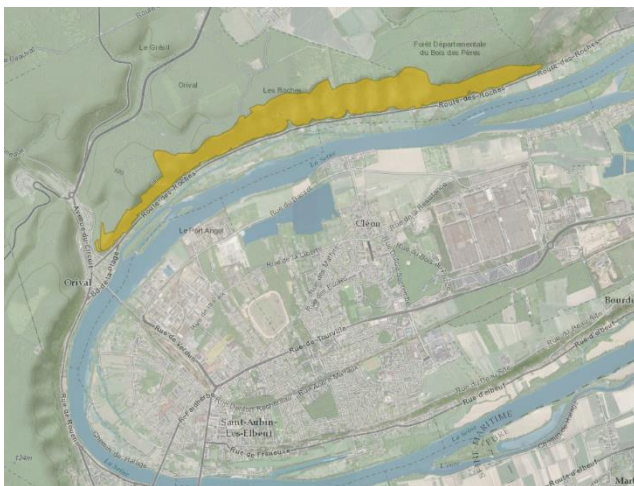
Cette distance étant supérieure à 2km, il ne sera pas nécessaire de prévoir un traitement particulier des futurs panneaux photovoltaïques ou de réaliser une étude d'éblouissement avant de déposer le projet à la D.G.A.C (Direction Générale de l'Aviation Civile).

Le réseau européen Natura 2000 :

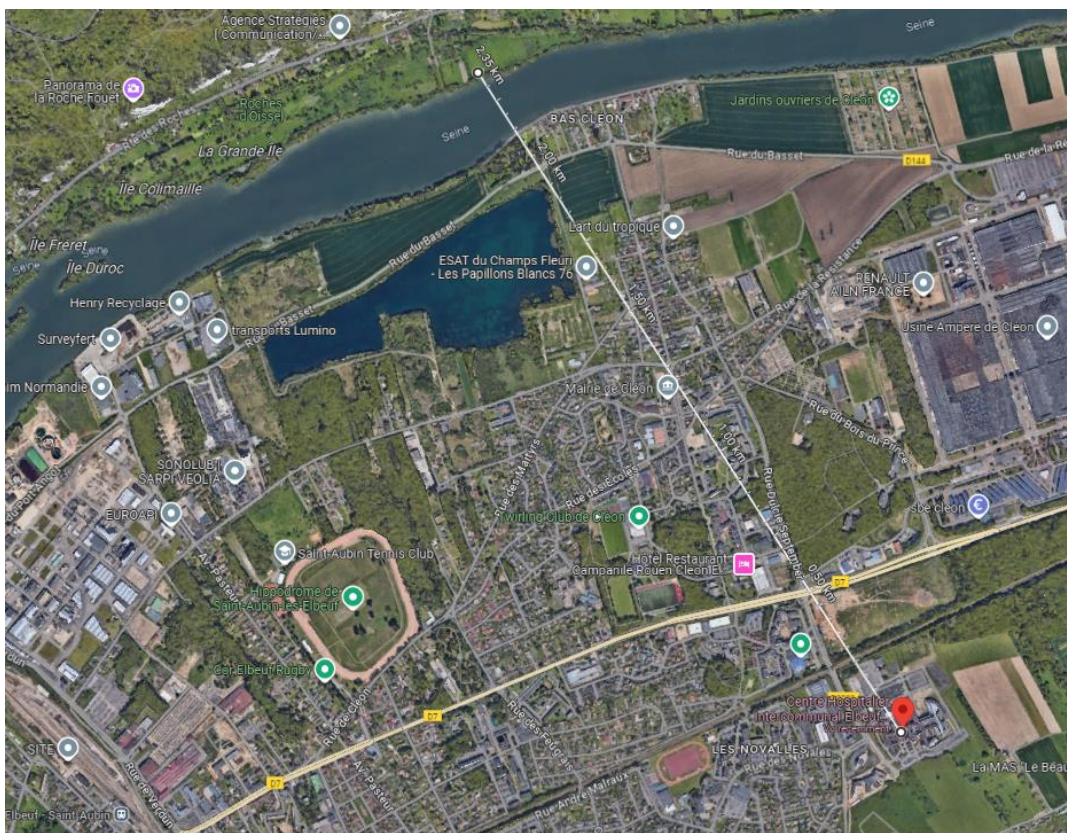
Outils fondamentaux de la politique européenne de préservation de la biodiversité, les sites Natura 2000 visent une meilleure prise en compte des enjeux de biodiversité dans les activités humaines. Ces sites sont désignés pour protéger un certain nombre d'habitats et d'espèces représentatifs de la biodiversité européenne. La liste précise de ces habitats et espèces est annexée à la directive européenne oiseaux et à la directive européenne habitats-faune-flore.



Nom du site : Boucles de la Seine Amont, Coteaux d'Orival
Code du site : FR2300125
Superficie : 99 Ha
Structure porteuse :
 Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Seine-Maritime (Appui technique)
 Conseil Départemental de la Seine Maritime (Structure porteuse chargée de l'élaboration du DOCOB)
 Conseil Départemental de la Seine Maritime (Animateur)
 Conseil Départemental de la Seine Maritime (Structure porteuse chargée du suivi de la mise en œuvre du DOCOB)
Nombre d'espèces d'intérêt communautaire par classe : Mammifères (5) Invertébrés (3)
Nombre d'habitats d'intérêt communautaire : 6

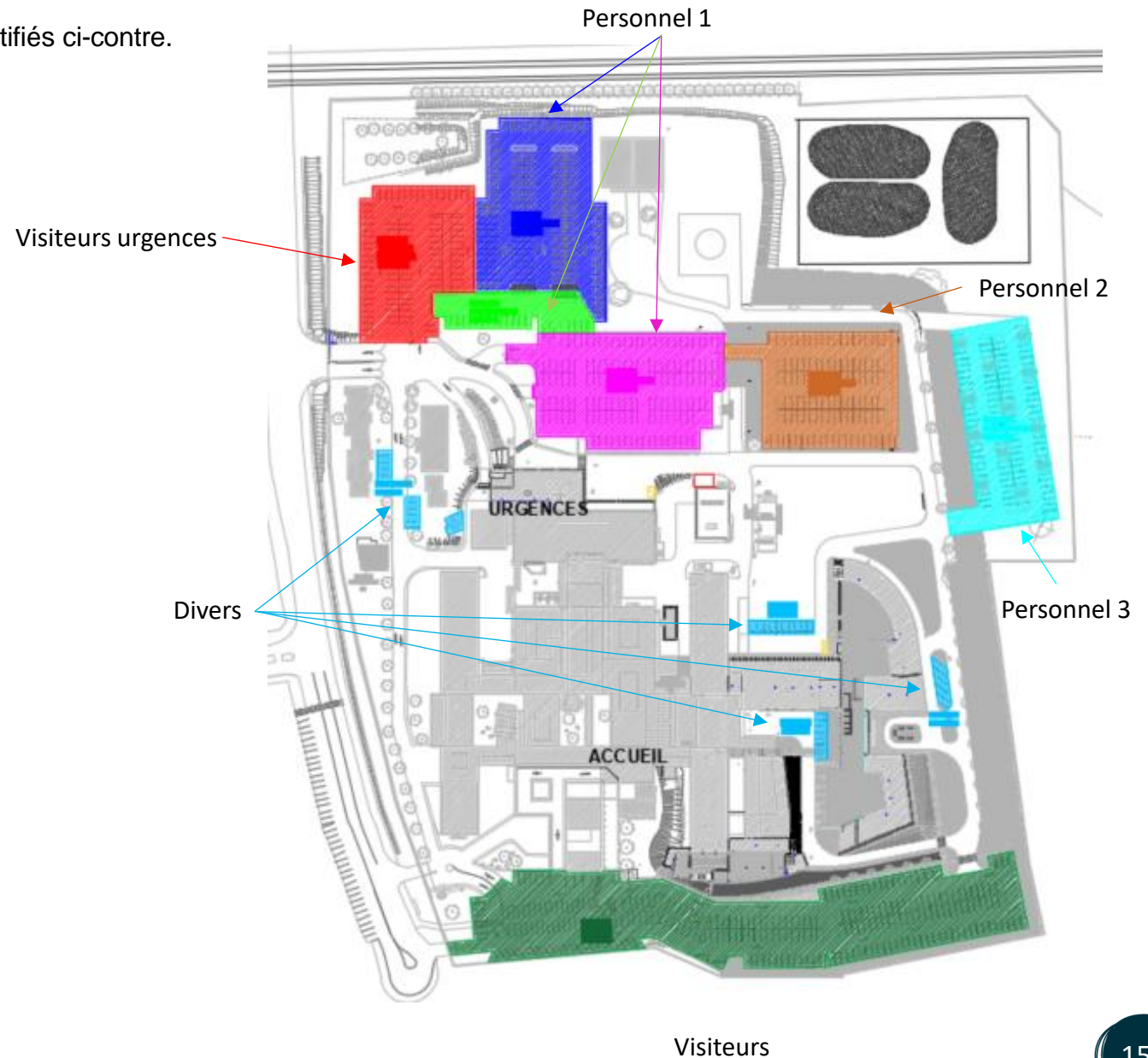


Le CHI Elbeuf est situé à 2,35 km de la zone classée (zone d'une surface de 99 Ha comme matérialisée ci-dessous en orange). **Le projet de solarisation des parkings n'est donc pas impacté.**



Le site possède plusieurs parcs de stationnement identifiés ci-contre.

Parking	Surface
Visiteurs urgences	2501 m ²
Personnel 1	3417 m ²
Personnel 1	908 m ²
Personnel 1	3336 m ²
Personnel 2	2580 m ²
Personnel 3	2643 m ²
Petits parkings divers	439 m ²
Visiteurs	6 396 m ²
TOTAL	22 220 m²





Alimentation du site

L'établissement est alimenté depuis le réseau d'ENEDIS sous une tension de 20kV au travers un poste de livraison à comptage haute tension. Le tableau est de marque SCHNEIDER et de type RM6 (dernière génération est conforme au palier technique d'ENEDIS). L'énergie est ensuite dispatchée dans tout l'établissement depuis poste de transformation central comportant trois transformateurs abaisseurs de 630kVA unitaire.

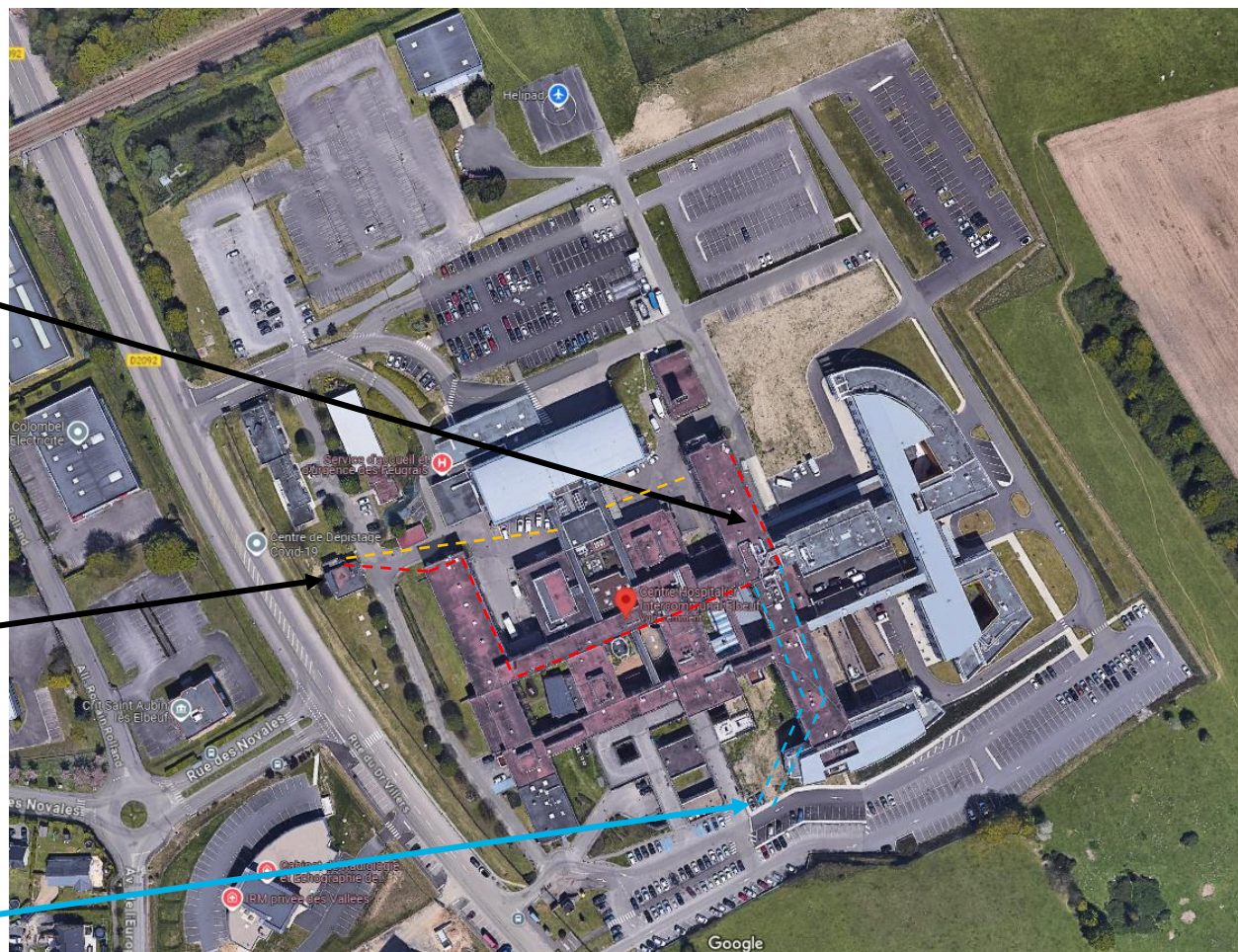
Cellules poste de transformation



Cellules poste de livraison

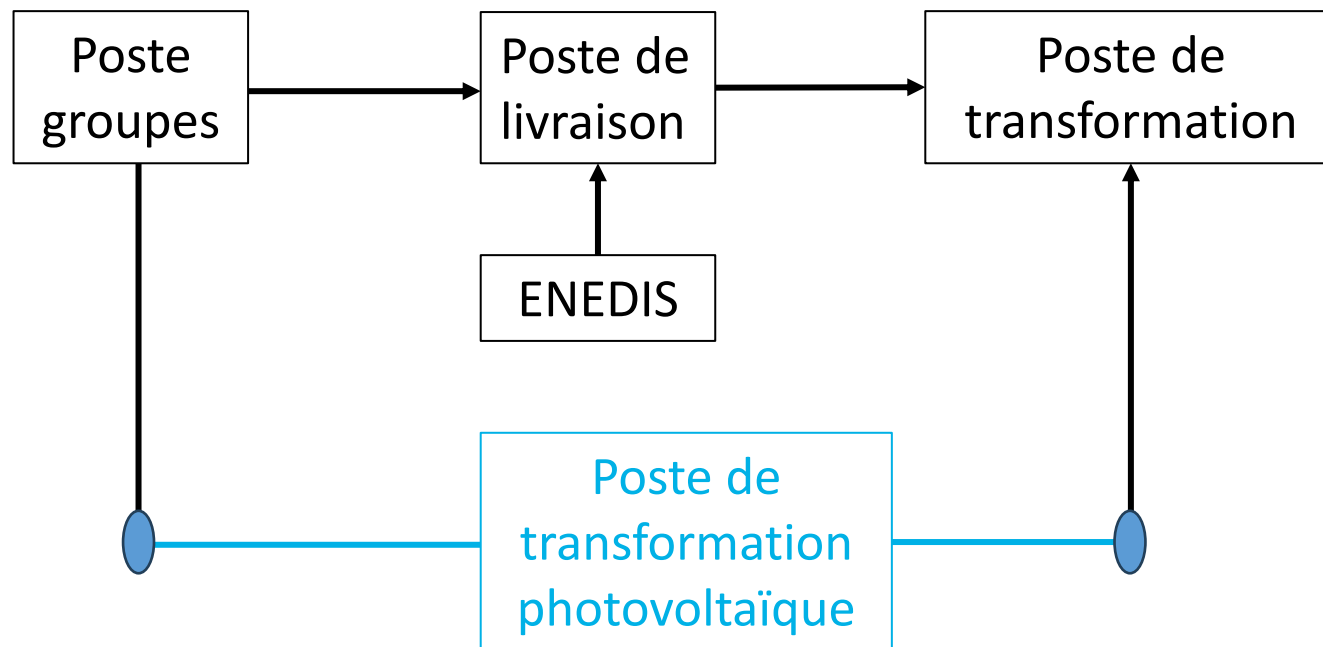


Poste de transformation
Photovoltaïque à
intégrer dans la boucle
HTA





Alimentation du site

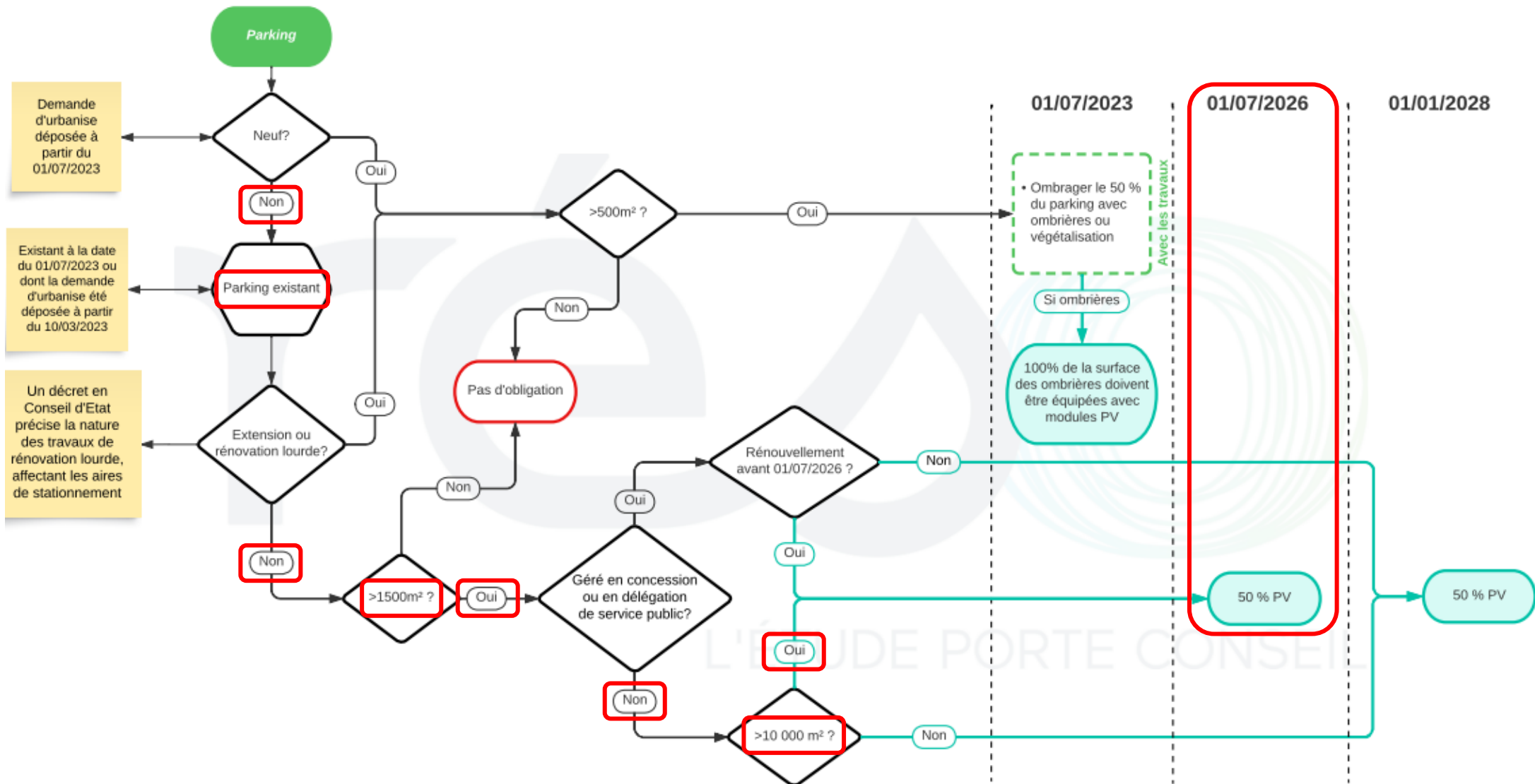


Afin de pouvoir véhiculer la puissance photovoltaïque sur le site, il sera nécessaire de créer un poste de transformation. Ce poste pourra dans un premier temps être utilisé pour le photovoltaïque et sera également compatible avec un soutirage de bornes de recharge pour véhicules électriques.

Ici le poste photovoltaïque est intégré dans la boucle C13 200.



REGLEMENTATION

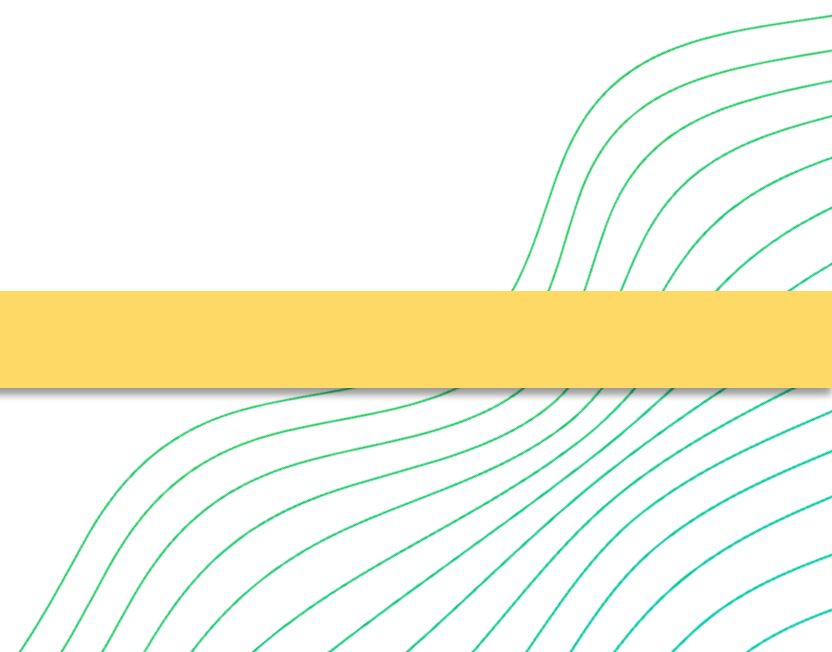


Dans le cas du Centre Hospitalier Intercommunal Elbeuf-Louviers-Val de Reuil, 50% de la surface de parking représente :

$22\,220\text{ m}^2 / 2 = 11\,110\text{ m}^2$ à couvrir d'ombrières photovoltaïques sous environ 5847 panneaux ($1,90\text{ m}^2$ / panneau)



ANALYSE DE LA CONSOMMATION DU SITE



Ci-dessous les valeurs communiquées par l'établissement pour l'année 2024 :

Année 2024							
SITE	ADRESSE	Consommation annuelles en MWh					
		P/Base	HPH / HP	HCH / HC	HPE	HCE	Total
HÔPITAL DES FEUGRAIS	AVENUE DU DOCTEUR VILLERS	206,362	1 144,060	759,797	1 892,821	1 054,551	5 057,591

Prix 2024																	
Energie					CEE	Capacité	Coûts 2024										
PTE	HPH	HCH	HPB	HCB	CEE	Capacité	Energie	CEE	Capacité	Services	Total Energie	Transport	Taxes	Prix marché	Amortisseur électricité	Total HTVA	Total TTC
319,84	319,84	-37,01	127,13	-93,83	6,28	1,88	545 501 €	31 756 €	9 484 €	0 €	586 740 €	90 152 €	109 557 €	108 €		786 449 €	943 739 €

Ci-dessous les données considérées pour 2025 :

Consommation annuelles en MWh					
P/Base	HPH / HP	HCH / HC	HPE	HCE	Total
198,825	1 086,002	706,926	1 799,196	1 014,905	4 805,854

PTE	HPH	HCH	HPB	HCB	CEE	Capacité
283,11	283,11	-136,16	111,93	-156,70	6,28	0,85

Le prix moyen calculé est basé sur :

25% de la consommation en HPH à 28,31c€ H.T

75% de la consommation en HPE à 11,19c€ H.T

39% de taxes

Coût moyen considéré dans la présente étude = 21,5c€ TTC

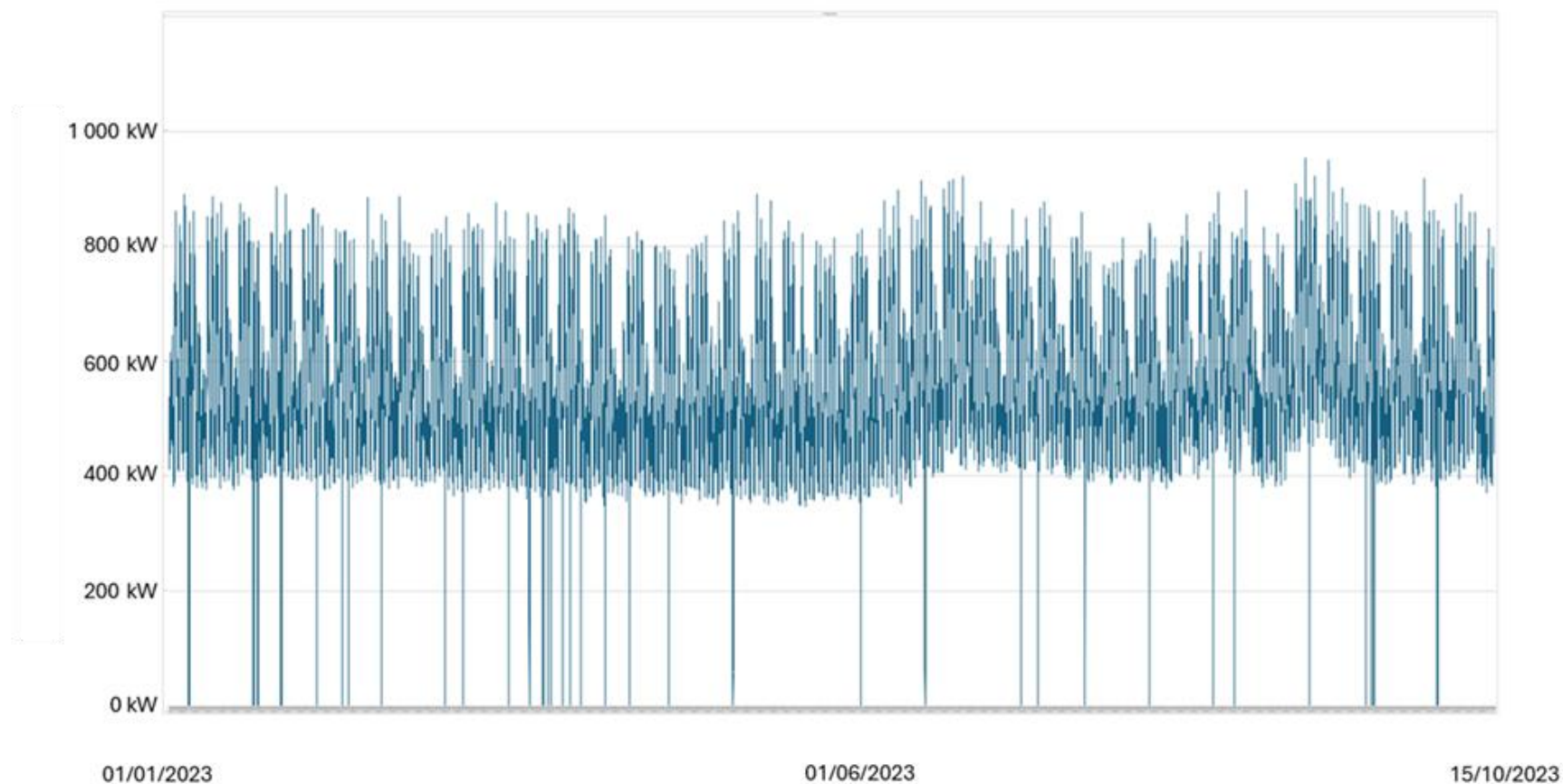
Coûts 2025										
Energie	CEE	Capacité	Services	Total Energie	Transport	Taxes	Prix marché	Amortisseur électricité	Total HTVA	Total TTC
309 824 €	30 175 €	4 107 €	0 €	344 106 €	98 296 €	115 602 €	64 €		558 004 €	669 605 €



COURBE DE CHARGE 2023

A partir des données exportées par ENEDIS au pas de puissance 5 minutes, nous avons retracé ci-dessous la courbe de charge de l'établissement du 01/01/2023 jusqu'au 15/10/2023. Cette courbe permet d'identifier deux données importantes, à savoir :

- Le talon de consommation (puissance soutirée 24h/24 7 jours/7) = 400 kW
- La puissance maximale absorbée = 860 kW





SCÉNARIO 1 : Solarisation de l'ensemble



Solarisation de l'ensemble des parkings

Dans le cadre de ce premier scénario, nous avons prévu la mise en œuvre de 5847 panneaux (soit $22\,220\text{ m}^2 / 2 = 11\,110\text{ m}^2$ et $1,90\text{m}^2$ / panneau) avec une répartition sur tous les parkings à l'exception des petites zones .



Afin de répartir les 5847 panneaux photovoltaïques sur le site, il est nécessaire de couvrir tous les parkings situés au Nord du site ainsi que le parking visiteurs situé au Sud **en retranchant la zone permettant l'accès des pompiers.**

Les petits parkings identifiés ci-contre sont comptabilisés dans le calcul de la surface photovoltaïque à déployer mais ne seraient pas équipés.

Cette première répartition nécessitera de :

- Créer un poste de transformation spécifique aux ombrières du parking visiteurs.
- Créer un poste de transformation spécifique aux ombrières des parkings situés au Nord du site ou injecter sur le poste de transformation qui sera créé pour la production de froid.



Répartition des puissances par parking



- **Parking visiteurs urgences Champs PV représenté en rouge :**
 - Puissance unitaire considérée pour un panneau = 430 Wc
 - Nombre de panneaux représentés = 727
 - Puissance totale du champ = 312,61 kWc
- **Parking personnel 1 Champs PV représenté en bleu :**
 - Puissance unitaire considérée pour un panneau = 430 Wc
 - Nombre de panneaux représentés = 1028
 - Puissance totale du champ = 442,04 kWc
- **Parking personnel 1 Champs PV représenté en rose :**
 - Puissance unitaire considérée pour un panneau = 430 Wc
 - Nombre de panneaux représentés = 1035
 - Puissance totale du champ = 445,50 kWc
- **Parking personnel 2 Champs PV représenté en orange :**
 - Puissance unitaire considérée pour un panneau = 430 Wc
 - Nombre de panneaux représentés = 813
 - Puissance totale du champ = 349,59 kWc
- **Parking personnel 3 Champs PV représenté en bleu clair :**
 - Puissance unitaire considérée pour un panneau = 430 Wc
 - Nombre de panneaux représentés = 864
 - Puissance totale du champ = 371,52 kWc
- **Parking visiteurs Champs PV représenté en vert :**
 - Puissance unitaire considérée pour un panneau = 430 Wc
 - Nombre de panneaux représentés = 1682
 - Puissance totale du champ = 723,26 kWc

La puissance totale photovoltaïque ici représentée est de 2 644 kWc, puissance représentant quasiment le triple de la puissance maximale absorbée par l'ensemble du site.

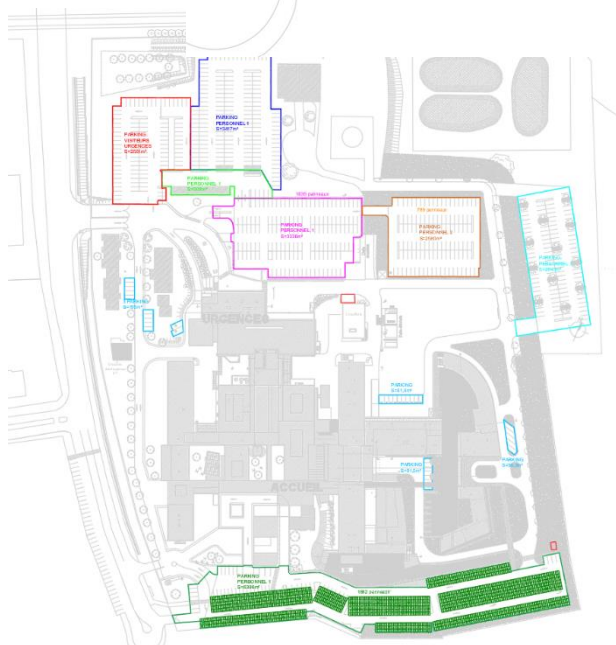
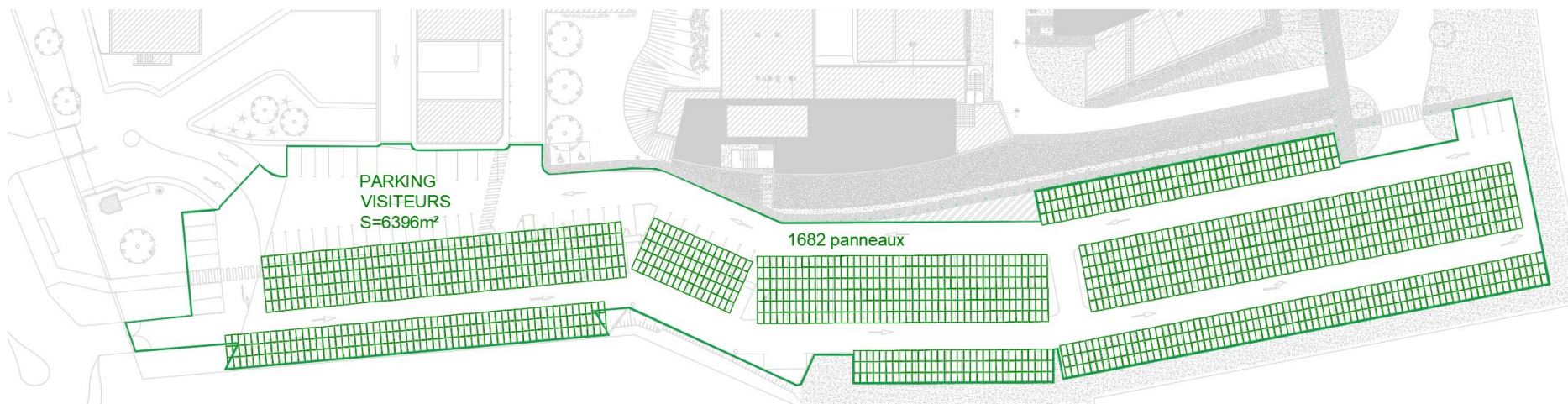


SCÉNARIO 2 : Autoconsommation individuelle



Autoconsommation sans revente de surplus

Ce troisième scénario est basé sur le fait de ne pas traiter les parkings situés au Nord du site, ces parkings seraient laissés pour un projet de tiers investissement. En revanche, le parking visiteur au Sud serait quant à lui solarisé pour permettre à l'établissement d'autoconsommer l'énergie produite par ce dernier.



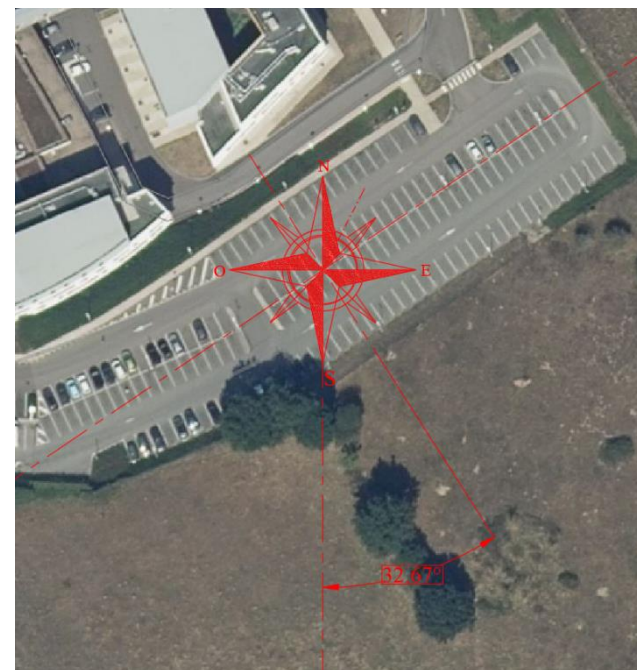
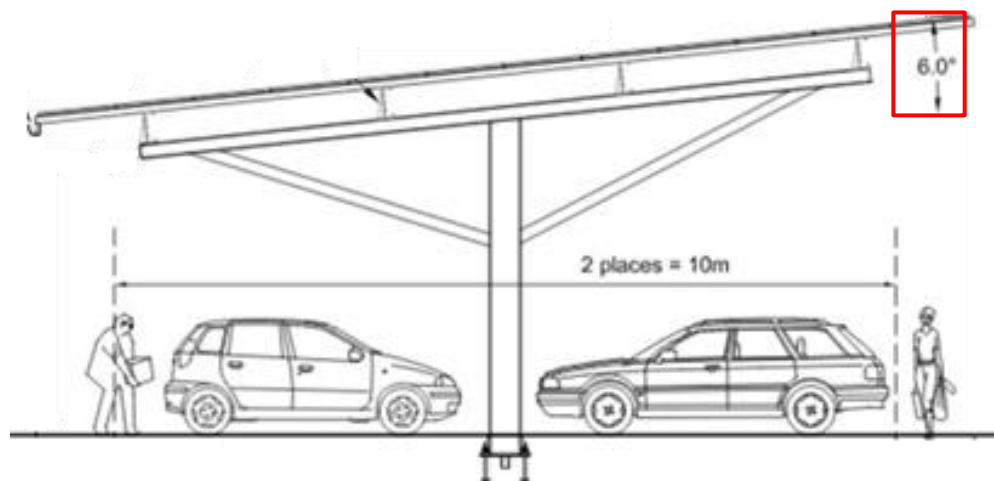
- **Parking visiteurs Champs PV représenté en vert :**
 - Puissance unitaire considérée pour un panneau = 430 Wc
 - Nombre de panneaux représentés = 1682
 - **Puissance totale du champ = 723,26 kWc**



SCENARIO n°2

Inclinaison des ombrières et angle solaire

Dans le cadre de la simulation, nous avons considéré une inclinaison de 6° pour la couverture photovoltaïque de l'ombrière. Comme représenté ci-dessous l'angle solaire considéré et de $-32,67^\circ$.





Résultats de simulation

PVGIS-5 données de production solaire énergétique estimées:

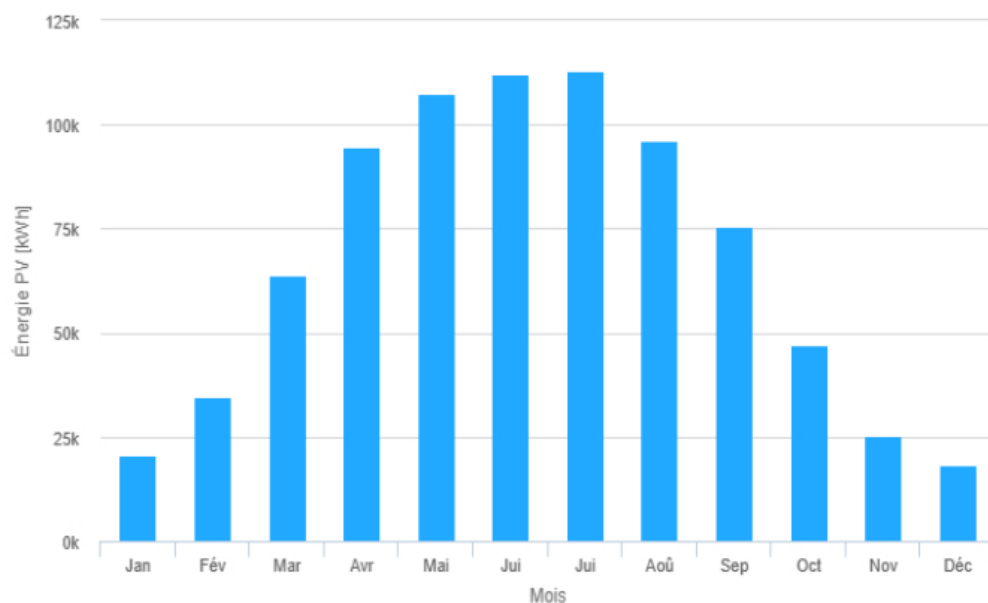
Entrées fournies:

Latitude/Longitude: 49.305,1.043
Horizon: Calculé
Base de données: PVGIS-SARAH3
Technologie PV: Silicium cristallin
PV installée: 723.26 kWp
Pertes du système: 1 %

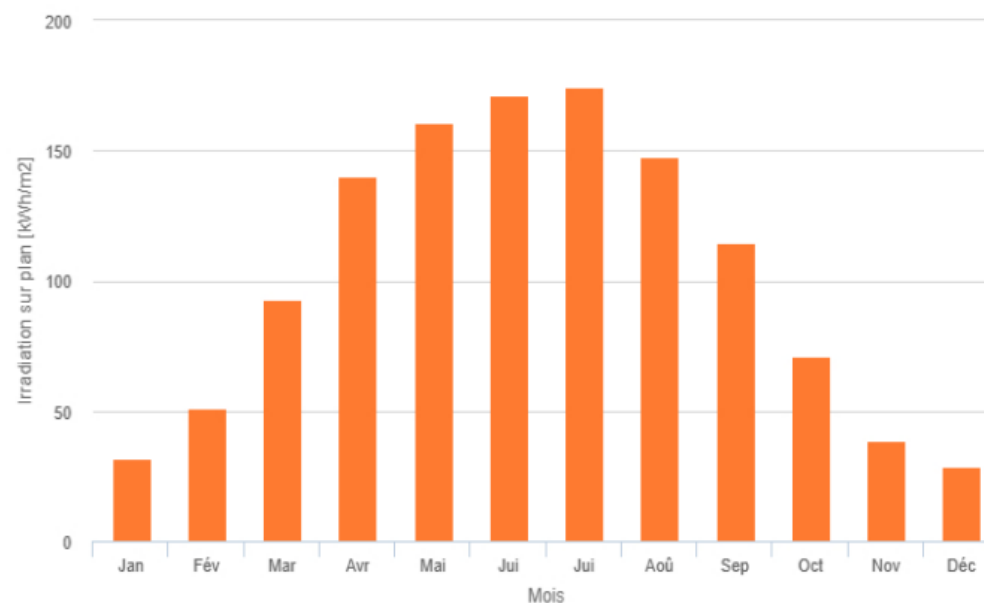
Résultats de la simulation

Angle d'inclinaison: 6 °
Angle d'azimut: -33 °
Production annuelle PV: 808703.37 kWh
Irradiation annuelle: 1224.29 kWh/m²
Variabilité interannuelle: 30822.05 kWh
Changements de la production à cause de:
Angle d'incidence: -4.1 %
Effets spectraux: 1.56 %
Température et irradiance faible: -5.28 %
Pertes totales: -8.67 %

Production énergétique mensuelle du système PV fixe:



Irradiation mensuelle sur plan fixe:





Injection de la puissance dans la structure haute tension existante

Afin d'injecter l'énergie photovoltaïque produite dans le réseau haute tension du site, un poste de transformation sera à créer. Ce dernier sera implanté pour minimiser les coûts de cheminements et de terrassements.

Le poste de transformation comportera les équipements suivants :

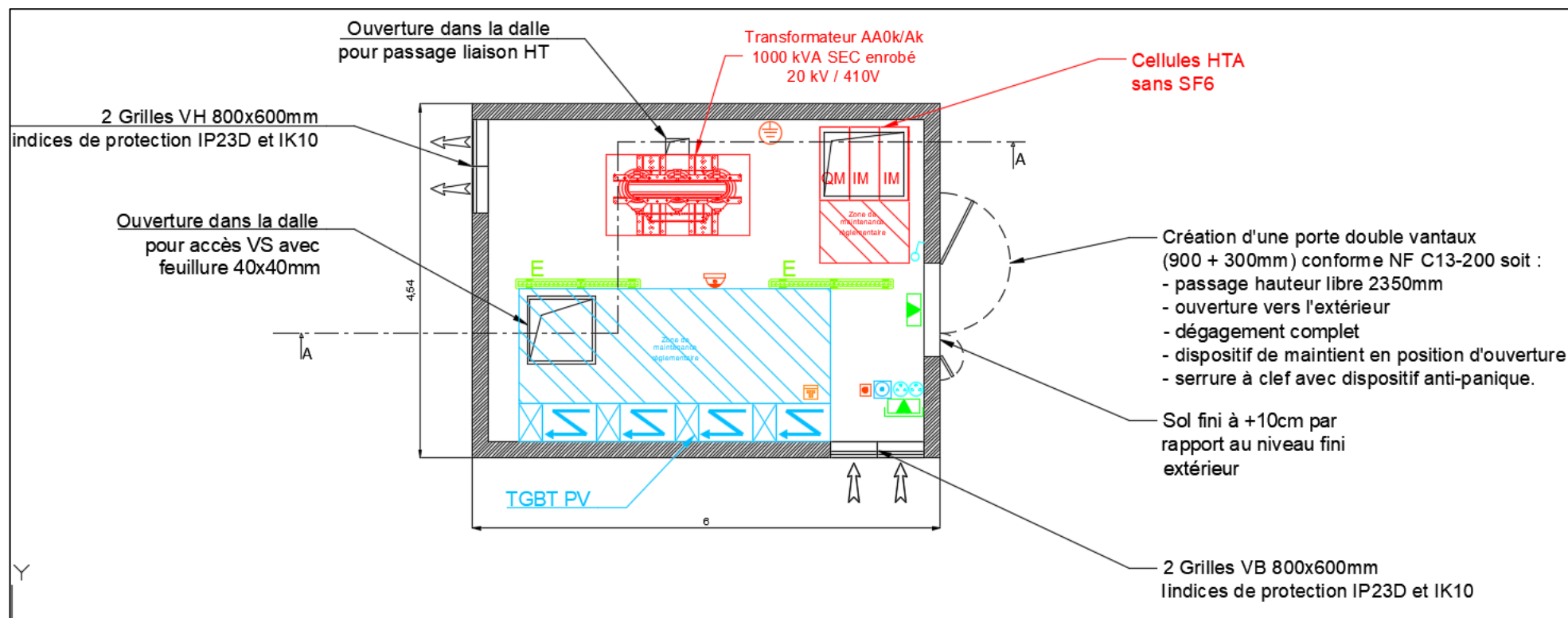
- Un local maçonné avec cuvelage accessible :
- Un tableau HTA de type SM airSet (sans SF6) composé des fonctions suivantes :
 - IM (arrivée HTA)
 - IM (arrivée HTA)
 - QM (protection transformateur)
- Un transformateur d'une puissance de 1000kVA
- Un TGBT équipé d'un système de découplage côté BT

coût estimatif = 24 000 € H.T

coût estimatif = 18 500 € H.T

coût estimatif = 28 000 € H.T

coût estimatif = 35 000 € H.T





SCÉNARIO 2 : Estimations



Estimations :

Rappel des données :

- Nombre de panneaux = 1682
- Puissance unitaire d'un panneau = 430Wc
- Surface d'un panneau = 1,91m²
- Surface totale d'ombrières = 1,91 x 1682 = 3213 m²
- Puissance totale de la centrale = 1682 x 0,43 = 723 kWc

Coût des ombrières (Panneaux + charpente métallique + massifs béton*) 400€/m ² :	1 285 000 € H.T
Coût du poste de transformation (poste maçonné béton + matériels HTA + TGBT) :	104 000 € H.T
Coût des liaisons HTA 160ml (compris cheminements) :	11 000€ H.T
Soit un coût estimatif TOTAL :	1 400 000 € H.T

() Ceci est un estimatif réalisé sur la base ratio pour des installations « classiques », il conviendra de réaliser une étude des sols pour définir précisément à portance de ces derniers. Suivant les résultats, il est possible que le coût des massifs de fondation soit plus conséquent.*



SCÉNARIO 2 : RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Calculs du retour sur investissement

Cas d'un investissement sans crédit

BUREAU D'ETUDES RESO - SIMULATION RETOUR SUR INVESTISSEMENT PHOTOVOLTAIQUE

Puissance de l'installation photovoltaïque			723,26 kWc	Nombre heures de fonctionnement annuel		1224 h	Pourcentage d'autoconsommation		70%
Coût Brut de l'installation (HT)		1 400 000,00 €		Production annuelle estimée de la centrale		885 270 kWh	Tarif : VERT		Prix d'achat du kWh (F.E) : 0,22 €/kWh
Prime autoconsommation		- €		Consommation en soutirage du site par an		4 805 854 kWh	Type de projet & frais de raccordement		
Montant total net HT		1 400 000,00 €		Evolution du prix d'achat des kWh/h		3 %/an	Autoconsommation avec revente >= 250kVA		
Taux d'emprunt (TEG)		1 ans	0,00%	Perte de rendement des panneaux sur 25 ans		0,40 %/an	Prix de revente du kWh (A.O.A) : -		
				Actualisation des coûts de maintenance et des taxes Enedis		1,00 %/an	Indexation du prix de revente : 0,01 %/an		

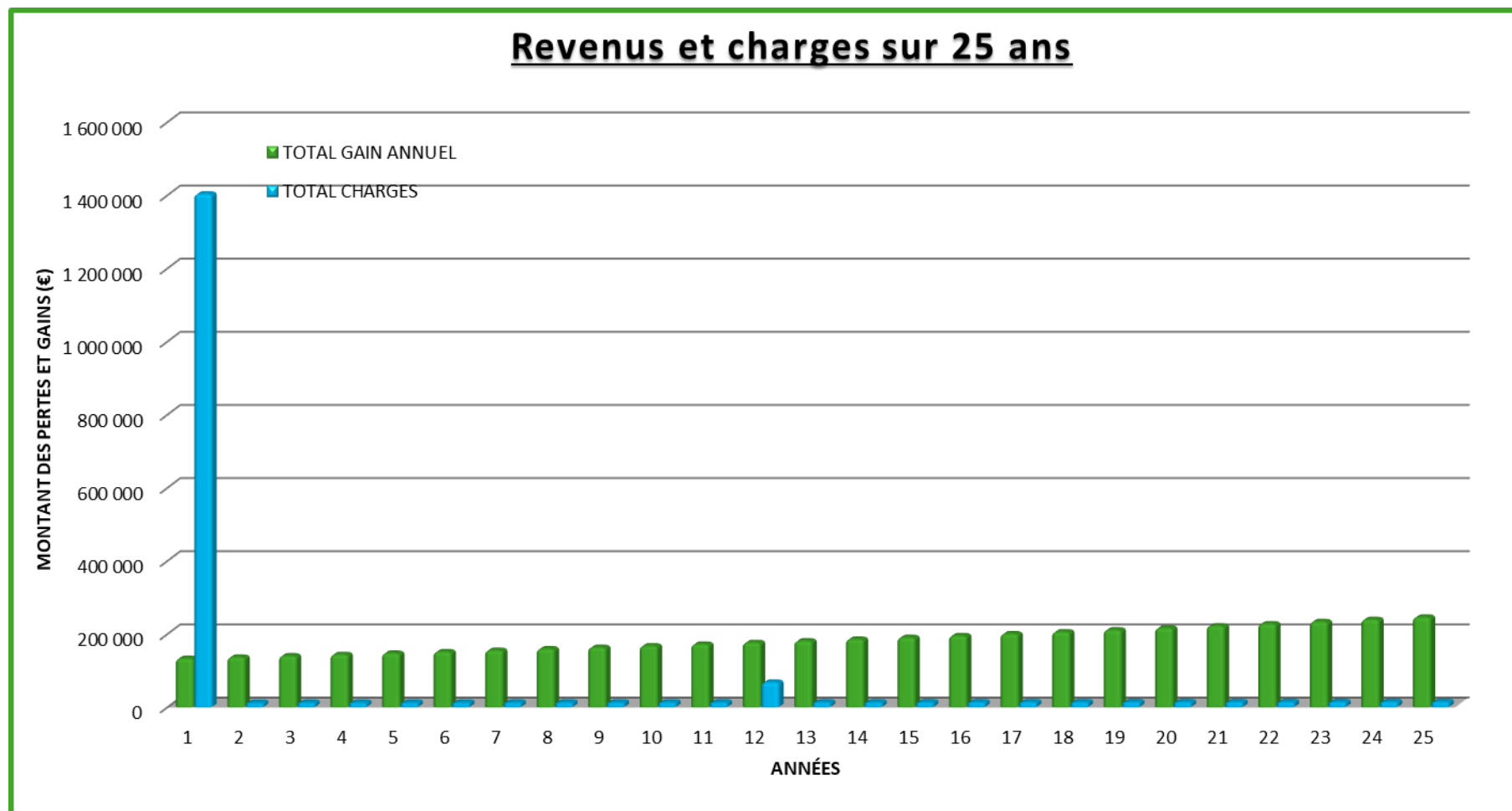
Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Production totale (kWh)	885270	881729	878202	874689	871191	867706	864235	860778	857335	853906	850490	847088	843700
Production autoconsommée (kWh)	619689	617210	614742	612283	609833	607394	604965	602545	600135	597734	595343	592962	590590
Production injectée au réseau (kWh)	265581	264519	263461	262407	261357	260312	259271	258233	257201	256172	255147	254126	253110
Gain revente kWh injectée sur réseau ENEDIS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Economie sur facture EDF ou Fournisseurs d'Energie	133 233 €	136 681 €	140 219 €	143 847 €	147 570 €	151 389 €	155 307 €	159 327 €	163 450 €	167 680 €	172 020 €	176 471 €	181 039 €
TOTAL GAIN ANNUEL	133 233 €	136 681 €	140 219 €	143 847 €	147 570 €	151 389 €	155 307 €	159 327 €	163 450 €	167 680 €	172 020 €	176 471 €	181 039 €
Frais de Maintenance (1 nettoyage/an) + teletransmission	-	9 643,47 €	9 739,90 €	9 837,30 €	9 935,67 €	10 035,03 €	10 135,38 €	10 236,73 €	10 339,10 €	10 442,49 €	10 546,92 €	10 652,39 €	10 758,91 €
Remplacement onduleurs												55 000,00 €	
Estimation frais de raccordement ENEDIS	1 000,00 €												
Taxes IFR si > 100kWc	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €
Taxes ENEDIS	240,84 €	243,25 €	245,68 €	248,14 €	250,62 €	253,13 €	255,66 €	258,21 €	260,80 €	263,40 €	266,04 €	268,70 €	271,38 €
Remboursement emprunt	1 400 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Intérêts d'emprunt	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL CHARGES	1 403 362 €	12 008 €	12 107 €	12 207 €	12 308 €	12 409 €	12 512 €	12 616 €	12 721 €	12 827 €	12 934 €	68 042 €	13 152 €
Resultat net de l'année	- 1 270 129 €	124 673 €	128 112 €	131 641 €	135 263 €	138 980 €	142 795 €	146 710 €	150 729 €	154 853 €	159 085 €	108 429 €	167 887 €
Gains ou pertes cumulés	-	- 1 145 456 €	- 1 017 344 €	- 885 703 €	- 750 441 €	- 611 461 €	- 468 666 €	- 321 955 €	- 171 226 €	- 16 374 €	142 712 €	251 141 €	419 028 €

Année	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Production totale (kW/h)	840325	836964	833616	830281	826960	823652	820358	817076	813808	810553	807311	804081
Production autoconsommée (kW/h)	588227	585875	583531	581197	578872	576557	574250	571953	569666	567387	565117	562857
Production injectée au réseau (kW/h)	252097	251089	250085	249084	248088	247096	246107	245123	244142	243166	242193	241224
Gain revente kW/h injectée sur réseau ENEDIS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Economie sur facture EDF ou Fournisseurs d'Energie	185 724 €	190 530 €	195 461 €	200 520 €	205 709 €	211 033 €	216 495 €	222 097 €	227 845 €	233 742 €	239 791 €	245 997 €
TOTAL GAIN ANNUEL	185 724 €	190 530 €	195 461 €	200 520 €	205 709 €	211 033 €	216 495 €	222 097 €	227 845 €	233 742 €	239 791 €	245 997 €
Frais de Maintenance (1 nettoyage/an)	10 866,50 €	10 975,16 €	11 084,92 €	11 195,77 €	11 307,72 €	11 420,80 €	11 535,01 €	11 650,36 €	11 766,86 €	11 884,53 €	12 003,38 €	12 123,41 €
Remplacement onduleurs							- €					
Estimation frais de raccordement ENEDIS												
Taxes IFR si > 100kWc	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €
Taxes ENEDIS	274,10 €	276,84 €	279,61 €	282,40 €	285,23 €	288,08 €	290,96 €	293,87 €	296,81 €	299,78 €	302,78 €	305,80 €
Remboursement emprunt	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Intérêts d'emprunt	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL CHARGES	13 262 €	13 373 €	13 486 €	13 599 €	13 714 €	13 830 €	13 947 €	14 065 €	14 185 €	14 306 €	14 427 €	14 550 €
Resultat net de l'année	172 462 €	177 157 €	181 976 €	186 920 €	191 995 €	197 203 €	202 547 €	208 032 €	213 660 €	219 436 €	225 364 €	231 447 €
Gains ou pertes cumulés	591 490 €	768 647 €	950 623 €	1 137 543 €	1 329 538 €	1 526 741 €	1 729 289 €	1 937 321 €	2 150 981 €	2 370 417 €	2 595 781 €	2 827 228 €



Revenus et charges

Cas d'un investissement sans crédit

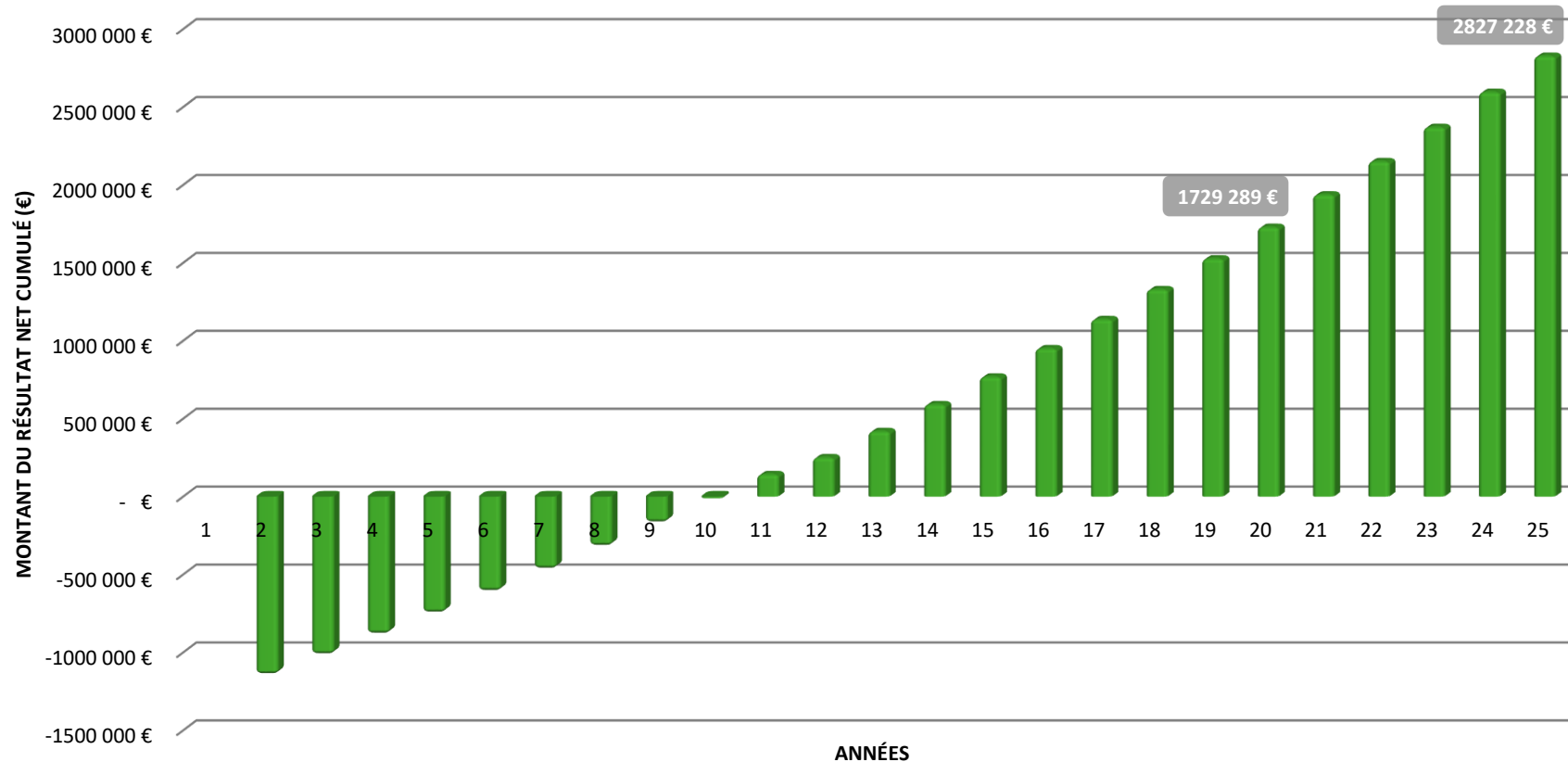




Cash-Flow

Cas d'un investissement sans crédit

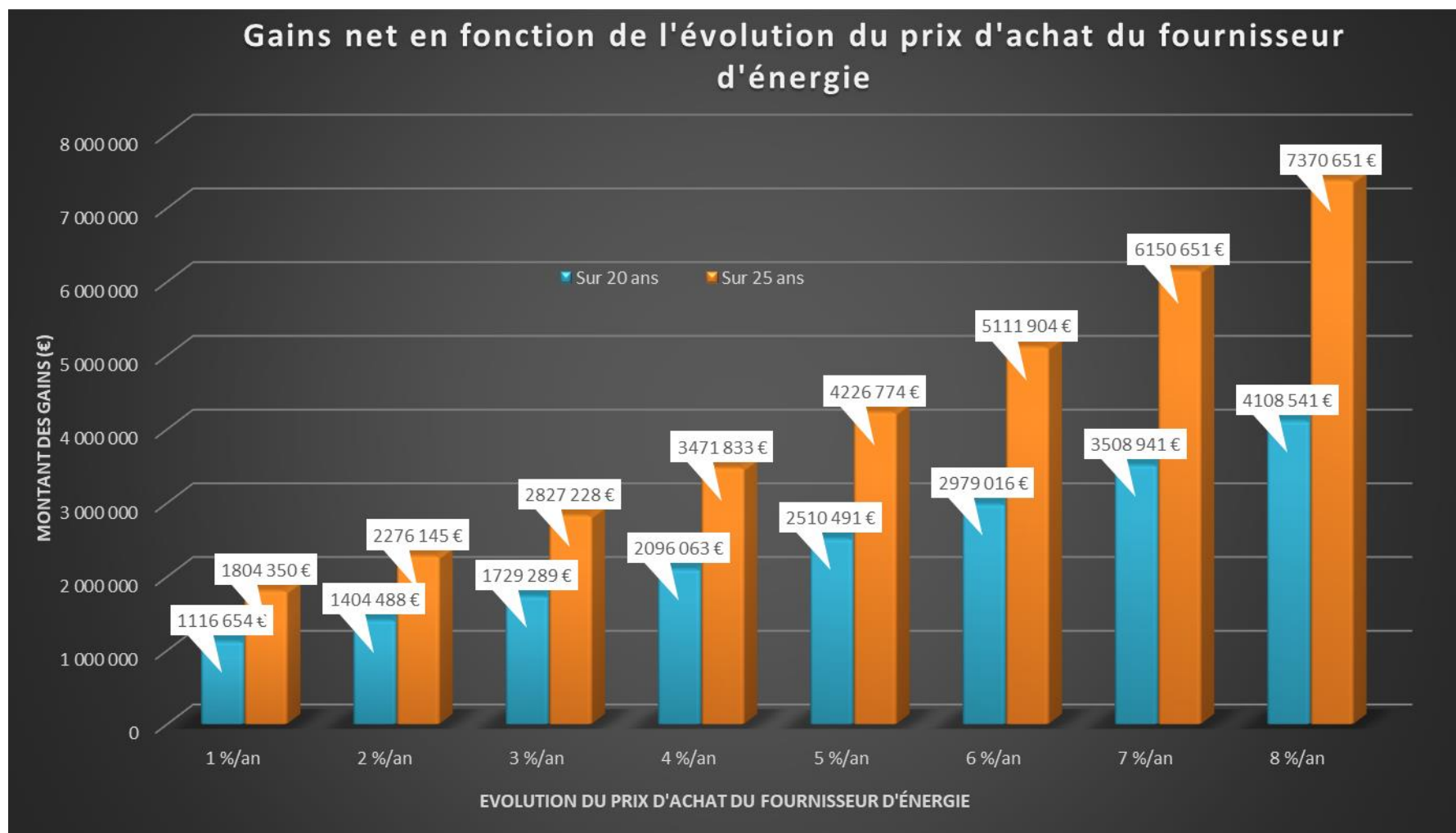
Illustration du Cash-Flow





Gains sur 20 et 25 ans

Cas d'un investissement sans crédit



Calculs du retour sur investissement

Cas d'un investissement avec crédit

BUREAU D'ETUDES RESO - SIMULATION RETOUR SUR INVESTISSEMENT PHOTOVOLTAIQUE

Puissance de l'installation photovoltaïque	723,26 kWc	Nombre heures de fonctionnement annuel	1224 h	Pourcentage d'autoconsommation	70%
Coût Brut de l'installation (HT)	1 400 000,00 €	Production annuelle estimée de la centrale	885 270 kWh	Tarif : VERT	Prix d'achat du kWh (F.E) : 0,22 €/kWh
Prime autoconsommation	- €	Consommation en soutirage du site par an	4 805 854 kWh	Type de projet & frais de raccordement	
Montant total net HT	1 400 000,00 €	Evolution du prix d'achat des kW/h	3 %/an	Autoconsommation avec revente >= 250kVA	
Taux d'emprunt (TEG)	13 ans 3,50%	Perte de rendement des panneaux sur 25 ans	0,40 %/an	Prix de revente du kWh (A.O.A) :	
		Actualisation des coûts de maintenance et des taxes Enedis	1,00 %/an	Indexation du prix de revente :	
				0,01 %/an	

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Production totale (kWh)	885270	881729	878202	874689	871191	867706	864235	860778	857335	853906	850490	847088	843700
Production autoconsommée (kWh)	619689	617210	614742	612283	609833	607394	604965	602545	600135	597734	595343	592962	590590
Production injectée au réseau (kWh)	265581	264519	263461	262407	261357	260312	259271	258233	257201	256172	255147	254126	253110
Gain revente kWh injectée sur réseau ENEDIS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Economie sur facture EDF ou Fournisseurs d'Energie	133 233 €	136 681 €	140 219 €	143 847 €	147 570 €	151 389 €	155 307 €	159 327 €	163 450 €	167 680 €	172 020 €	176 471 €	181 039 €
TOTAL GAIN ANNUEL	133 233 €	136 681 €	140 219 €	143 847 €	147 570 €	151 389 €	155 307 €	159 327 €	163 450 €	167 680 €	172 020 €	176 471 €	181 039 €
Frais de Maintenance (1 nettoyage/an) + teletransmission	-	9 643,47 €	9 739,90 €	9 837,30 €	9 935,67 €	10 035,03 €	10 135,38 €	10 236,73 €	10 339,10 €	10 442,49 €	10 546,92 €	10 652,39 €	10 758,91 €
Remplacement onduleurs												55 000,00 €	
Estimation frais de raccordement ENEDIS	1 000,00 €												
Taxes IFR si > 100kWc	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €
Taxes ENEDIS	240,84 €	243,25 €	245,68 €	248,14 €	250,62 €	253,13 €	255,66 €	258,21 €	260,80 €	263,40 €	266,04 €	268,70 €	271,38 €
Remboursement emprunt	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €	107 692 €
Intérêts d'emprunt	49 000 €	45 231 €	41 462 €	37 692 €	33 923 €	30 154 €	26 385 €	22 615 €	18 846 €	15 077 €	11 308 €	7 538 €	3 769 €
TOTAL CHARGES	160 054 €	164 931 €	161 261 €	157 591 €	153 923 €	150 256 €	146 589 €	142 924 €	139 260 €	135 596 €	131 934 €	128 273 €	124 613 €
Resultat net de l'année	- 26 821 €	- 28 250 €	- 21 042 €	- 13 744 €	- 6 353 €	1 134 €	8 718 €	16 403 €	24 190 €	32 084 €	40 085 €	- 6 802 €	56 425 €
Gains ou pertes cumulés	-	- 55 071 €	- 76 113 €	- 89 857 €	- 96 210 €	- 95 076 €	- 86 358 €	- 69 955 €	- 45 765 €	- 13 681 €	26 404 €	19 603 €	76 028 €

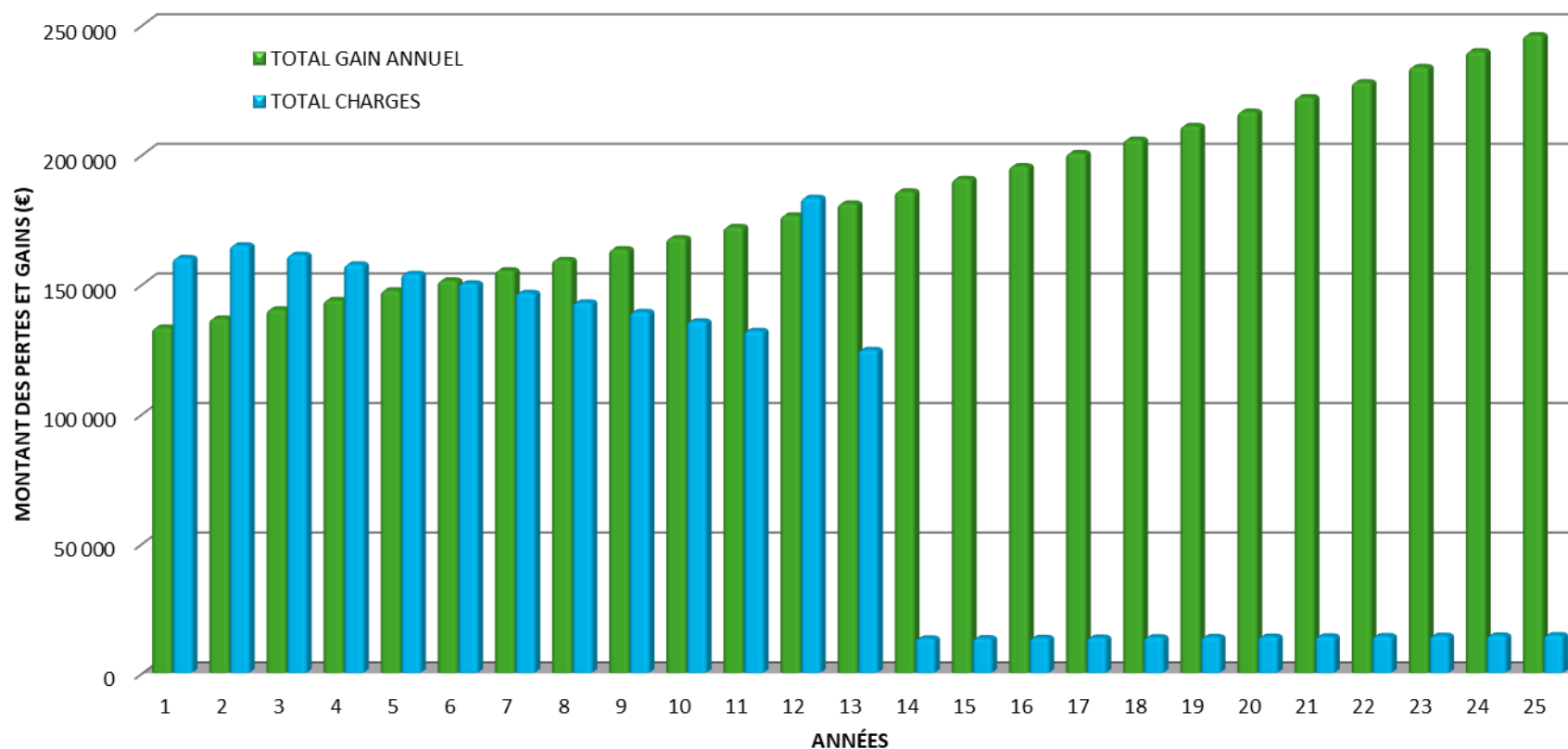
Année	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Production totale (kW/h)	840325	836964	833616	830281	826960	823652	820358	817076	813808	810553	807311	804081
Production autoconsommée (kW/h)	588227	585875	583531	581197	578872	576557	574250	571953	569666	567387	565117	562857
Production injectée au réseau (kW/h)	252097	251089	250085	249084	248088	247096	246107	245123	244142	243166	242193	241224
Gain revente kW/h injectée sur réseau ENEDIS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Economie sur facture EDF ou Fournisseurs d'Energie	185 724 €	190 530 €	195 461 €	200 520 €	205 709 €	211 033 €	216 495 €	222 097 €	227 845 €	233 742 €	239 791 €	245 997 €
TOTAL GAIN ANNUEL	185 724 €	190 530 €	195 461 €	200 520 €	205 709 €	211 033 €	216 495 €	222 097 €	227 845 €	233 742 €	239 791 €	245 997 €
Frais de Maintenance (1 nettoyage/an)	10 866,50 €	10 975,16 €	11 084,92 €	11 195,77 €	11 307,72 €	11 420,80 €	11 535,01 €	11 650,36 €	11 766,86 €	11 884,53 €	12 003,38 €	12 123,41 €
Remplacement onduleurs							- €					
Estimation frais de raccordement ENEDIS												
Taxes IFR si > 100kWc	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €	2 121,25 €
Taxes ENEDIS	274,10 €	276,84 €	279,61 €	282,40 €	285,23 €	288,08 €	290,96 €	293,87 €	296,81 €	299,78 €	302,78 €	305,80 €
Remboursement emprunt	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Intérêts d'emprunt	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL CHARGES	13 262 €	13 373 €	13 486 €	13 599 €	13 714 €	13 830 €	13 947 €	14 065 €	14 185 €	14 306 €	14 427 €	14 550 €
Resultat net de l'année	172 462 €	177 157 €	181 976 €	186 920 €	191 995 €	197 203 €	202 547 €	208 032 €	213 660 €	219 436 €	225 364 €	231 447 €
Gains ou pertes cumulés	248 490 €	425 647 €	607 623 €	794 543 €	986 538 €	1 183 741 €	1 386 289 €	1 594 321 €	1 807 981 €	2 027 417 €	2 252 781 €	2 484 228 €



Revenus et charges

Cas d'un investissement avec crédit

Revenus et charges sur 25 ans

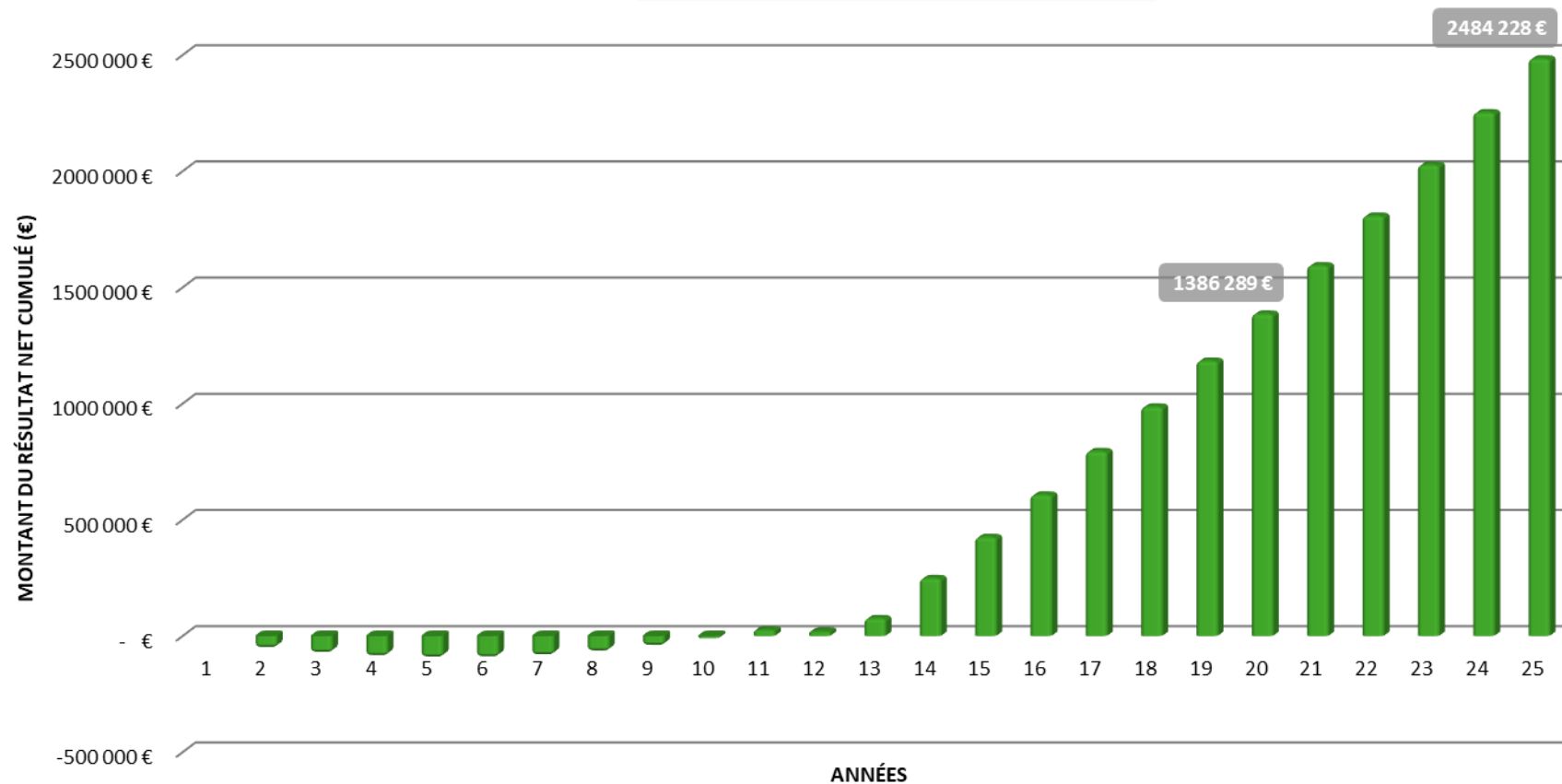




Cash-Flow

Cas d'un investissement avec crédit

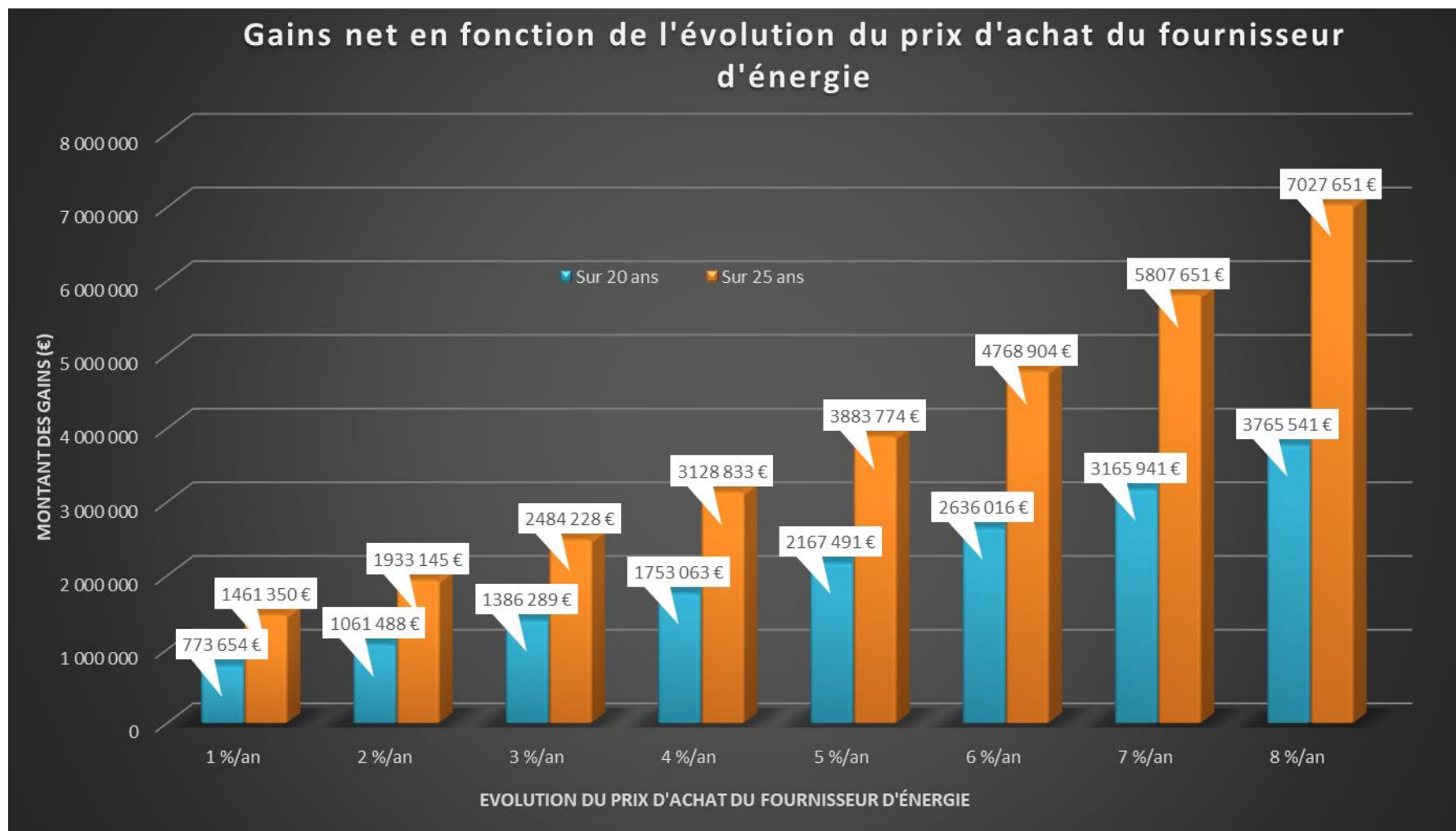
Illustration du Cash-Flow





Gains sur 20 et 25 ans

Cas d'un investissement avec crédit





L'ÉTUDE PORTE CONSEIL



☎ 02 31 71 18 02
☎ 07 83 73 49 15
✉ contact@reso-ing.fr
📍 4, rue Irène Joliot Curie
14460 Colombelles