

Notre expertise au service de votre performance énergétique

ETUDE DE FAISABILITÉ – Photovoltaïque

SOCAMAINE

Février 2024



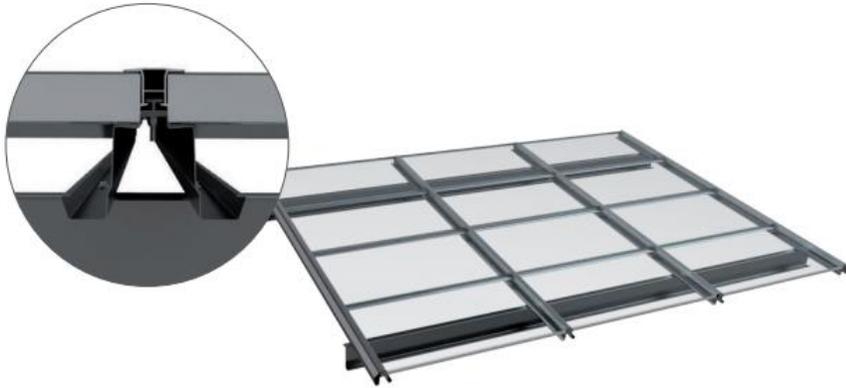
SOLARA
INGÉNIERIE

I. IMPLANTATION PHOTOVOLTAÏQUE EN OMBRIERES

1. Implantation photovoltaïque en ombrières - Mode de pose

- Certifications ETN (pente minimum 5°)
- Rails d'intégration vissés à la panne dans le sens du rampant
- Panneaux glissés par le haut, de haut en bas du rampant
- Les panneaux font office de couverture
- La surface exacte dépend de la taille des panneaux
- Poids maximal du système d'intégration + panneaux: 20 kg/m² maximum

- **Compte-tenu de l'orientation du parking, nous préconisons des ombrières mono-pentes**



HÉLIOS RC3
DOMÉ
SOLAR



SYSTÈME MVU MVUH

mÉCOSUN
Your Best Support

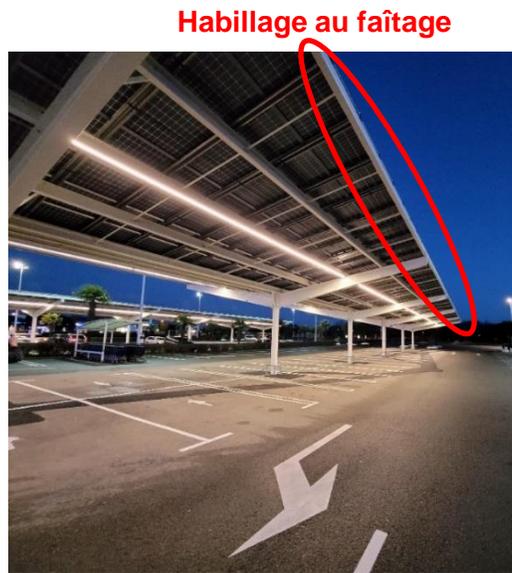
1. Implantation photovoltaïque en ombrières - Conception générale

Matériaux et charpente

- En base, les charpentes sont en acier galvanisée. Option possible en charpente laquée
- Les charpentes sont équipées de bracons
- En base, il n'y a pas d'habillages particuliers en bas et haut de pente (porte-à-faux) ni en périphérie – possible en options (bandeaux périphériques, support déco...)



Ombrière standard



Ombrière laquée « architecturale » sans bracons

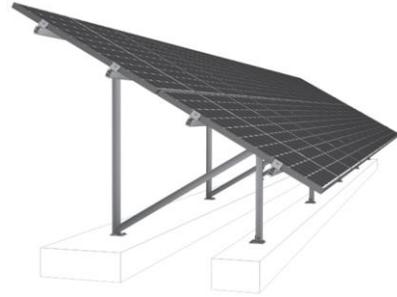


- **A retenir :** Un écart de 40-50% sur le lot charpente/couverture est possible entre une ombrière « standard » et une ombrière « architecturale » (25% du projet)
- Il existe des ombrières en charpente bois (surcoût modéré)

II. IMPLANTATION PHOTOVOLTAÏQUE CENTRALE AU SOL

2. Implantation photovoltaïque centrale au sol – Mode de pose

- Il existe 2 types de systèmes: Lesté ou fixé à l'aide de pieux



- Le système fixé avec des pieux est recommandé : moins cher et plus esthétique
- Tables inclinables de 15 à 20°: Le calepinage étudié intègre une inclinaison de 20°: **meilleur productible**
- Les tables s'adaptent à tout type de panneaux



- La structure repose sur 2 montants de longueurs différente de manière à incliner la table.
- Une traverse est fixée sur les montants et vient supporter les rails de support
- Les panneaux sont fixés sur les rails de support

III. DIMENSIONNEMENT SOCAMAINE

3. Dimensionnement Socamaïne - ombrières

- Puissances sur base de panneaux actuels
- Environ 3287 m² de panneaux
- Mode de pose: portrait
- Inclinaison 5°
- Nombre de modules total : 1683
- Puissance photovoltaïque (sur base panneaux actuels) : 723,69 kWc

Ombrières 1 et 2

Panneau : **DM430M10-B54HBT 430 Wc**
 Pose : **Paysage**

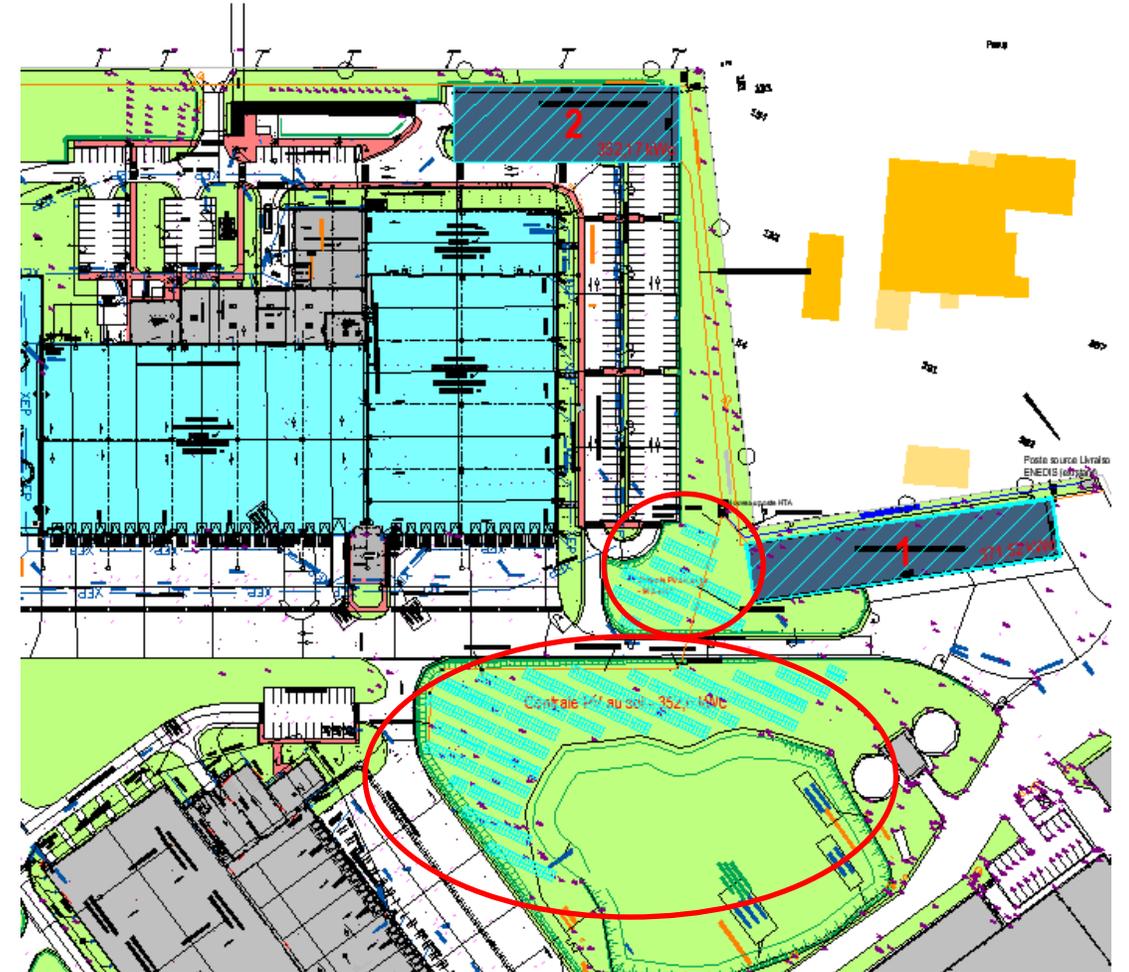
	Lignes	Colonnes	Rampant (ml)	Longueur du champ (ml)	Nb Panneaux	Puissance
Ombrière 1	16	54	18,19	94,6	864	371,52 kWc
Ombrière 2	21	39	23,88	68,36	819	352,17 kWc
	Puissance Totale:					723,69 kWc



3. Dimensionnement Socamaïne – centrales au sol

- Centrale au sol:
- Environ 2015 m² de panneaux
- Mode de pose: portrait
- Inclinaison 20°
- Nombre de modules total : 1032
- Puissance photovoltaïque (sur base panneaux actuels) : 443,76 kWc

Centrale au sol		Centrale au sol bis	
Nombres de panneaux	812	Nombres de panneaux	220
Puissance centrale	349,16 kWc	Puissance centrale	94,60 kWc
Totale		443,76 kWc	



Puissance Totale (ombrières + centrales au sol) : 1167,5 kWc

IV. RACCORDEMENT ELECTRIQUE DE L'INSTALLATION

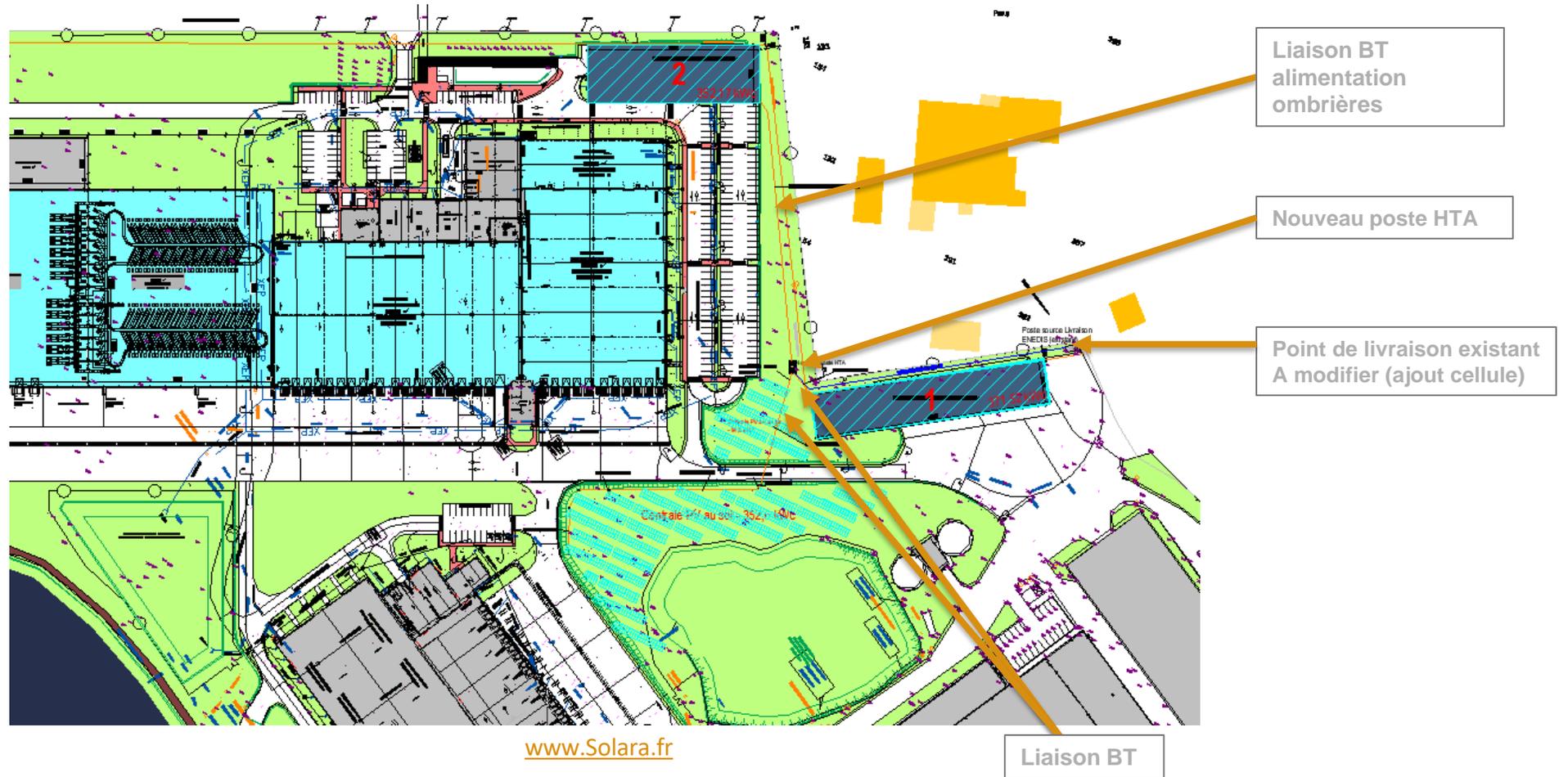
4. Raccordement électrique de l'installation – Poste satellite

Alimenter les 4 centrales photovoltaïques depuis le point de livraison via des liaisons basse Tension génèrerait de trop importantes chutes de Tension malgré des sections de câbles conséquentes.

➤ Ainsi un nouveau poste HTA sera mis en place et alimenté depuis le poste de livraison existant via une liaison 20 kV

Le nouveau poste permettra d'alimenter les 2 ombrières + les 2 centrales au sol en basse Tension sur des distances réduites.

Le nouveau poste intitulé « poste satellite Photovoltaïque » sera ainsi positionné au centre des 4 centrales photovoltaïques.



4. Raccordement électrique de l'installation – Protection de découplage

Les installations photovoltaïques de plus de 250kW pouvant fonctionner en parallèle avec le réseau public doivent être munies d'une protection de découplage

Cette protection intervient en cas de :

- défaut sur le réseau public
- disparition de la tension sur le réseau public.
- variations de tension ou de fréquence supérieures à celles spécifiées par le gestionnaire du réseau

On retrouve 5 types de protections (H1 à H5) illustrés à la diapositive suivante.

Il sera nécessaire d'interroger Enedis concernant la mise en place d'une telle protection au sein du site Socamaïne.

La protection de découplage ne figurera donc pas au sein de l'estimation du montant des travaux

4. Raccordement électrique de l'installation – Protection de découplage

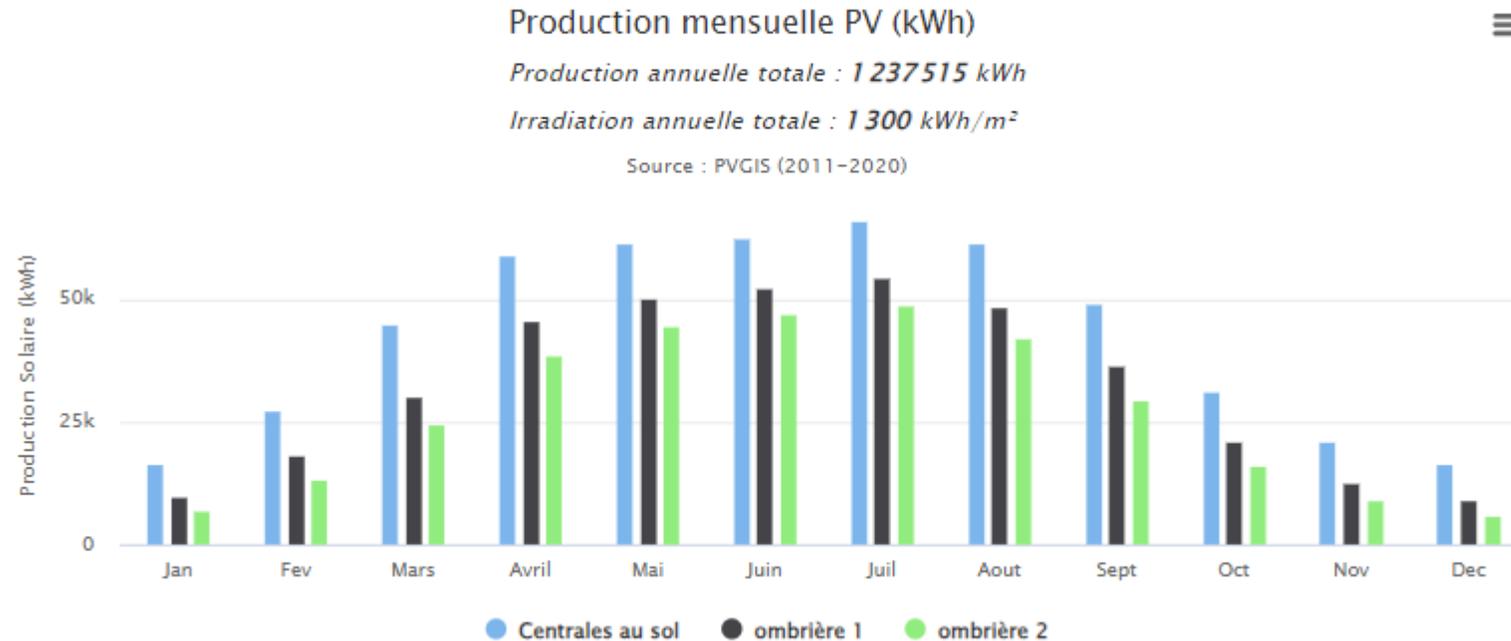
Type de protection / Fonction à assurer	Type H.1	Type H.2	Type H.3.1	Type H.4	Type H.5
Détection des défauts monophasés HTA	Max de V_0 instantanée 10 % V_n	Max de V_0 temporisée à $t_0 + 0,5$ seconde 10 % V_n	Max de V_0 temporisée à $t_0 + 0,5$ seconde 10 % V_n	Max de V_0 temporisée à $t_0 + 0,5$ seconde 10 % V_n	Max de V_0 temporisée à $t_0 + 0,5$ seconde 10 % V_n
Détection des défauts polyphasés	Mini de U instantanée 85 % U_n	Mini de U instantanée 85 % U_n	Mini de U temporisée à 1,5 seconde 85 % U_n	Mini de U temporisée à 1,5 seconde 85 % U_n	Mini de U temporisée à 1,5 seconde 85 % U_n
Marche en réseau séparé				Télé-découplage	
	Mini de U instantanée 85 % U_n	Mini de U instantanée 85 % U_n	Mini de U temporisée à 1,5 seconde 85 % U_n	Mini de U temporisée à 1,5 seconde 85 % U_n	Mini de U temporisée à 1,5 seconde 85 % U_n
	Max de U instantanée 115 % U_n	Max de U instantanée 115 % U_n	Max de U instantanée 115 % U_n	Max de U temporisée à 0,2s 115 % U_n	Max de U temporisée à 0,2s 115 % U_n
	Mini de f instantanée 47,5 Hz	Mini de f instantanée 47,5 Hz	Mini de f instantanée 47,5 Hz et Mini de f instantanée 49,5 Hz ⁷	Mini de f instantanée 47,5 Hz	Mini de f instantanée 47,5 Hz
	Maxi de f instantanée 51,5 Hz	Maxi de f instantanée 51,5 Hz	Maxi de f instantanée 51,5 Hz et Maxi de f instantanée 50,5 Hz ¹	Maxi de f instantanée 51,5 Hz	Maxi de f instantanée 51,5 Hz
Protection contre les creux de tension de forte amplitude	Via le Mini de U instantanée 85 % U_n	Via le Mini de U instantanée 85 % U_n	Mini de U Selon tableau de paramétrage secondaire	Mini de U Selon tableau de paramétrage secondaire	Mini de U Selon tableau de paramétrage secondaire

V. RESULTATS DE L'ETUDE

(Ombrières + centrales au sol)

5. Résultats de l'étude – 4 centrales photovoltaïques

Estimation du productible



- La production annuelle pour les 4 centrales sera de 1 237 515 kWh pour une puissance de 1167,45 kWc
- Le productible globale sera ainsi de 1075,5 kWh/ kWc. Ce dernier correspond à la quantité d'énergie produite à l'année par kWc installé. Il dépend en majorité de la localisation du projet.
 - => Il a été ici optimisé en inclinant les modules des centrales au sol à 20° tout en les orientant pleins Sud

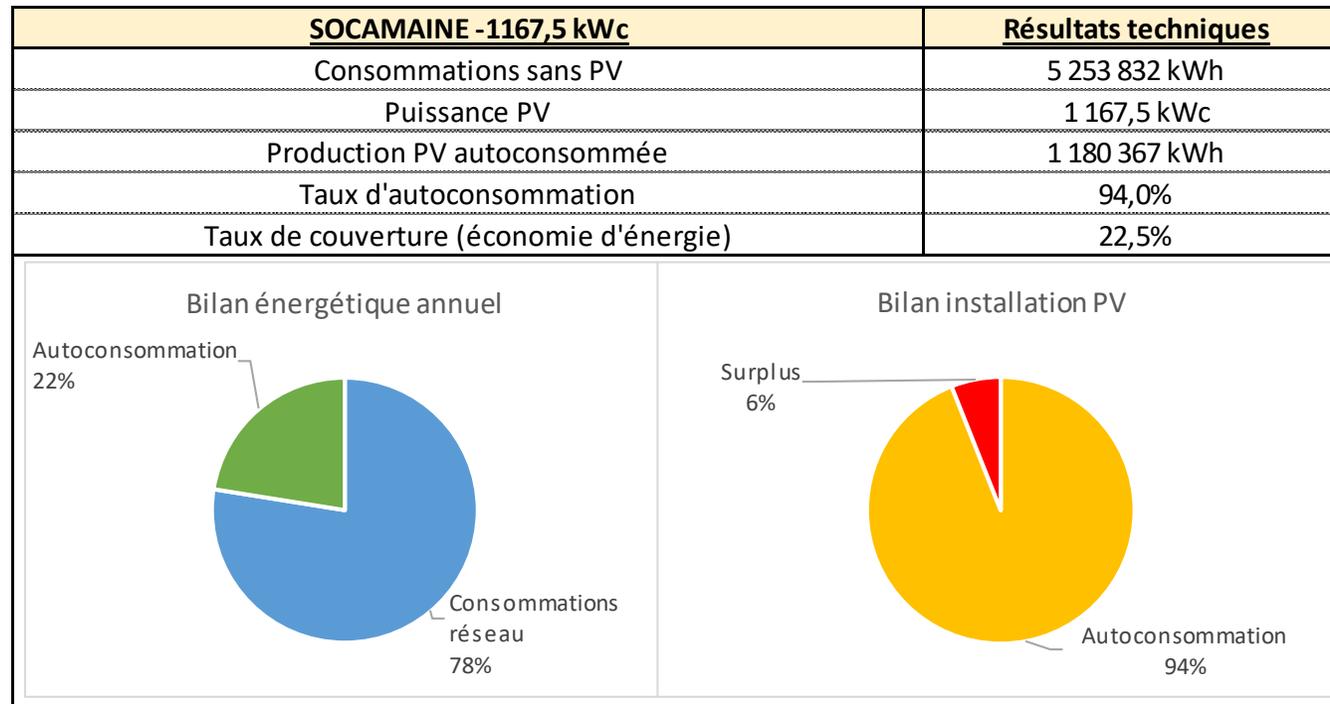
5. Résultats de l'étude – 4 centrales photovoltaïques

Résultats techniques installation 1167,5 kWc (potentiel d'autoconsommation)

- Le bilan annuel est de 22,5% d'économie et 6% de surplus

Consommation sur base des factures de 2022-2023

Ne tient pas compte des futurs projets !



VI. BUDGETS ET TEMPS DE RETOUR

6. Budgets et Temps de retour – Synthèse des budgets des 4 centrales

Synthèse budgets : 4 centrales 1167,45 kWc	
<u>Prestations intellectuelles</u>	
Architecte et Maîtrise d'œuvre	NC
Bureau de contrôle	NC
Etude de sol et géomètre	NC
Bureau d'études	NC
ENEDIS + Frais de découplage de l'installation	NC
<u>Lot VRD</u>	En cours de chiffrage
<u>Lot Gros Œuvre</u>	Total: 285 000€
<u>Lot Ombrières (Hors Système d'intégration)</u>	Total: 300 000€
<u>Lot Photovoltaïque (723,7 kWc) - Ombrières (Hors structure, système d'intégration compris)</u>	Total: 660 000 €
Fourniture + pose Système d'intégration	170 000 €
Onduleurs	37 000 €
ACPV et alimentation onduleurs	35 000 €
Panneaux	263 000 €
Main d'œuvre (pose onduleur, panneaux, câblage)	155 000 €
<u>Lot Photovoltaïque (443,76 kWc) - Centrales au sol</u>	Total: 380 000€
Fourniture + pose tables de support	104 000 €
Onduleurs	27 500 €
ACPV et alimentation onduleurs	25 000 €
Panneaux	151 000 €
Main d'œuvre (pose onduleur, panneaux, câblage)	72 500 €
<u>Lot Electricité</u>	Total: 300 000€
Création d'une cellule de départ au PDL existant	12 500 €
Création d'un poste satellite préfabriqué TGBT compris	205 000 €
Liaison HTA PDL existant - poste satellite	17 500 €
Liaison TGBT - ACPV ombrières 1 et 2	40 000 €
Eclairage et divers	25 000 €
	NC
Total projet	1 925 000 € 1,65 €/Wc
A confirmer : Protection de découplage	NC

6. Budgets et Temps de retour – Hypothèses de calcul

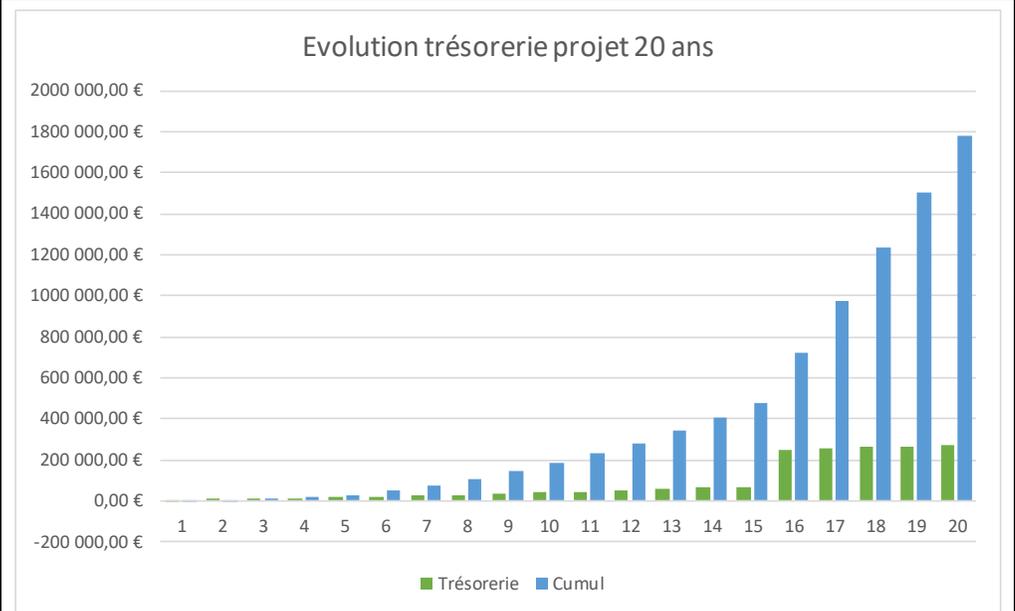
Les hypothèses utilisées de manière à réaliser le calcul du flux de trésorerie et du Temps de retour sont les suivantes:

- Emprunt sur 15 ans avec un taux à 4%
- Tarif d'achat 2024 - 2 Scénarios:
15 c€/kWh et 19 c€/kWh
- Augmentation du prix de l'électricité de 3% par an
- Diminution de la production annuelle de 0,45% par an
- Augmentation des frais de maintenance de 1% par an

- Le calcul du flux de trésorerie et du temps de retour sur investissement ne tient pas compte des prestations intellectuelles comme présenté dans les budgets estimatifs ni de la protection de découplage (Il sera nécessaire d'interroger Enedis à ce sujet)

6. Budgets et Temps de retour – Cashflow (Tarif d'achat 15c€/ kWh)

Année	Investissements	Maintenance & exploitation	Economie d'énergie	Autres (Prime, revente, frais...)	Trésorerie	Cumul
1	170 867,91 €	9 000,00 €	177 038,54 €	0,00 €	-2 829,37 €	-2 829,37 €
2	170 867,91 €	9 090,00 €	181 529,12 €	0,00 €	1 571,21 €	-1 258,16 €
3	170 867,91 €	9 180,90 €	186 133,61 €	0,00 €	6 084,80 €	4 826,64 €
4	170 867,91 €	9 272,71 €	190 854,89 €	0,00 €	10 714,27 €	15 540,90 €
5	170 867,91 €	9 365,44 €	195 695,92 €	0,00 €	15 462,57 €	31 003,48 €
6	170 867,91 €	9 459,09 €	200 659,75 €	0,00 €	20 332,75 €	51 336,22 €
7	170 867,91 €	9 553,68 €	205 749,48 €	0,00 €	25 327,89 €	76 664,11 €
8	170 867,91 €	9 649,22 €	210 968,32 €	0,00 €	30 451,19 €	107 115,30 €
9	170 867,91 €	9 745,71 €	216 319,53 €	0,00 €	35 705,91 €	142 821,21 €
10	170 867,91 €	9 843,17 €	221 806,47 €	0,00 €	41 095,40 €	183 916,61 €
11	170 867,91 €	9 941,60 €	227 432,60 €	0,00 €	46 623,09 €	230 539,69 €
12	170 867,91 €	10 041,02 €	233 201,42 €	0,00 €	52 292,50 €	282 832,19 €
13	170 867,91 €	10 141,43 €	239 116,58 €	0,00 €	58 107,24 €	340 939,43 €
14	170 867,91 €	10 242,84 €	245 181,77 €	0,00 €	64 071,02 €	405 010,45 €
15	170 867,91 €	10 345,27 €	251 400,80 €	0,00 €	70 187,63 €	475 198,08 €
16	0,00 €	10 448,72 €	257 777,59 €	0,00 €	247 328,87 €	722 526,94 €
17	0,00 €	10 553,21 €	264 316,11 €	0,00 €	253 762,91 €	976 289,85 €
18	0,00 €	10 658,74 €	271 020,49 €	0,00 €	260 361,75 €	1 236 651,60 €
19	0,00 €	10 765,33 €	277 894,93 €	0,00 €	267 129,60 €	1 503 781,20 €
20	0,00 €	10 872,98 €	284 943,73 €	0,00 €	274 070,75 €	1 777 851,95 €
	2 563 018,66 €	198 171,04 €	4 539 041,65 €	0,00 €	1 777 851,95 €	1 777 851,95 €
					Budget projet :	1 925 000,00 €
					Rentabilité / investissement :	92%
					Somme € investis	2 761 189,70 €
					Rentabilité / € investis :	64%
21	0,00 €	10 981,71 €	292 171,33 €	0,00 €	281 189,62 €	2 059 041,57 €
22	0,00 €	11 091,53 €	299 582,26 €	0,00 €	288 490,73 €	2 347 532,30 €
23	0,00 €	11 202,44 €	307 181,16 €	0,00 €	295 978,72 €	2 643 511,02 €
24	0,00 €	11 314,47 €	314 972,81 €	0,00 €	303 658,34 €	2 947 169,36 €
25	0,00 €	11 427,61 €	322 962,10 €	0,00 €	311 534,48 €	3 258 703,85 €
26	0,00 €	11 541,89 €	331 154,03 €	0,00 €	319 612,14 €	3 578 315,99 €
27	0,00 €	11 657,31 €	339 553,75 €	0,00 €	327 896,44 €	3 906 212,43 €
28	0,00 €	11 773,88 €	348 166,53 €	0,00 €	336 392,65 €	4 242 605,09 €
29	0,00 €	11 891,62 €	356 997,78 €	0,00 €	345 106,16 €	4 587 711,24 €
30	0,00 €	12 010,53 €	366 053,02 €	0,00 €	354 042,49 €	4 941 753,73 €
	2 563 018,66 €	313 064,02 €	7 817 836,42 €	0,00 €	4 941 753,73 €	4 941 753,73 €
					Rentabilité / investissement :	257%
					Somme € investis	2 876 082,69 €
					Rentabilité / € investis :	172%



6. Budgets et Temps de retour – Temps de retour (Tarif d’achat 15c€/ kWh)

	TRI	TRSI
0	-1 925 000,00 €	-2 563 018,66 €
1	-1 747 961,46 €	-2 394 980,12 €
2	-1 566 432,34 €	-2 222 541,00 €
3	-1 380 298,73 €	-2 045 588,29 €
4	-1 189 443,85 €	-1 864 006,12 €
5	-993 747,92 €	-1 677 675,63 €
6	-793 088,18 €	-1 486 474,97 €
7	-587 338,69 €	-1 290 279,17 €
8	-376 370,38 €	-1 088 960,07 €
9	-160 050,85 €	-882 386,25 €
10	61 755,63 €	-670 422,95 €
11	289 188,22 €	-452 931,95 €
12	522 389,65 €	-229 771,54 €
13	761 506,22 €	-796,39 €
14	1 006 687,99 €	234 142,54 €
15	1 258 088,80 €	475 198,08 €
16	1 515 866,38 €	722 526,94 €
17	1 780 182,50 €	976 289,85 €
18	2 051 202,99 €	1 236 651,60 €
19	2 329 097,92 €	1 503 781,20 €
20	2 614 041,65 €	1 777 851,95 €

Le TRI (temps de retour sur investissement):

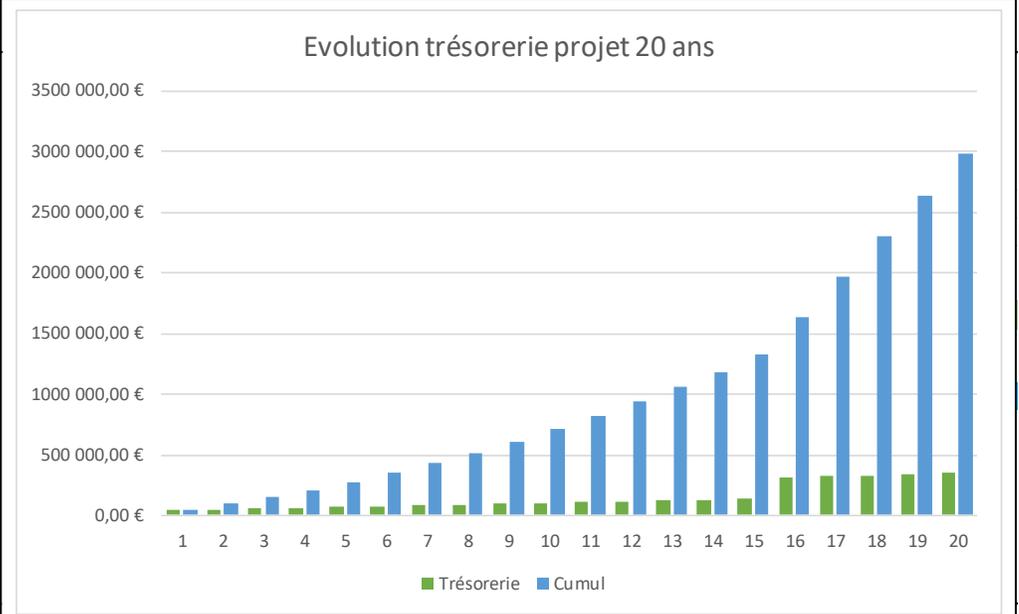
- Temps nécessaire au remboursement du budget projet (hors Maintenance, hors taux 4% sur base du budget présenté précédemment) : **10 ans**

Le TRSI (temps de retour sur la somme investie):

- Temps nécessaire au remboursement global de l’installation (avec Maintenance, avec taux d’emprunt de 4% sur base du budget présenté précédemment) : **13 ans**

6. Budgets et Temps de retour – Cashflow (Tarif d'achat 19c€/ kWh)

Année	Investissements	Maintenance & exploitation	Economie d'énergie	Autres (Prime, revente, frais...)	Trésorerie	Cumul
1	170 867,91 €	9 000,00 €	224 248,82 €	0,00 €	44 380,91 €	44 380,91 €
2	170 867,91 €	9 090,00 €	229 936,89 €	0,00 €	49 978,98 €	94 359,88 €
3	170 867,91 €	9 180,90 €	235 769,24 €	0,00 €	55 720,43 €	150 080,31 €
4	170 867,91 €	9 272,71 €	241 749,52 €	0,00 €	61 608,90 €	211 689,21 €
5	170 867,91 €	9 365,44 €	247 881,50 €	0,00 €	67 648,15 €	279 337,36 €
6	170 867,91 €	9 459,09 €	254 169,01 €	0,00 €	73 842,01 €	353 179,38 €
7	170 867,91 €	9 553,68 €	260 616,01 €	0,00 €	80 194,42 €	433 373,79 €
8	170 867,91 €	9 649,22 €	267 226,54 €	0,00 €	86 709,41 €	520 083,20 €
9	170 867,91 €	9 745,71 €	274 004,74 €	0,00 €	93 391,12 €	613 474,32 €
10	170 867,91 €	9 843,17 €	280 954,87 €	0,00 €	100 243,79 €	713 718,11 €
11	170 867,91 €	9 941,60 €	288 081,29 €	0,00 €	107 271,78 €	820 989,88 €
12	170 867,91 €	10 041,02 €	295 388,47 €	0,00 €	114 479,54 €	935 469,43 €
13	170 867,91 €	10 141,43 €	302 881,00 €	0,00 €	121 871,66 €	1 057 341,09 €
14	170 867,91 €	10 242,84 €	310 563,57 €	0,00 €	129 452,82 €	1 186 793,91 €
15	170 867,91 €	10 345,27 €	318 441,02 €	0,00 €	137 227,84 €	1 324 021,76 €
16	0,00 €	10 448,72 €	326 518,28 €	0,00 €	316 069,56 €	1 640 091,31 €
17	0,00 €	10 553,21 €	334 800,41 €	0,00 €	324 247,20 €	1 964 338,51 €
18	0,00 €	10 658,74 €	343 292,62 €	0,00 €	332 633,88 €	2 296 972,40 €
19	0,00 €	10 765,33 €	352 000,24 €	0,00 €	341 234,91 €	2 638 207,31 €
20	0,00 €	10 872,98 €	360 928,73 €	0,00 €	350 055,75 €	2 988 263,06 €
	2 563 018,66 €	198 171,04 €	5 749 452,76 €	0,00 €	2 988 263,06 €	2 988 263,06 €
					Budget projet :	1 925 000,00 €
					Rentabilité / investissement :	155%
					Somme € investis	2 761 189,70 €
					Rentabilité / € investis :	108%
21	0,00 €	10 981,71 €	370 083,69 €	0,00 €	359 101,97 €	3 347 365,04 €
22	0,00 €	11 091,53 €	379 470,86 €	0,00 €	368 379,33 €	3 715 744,37 €
23	0,00 €	11 202,44 €	389 096,14 €	0,00 €	377 893,69 €	4 093 638,06 €
24	0,00 €	11 314,47 €	398 965,56 €	0,00 €	387 651,09 €	4 481 289,15 €
25	0,00 €	11 427,61 €	409 085,32 €	0,00 €	397 657,71 €	4 878 946,86 €
26	0,00 €	11 541,89 €	419 461,77 €	0,00 €	407 919,88 €	5 286 866,75 €
27	0,00 €	11 657,31 €	430 101,42 €	0,00 €	418 444,11 €	5 705 310,86 €
28	0,00 €	11 773,88 €	441 010,94 €	0,00 €	429 237,06 €	6 134 547,92 €
29	0,00 €	11 891,62 €	452 197,18 €	0,00 €	440 305,56 €	6 574 853,48 €
30	0,00 €	12 010,53 €	463 667,16 €	0,00 €	451 656,63 €	7 026 510,11 €
	2 563 018,66 €	313 064,02 €	9 902 592,80 €	0,00 €	7 026 510,11 €	7 026 510,11 €
					Rentabilité / investissement :	365%
					Somme € investis	2 876 082,69 €
					Rentabilité / € investis :	244%



6. Budgets et Temps de retour – Temps de retour (Tarif d’achat 15c€/ kWh)

	TRI	TRSI
Année	-1 925 000,00 €	-2 563 018,66 €
1	-1 700 751,18 €	-2 347 769,85 €
2	-1 470 814,30 €	-2 126 922,96 €
3	-1 235 045,06 €	-1 900 334,62 €
4	-993 295,54 €	-1 667 857,81 €
5	-745 414,04 €	-1 429 341,74 €
6	-491 245,02 €	-1 184 631,82 €
7	-230 629,01 €	-933 569,49 €
8	36 597,52 €	-675 992,17 €
9	310 602,26 €	-411 733,15 €
10	591 557,13 €	-140 621,45 €
11	879 638,42 €	137 518,24 €
12	1 175 026,89 €	422 865,70 €
13	1 477 907,88 €	715 605,27 €
14	1 788 471,46 €	1 015 926,00 €
15	2 106 912,48 €	1 324 021,76 €
16	2 433 430,75 €	1 640 091,31 €
17	2 768 231,17 €	1 964 338,51 €
18	3 111 523,79 €	2 296 972,40 €
19	3 463 524,03 €	2 638 207,31 €
20	3 824 452,76 €	2 988 263,06 €

Le TRI (temps de retour sur investissement):

- Temps nécessaire au remboursement du budget projet (hors Maintenance, hors taux 4% sur base du budget présenté précédemment) : **8 ans**

Le TRSI (temps de retour sur la somme investie):

- Temps nécessaire au remboursement global de l’installation (avec Maintenance, avec taux 4%, sur base du budget présenté précédemment) : **11 ans**