

Solaire thermique sur RCU

Outil de prédimensionnement

Sommaire

1. Généralités sur le solaire thermique sur RCU
2. Présentation de l'outil « NO STH RCU »
3. Cas d'application



Réseau de chaleur de la ville de Pons (17)
1 800m² de capteurs

Source : Newheat - <https://newheat.com/solutions/reseaux-chaleur-urbains/>, Crédits ADEME – Magenta Films

Solaire thermique sur RCU

Généralités

Généralités

Intérêts de la chaleur solaire sur RCU

Energie compétitive qui améliore la stabilité du coût de la chaleur sur 25 années d'exploitation

- 71 € HT/MWh pour les installations solaires thermiques de plus de 1 000 m²
- Variation de 42 à 76 € HT/MWh entre 2020 et 2022 pour les chaudières gaz de plus de 1 MW

Réduit les émissions de particules et de CO₂ et contribue à la valorisation d'une ressource locale et non-délocalisable

Levier simple pour accompagner l'augmentation du taux d'EnR des RCU

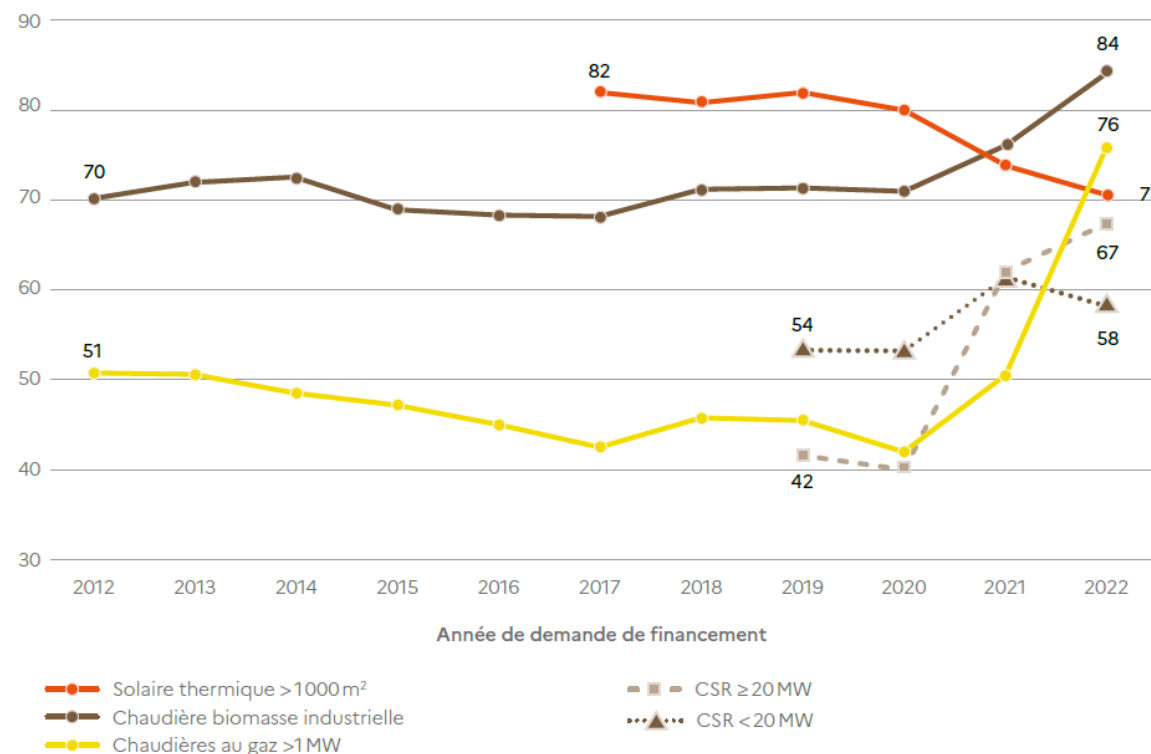
- TVA à taux réduit pour les RCU dont la production de chaleur est réalisée à partir de 50% d'ENR&R

Sources :

Solar District Heating - <https://www.solar-district-heating.eu/en/benefits/>

ADEME - Évolution des coûts des énergies renouvelables et de récupération en France entre 2012 et 2022

Évolution des LCOE des systèmes de chauffage renouvelables et gaz dans l'industrie entre 2012 et 2022 (€₂₀₂₂ HT/MWh)



Graphique 17 : Évolution des LCOE des filières EnR et des chaufferies gaz dans l'industrie entre 2012 et 2022 (€₂₀₂₂ HT/MWh).

Généralités

Les indispensables

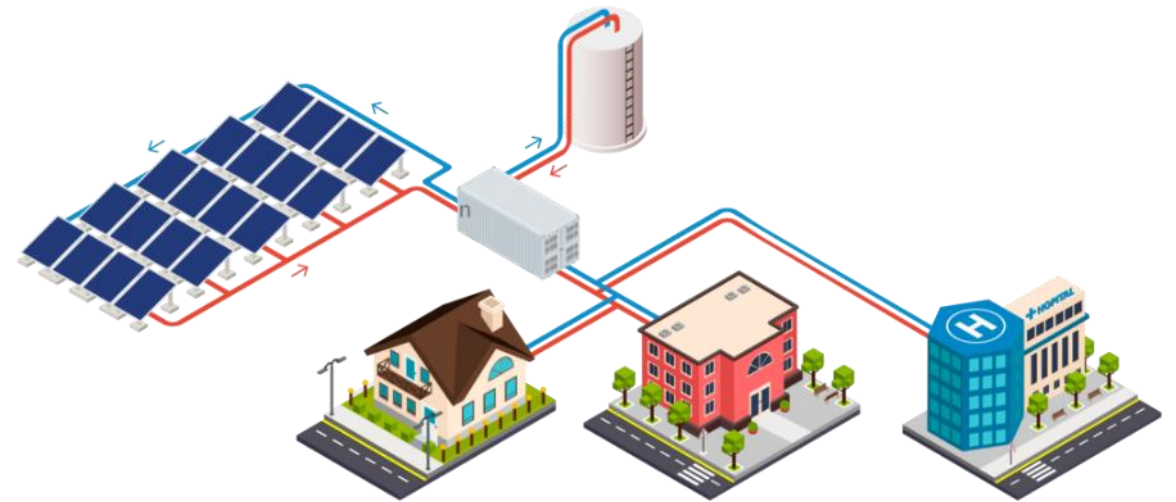
Réseau d'eau chaude BP (<110°C)

Fonctionne l'été et alimente des besoins estivaux en ECS (logements, établissements de santé, piscines....)

Pas de chaleur fatale ou autre EnR&R excédentaire en période estivale

Foncier disponible et mobilisable

- Alternative : parking et toiture technique
 - Point de vigilance pour les parkings : coûts plus élevés



Solaire thermique sur RCU

Objectifs et potentiel de développement

Développement actuel

- 15 centrales sur RCU en 2026 = 10 GWh (0,03 % du mix énergétique)

Objectifs de développement de la filière ambitieux d'ici à 2035

- Equivalent à une augmentation 90%/an

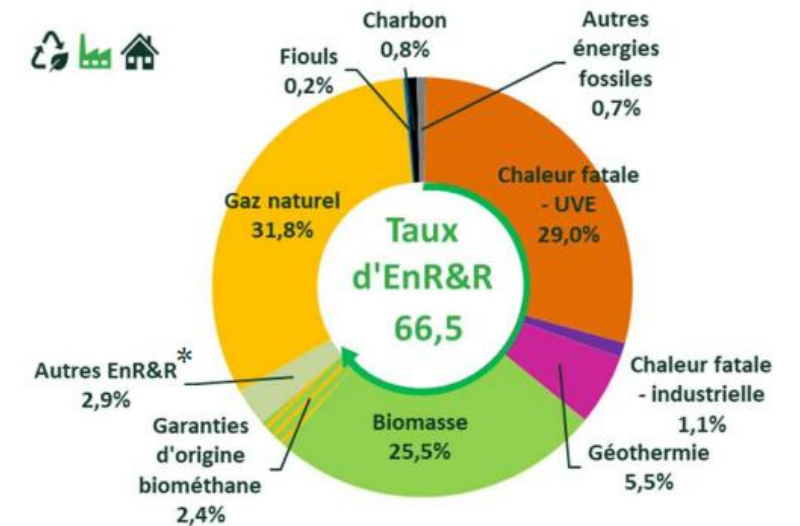
Objectifs PPE3	2030	2035
Solaire thermique	6 TWh	10 TWh
dont GIST	1,5 TWh	5 TWh

Estimation du potentiel

- RCU à développer ou à créer : EnRezo (grandes installations > 1 500 m²)
 - Zones à fort potentiel : 20-30% des zones = production solaire de **6 TWh**
 - Zones à potentiel : 10% des zones = production de **10,5 TWh**

Source : Analyse du potentiel de développement du solaire thermique sur les réseaux de chaleur et de froid, [lien](#)

Bouquet énergétique 2023



Bouquet énergétique des RCU 2023 (Source : FEDENE)

Généralités

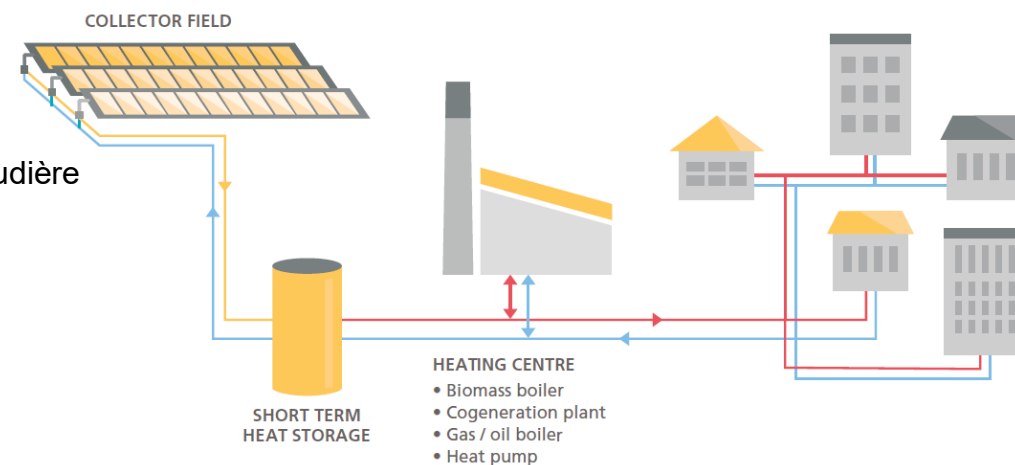
Le solaire, pour répondre à quels besoins ?

Répondre aux besoins estivaux, c'est le minimum !

- Projet standard : Viser 90% de couverture du talon estival (5 à 20% annuelle) avec un système de stockage journalier (0,2 m³/m² de panneau)

Complémentarité avec les EnR

- Couplage Bois – Solaire
 - Chaudière bois dimensionnée sur les besoins hivernaux
 - Solaire prend le relais des besoins estivaux pour une mise à l'arrêt de la chaudière bois
- Couplage PAC géothermique – Solaire
 - Régimes de températures favorables au solaire
 - Opportunité de recharge de la source froide
 - Par exemple : Augmentation du COP et/ou réduction du nombre de sondes
- Couplage avec UVE ou chaleur industrielle
 - Pas incompatible si non excédentaire l'été
- Mutualisation du stockage : augmentation du taux d'EnR + Power to Heat



Sources :

Solar District Heating - <https://www.solar-district-heating.eu/en/>
IEA SHC : Task 68 – Efficient Solar district Systems

Solaire thermique sur RCU

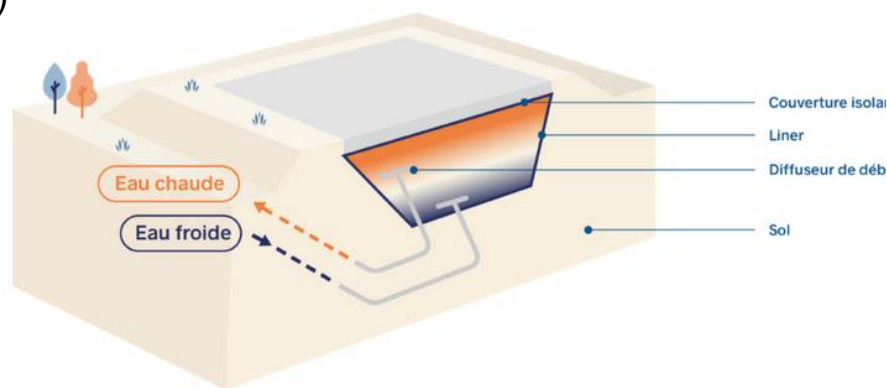
Stockage inter-saisonnier (hors scope de l'outil)

Le stockage intersaisonnier permet de tripler la couverture solaire

- OdG de dimensionnement : 1-5 m³/m² (PTES)
- Besoins RCU > 30 GWh

Solutions technologiques compétitives

- Fosse (PTES)
- Sondes (BTES)

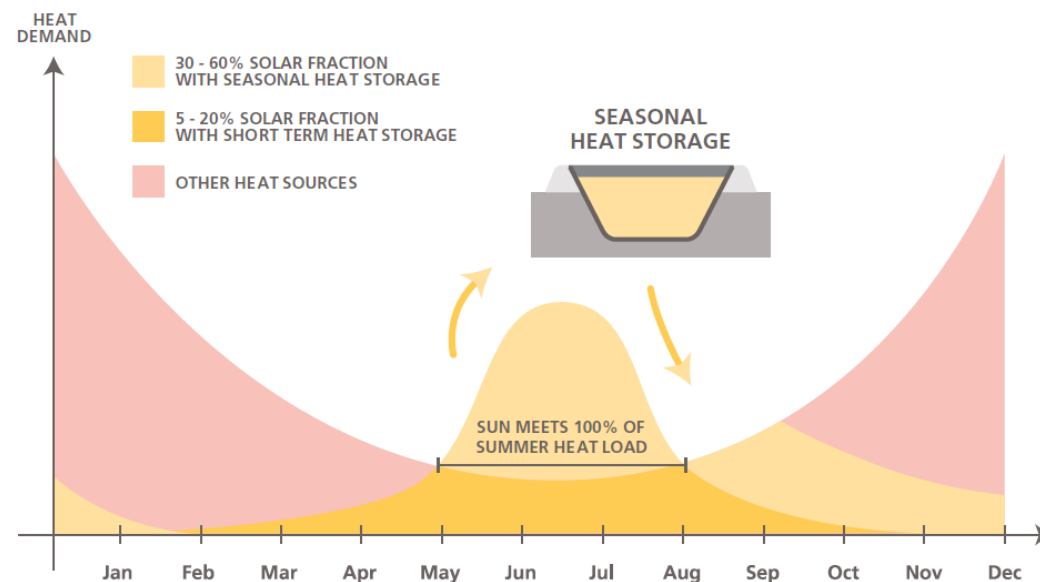


Sources :

IEA SHC Task 55

Newheat – Stocker l'énergie thermique, NewHeat – Stockage pour les réseaux de chaleur

AGES, <https://ages.energy/>



Solaire thermique sur RCU

Montage du projet – Implication forte de la collectivité !

Evaluer le potentiel solaire et son coût (opportunités)

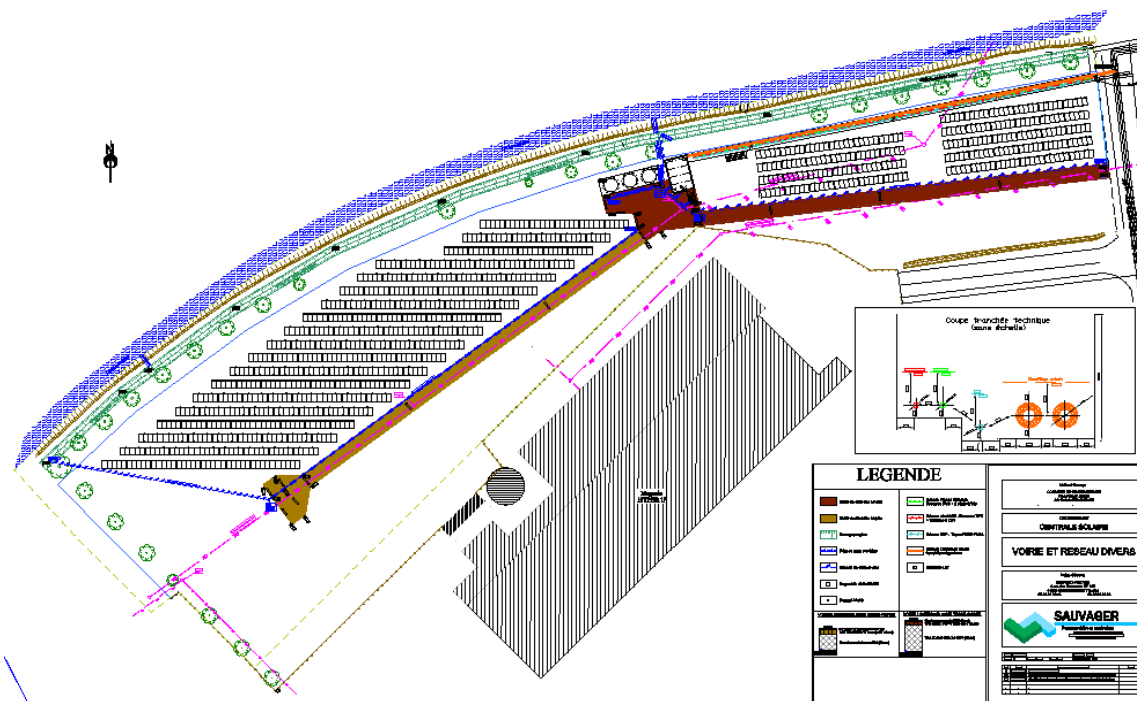
- dans le schéma directeur des réseaux ou plan local chaleur & froid
- au renouvellement d'une DSP (au moins 2 ans avant)
- lors d'une extension du réseau

Appréhender le foncier

- Signature d'une promesse de bail
- Emprise : 2,5 m² au sol / m² capteur
- Zone UI/UE, Au ; Modification de PLU possible
- Proximité de la chaufferie ou d'une branche importante du réseau de chaleur (50% du débit)
- Distance au raccordement : 200 m/MW
- Alternatives : Toitures techniques / Parking

Optimisation du RC

- Abaisser de 10°C la température de retour du RCU permet d'augmenter de 10 à 20% la production solaire
- A partir de 07/2026 : étude obligatoire dans le cadre des scénarios alternatifs
- Un seul usager peut pénaliser tout le réseau
- Ressources : CEA-INES, Guide d'abaissement des températures des réseaux de chaleur ([lien](#))



Plan de l'installation de Chateaubriant

Solaire thermique sur RCU

Présentation de l'outil NO STH RCU

« Notes d'Opportunités Solaire Thermique sur RCU »

Présentation de l'outil

Pourquoi un outil de prédimensionnement ?

Objectif : avoir les premiers ordres de grandeur

- L'outil permet de donner des ordres de grandeur simples, pour faciliter la compréhension des enjeux et le passage à des niveaux de modélisations plus précis (EnRSim, Polysun, TRNSYS, etc.)
 - surface de capteurs, volume de stockage, emprise au sol
 - productivité, coût de la chaleur, aides potentielles
- Erreur cible < 20% sur les éléments techniques, par rapport à une modélisation dynamique
- /\ Précautions à prendre sur la partie économique



Réseau de chaleur de la ville de Narbonne (11)
3 232m² de capteurs

Source : Newheat - <https://newheat.com/solutions/reseaux-chaleur-urbains/>,
Crédits ADEME – Magenta Films

Présentation de l'outil

Cadre d'application

Garde-fous

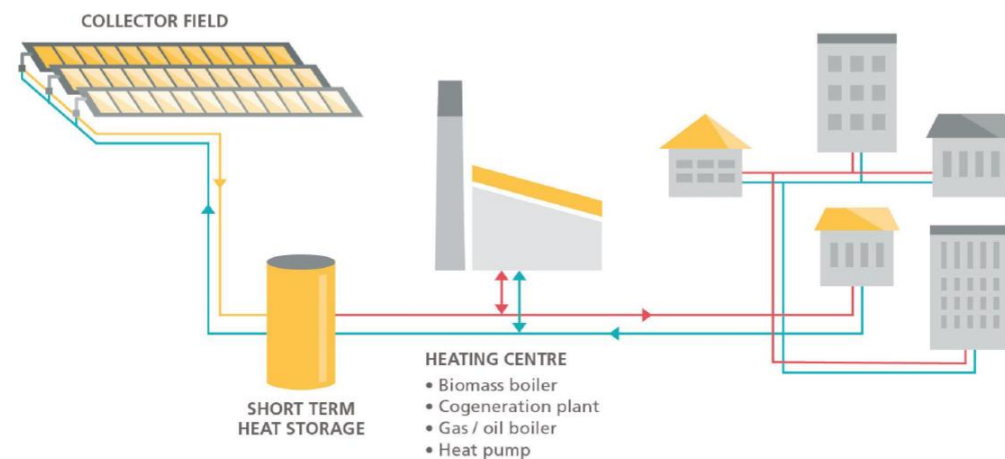
- Centrale solaire avec stockage journalier
- Capteurs plans vitrés
 - capteurs plans haute performance (double vitrage / type « grands champs »)
 - inclinaison fixes (env. 30°).
- Taille de champ > 100 m²
- Fraction solaire (Fs) env. 10-30 %

Hors-cadre :

- Capteurs plans sous-vides
- Tracker (exemple : Pons)
- Stockage intersaisonnier, géothermie avec recharge solaire...

Bonnes pratiques

- Utiliser l'outil pour : prioriser les réseaux à solariser, servir de support de discussion avec l'exploitant / la collectivité.
- En pré-étude, avant une étude de faisabilité (BE compétent).



Source : IEA SHC Task 55

Présentation de l'outil

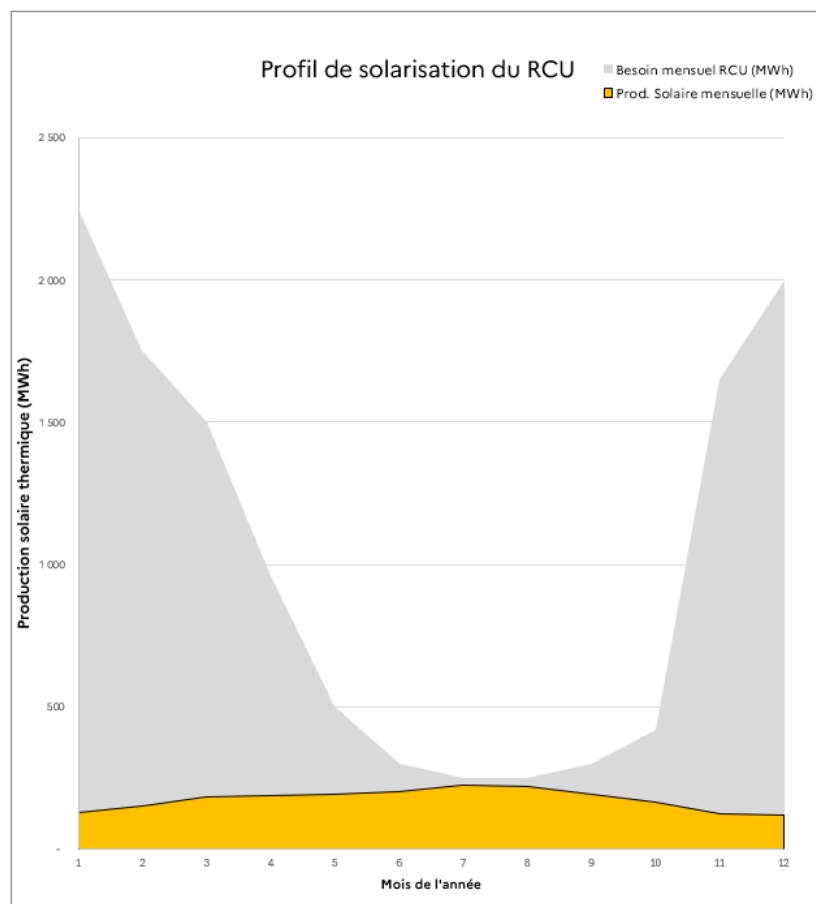
Comment est structuré l'outil ?

Légende
À modifier
Pré-défini (modifiable)
À modifier en phase d'analyse éco

Conditions rédhibitoires	
réseau	Oui
Présence d'une EnR&R excédentaire l'été ?	Non

Données d'entrée	
Besoins mensuels connus ?	Oui
Régime de température estival	Moyen (75°C/55°C)
Température moyenne estivale	65°C
Localisation	Gap
Zone géographique	Nord
Gisement solaire	1602 kWh/m².an
Choix du talon de dimensionnement	90% <i>RTI recommandé</i>

Mois	Besoins mensuels, dont pertes (MWh)	Prod. Solaire mensuelle (MWh)	Taux de couverture mensuel
Janvier	2250	129	6%
Février	1750	152	9%
Mars	1500	184	12%
Avril	960	186	19%
Mai	500	194	39%
Juin	300	204	68%
Juillet	250	225	90%
Août	250	220	88%
Septembre	300	191	64%
Octobre	420	164	39%
Novembre	1650	124	8%
Décembre	2000	117	6%



Contexte du RCU		
Besoin annuel	12 130	MWh/an
Part des besoins estivaux (mai-septembre)	13%	
Minima estival (talon de consommation)	250	MWh

Analyse technique projet solaire thermique		
Surface de capteurs solaire (entrée)	2811	m²
Production solaire	2090	MWh
Fraction solaire	17%	
Productivité	743	kWh/m².an
Volume de stockage	560	m³
Surface terrain	0,70	ha
Distance au raccordement	610	m

Analyse économique du projet		
CAPEX	2 042 937	€HT
Aide ADEME	1 327 909	€HT
Autres aides (régionales, CEE, etc.)	0	€HT
Reste à charge	715 028	€HT
Coût du MWh (LCOE aidé)	38	€/MWh
P1	4	€/MWh.an
OPEX (P2/P3)	10	€/MWh.an
P4	25	€/MWh.an

Données annexes		
Taux d'aide	65%	
Coût surfacique	727	€/m²
Nombre de panneaux de 15m²	187	(-)

Présentation de l'outil

Comment est structuré l'outil ?

Paramètres d'entrées (cas 1)

Données d'entrée		
Besoins mensuels connus ?	Oui	
Régime de température estival	Moyen (75°C/55°C)	
Température moyenne estivale	65 °C	
Localisation	Gap	
Zone géographique	Nord	
Gisement solaire	1602 kWh/m ² .an	
Choix du talon de dimensionnement	90%	90% recommandé

Mois	Besoins mensuels, dont pertes (MWh)
Janvier	2250
Février	1750
Mars	1500
Avril	960
Mai	500
Juin	400
Juillet	400
Août	400
Septembre	400
Octobre	900
Novembre	1650
Décembre	2000

Présentation de l'outil

Comment est structuré l'outil ?

Paramètres d'entrées (cas 2)

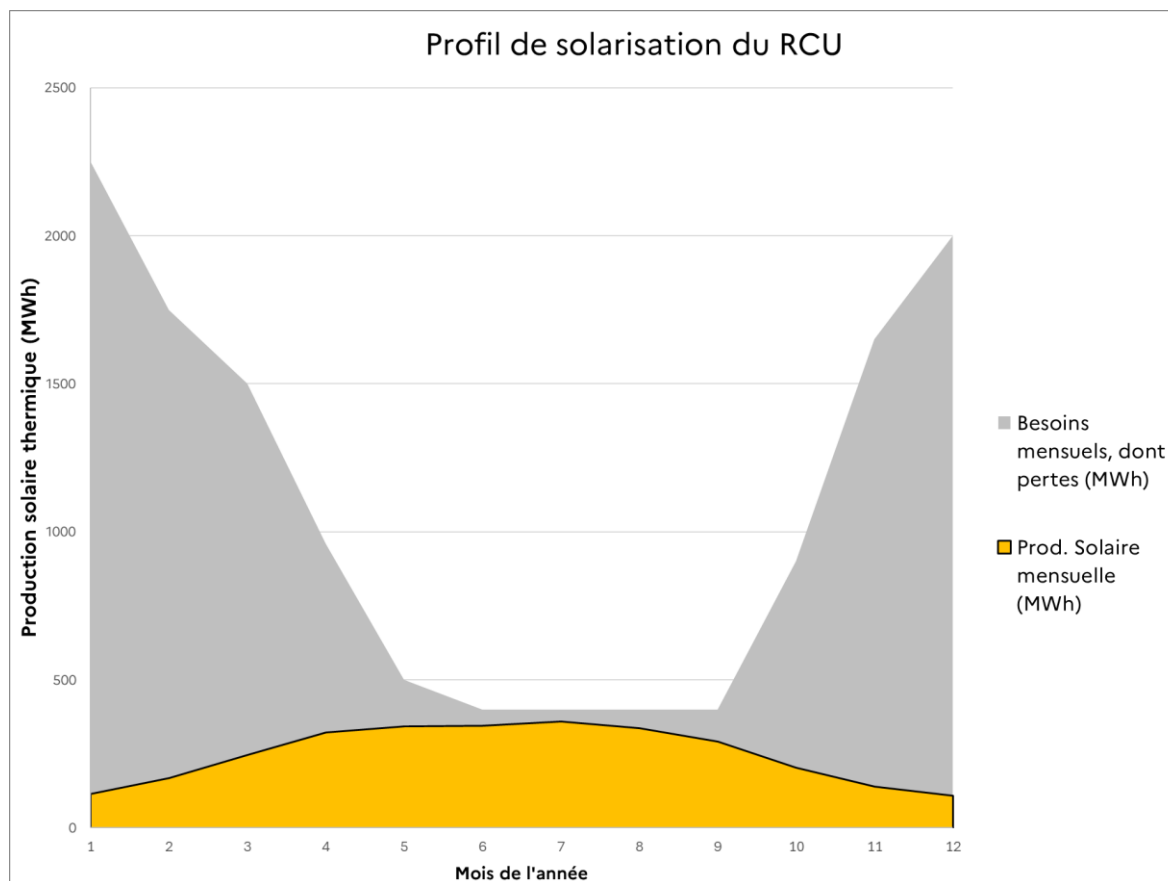
Données d'entrée		
Besoins mensuels connus ?	Non	
Besoin annuel de chauffage (abonné)	2 394	MWh/an
Besoins annuel ECS (abonné)	806	MWh/an
Rendement moyen du réseau (pertes constantes)	85%	85% recommandé
Régime de température estival	Moyen (75°C/55°C)	
Température moyenne estivale	65	°C
Localisation	Gap	
Zone géographique	Nord	
Gisement solaire	1602	kWh/m ² .an
Choix du talon de dimensionnement	90%	90% recommandé

Mois	Besoins mensuels, dont pertes (MWh)
Janvier	
Février	
Mars	
Avril	
Mai	
Juin	
Juillet	
Août	
Septembre	
Octobre	
Novembre	
Décembre	

Présentation de l'outil

Comment est structuré l'outil ?

Sorties

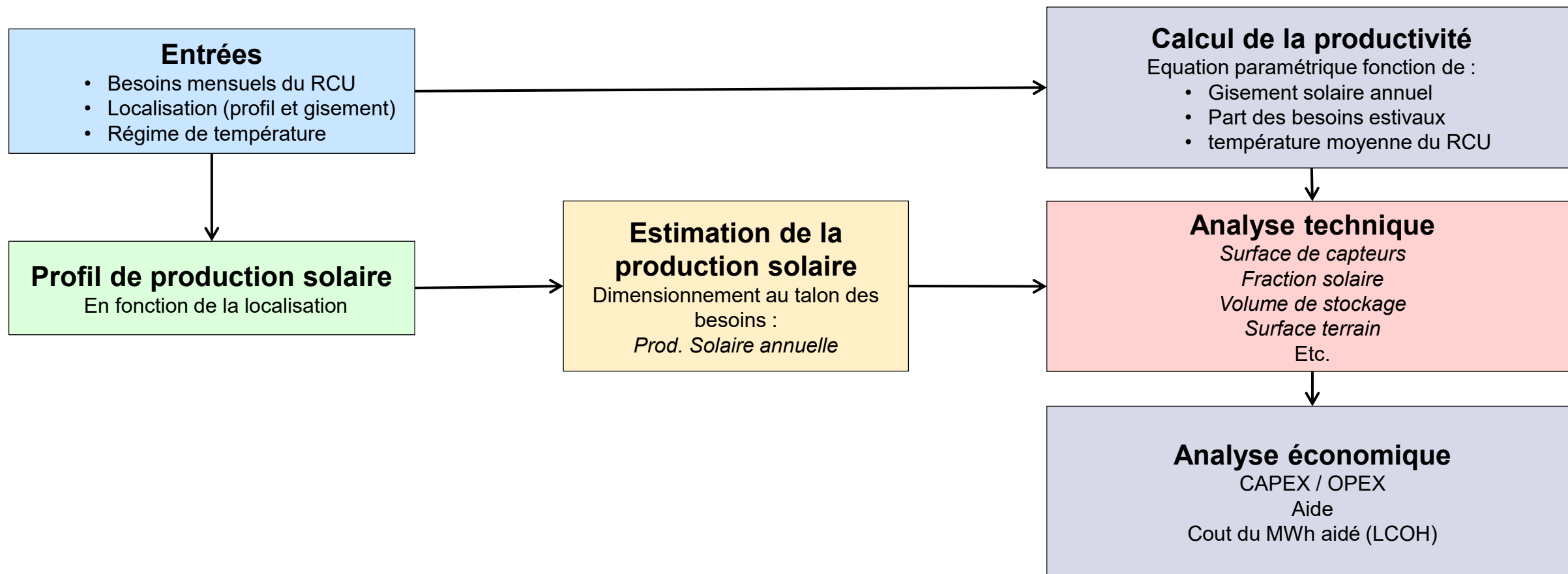


Analyse technique projet solaire thermique		
Potentiel de surface solaire	5057	m ²
Prod. solaire	2974	MWh
Fraction solaire	23%	
Productivité	588	kWh/m ² .an
Volume stockage	1010	m ³
Surface terrain	1,26	ha
Distance au raccordement recommandée	960	m

Analyse économique du projet		
CAPEX	3 202 455	€HT
Aide ADEME	1 529 767	€HT
Autres aides (régionales, CEE, etc.)	0	€HT
Reste à charge	1 672 688	€HT
Coût du MWh (LCOE aidé)	55	€/MWh
P1'	4	€/(MWh.an)
OPEX (P2/P3)	11	€/(MWh.an)
P4	41	€/(MWh.an)

Présentation de l'outil

Principe du dimensionnement

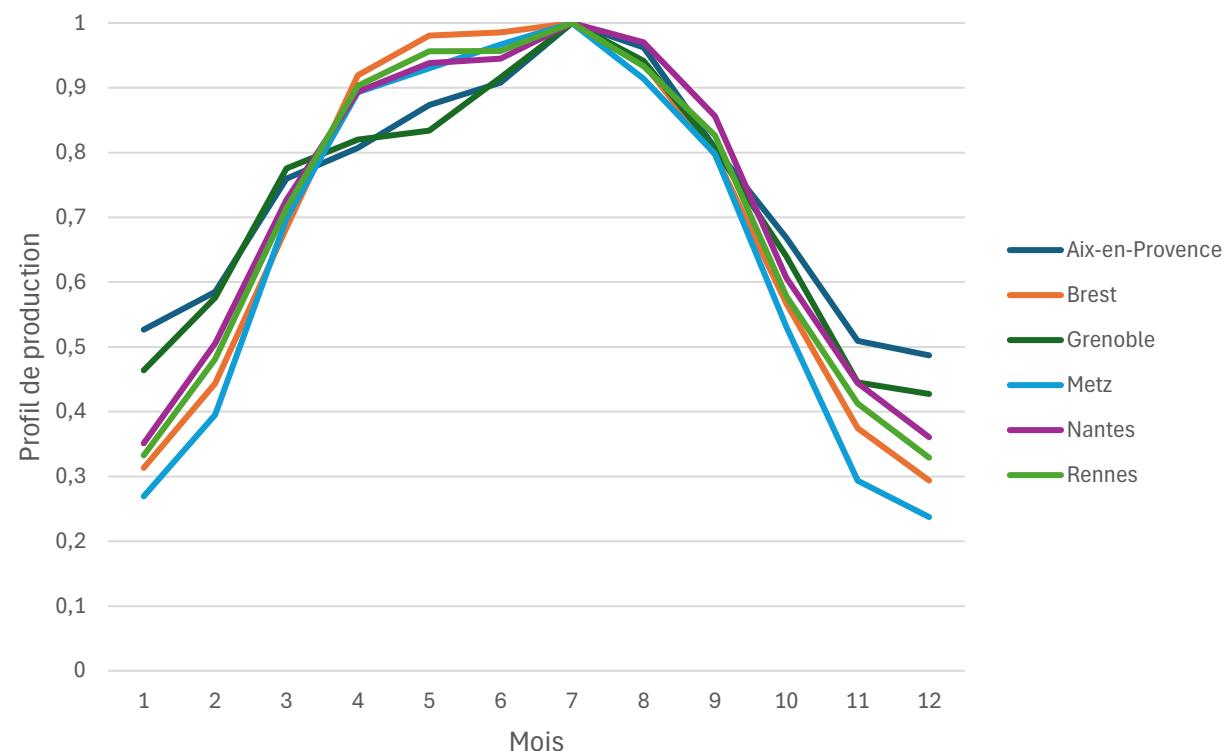


Présentation de l'outil

Estimation du productible (production solaire annuelle)

Profils de production associés à la localisation

- PvGis : modèle SARA3, données mensuelles moyennes de 2005 à 2023
- Hypothèse : Production solaire proportionnelle à l'Irradiation globale à angle optimal
 - Facteur correctif (variation saisonnière du rendement)
- Calcul de l'irradiation globale horizontale (gisement) pour étape suivante



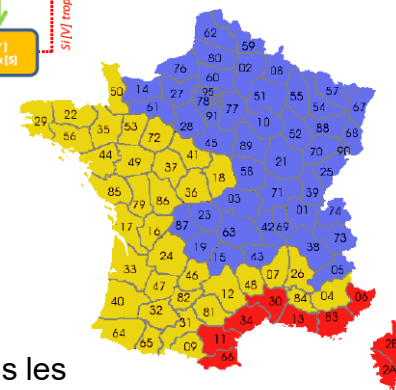
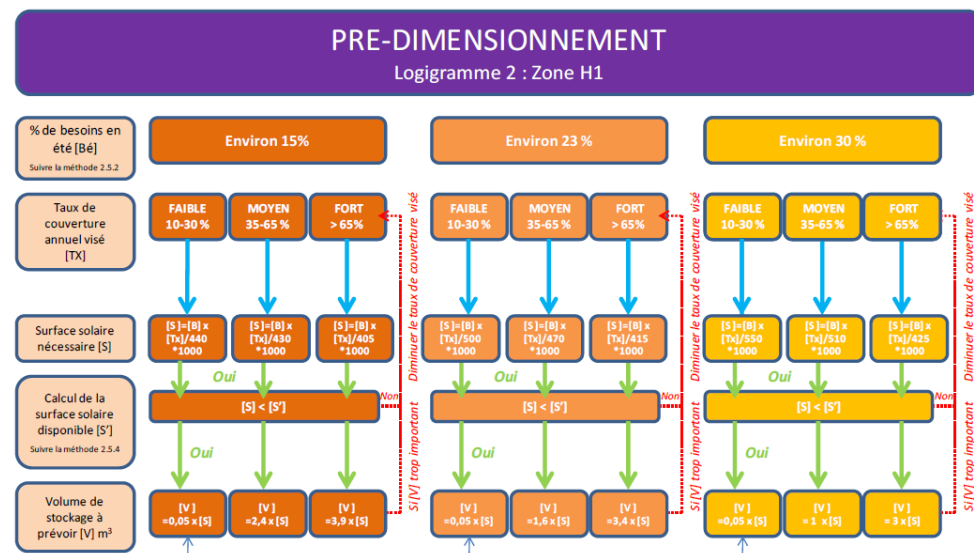
Présentation de l'outil

Calcul de la productivité

Ratios issus du rapport SGST

- Part des besoins estivaux
- Taux de couverture (10-30%)
 - Linéarisé via le gisement annuel (irradiation globale horizontale)
 - H1 $\approx$ 1100 et H3 $\approx$ 1600 kWh/m².an

% de besoins en été (Bé)	15%	23%	30%
H1	440	500	550
H2	465	540	575
H3	770	860	965



Source : CEA-INES, INDDIGO : SGST – Les réseaux de chaleur solaire dans les opérations d'aménagement : Opportunités, conseils et bonnes pratiques ([lien](#))

Présentation de l'outil

Calcul de la productivité

Modélisation de l'effet des températures de réseau

- Ajustement de la productivité par un coefficient correctif
 - + 20°C ~ - 30% de productivité
- Hypothèses : Ratios SGST correspondent à
 - Réseau basse température (Tref = 55°C)
 - Capteurs plans hautes performances (« high perf. FPC »)
- Cohérence avec données Newheat

Source : Newheat

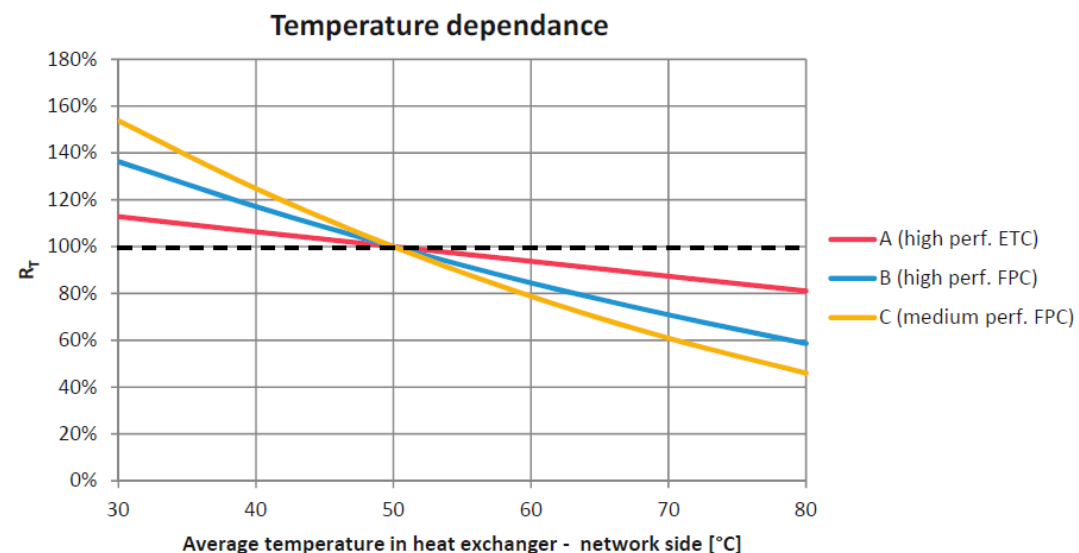
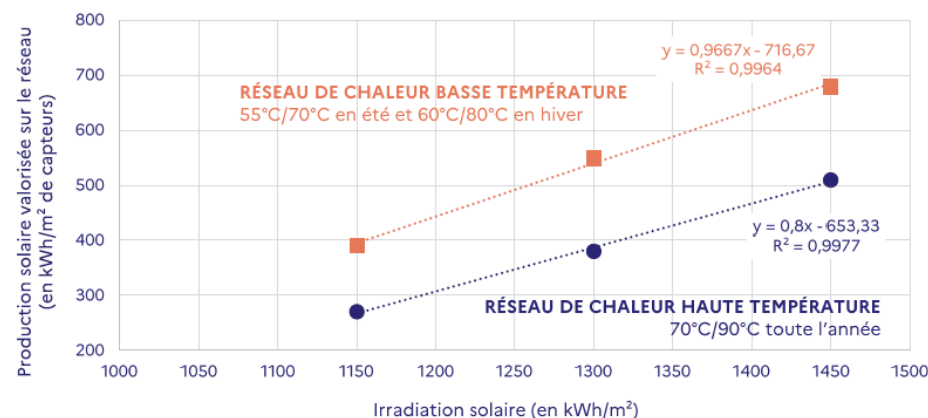


Fig. 2.3.4. Example of how the annual output is influenced by the DH network operating temperature (the temperature on the secondary side of the collector loop heat exchanger). (Source: PlanEnergi)

Sources :

SDH – Solar district heating guidelines ([lien](#))

CEREMA – EnRezo – Analyse thématique ([lien](#))

Présentation de l'outil

(optionnel) Approximation des besoins mensuels du RCU

Collecte des données

- Besoins ECS / Chauffage annuels :
 - Bâtiments ou zones d'opportunités : EnRezo ([lien](#))
- Evolution prochaine d'EnRezo (MixEnR) permettra la simulation des besoins

Méthode de mensualisation

- Besoins de chauffage répartis de manière similaire à la méthode DJU
 - Proportionnels à l'écart à la température minimale estivale (juin – août)
- Besoins ECS répartis via un coefficient
- Pertes considérées constantes sur l'année
 - Rendement moyen env. 85%

Vigilance

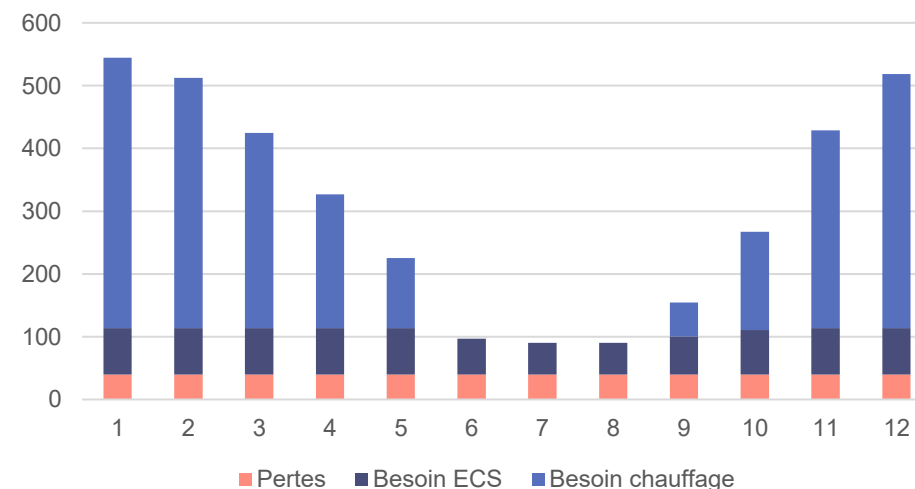
- Source d'erreur mais intéressant en première estimation
 - Cas spécifiques : écoles, piscines, autres tertiaires
 - Rendement du réseau (évolution saisonnière)

Logements collectifs : Variations saisonnières ECS
(source : ratios SOCOL)

Période	Janv.- Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.- Déc.
Coefficient multiplicateur	1,1	0,85	0,75	0,75	0,9	1,05	1,1

(valeurs de variations moyennes, à affiner suivant le type de logement)

Simulation des besoins mensuels



Présentation de l'outil

Calcul des aides

CAPEX

- Valeurs issues de retours d'expérience actuels
 - Au-delà de 1500 m² : GIST
 - En deçà : projets récents en DR et échange avec acteurs

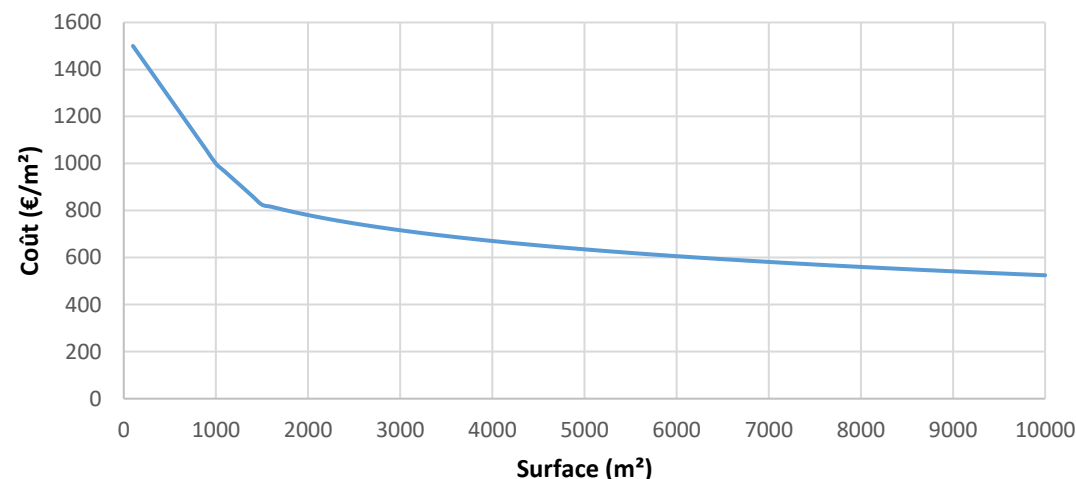
Coût de la chaleur

- P1' : 1,5% MWhélec/MWhth.
- P2/P3 (OPEX) : 1% des CAPEX / an
- P4 : Facteur de récupération du capital
 - Taux = 5-6% ; durée = 30 ans (méthodologie LCOH ADEME)
 - Il représente **l'annuité équivalente** du capital investi sur la durée de vie économique du projet, **pas le remboursement réel d'un prêt**

Calcul des aides

- Forfaits appliqués en dessous de 1500 m²
- Valeur indicative au-delà : env. 50% des CAPEX
- Autres aides potentiellement cumulables

Prix du m² de capteur de 100 à 10k m²



Aides forfaitaires	Zone Géographique	Aide forfaitaire [€/MWh solaire utile] sur 20 ans
	Nord	63
	Sud	56
	Méditerranée	50

Source ADEME, 2025 : **Aide fond chaleur – installation production d'eau chaude solaire thermique**

Présentation de l'outil

Benchmark

	Production solaire (MWh)	Productivité (kWh/m²)	Surface solaire (m²)
Narbosol	2000	625	3200
Narbosol NOP	1790 (- 11%)	638 (+2%)	2805 (-12%)
Chateaubriant	860	380	2340
Chateaubriant NOP	945 (+10%)	451 (+19%)	2095 (- 11%)
Juvignac	234	745	315
Juvignac NOP	250 (+7%)	660 (-11%)	380 (+21%)
Creutzwald	2640	451	6050
Creutzwald NOP	2673 (+1%)	418 (-7%)	6393 (+6%)
Projet #1	16740	426	39300
Projet #1 NOP	16000 (-4%)	342 (- 20%)	36800 (-6%)
Projet #2	3000	446	6730
Projet #2 NOP	3400 (+13%)	484 (+9%)	7040 (+5%)
Projet #3	1740	518	3350
Projet #3 NOP	2380 (+37%)	500 (-3%)	4760 (+42%)

Présentation de l'outil

Interprétation des résultats

Est-ce qu'un projet solaire est pertinent ?

- Fraction solaire > 5 – 10%
- Surface potentielle > 150 – 250 m²
- Coût de la chaleur potentiel intéressant dans le contexte du RCU
- Zone d'implantation potentielle dans le périmètre
 - À proximité de la chaufferie (centralisé)
 - Autour d'une branche principale du réseau (décentralisé)
- Faible productivité / rentabilité : considérer des solutions telles que les capteurs plans sous-vides

Etape suivante : Etude de faisabilité



Réseau d'Arras (source : Potentiel solaire thermique des réseaux de chaleur des HdF)

Solaire thermique sur RCU

Boîte à outils

Guides

- CEA-INES, INDDIGO : SGST – Guide de conception des réseaux de chaleur solaire adaptés aux éco-quartiers ([lien](#))
- SDH – Solar district heating guidelines ([lien](#))
- CEA-INES : Guide d'abaissement des températures des réseaux de chaleur ([lien](#))

Outils

- Dimensionnement :
 - EnRSim : [lien](#)
 - PicSOL : [lien](#)
- Potentiel de développement des RC : EnRezo

Documentation

- IEA-SHC : Agence internationale de l'énergie ([lien](#))
 - Task 68 – Efficient Solar district Systems
 - Task 55 – Towards the Integration of Large SHC Systems into DHC Networks
- SDHp2m : Projet européen (voir [ici](#))
 - Guideline SDH in Cities (D4.5)
 - Guideline SDH in Villages with existing DH (D4.5)
 - Guideline SDH in Villages with new DH (D4.5)

Solaire thermique sur RCU

Exemple d'application et complément via EnRSim

Exemple d'application

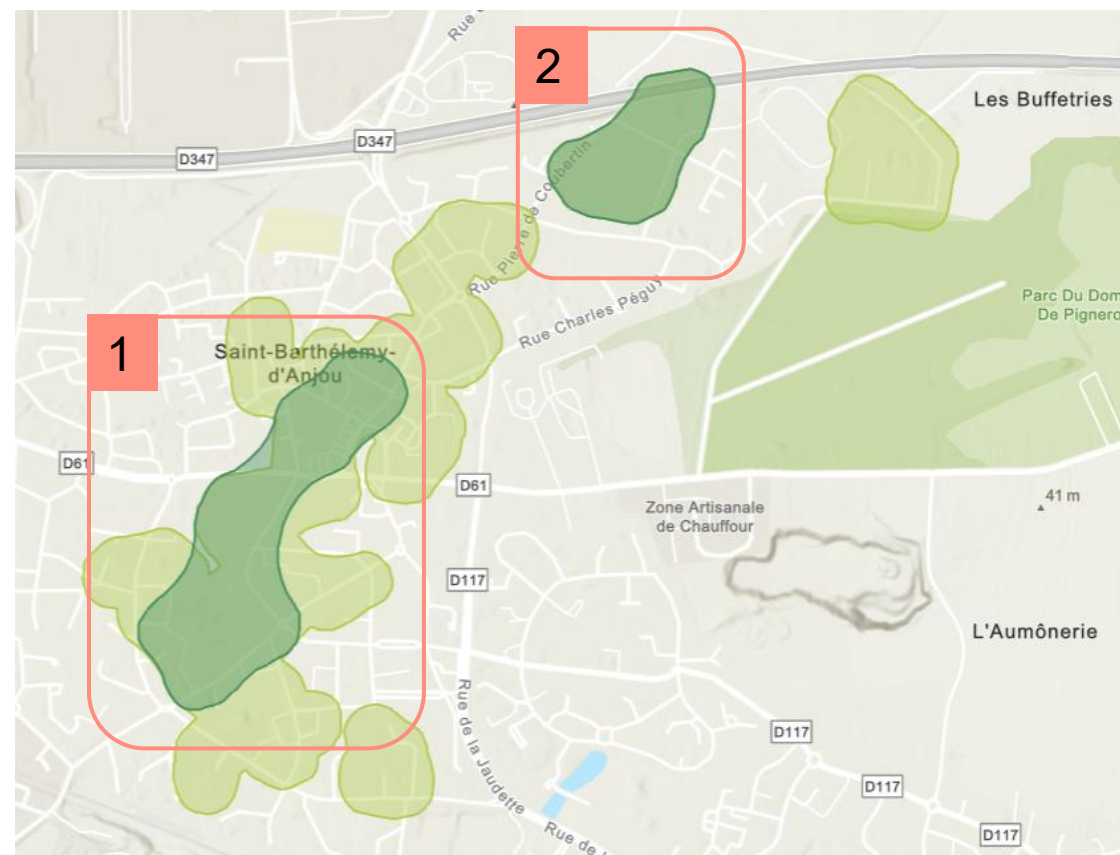
Présentation du cas d'étude

Création de RCU fictive sur la commune de Saint Barthélemy-d'Anjou

- 2 secteurs d'étude (zones à haut potentiel)
- étudier la possibilité d'installer du solaire thermique en centralisé en complément d'une chaufferie bois
- Application sur secteurs 1 et 2 séparément puis conjointement dans un scénario 1 + 2

Utilisation de EnRSim :

- Permet d'apporter de la précision dans les résultats et comparer à un scénario de référence
- Outil de calcul simplifié d'installations de production multi-EnR alimentant un RC
 - Calcul dynamique sur pas de temps horaire
 - Logiciel de référence pour le solaire thermique sur RCU

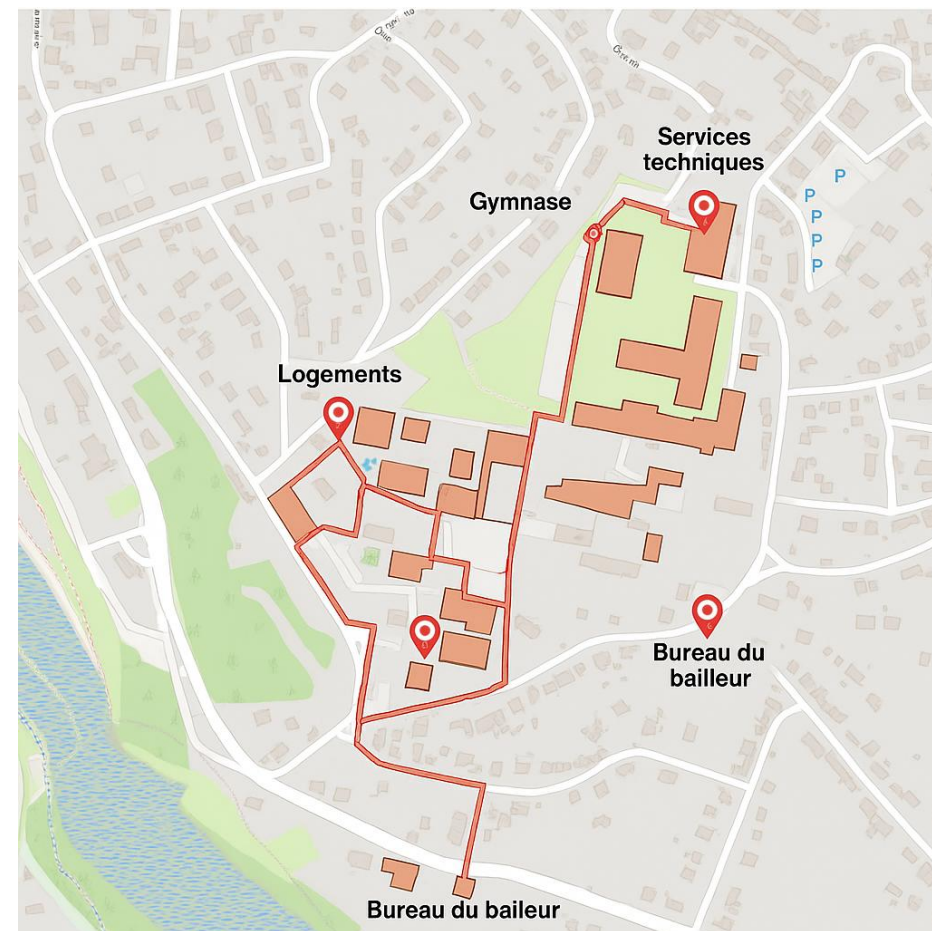


Zone d'étude fictive – source : EnRezo

Exemple d'application

Secteur d'étude 1 – hypothèses de consommations

Bâtiments	Consommation ECS (MWh/an)	Consommation chauffage (MWh/an)	Source
Services techniques	6	78	EnRezo
Lycée + Gymnase communal	49	613	EnRezo
Logements	362	1893	EnRezo
Total	417	2584	3 001



Exemple d'application

Secteur d'étude 1 – Estimation des besoins

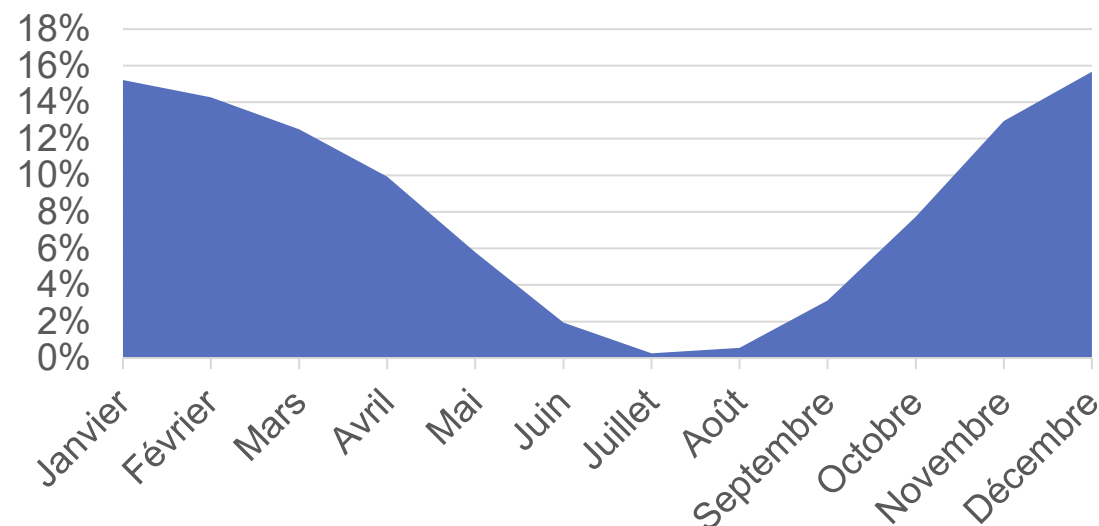
Collecte des données

- EnRezo
- Etudes (si disponibles)

Mensualisation des besoins

- Besoins de chauffages via DJU
- Besoins ECS répartis via ratios
 - Variations saisonnières
 - Cas particuliers bâtiments tertiaires
- Pertes constantes sur l'année : Rendement moyen de 85%

Hypothèse profil de consommation de chauffage d'un RCU estimé à partir du DJU



Variations saisonnières :

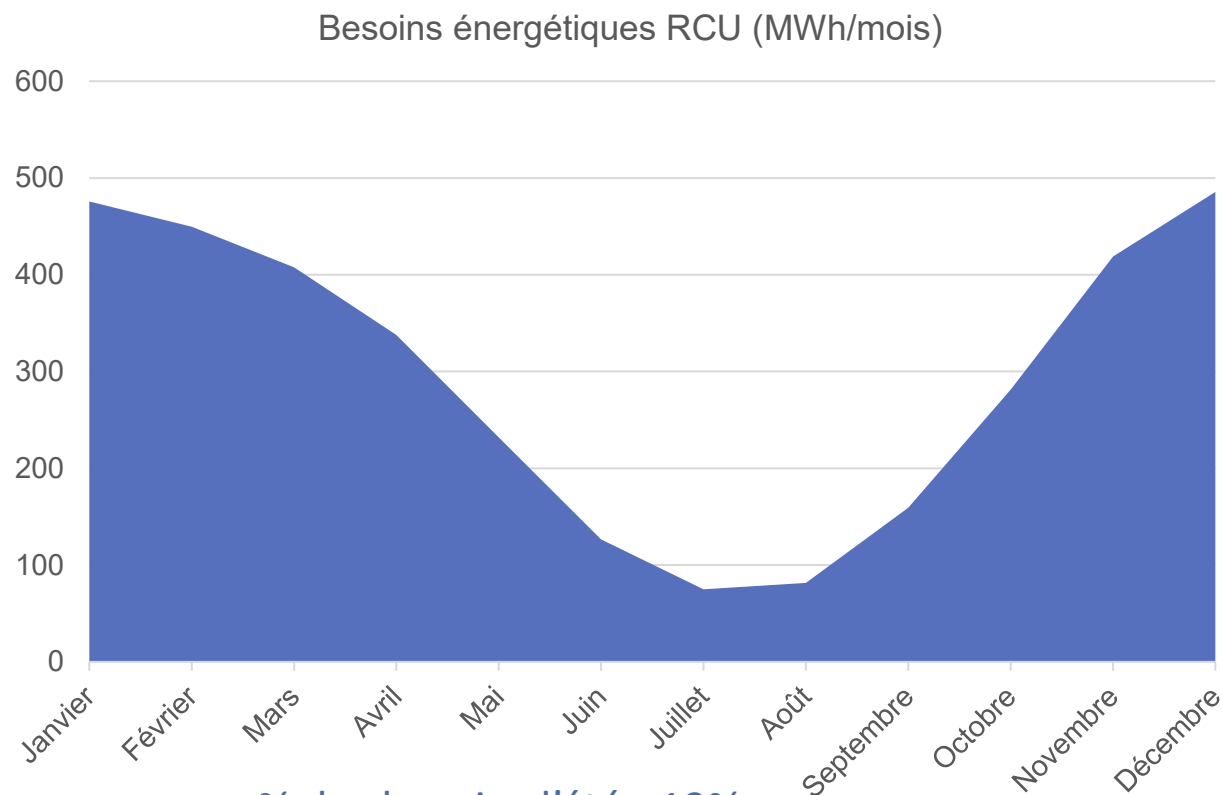
Période	Janv.- Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.- Déc.
Coefficient multiplicateur	1,1	0,85	0,75	0,75	0,9	1,05	1,1

(valeurs de variations moyennes, à affiner suivant le type de logement)

Exemple d'application

Secteur d'étude 1 – Consommation estimée du RCU

Mois	Consommation RCU (MWh/an)
Janvier	476
Février	449
Mars	407
Avril	338
Mai	232
Juin	127
Juillet	75
Aout	81
Septembre	159
Octobre	281
Novembre	419
Décembre	486



% des besoins l'été : 19%

Besoins annuels : 3 531 MWh/an

Exemple d'application

Secteur d'étude 1 – Estimation via l'outil

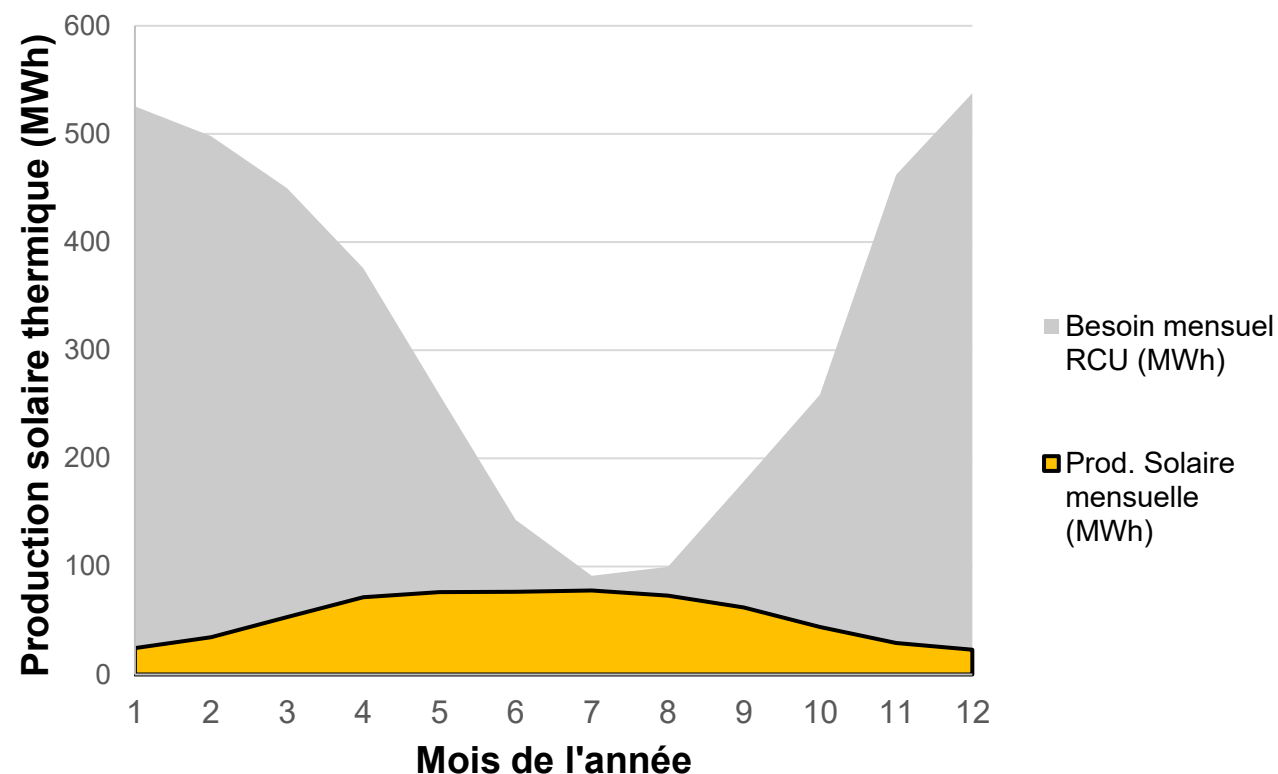
Hypothèses

- Besoins mensuels précédents
- Réseau moyenne-température : 55/75°C
- Choix du talon de dimensionnement solaire : 85%

Résultats du prédimensionnement

- Fraction solaire potentielle de 15%
- Installation d'environ 977 m²
 - 65 panneaux de 15m²
- Stockage solaire : 190m³
- Production solaire de 530 MWh

Profil de solarisation du RCU



Exemple d'application

Secteur d'étude 1 – Evaluation de l'outil

	EnR Sim (Référence)	Outil NOP
Surface solaire (m ²)	1050	977 (-7%)
Prod. Solaire (MWh)	575	530 (-8%)
Fraction solaire (%)	16	15
Productivité (kWh/m ² .an)	547	542 (-1%)
Stockage (m3)	190	210
Surface terrain (ha)	0.26	0.24

Exemple d'application

Scénarios comparatifs

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 1 + 2
Surface solaire (m²)	3 600	1 050	4 500
Besoin RCU estimé (GWh/an)	6,5	3,5	10,1
Production solaire (MWh/an)	1 959	575	2 480
Fraction solaire (%)	30	16	25
Distance au raccordement (m)	740	300	880
Surface terrain (m²)	0.90	0.26	1.13
CAPEX (k€HT)	2 474	1 030	2 933
Aide Ademe (k€)	1 257	670	1 372
Reste à charge (k€HT)	1 217	361	1 561
Coût du MWh (€/MWh)	60	66	60



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

