



RESEAU DE CHALEUR CENTRE SPATIAL UNIVERSITAIRE DE MONTPELLIER

Etude de faisabilité technico-économique



Rédigé par Christophe MATHEVET

ASCO Energie, Société en portage salarial hébergée par ITG,

N°SIRET 504 106 956 000 15

63, rue Georges Braque 34 000 Montpellier - tel : 06 03 59 49 47

Contenu

SYNTHESE ET RESULTATS	3
TABLEAUX DE SYNTHESE.....	4
PARTIE 1 : Objet et descriptif du projet	7
a. Objet de l'étude et contexte.....	7
b. Descriptif sommaire du projet.....	7
c. Périmètre de l'étude	8
d. Documents de travail préalables	9
e. Tableau des abRéviations.....	9
PARTIE 2 - Volet technique –.....	10
Compatibilité, faisabilité technique, technologie, dimensionnement, évaluation des besoins chauffage du bâtiment CSU,	10
a. Compatibilité et taux de couverture par le réseau de chaleur	10
b. Dimensionnement des principaux éléments du réseau.....	11
c. Technologie réseau.....	15
d. raccordement « CSU » et limites de prestations	17
e. Estimation des besoins en chauffage du « CSU ».....	18
f. Divers	19
RESULTATS DU VOLET TECHNIQUE	20
PARTIE 3 - Volet économique -.....	21
Dans cette partie nous allons évaluer l'économie du projet de récupération de l'énergie fatale via un réseau, comparativement avec la solution de référence (PAC seul), en « jouant » sur différentes variables d'exploitation du réseau (taux de couverture, prix de l'énergie d'achat et de revente, niveau de subvention, ...) et selon un scénario d'évolution tendancielle des coûts des énergies.	21
a- Investissements et subventions.....	21
b- exploitation et rentabilité.....	22
TABLEAU EXPLOITANT RESEAU.....	23

SYNTHESE ET RESULTATS

Languedoc Roussillon Aménagement va construire le Centre Spatial Universitaire sur le campus Saint-Priest de l'Université Montpellier 2. A cette occasion, il est envisagé de créer un réseau de chaleur entre le CINES et le CSU. L'idée est de récupérer la chaleur du système de refroidissement des calculateurs du bâtiment du **CINES** afin d'assurer le chauffage du **Centre Spatial Universitaire** (CSU).

Ainsi, il a été demandé d'étudier la faisabilité technique et économique de la récupération de l'énergie fatale du système de refroidissement des calculateurs du bâtiment du **CINES** afin d'assurer le chauffage du **Centre Spatial Universitaire** (CSU).

Dans cette étude, nous aborderons dans un volet technique, un certain nombre de questions fondamentales pour la poursuite du projet, notamment, la compatibilité entre le bâtiment « donneur » et le bâtiment « receveur », la faisabilité technique, les besoins en chauffage du CSU, le dimensionnement technique et combien cela va coûter. Dans un second volet, nous évaluerons la pertinence économique d'un tel projet selon différents scénarii en « jouant » sur les différentes variables du projet (taux de couverture des besoins par le RC, prix du kWh de l'énergie transporté et revendu, évolution tendancielle sur 20 ans des coûts des énergies, ...).

En synthèse, nous évaluons, ici, l'économie du projet sur une période de 20 ans mais nous soulignons que le réseau a une durée de vie bien au-delà de cette période. **Investissement durable = 40-50 ans** et davantage suivant les matériaux.

La rentabilité du projet varie significativement selon les conditions d'exploitation du réseau et du tarif de rachat et de revente de l'énergie. Dans les conditions de simulation citées plus loin dans l'étude, nous pouvons lire qu'il est possible de faire bénéficier du prix de l'énergie du réseau au « CSU » en abaissant le **kWh (thermique) à 4.7 cts € au lieu de 5.5 cts € en l'absence de réseau de chaleur avec un taux de rendement brut « investissement » à 7.5 % et un temps d'amortissement à 15 ans sous réserve d'une subvention à 30%.**

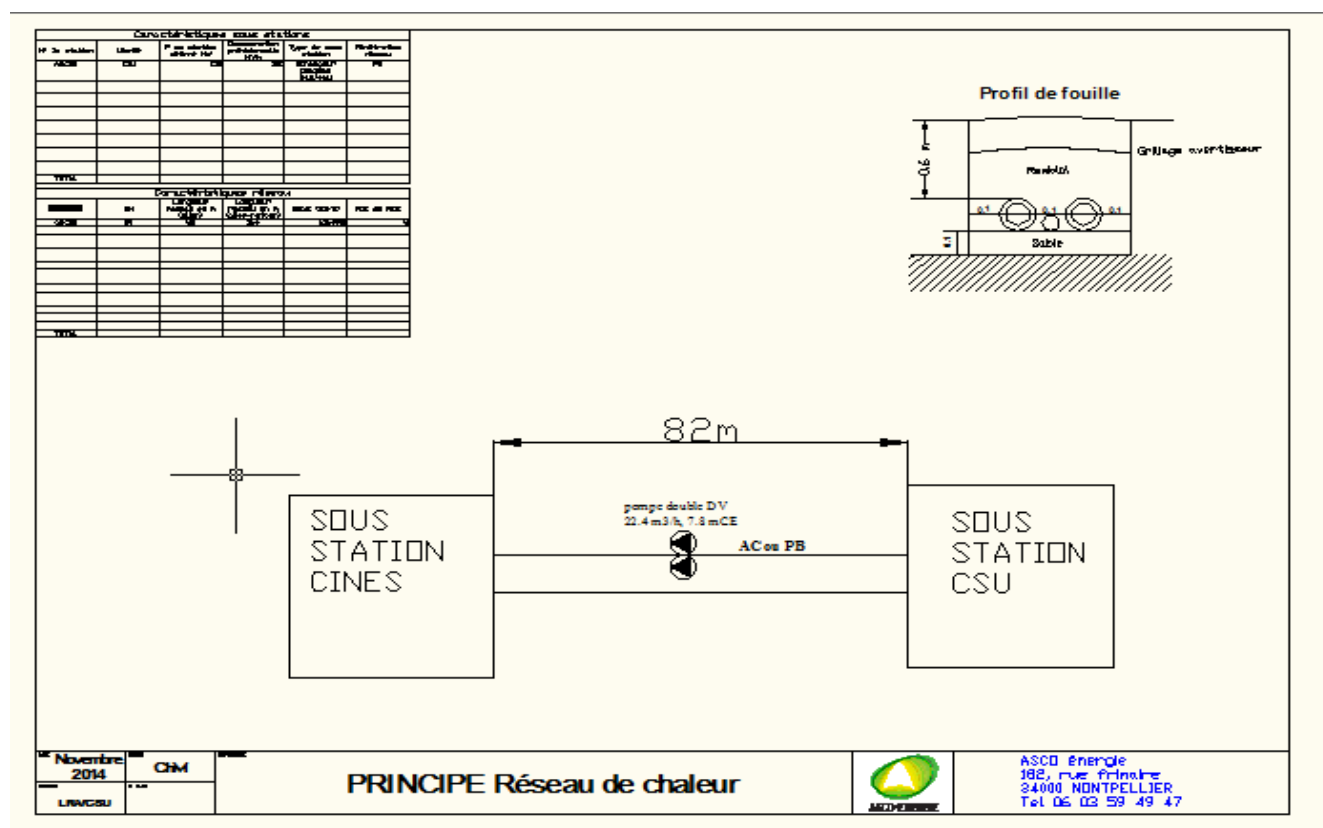
En, l'absence de subvention ce temps d'amortissement est rallongé à 19 ans.

Observations et points de vigilance :

- Fixer une température d'arrivée, idéalement, 47°C à l'arrivée au « CSU » ou abaisser le régime de température des émetteurs du secondaire à 43/38°C pour avoir le meilleur taux de couverture par le réseau de chaleur possible (> 90%)
- Etablir un contrat d'approvisionnement sur la base d'une température de consigne en sous station « CSU ».
- Mise en place d'un compteur d'énergie au niveau de l'échangeur de desserte.
- **Raccordement de l'échangeur de desserte du RC par l'entreprise SERCLIM en charge de la production thermique pour des raisons de clarté d'intervention et de limite de responsabilités.**
- Echangeur de desserte laissé en attente à un endroit prédéfini en accord avec le BE BETEM et l'entreprise SERCLIM en charge du « CSU ».
- Sélectionner des échangeurs à très faible pincement <1K

Perspectives

Selon les données fournies, et avec confirmation de la courbe de production de chaleur, le CINES à la capacité d'alimenter 4 à 6 bâtiments similaires au CSU (2100 m²) représentant un gisement et un potentiel d'énergie substantiel.



TABLEAUX DE SYNTHESE

Investissement

	P4	P3	P2		Subvention	montant subventionné
réseau PB	38900	500	500	pompage	30	11670
sous station "CSU"	9550	318	200	éch	30	2865
sous station "CINES"	10000				30	3000
ingénierie (mission maîtrise d'œuvre, ...)	5000					
Ticket d'accès énergie	10000					
Divers	5000					
Total	78450	818	700		somme subv	17535

Rappel :

- P1 correspond aux charges liées à l'achat de l'énergie
- P2 correspond aux charges de maintenance
- P3 correspond aux provisionnements pour le remplacement de pièces et le gros entretien
- P4 correspond à l'investissement en €HT

Exploitation

L'objectif du tableau suivant est d'évaluer la pertinence économique du projet de récupération d'énergie fatale du CINES via un réseau de chaleur en étudiant son amortissement sur une période de 20 ans cumulé et actualisé.

Ce tableau intègre les charges d'exploitation du réseau c'est-à-dire les charges liés à la maintenance et à l'achat de l'énergie, les recettes (« fruit » de la revente de l'énergie au CSU) actualisées. Le kwh revendu « CSU » est basé sur le prix tel qu'il serait en passant par la solution technique référence (c'est-à-dire PAC seule).

Nous définirons l'équilibre financier comme étant la soustraction des charges d'exploitation réseau et investissement à la recette.

Hypothèses de travail :

- Taux de couverture 90%
- Puissance échangeur 130 kW, Bth chauffage = 166.8 MWh
- Longueur retenue = 82 m (longueur la plus défavorable selon le cahier des charges)
- Pas de difficultés particulières de passage réseau (à confirmer lors de la DICT)
- Chiffrage investissement panoplie hydraulique côté CINES estimé à 10k€ (à confirmer par le BE BETSO)
- Subvention 30 % (à confirmer par l'ADEME)

Taux couverture par le réseau de chaleur 90%, tarif de rachat du kWh au CINES = 1cts €/kwh, tarif du **kWh revendu CSU = 4.7 cts €/kwh**, ticket d'accès à l'énergie payé au CINES = 10 k€.

Scénario d'évolution des prix des énergies = + 1.8%/an kwh électricité et + 1.2%/an kwh réseau de chaleur

scénario d'évolution des prix de l'énergie :									
	RdC		ELECTRICITE						
€/kWh	index P1		index recettes						
Evo° prix /an	1,20%		1,80%						
	sans subvention				avec subvention (30%)				
Investissmt (HT)	78 450,00 €				60 915,00 €				
Année	charges d'exploitation (HT)		recettes (HT)	Equilibre financier	charges d'exploitation (HT)		recettes (HT)	Equilibre financier	
	P1 (rachat kwh CINES)	P2+P3			P1 (rachat kwh CINES)	P2+P3			
2015	1 251	1 518	5 880	-75 340	1 251	1 518	5 880	-57 805	
2016	1 266	1 518	5 986	-72 138	1 266	1 518	5 986	-54 603	
2017	1 281	1 518	6 093	-68 845	1 281	1 518	6 093	-51 310	
2018	1 297	1 518	6 203	-65 457	1 297	1 518	6 203	-47 922	
2019	1 312	1 518	6 315	-61 973	1 312	1 518	6 315	-44 438	
2020	1 328	1 518	6 428	-58 390	1 328	1 518	6 428	-40 855	
2021	1 344	1 518	6 544	-54 709	1 344	1 518	6 544	-37 174	
2022	1 360	1 518	6 662	-50 925	1 360	1 518	6 662	-33 390	
2023	1 376	1 518	6 782	-47 038	1 376	1 518	6 782	-29 503	
2024	1 393	1 518	6 904	-43 045	1 393	1 518	6 904	-25 510	
2025	1 409	1 518	7 028	-38 945	1 409	1 518	7 028	-21 410	
2026	1 426	1 518	7 155	-34 735	1 426	1 518	7 155	-17 200	
2027	1 444	1 518	7 283	-30 414	1 444	1 518	7 283	-12 879	
2028	1 461	1 518	7 414	-25 979	1 461	1 518	7 414	-8 444	
2029	1 478	1 518	7 548	-21 428	1 478	1 518	7 548	-3 893	
2030	1 496	1 518	7 684	-16 758	1 496	1 518	7 684	777	
2031	1 514	1 518	7 822	-11 969	1 514	1 518	7 822	5 566	
2032	1 532	1 518	7 963	-7 056	1 532	1 518	7 963	10 479	
2033	1 551	1 518	8 106	-2 019	1 551	1 518	8 106	15 516	
2034	1 569	1 518	8 252	3 145	1 569	1 518	8 252	20 680	
2035	1 588	1 518	8 401	8 439	1 588	1 518	8 401	25 974	
CALCUL DU TAUX DE RENDEMENT BRUT de l'investissement					7,5% valeur seuil 7.5%				
	années d'amortissement								

PARTIE 1 : Objet et descriptif du projet

A. OBJET DE L'ETUDE ET CONTEXTE

Les rejets thermiques à basse température ou encore chaleur fatale constituent la chaleur qui peut être récupérée à plusieurs niveaux d'un processus industriel. Il s'agit donc de la chaleur produite par un processus dont la finalité n'est pas la production de cette chaleur. Lorsque les conditions sont requises, la récupération et la valorisation d'énergie à bas niveau de température a un fort impact dans l'amélioration de l'efficacité énergétique. La valorisation des rejets thermiques à bas niveau de température est l'une des réponses possibles aux besoins énergétiques dans le secteur du bâtiment résidentiel et tertiaire, et notamment pour le chauffage et la climatisation puisqu'il existe une cohérence des niveaux de température ($T < 100^{\circ}\text{C}$).

Languedoc Roussillon Aménagement va construire le Centre Spatial Universitaire sur le campus Saint-Priest de l'Université Montpellier 2. A cette occasion, il est envisagé de créer un réseau de chaleur entre le CINES et le CSU. L'idée est de récupérer la chaleur du système de refroidissement des calculateurs du bâtiment du **CINES** afin d'assurer le chauffage du **Centre Spatial Universitaire** (CSU).

Ainsi, il a été demandé d'étudier la faisabilité technique et économique de la récupération de l'énergie fatale du système de refroidissement des calculateurs du bâtiment du **CINES** afin d'assurer le chauffage du **Centre Spatial Universitaire** (CSU).

Dans cette étude, nous aborderons dans un premier volet, un certain nombre de questions fondamentales pour la poursuite du projet, notamment, la compatibilité entre le bâtiment « donneur » et le bâtiment « receveur », la faisabilité technique, les besoins en chauffage du CSU, le dimensionnement technique et combien cela peut coûter. Dans un second volet, nous évaluerons la pertinence économique d'un tel projet selon différents scénarii en « jouant » sur les différentes variables du projet (taux de couverture des besoins par le RC, prix du kWh de l'énergie transporté, évolution tendancielle sur 20 ans des coûts des énergies, ...).

B. DESCRIPTIF SOMMAIRE DU PROJET

Le principe consiste à prélever de l'énergie thermique du CINES et de la restituer au CSU via un réseau de chaleur (RC). Ce dernier est un circuit fermé de tuyaux isolés enterrés, transportant un fluide caloporteur. Notre application concerne les réseaux à eau chaude basse température 45/35°C et non pressurisé. Nous étudierons les 2 grandes familles de réseaux AC et PB (poly butène), tous deux pré-isolés que nous décrirons plus loin.

Parmi nos hypothèses de travail nous retiendrons la longueur la plus défavorable entre les 2 locaux technique du « CINES » et du « CSU » soit 82 m selon le cahier des charges initiale rédigé par l'ADEME.

Pas de difficultés apparentes type passage sous une chaussée utilisée (route, trottoir, place, etc.), passage de réseau à confirmer lors de la DICT.

Le réseau desservira le CSU via sa sous-station. La sous-station permet l'échange de chaleur entre le réseau de chaleur et le circuit secondaire du bâtiment. La sous station est principalement composé d'un échangeur à plaques, d'une pompe, d'une bouteille de découplage et d'une régulation. Le réseau de chaleur arrive (partie primaire) et la chaleur du fluide est transmise au réseau de chauffage du bâtiment (réseau secondaire). La PAC et le réseau de chaleur seront connectés via une bouteille de découplage avec une régulation qui pilotera la pompe de charge de l'échangeur, selon, ***les schémas de principe réseau + sous station fournies en annexe.***

Note.

Selon le cahier des charges initial, les équipements sur la parcelle du CINES seront définis et chiffrés par BETSO.

C. PERIMETRE DE L'ETUDE

2 bâtiments sont concernés par l'étude :

- CINES (cf. extrait plan cadastral feuille 000 TE 01 section **TE parcelle 60**)
- CSU (cf. extrait plan cadastral feuille 000 TE 01 section **TE parcelle 58**)

Distance CINES / CSU : du centre du bâtiment CINES au local technique du CSU : 82 m ; de la limite du bâtiment CINES le plus proche au local technique du CSU : 50 m



Le tracé estimatif du réseau

L'extrait du plan de cadastre se trouve en annexe.

D. DOCUMENTS DE TRAVAIL PREALABLES

- Cahier des charges de la récup d'énergie CINES-CSU-V5 (1)
- Plan de masse
- Différents plans de surface du CSU
- Schéma de principe production/distribution CSU
- Etude réglementaire RTh 2012

Note.

Les documents sont présents en annexes

E. TABLEAU DES ABREVIATIONS

Tableau des abréviations	
AC	Acier
PB	Polybutène
P1	Charges liées à l'achat de l'énergie
P2	Charges de maintenance
P3	Provisionnement pour le remplacement de pièces et le gros entretien
P4	Investissement
RC	Réseau de chaleur
PAC	Pompe à chaleur
Bth	Besoins théorique
K	Kelvin (unité de mesure de la température)
KWh	Kilowatt heure (unité de mesure de l'énergie)
DICT	Déclaration d'intention de commencement de travaux
MW	Méga watt
CTA	Centrale de traitement d'air
DN	Diamètre nominal
DV	Débit variable

PARTIE 2 - Volet technique –

Compatibilité, faisabilité technique, technologie, dimensionnement, évaluation des besoins chauffage du bâtiment CSU, ...

A. COMPATIBILITE ET TAUX DE COUVERTURE PAR LE RESEAU DE CHALEUR

A partir des informations recueillies et des données fournies,

CINES :

1 MW disponible - Régime eau : 45/35 °C.

Centre Spatial Universitaire (CSU) :

130 kW - Régime de température du secondaire 45/40°C selon le bureau d'études BETEM

Distance CINES / CSU : du centre du bâtiment CINES au local technique du CSU : 82 m ; de la limite du bâtiment CINES le plus proche au local technique du CSU : 50 m

2100 m² SU 2/3 de bureaux et 1/3 de salles blanches

Avancement du projet: phase DCE. Date de livraison: septembre 2015

Mode de chauffage : Pompe à chaleur Air/eau

Puissance de chauffe estimée à 150 KW, selon BETEM :

- Ventilo-convecteurs : 47kw

- CTA : 100kw

- *schéma de principe production/distribution en annexe.*

+ Pertes calorifiques

Il est important de souligner que dans la pratique et pour des régimes d'eau élevé 90/70°C on observe des pertes d'énergie de l'ordre de 12-15% en RC urbain pour une densité thermique élevée (> 2 kW/ml) et 25-30 % en RC rural pour une densité thermique (< 1.0 kW/ml)

De plus, on constate, que les déperditions thermiques d'un même réseau sont 2 à 3 fois plus élevées avec un régime d'eau 90/70°C par rapport un régime d'eau 45/35°C à conditions environnantes constante.

Dans notre application, le régime de température considéré (45/35 °C) est relativement bas couplé à une bonne densité thermique (> 1.5 kW/ml) ce qui permet de réduire significativement les déperditions. Nous les estimerons à 5% dans nos hypothèses de travail. Pour les détails de calculs se reporter au tableau « **dimensionnement réseau** ».

+ Perte de température

Dans notre cas, et avec un réseau correctement calorifugé, la principale cause de perte de température provient de l'échangeur, caractérisé par son pincement. En effet, pour un pincement de 2 K au niveau de la sous station et avec une eau à 45°C arrivée CSU, nous aurons les régimes de températures suivants :

Scénario des conditions de température aux limites de l'échangeur sous station « CSU » avec un pincement à l'échangeur de 2K et un régime 45/40°C

Te coté « réseau » = 45.0°C

Ts coté « réseau » = 40°C

T'e coté « secondaire » = 43°C

T's coté « secondaire » = 38°C

On s'aperçoit que l'échangeur génère une chute de température conséquente. Or les émetteurs du secondaire sont dimensionnés pour fonctionner à leur régime nominale avec un régime d'eau donné soit dans notre cas une température d'irrigation de 45°C c'est pourquoi il est impératif de veiller de se rapprocher au plus près de ce régime de température.

D'après, le BE BETEM, le secondaire du CSU est conçu sur un régime de température 45/40°C (lié à la PAC) il est donc souhaitable de se calquer sur le même régime de température pour des raisons de compatibilité de température de fonctionnement et d'optimisation du taux de couverture.

+ Taux de couverture par le RC

La dégradation de la température comme expliqué, ci-avant, impose donc une énergie d'appoint pour compenser cette perte de température et atteindre le régime requis par le secondaire et particulièrement par les émetteurs. Ceci, a pour conséquence directe, de réduire le taux de couverture des besoins couvert par le RC et d'altérer ainsi la rentabilité du projet.

Une chute de température de 2°C peut dégrader le taux de couverture de 30% c'est pourquoi il est primordial de surveiller la température d'entrée en sous station « CSU »

Pour améliorer le taux de couverture par le RC on peut « jouer » sur plusieurs paramètres :

- augmenter légèrement de 2-3°C environ la température départ CINES
- réduire dans la limite du possible le pincement de l'échangeur. Dans la pratique, il est aisé de trouver des échangeurs avec des pincements de 2 K mais il existe également des échangeurs avec des pincements de 1K moyennant un léger surcoût lié à l'augmentation de la surface d'échange et du nombre de plaque.
- Après interrogation du BE BETEM il est possible d'abaisser légèrement le régime de température des émetteurs côté CSU actuellement à 45/40° à 43/38°C

Note.

Nous considérons dans cette étude des besoins de refroidissement, côté CINES, continu et permanent au-delà de 130 kW (à priori 1MW selon cahier des charges initiale).

Pour être davantage précis, il serait intéressant d'analyser la courbe monotone de production de chaleur pour déterminer avec exactitude la continuité de fourniture en terme de puissance dans le temps.

B. DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ELEMENTS DU RESEAU

+ Réseau

Le choix du DN est la résultante, le compromis, entre le niveau de déperditions acceptable et les pertes de charges admissibles. En effet, plus le DN est élevé plus le coefficient de déperdition est élevé en revanche plus le coefficient de perte de charges diminue, diminuant ainsi, les pertes de charges sur le réseau. Dans notre application le régime de température fournit par le CSU de 45/35°C est relativement bas nous avons donc une contrainte forte de préserver au mieux le niveau de température et de diminuer un maximum les causes déperditions de température sur le réseau. Côté perte de charges, la vitesse de circulation doit être conforme aux prescriptions de mise en œuvre des fabricants. Nous dimensionnons le réseau sur un DT de 5K. **Les détails du calcul sont fournis dans le tableau « dimensionnement réseau » ci-après.**

+ Perte de charge réseau et calcul de de la hauteur manométrique de la pompe

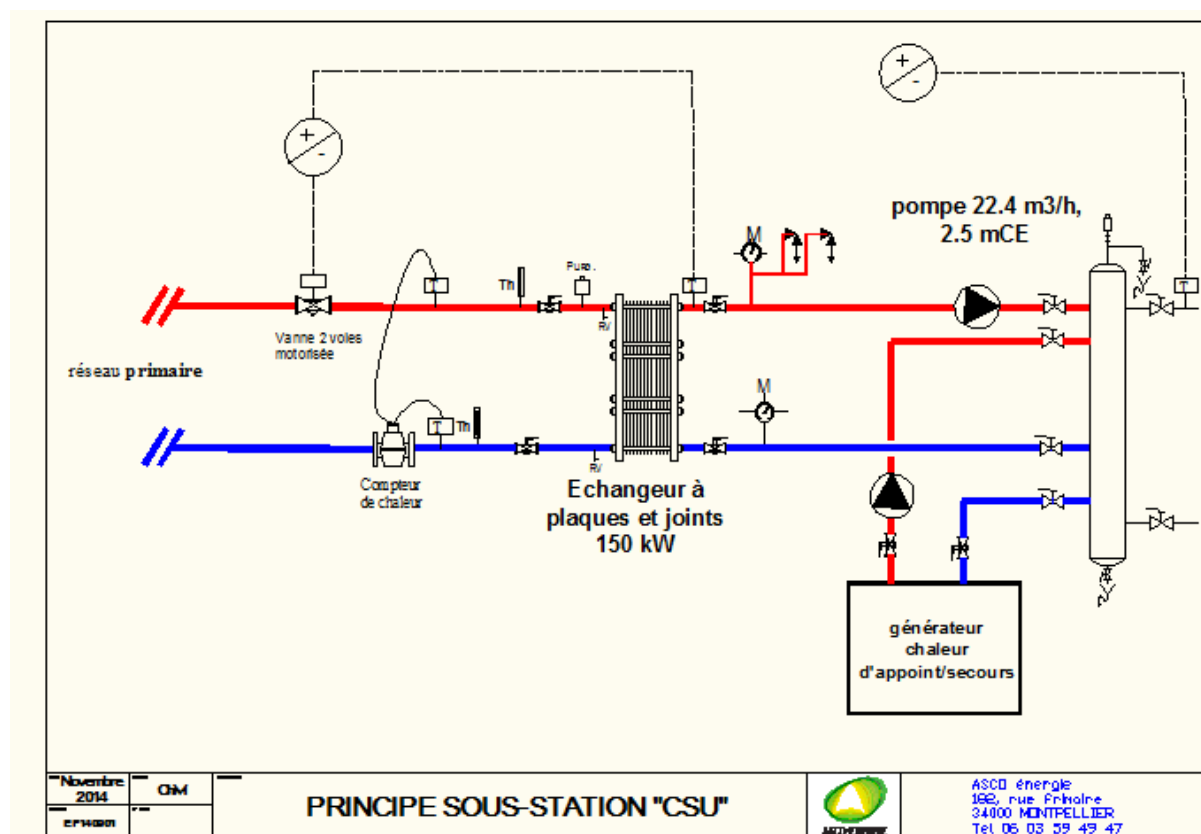
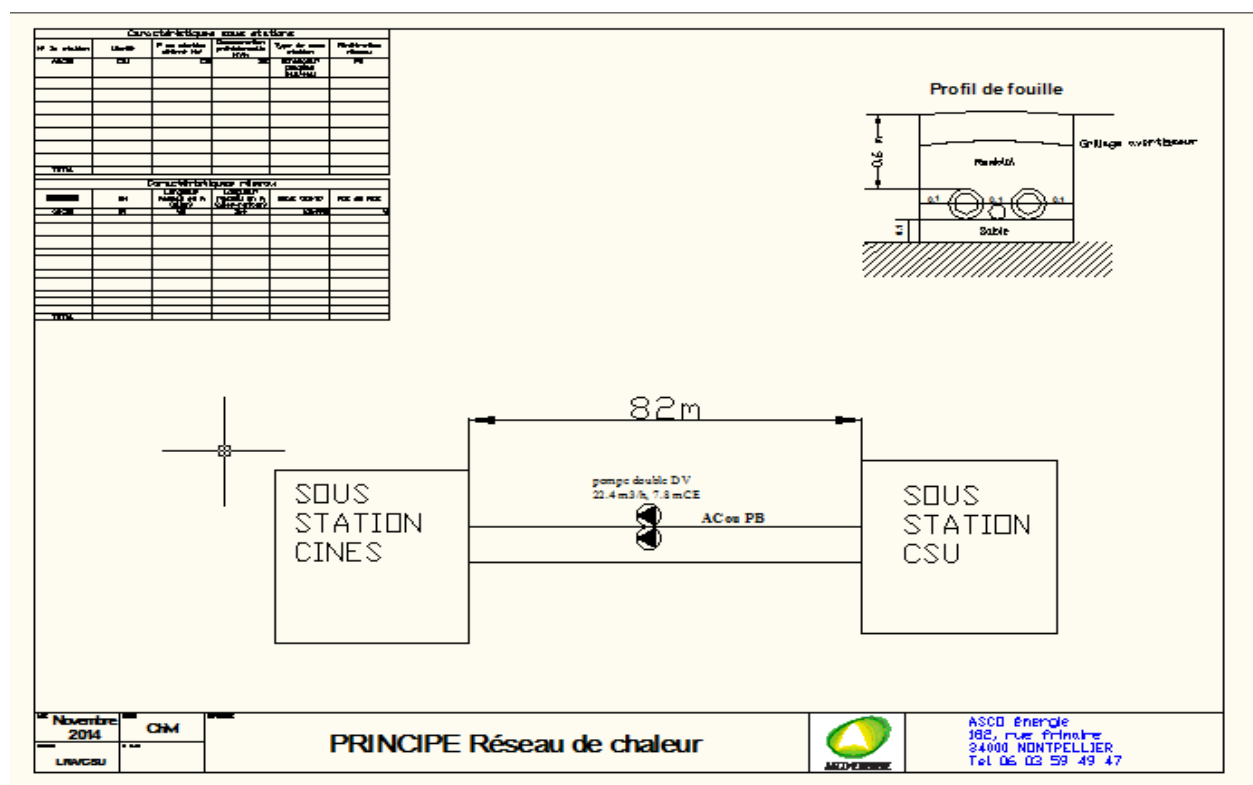
Nous prendrons dans nos hypothèses de calcul une vitesse de circulation voisine de 1m/s en AC et 2.0 m/s en PB les pertes de charges étant diminué avec le PB.

+ Echangeur type plaques et joints (cf. annexe matériel EB et DQE)

Pincement < 1K

- EF140901 -

+ Schémas de principe « RC + sous stations »



C. TECHNOLOGIE RESEAU

+ Avantages des réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleur présentent des avantages importants par rapport à des solutions de production de chaleur décentralisées, notamment en matière d'efficacité énergétique, de maîtrise de l'énergie, et de diminution des émissions de gaz à effet de serre :

- Récupération de l'énergie fatale en provenance de centrales d'incinération des déchets ou de procédés industriels.
- Récupération de la chaleur issue d'unités de cogénération. C'est notamment le cas le plus fréquent pour la production de chaleur dans les pays scandinaves et d'Europe centrale. La cogénération a l'avantage, en termes d'intelligence énergétique, de présenter un rendement global de production de chaleur et d'électricité qui est supérieur à la production séparée d'électricité et de chaleur.
- Les réseaux de chaleur permettent une utilisation plus performante et plus respectueuse de l'environnement de la biomasse que les unités individuelles de combustion biomasse (meilleurs rendements et meilleurs procédés de traitement des fumées pour préserver la qualité de l'air environnante). Les réseaux de chaleur représentent de ce fait une solution peu coûteuse d'abattement d'émissions des gaz à effet de serre.
- Stockage de l'énergie renouvelable électrique en excédent, sous forme d'eau chaude, avec l'utilisation d'une pompe à chaleur (stratégie danoise)

+ Inconvénients et limites des réseaux de chaleur

Efficaces lorsqu'il s'agit de transporter de l'énergie fatale, ils ne le sont pas lorsqu'ils transportent une autre énergie. En effet, nous devons faire face à un problème de "perte de charge" qui entraîne un rendement très inférieur à 1, contrairement au gaz naturel par exemple. Bref, transporter de la chaleur produite à partir d'une source d'énergie de type gaz naturel, biogaz ou bien fioul est bien moins performant que l'utilisation directe en distribution décentralisée. En effet, le bilan CO₂ sera d'autant moins bon que les chaudières actuelles ont toutes un rendement supérieur à 0,95. Cependant, les réseaux de chaleur sont un des meilleurs de moyens de diffuser massivement des énergies renouvelables (par exemple, via l'utilisation de la biomasse). Dans un tel cas, la réduction des émissions de CO₂ peut être particulièrement intéressante.

Application : réseau de chaleur eau 45/35°C non pressurisé non glycolé

Il existe 2 grandes familles de matériau de réseau de chaleur à eau non pressurisés l'acier et le poly butène.

+ Réseau acier souple type « casaflex » ou équivalent

C'est un système de conduites en acier inoxydable, auto-compensantes, flexibles, pourvues d'une isolation thermique et disponibles en variantes monotube et bitubes. Le tube spiralé

constitue l'élément essentiel de ces conduites réalisées en grandes longueurs en usine. Le tube ondulé a été optimisé du point de vue des caractéristiques d'écoulement.

La conduite est constituée d'un tube médian ondulé en acier inox L'isolation thermique se compose d'une mousse dure en polyuréthane flexible, exempte de CFC et possédant d'excellentes propriétés thermo-isolantes. Une enveloppe pare-vapeur multicouche disposée sous la gaine extérieure en PE-LD empêche la diffusion des gaz cellulaires de la mousse de PIR. Ce produit satisfait aux prescriptions de la directive sur l'économie d'énergie allemande (EnEV) pour les constructions et équipements de bâtiments.

Une mise en œuvre facilitée

Pas de coudes en U, de compensateurs, de coudes de dilatation ou de points fixes dans le sol

Application :

Réseau de chauffage urbain ou local, dans l'industrie ainsi que pour l'utilisation d'énergies renouvelables (technique de chauffage solaire, entre autres).

+ Le réseau PB type « Flexalène » ou équivalent

Système FLEXALEN, en matériau de synthèse, totalement pré-isolé pour une température de service max. de 95° C pour une pression de service max. de 4 bar, pour les transferts directs en enterré, sans compensation de dilatation sur le tracé, ni ancrage dans le sol.

Tube caloporteur en POLYBUTENE (PB) conforme aux normes DIN 16968 et DIN 19969. Isolation par mousse POLYURETHANNE (PUR) rigide, sans CFC, d'un poids spécifique de 60 kg/m², à fermeture cellulaire > à 95% pour les diamètres de 140 à 225. Gaine de protection mécanique lisse en POLYETHYLENE HAUTE DENSITE (PEHD).

Avantages :

- Faible poids : manutention aisée
- Facile à installer : gamme complète d'accessoires soudables
- Sans traitement de la dilatation
- Très faibles pertes de charges, conçu pour une vitesse de passage élevée
- Gamme de températures entre -15°C et +95°C
- Raccordement facile aux extrémités par raccords compression
- Système d'assemblage par soudure assurant une continuité et une homogénéité totale des canalisations
- Pas de dépôts de tartre ni de calcification

Pour plus de renseignements Cf. annexes

+ Choix d'une pompe double à débit variable côté primaire

Nous chiffrerons dans notre investissement (cf. DPGF en annexe) une pompe à vitesse variable pour les réseaux à débit variable afin de réduire notablement les consommations électriques lié au transport des calories. En effet, lorsque les vannes de régulation terminale se ferment (vanne 2 voies par exemple), le circulateur limite la pression différentielle délivrée en réduisant sa vitesse de rotation et donc sa puissance électrique absorbée. Nous préconisons et nous prenons en compte dans l'étude, une pompe double pour assurer la continuité de service.

+ Echangeur à plaques et joints

Pincement < 1K

Cf. annexe « matériel »

D. RACCORDEMENT « CSU » ET LIMITES DE PRESTATIONS

La production thermique intrinsèque au « CSU » sera implantée en toiture conçue et réalisée par le BE BETEM et l'entreprise SERCLIM.

Pour des raisons de cohérence de conception d'installation et pour éviter un « chevauchement » de compétences ou limiter les incompréhensions entre les différents intervenants nous proposons que le BE BETEM et l'entreprise SERCLIM prennent en charge le raccordement « post » échangeur c'est à dire se raccordent directement **au RC via l'échangeur de desserte laissé en attente à un emplacement prédéfini en accord le BE et l'entreprise. En effet, l'expérience montre, qu'il est préférable de séparer le secondaire du primaire, ainsi que, les prestations des intervenants du secondaire et du primaire pour des raisons de clarté de limites de prestations et de responsabilités lors de la mise en œuvre ou de l'exploitation. Chaque intervenant demeure ainsi seul et unique responsable de leur zone d'intervention.**

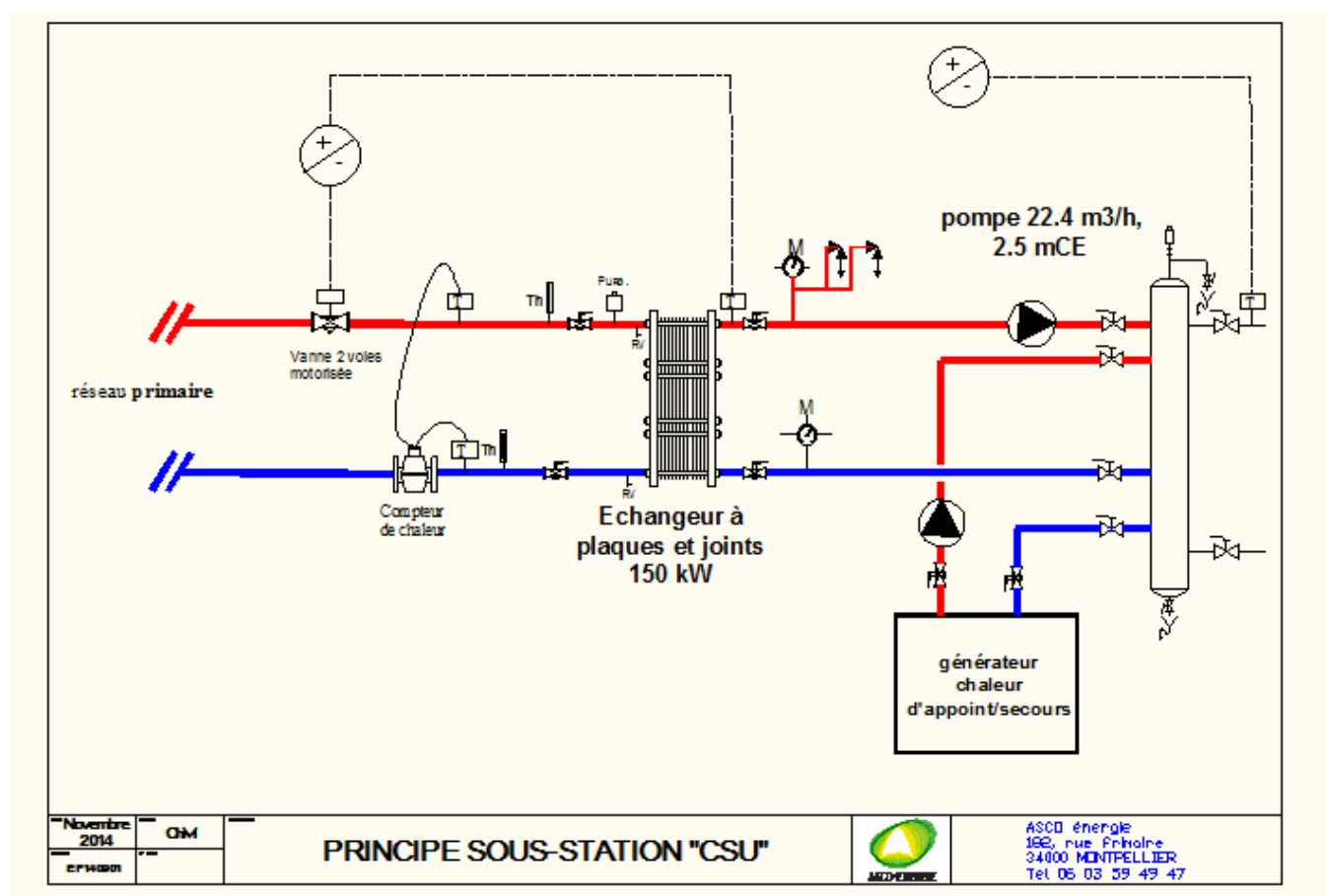


TABLEAU de dimensionnement de la puissance et des besoins théoriques en chauffage ci-après

- EF140901 -

F. DIVERS

La densité thermique est un indicateur de performance économique. Cet indicateur permet de se faire un avis rapide sur la pertinence économique du réseau en effet plus la densité est élevée plus le réseau sera considéré rentable. Cet indicateur fait partie des critères d'accessibilité aux subventions type ADEME. En première approche, nous avons une densité thermique satisfaisante (1.8kW/ml)

Valorisation de l'énergie fatale l'été ?

Régime de température trop bas au regard des minimums de températures requis pour le fonctionnement d'un groupe absorption 65-85°C.

RESULTATS DU VOLET TECHNIQUE

Ce volet technique, nous permet de dégager des premiers résultats, un certain nombre d'hypothèse de travail et d'observations que nous utiliserons pour évaluer l'économie du projet.

Régime de température et compatibilité.

Compte tenu du caractère du régime de température relativement bas et de la perte de température au cours du transfert de chaleur, il est impératif de préserver la température fournie par le CINES par un certain nombre de mesures que nous avons exposés. En effet, comme nous l'avons évoqué précédemment le taux de couverture et la rentabilité du projet sont étroitement liés au bon recouvrement des régimes de température entre réseau et secondaire.

Pour ce faire et pour la rentabilité du projet il serait judicieux :

- de fixer une température d'arrivée suffisante, idéalement 47°C à l'arrivée au CSU.
- D'abaisser le régime de température des émetteurs à 43/38°C
- Etablir un contrat d'approvisionnement sur la base d'une température de consigne en sous station CSU.
- Sélectionner des échangeurs à très faible pincement <1K

Discussion du taux de couverture

Avec une température d'arrivée au CSU de 47°C pour compenser la dégradation de la température liée au pincement de l'échangeur ou en abaissant le régime de température des émetteurs on peut atteindre un taux de couverture proche de 100% et, ainsi, améliorer la rentabilité du projet.

Après interrogation du BE BETEM il est possible d'abaisser légèrement le régime de température des émetteurs côté « CSU » à 43/38°C nous considérerons donc un taux de couverture de 90% dans le volet économique.

Technologie de réseau

Les 2 types de réseau AC et PB peuvent être indiqués dans notre application.

Echangeur à faible pincement nécessaire.

Pompe débit variable pour des raisons de coût d'exploitation réduite par rapport à du débit fixe.

Résultats principaux de dimensionnement :

- DN80 réseau
- Pompe DV, 22.4 m³/h, 9.4 mCE
- Puissance échangeur 130 kW
- **Bth chauffage = 166.8 MWh**

Résultats des hypothèses et données d'études reprises dans le volet économique :

- Taux de couverture 90%
- Puissance échangeur 130 kW, Bth chauffage = 166.8 MWh
- Longueur retenue = 82 m (longueur la plus défavorable selon le cahier des charges)
- Pas de difficultés particulières de passage réseau (à confirmer lors de la DICT)

PARTIE 3 - Volet économique -

Dans cette partie nous allons évaluer l'économie du projet de récupération de l'énergie fatale via un réseau, comparativement avec la solution de référence (PAC seul), en « jouant » sur différentes variables d'exploitation du réseau (taux de couverture, prix de l'énergie d'achat et de revente, niveau de subvention, ...) et selon un scénario d'évolution tendancielle des coûts des énergies.

A- INVESTISSEMENTS ET SUBVENTIONS

- Solution référence = solution PAC air/eau double service 200kWc/250kWf
- Solution 2 = solution référence + RC en AC
- Solution 3 = solution référence + RC en PB

Important.

Dans toutes les configurations avec ou sans RC cela n'entraîne pas de modification sur le dimensionnement de la PAC. En effet, les besoins en froid du bâtiment étant supérieurs aux besoins en chaud.

Les 2 versions AC et PB sont très proches, en terme d'investissement, le choix de la solution technique n'impacte pas de manière significative sur l'économie du projet. Nous retiendrons le réseau PB pour évaluer l'économie du projet.

Le chiffrage est détaillé dans un pré-DQE fournie en annexes.

Note.

Le chiffrage de la panoplie de prélèvement de l'énergie du CINES sera ultérieurement défini et chiffré par le BE BETSO.

Schéma de principe « RC + sous station » en annexes.

Tableau de synthèse de l'investissement

	P4	P3	P2		Subvention	montant subventionné
	0 €	0 €	0 €			
réseau PB	38 900 €	500 €	500 €	pompage	30%	11 670 €
sous station "CSU"	9 550 €	318 €	200 €	éch	30%	2 865 €
sous station "CINES"	10 000 €				30%	3 000 €
ingénierie (mission maîtrise d'œuvre, ...)	5 000 €					
Ticket d'accès énergie	10 000 €					
Divers	5 000 €					
Total	78 450 €	818 €	700 €		somme subv	17 535 €

Subvention ADEME au titre d'opération exemplaire URE = 30 % du montant de l'investissement plafonné à 1 M€

B- EXPLOITATION ET RENTABILITE

L'objectif du tableau suivant, est d'évaluer la pertinence économique d'un projet de récupération d'énergie fatale du CINES via un réseau de chaleur en comparant son amortissement par rapport à la solution référence (PAC seul) sur une période 20 ans cumulé et actualisé.

Ce tableau intègre les charges d'exploitation du réseau c'est-à-dire les charges liés à la maintenance et à l'achat de l'énergie, les recettes c'est-à-dire le fruit de la revente de l'énergie au CSU actualisé. Le kwh revendu « CSU » est basé sur le prix tel qu'il serait en passant par la solution technique référence.

Nous définirons l'équilibre financier comme étant la soustraction de la recette aux charges d'exploitation réseau et à l'investissement.

Rappel :

- P1 correspond aux charges liées à l'achat de l'énergie
- P2 correspond aux charges de maintenance
- P3 correspond aux provisionnements pour le remplacement de pièces et le gros entretien
- P4 correspond à l'investissement en €HT.

Données et hypothèses de travail d'évaluation économique du projet :

- Reprise des hypothèses de travail issues du volet technique
- Chiffrage investissement panoplie hydraulique côté CINES estimé à 10k€ (à confirmer par le BE BETSO)
- Besoins « CSU » = 166.8 MWh (cf. volet technique)
- Subvention 30 % (à confirmer par l'ADEME)
- Prix du kwh élec selon tarif jaune base UM
- Scénario d'évolution tendancielle du prix de l'énergie = + 1.8%/an pour l'électricité et +1.2% avec le réseau de chaleur.

Variables :

- Taux de couverture des besoins du CSU par le réseau de chaleur (RC)
- Prix du kwh de l'énergie transporté par le RC

TABLEAU EXPLOITANT RESEAU

Scénario 1 : Taux couverture 90%, kwh CINES = 1cts €, kWh revendu CSU = 5.5 cts €, ticket d'accès à l'énergie = 10 k€.

Scénario d'évolution des prix des énergies = + 1.8%/an kwh élec et + 1.2%/an kwh RC

scénario d'évolution des prix de l'énergie :									
	RdC	ELECTRICITE							
€/kWh	index P1	index recettes							
Evo° prix /an	1,20%	1,80%							
	sans subvention				avec subvention (30%)				
Investissmt (HT)	78 450,00 €				60 915,00 €				
Année	charges d'exploitation (HT)		recettes (HT)	Equilibre financier	charges d'exploitation (HT)		recettes (HT)	Equilibre financier	
	P1 (rachat kwh CINES)	P2+P3			P1 (rachat kwh CINES)	P2+P3			
2016	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2017	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2018	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2019	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2020	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2021	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2022	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2023	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2024	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2025	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2026	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2027	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2028	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2029	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2030	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2031	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2032	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2033	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2034	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2035	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
2036	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	confidentiel	
CALCUL DU TAUX DE RENDEMENT BRUT de l'investissement						#VALEUR!	valeur seuil 7.5%		
	années d'amortissement								