

Annexe 9. Etude du potentiel ENR&R (BURGEAP, 2019)

Ce rapport contient 50 pages

 Réf : CICEIF191121 / RICEIF00791
 CEC / CAM / DN
 26/06/2019
 Annexes





GROUPE FIMINCO & SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU

ZAC de l'Horloge – Rue Anatole France Site FAREVA – ROMAINVILLE (93)

Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

Rapport

Réf: CICEIF191121/ RICEIF00805

MAAD / EDL / MCN













▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

GROUPE FIMINCO & SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU

ZAC de l'Horloge – Rue Anatole France Site FAREVA – ROMAINVILLE (93)

Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

| Objet de l'indice | Date | Indice | Rédaction Nom / signature | Vérification Nom / signature | Validation Nom / signature |
|-------------------------|------------|--------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Rapport | 19/06/2019 | 01 | M. ADJOVI AM | E. LECOMPTE | M. COHEN |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Numéro de contrat / de rapport : | Réf : CICEIF191121/ RICEIF00805 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Numéro d'affaire : | A46049 |
| Domaine technique : | ER07 |
| Mots clé du thésaurus | ENERGIES RENOUVELABLES |

BURGEAP Activité ICE • 143, avenue de Verdun – 92442 Issy-les-Moulineaux CEDEX Tél. 33 (0) 1 46 10 25 51 burgeap.paris@groupeginger.com

MAAD / EDL / MCN MAAD / EDL / MCN 19/06/2019 Page 2/50



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

Résumé non technique à l'attention des décideurs

La présente étude a pour objet d'étudier la faisabilité du potentiel de développement en énergies renouvelables du projet d'aménagement de l'îlot FAREVA au sein de la ZAC de l'Horloge, situé dans la commune de Romainville (93). Cette opération, développée en co-promotion par le Groupe FIMINCO et la SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU, répond à l'obligation réglementaire issue de l'article L300-1 du code de l'Urbanisme, qui prévoit qu'une telle étude accompagne tout projet d'aménagement soumis à étude d'impact.

L'opération d'aménagement prévoit la construction d'environ 48 000 m² de surface de plancher, comprenant :

- 25 000 m² de surface de plancher de logements ;
- 778 m² de commerces en rez-de-chaussée ;
- 11 000 m² de surface de plancher pour l'aménagement d'équipements culturels ;
- 3 960 m² de surface de plancher pour le stockage d'œuvres d'art ;
- 875 m² de surface de plancher pour la construction d'ateliers d'artistes;
- 3 960 m² de surface de plancher dédiés à la construction de résidences d'artistes
- Des espaces verts.

Cette mission se déroule en deux temps :

- Un volet diagnostic, qui comprend :
 - · L'analyse des besoins du projet :

| Usage énergétique | Projet global | |
|--|---------------|--|
| Chauffage | 1 085 MWh/an | |
| Climatisation | 182 MWh/an | |
| Eau chaude sanitaire | 702 MWh/an | |
| Electricité règlementaire (ventilation, éclairage) | 393 MWh/an | |

- L'analyse du potentiel en énergies renouvelables qui a intégré la volonté des porteurs du projet d'avoir des systèmes énergétiques séparés pour les deux parties du projet :
 - Pour la partie de logements collectifs et commerces en pied d'immeuble du projet réalisée par la <u>SCCV Romainville Rousseau</u>: le **bois-énergie**, l'aérothermie et la récupération de chaleur sur eaux usées ont été identifiés.
 - Pour la partie de promotion culturelle du projet portée par le <u>Groupe Fiminco</u>, l'étude a permis d'identifier la pertinence du **bois-énergie**.
- Un volet préfaisabilité, qui compare des scénarios « renouvelables » avec un scénario conventionnel, selon des critères techniques, économiques et environnementaux :
 - Partie « SCCV Romainville Rousseau » :
 - Scénario ENR1 : création d'un micro-réseau de chaleur alimenté par de la biomasse pour la production de chaud avec un appoint/secours par chaudières gaz à condensation. La production de froid est assurée par des pompes à chaleurs à réversibles dans les locaux de commerce.

MAAD / EDL / MCN 19/06/2019 Page 3/50



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

 Scénario ENR2: récupération de chaleur sur eaux grises avec collecteur en pied de bâtiment pour la production d'ECS. Le chauffage et l'appoint ECS est assuré des chaudières gaz naturel à condensation en pied d'immeuble. Production de froid et de chaleur par pompe à chaleur aérothermique réversible par local de commerce.

- Partie « Fiminco » :
 - Scénario ENR: chaufferie biomasse centralisée à plaquettes et/ou granulés alimentant un micro-réseau desservant les bâtiments de cette partie avec appoint/secours chaudières gaz à condensation pour la production de chaleur (chauffage et ECS). Production de froid avec un groupe froid.

Ces scénarios ont été comparés avec le scénario « conventionnel » suivant :

 Scénario Econv: Production de chaleur avec chaudières gaz naturel à condensation individuelle en pied d'immeuble pour les logements. Production de chaleur et de froid par pompe à chaleur aérothermique par local de commerce.

L'étude économique a montré que l'investissement des solutions ENR est globalement plus élevé que la référence sur l'ensemble du projet (1,1 à 3,6 fois les coûts d'investissement du scénario Econv). Les dépenses réduites en énergies permettent cependant de compenser les investissements sur une vision en coût global à 20 ans pour le scénario renouvelable du site « FIMINCO » avec une réduction du coût global de 8% par rapport au scénario de référence. C'est également le cas pour le scénario ENR 1 de la partie SCCV Romainville qui a un coût global à 20 ans équivalent à celui du scénario de référence.

Les scénarios renouvelables permettent par ailleurs une moins forte sensibilité à l'évolution des prix de l'énergie.

En termes d'impacts environnementaux, les émissions de gaz à effet de serres sont réduites par rapport au scénario conventionnel respectivement de 62% pour le projet FIMNCO et de 49% à 63% pour le projet de la SCCV Romainville.

A court terme, il convient :

- De se positionner sur les différentes options énergétiques proposées, ou d'éventuelles variantes.
- En fonction des choix :
 - De se rapprocher des distributeurs de technologies de récupération de chaleur sur eaux grises présents en Île-de-France afin de se renseigner sur les cahiers de charge à créer pour la mise en place de cette technologie et sur les prestations de maintenance et d'entretien éventuelles
 - De se rapprocher des fournisseurs de biomasse aux alentours pour vérifier avec eux les modalités contractuelles et financières de la fourniture.

MAAD / EDL / MCN 19/06/2019 Page 4/50



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

SOMMAIRE

| Résu 1. | | n technique à l'attention des décideurs | |
|------------|-----------------------------|---|-----------------------|
| | 1.1 1.2 | Notre vision de la problématique énergétique | 8 9 |
| _ | IER 1 | dologie | . 11 |
| 3. | | éristiques du projet | |
| | 3.1 3.2 | Périmètre d'étude | 12 12 |
| | 3.3 | Caractérisation des besoins 3.3.1 Energie primaire, finale et utile | 14 15 15 |
| 4. | Analys | e du potentiel en Energies Renouvelables et de Récupération . | |
| | 4.1 | Les réseaux de chaleur ou de froid | 18 |
| | 4.2 4.3 | L'énergie hydraulique L'énergie solaire 4.3.1 Données climatiques et gisement 4.3.2 Projet à proximité de monuments historiques 4.3.3 Le solaire photovoltaïque 4.3.4 Le solaire thermique | 19 20 21 |
| | 4.4 | L'énergie éolienne 4.4.1 Grand éolien (puissance > 350 kW) | 25 |
| | 4.5 | La combustion de biomasse 4.5.1 Le bois énergie | 25 26 |
| | 4.6 | Le biogaz4.6.1Valorisation des déchets4.6.2Valorisation des sous-produits agro-alimentaires | 27 |
| | 4.7 | La géothermie 4.7.1 Code minier | 29 30 |
| | 4.8 | Récupération de chaleur sur eaux usées4.8.1 Installation collective (à l'ilot)4.8.2 Installation individuelle | 32 32 |
| | 4.9 4.10 4.11 4.12 | L'aérothermie La cogénération Chaleur fatale industrielle Synthèse de l'analyse de potentiel en EnR | 33 33 |
| 5. | Conclu | sions intermédiaires : scénarios énergétiques retenus | . 37 |
| | 5.1 5.2 | Partie « SCCV Romainville Rousseau » | |



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

| CAH | IER 2 | | 38 |
|--------|---|--|------|
| 6. | Dimen | nsionnements techniques | 39 |
| | 6.1 | Partie « SCCV Romainville Rousseau » | 40 |
| | • | 6.1.1 Scénario Econv | |
| | | 6.1.2 Scénario EnR 1 | |
| | | 6.1.3 Scénario EnR 2 | |
| | 6.2 | Partie « Fiminco » | |
| | | 6.2.1 Scénario Econv | |
| | | | |
| 7. | | se multicritère des scénarios retenus | |
| | 7.1 | Coûts d'investissements | |
| | 7.2 | Analyse économique en coût global | |
| | | 7.2.1 Hypothèses économiques | |
| | | 7.2.3 Résultats économiques | |
| | | 7.2.4 Résultats environnementaux | |
| 8. | Intégra | ation architecturale | 47 |
| 9. | | usion | |
| | BLEA | | |
| | | veaux de performance énergétique et environnementale du projetesoins annuels en énergies du projet (MWh/an) | |
| | | arifs de rachat total de l'électricité PV pour le 1er trimestre 2019 en fonction | |
| | | tallée et du type d'intégration | |
| | | arifs de rachat du surplus de l'électricité PV pour le 1er trimestre 2019 en f | |
| | | nstallée et du type d'intégration | |
| | | nthèse de l'analyse du potentiel du site en énergies renouvelables et de | |
| | | | |
| | | mensionnement technique de la chaufferie bois « SCCV Romainville Rou | |
| | | mensionnement technique de la chaufferie bois « Fiminco » pûts estimés des équipements de production énergétique * | |
| | | nthèse du comparatif des différents scénarios de la partie « SCCV Roma | |
| | - | Synthèse du comparatif des différents scénarios de la partie « SCCV Roma Synthèse du comparatif des différents scénarios de la partie « FIMINCO » | |
| | URE | | |
| | | alisation du projet dans la ZAC de l'Horloge | |
| _ | | n de masse du projet et répartition des surfaces associées du site étudiée | |
| - | | éma de la chaîne énergétique | |
| - | | oins en énergie du projet par usage (MWh/an) | |
| - | | n masse avec une estimation de longueurs de réseaux nécessaire | |
| - | | oleillement moyen annuel en kWh/m²/an (source : PVGIS) | |
| - | • | erficie de toiture brute disponible sur l'ensemble du projet | |
| - | | alisation du projet (Source : Atlas des Patrimoines) | |
| _ | | sses de géothermiegibilité à la GMI du projet pour les installations sur nappes (Source : | 29 |
| | | gibilité à la Givil du projet pour les installations sur nappes (Source : ermie-perspectives.fr) | 20 |
| Figure | 12 : Elig | gibilité à la GMI du projet pour les installations sur sondes verticales (Sou | rce: |
| BKGN | 1/geother | rmie-perspectives.fr) | 29 |





▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

| Figure 12 : Potentiel géothermique du meilleur aquifère (Source : BRGM/géothermie- perspectives.fr) | 30 |
|---|----|
| Figure 13 : Exemple de profil annuel utilisé | 39 |
| Figure 14 : Coût global annualisé des différents scénarios étudiés pour le projet « SCCV | |
| Romainville » | 44 |
| Figure 15 : Coût global annualisé des différents scénarios étudiés projet « Fiminco» | 44 |
| Figure 16 : Comparatif environnemental (GES, particules et déchets radioactifs) des scénarios retenus (partie SCCV Romainville) | 46 |
| Figure 17 : Comparatif environnemental (GES, particules et déchets radioactifs) des scénarios retenus (partie Fiminco) | 46 |
| | |

MAAD / EDL / MCN 19/06/2019 Page 7/50

▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)
 1. Introduction

1. Introduction

L'analyse préliminaire de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables est initiée avec les premières étapes d'un projet d'aménagement.

Cette analyse doit permettre :

- d'identifier les énergies renouvelables ayant un potentiel de développement à l'échelle de l'opération d'aménagement dès l'avant-projet afin de prévoir leur intégration ;
- de savoir si les projets d'approvisionnement énergétiques associés à ces énergies sont réalisables ;
- d'évaluer les conditions de leur rentabilité.

Il s'agit donc de faire émerger, selon une analyse multicritère (technologie, contraintes de mise en œuvre, investissement, coût global, coût environnemental, etc.), les projets les plus pertinents pour maximiser la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique d'approvisionnement de l'aménagement.

Pour les scénarios d'approvisionnement jugés pertinents à la suite de l'étude de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables, le maître d'ouvrage peut procéder à une étude de faisabilité qui fournit avec plus de détails les capacités du gisement, les coûts et les bénéfices du ou des scénarios d'approvisionnement retenus. Si l'intérêt de ces scénarios est confirmé, suivent les étapes de conception et d'ingénierie. Pour les grands projets, ces dernières étapes comprennent des activités de développements, consacrées aux ententes de financement du projet et à l'obtention de tous les permis nécessaires à sa réalisation. Enfin seulement arrive la construction puis la mise en service du projet.

Le présent rapport constitue un guide à destination des aménageurs présentant les possibilités et le potentiel d'approvisionnement en EnR pour l'aménagement du site FAREVA situé dans la commune de Romainville. Après un bref rappel des enjeux énergétiques et climatiques à la base des évolutions de la réglementation, nous détaillerons la méthodologie que nous avons appliquée à ce projet.

1.1 Notre vision de la problématique énergétique

Dans le contexte énergétique et climatique actuel, le recours aux énergies renouvelables (EnR) doit être envisagé comme le dernier maillon d'une chaîne vertueuse visant à réduire les consommations d'énergies fossiles non renouvelables et relocaliser la production d'énergie. Il n'a de sens que si des actions prioritaires sont menées en amont sur les questions de sobriété et d'efficacité énergétique. On entend par sobriété énergétique la suppression des gaspillages par la responsabilisation de tous les acteurs, du producteur aux utilisateurs. L'efficacité énergétique quant à elle consiste à réduire le plus possible les pertes par rapport aux ressources utilisées. Ainsi les actions de sobriété et d'efficacité réduisent les besoins d'énergie à la source. Les EnR doivent alors être encouragées et favorisées pour satisfaire le solde des besoins d'énergie dans le but d'équilibrer durablement ces besoins avec les ressources disponibles et limiter le recours aux énergies non renouvelables. La présente étude s'inscrit dans cette démarche.



Réf : CICEIF191121/ RICEIF00805 Signet non défini. ▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)
 1. Introduction

1.2 Contexte réglementaire

1.2.1 La loi Grenelle

La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, dite Grenelle I, établit le programme de mise en œuvre des conclusions de la consultation nationale sur la politique de l'environnement. Le texte est composé de 57 articles regroupés en 5 grands titres :

- Lutte contre le changement climatique
- Biodiversité, écosystème et milieux naturels
- Prévention des risques pour l'environnement et la santé, prévention des déchets
- Etat exemplaire
- Gouvernance, information et formation

L'article 8 de la présente loi, transcrit à l'article L300-1 du Code de l'Urbanisme stipule que « Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. ».

L'article 4 de la présente loi établit les grandes lignes de la Réglementation Thermique 2012, dont les modalités sont fixées par l'arrêté du 26 octobre 2010. Elle limite notamment à 50 kWh d'énergie primaire (limite modulable) la consommation maximale annuelle surfacique pour les usages suivants : chauffage et auxiliaires, eau chaude et auxiliaires, ventilation, climatisation et éclairage.

1.2.2 La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte ainsi que les plans d'action qui l'accompagnent doivent permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et de renforcer son indépendance énergétique en équilibrant mieux ses différentes sources d'approvisionnement.

Les objectifs de la loi précisent ou renforcent ceux établis par les lois Grenelle :

- Réduire nos émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (facteur 4).
- Réduire notre consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012.
- Réduire notre consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à la référence 2012.
- Porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale d'énergie en 2030 et à 40 % de la production d'électricité.
- Diversifier la production d'électricité et baisser à 50 % la part du nucléaire à l'horizon 2025.
- Réduire de 50 % les déchets mis en décharge à l'horizon 2025.

Réf : CICEIF191121/ RICEIF00805 Signet non défini.



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)
 2. Méthodologie

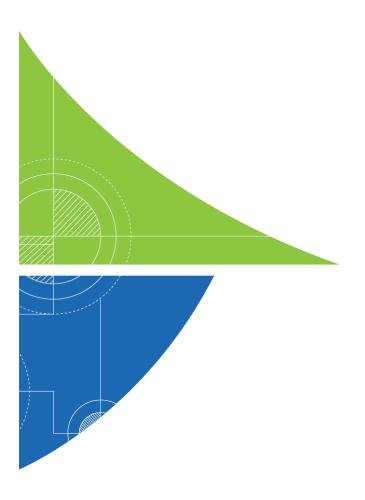
2. Méthodologie

L'étude proposée par BURGEAP se déroule en deux phases :

- Diagnostic (cahier 1);
 - · Caractérisations des besoins énergétiques du projet,
 - Analyse du potentiel en énergies renouvelables et de récupération,
 - Sélection des scénarios.
- Faisabilité (cahier 2) ;
 - · Pré dimensionnement,
 - Analyse multicritère.



CAHIER 1



3. Caractéristiques du projet

3.1 Périmètre d'étude

L'étude de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables et de récupération, notée étude de faisabilité EnR par la suite, concerne le projet immobilier de l'îlot FAREVA au sein de la ZAC de l'Horloge, située sur la commune de Romainville (93).

La figure ci-dessous illustre la situation du projet d'aménagement :



Figure 1 : Localisation du projet dans la ZAC de l'Horloge

Le projet FAREVA consiste en la création de logements collectifs et de commerces en rez-de-chaussée, réalisés par la **SCCV Romainville Rousseau**, et d'un programme porté par le **Groupe FIMINCO** comprenant des résidences et ateliers d'artistes, un espace de stockage d'œuvres d'art, et un programme culturel (salle de spectacle, espace de danse, galeries d'arts, coworking...).

3.2 Données collectées et scénario d'aménagement

3.2.1 Scénario d'aménagement

L'opération d'aménagement prévoit la construction d'environ 48 000 m² de surface de plancher d'un ensemble immobilier mixte constitué de :

25 000 m² de surface de plancher de logements collectifs ;



- 778 m² de commerces en rez-de-chaussée situés dans les bâtiments A et B au sud du projet (cf. Figure 2);
- 11 000 m² de surface de plancher pour l'aménagement d'équipements culturels ;
- 3 960 m² de surface de plancher pour le stockage d'œuvres d'art ;
- 4 835 m² de surface de planchers pour la construction de bâtiments divers (logements pour artistes, ateliers) dont :
 - 875 m² de surface de plancher pour la construction d'ateliers d'artistes;
 - 3 960 m² de surface de plancher dédiés à la construction de résidences d'artistes.



| llot | Programmation | Surface de plancher (SDP) |
|------|--|---------------------------------|
| 01 | 404 logements collectifs | 25 000 m² |
| | Commerces en RDC | 778 m² |
| 02 | 100 logements d'artistes type studio | 875 m² |
| | 11 ateliers d'artistes | 3 960 m² |
| 03 | Stockage d'œuvres d'art | 3 960 m² |
| 04 | Programme culturel | 11 000m² |

Figure 2 : Plan de masse du projet et répartition des surfaces associées du site étudiée

3.2.2 Stratégie énergétique locale

Le SRCAE de la Région IIe de France détermine les orientations à suivre pour préserver la qualité de l'air et lutter localement contre les changements climatiques, notamment pour réaliser le « facteur 4 » d'ici 2050 :

- Réduction de 17% des consommations énergétiques liées au bâtiment d'ici 2020 et de 50% à horizon 2050 ;
- Couverture des consommations par des énergies renouvelables et de récupération de l'ordre de 11% en 2020 et 45% en 2050.

3.3 Caractérisation des besoins

3.3.1 Energie primaire, finale et utile

Les concepts d'énergie primaire, finale et utile sont abondamment utilisés dans les problématiques énergétiques et doivent être clairement compris par le lecteur. Ils caractérisent les performances d'une filière énergétiques depuis l'amont (énergie primaire) jusqu'à l'aval (énergie utile).

On distingue ainsi:

- Énergie primaire (en kWh_{EP}) : énergie brute (non transformée) puisée dans l'environnement (houille, lignite, pétrole brut, gaz naturel, etc.). Concernant la production d'électricité à partir de combustible nucléaire, l'énergie primaire fait référence à la chaleur produite par le combustible avant transformation en électricité ;
- Énergie finale ou disponible chez l'utilisateur (en kWh_{EF}) : énergie qui se présente sous sa forme livrée pour sa consommation finale (essence à la pompe, fioul ou gaz « entrée chaudière », électricité aux bornes du compteur, etc.) ;
- Énergie utile / besoin (en kWh_{EU}): énergie qui réalise effectivement la tâche voulue pour l'utilisateur après la dernière conversion par ses propres appareils (rendement global d'exploitation). Dans le cas de la chaleur délivrée à l'usager, on parle souvent de besoins de chaleur.

Le schéma de la chaîne énergétique, présentant les divers jeux de conversion entre les différentes formes d'énergie, est disponible ci-dessous :

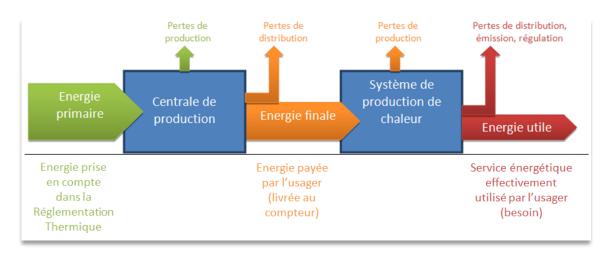


Figure 3 : Schéma de la chaîne énergétique



3.3.2 Choix du niveau de performance thermique

Les ambitions énergétiques et environnementales du projet varient en fonction des activités du projet.

Tableau 1 : Niveaux de performance énergétique et environnementale du projet

| Activités | Certification visée | Niveau de performance énergétique équivalent | |
|-----------------------|--|---|--|
| Logements collectifs | RT2012 avancée | RT2012-13% | |
| Commerces | NF Habitat HQE niveau « très performant » | RT2012 | |
| Résidences d'artistes | HQE niveau « excellent » | RT2012-10% | |
| Ateliers d'artistes | RT2012 avancée | RT2012-13% | |
| Programme culturel | - | RT Existant-Rénovation | |

L'espace de stockage d'œuvres d'art devra remplir des conditions intérieures de température et d'hygrométrie particulières. Une simulation a été réalisée afin de définir les besoins de chaleur et de froid sur l'année. Sur une partie « Stockage d'œuvres sensibles » la température définie est de 20°C(±1°C) constante sur toute l'année, avec une humidité relative de 50% (±10%). Sur une partie « Stockage d'œuvres standards » la température constante intérieure est à 16°C(±1°C). L'hygrométrie sur cette partie n'est pas contrôlée, mais ne doit pas être trop importante.

La répartition de surface entre les deux parties de l'espace de stockage n'est pas définie à ce stade du projet ; l'hypothèse retenue par le maître d'ouvrage est de 60% de la superficie dédiée aux œuvres sensibles et 40% de la superficie qui servira au stockage des œuvres standards.

La RT2012 fixe une consommation maximale d'énergie primaire annuelle surfacique notée Cep_{max}, pour les usages suivants :

- la production de chaleur pour le chauffage,
- la production de chaleur pour l'Eau Chaude Sanitaire (ECS),
- la production de froid,
- l'électricité réglementaire : éclairage des locaux, auxiliaires de chauffages et de ventilation.

Ce facteur Cepmax est modulable en fonction du climat et de la solution d'approvisionnement énergétique retenue, etc. Cependant, la présente étude est centrée sur la production énergétique : pour que la comparaison garde un sens physique, il a été décidé ici de travailler avec des bâtiments de même performance thermique quelle que soit la solution étudiée (i.e. avec des besoins en énergie utile identiques).

De plus, la RT 2012 est un mode de calcul à part entière, qui vise moins à prévoir les consommations énergétiques du futur bâtiment qu'à mettre en place une méthode de calcul transposable.

Par soucis de présenter une analyse économique globale réaliste, les ratios utilisés sont des ratios qui correspondent à une conception permettant d'atteindre les objectifs de performance visés (type et épaisseur d'isolant, surface vitrée, etc.) avec une consommation obtenue légèrement supérieure au seuil théorique autorisé, tendance souvent observée.

3.3.3 Recours au froid

Par défaut, aucun usage de climatisation n'est pris en compte dans les logements. Il est en revanche présent dans le reste des activités du projet.



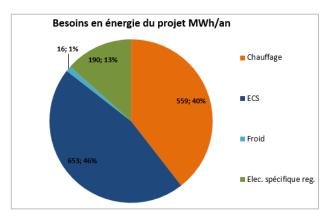
3.3.4 Besoins du site

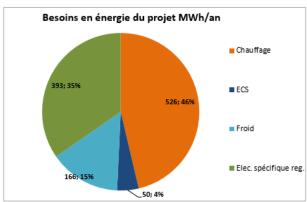
L'estimation des besoins énergétiques est réalisée sur la base de ratios énergétiques surfaciques en fonction de la typologie des bâtiments et l'évolution de l'occupation des locaux.

Sur l'ensemble du projet, les besoins en MWh/an s'élèvent à :

Tableau 2 : Besoins annuels en énergies du projet (MWh/an)

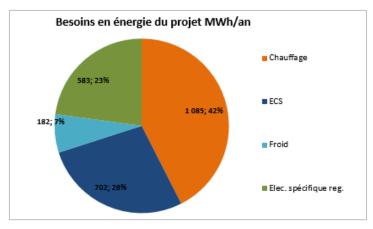
| Usage énergétique | Logements collectifs | Commerces | Résidences d'artistes | Ateliers d'artistes | Stockage d'œuvres d'art | Programme culturel |
|---|----------------------|-----------|--------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------|
| Chauffage | 544 MWh/an | 16 MWh/an | 20 MWh/an | 93 MWh/an | 170 MWh/an | 243 MWh/an |
| ECS | 653 MWh/an | 0 MWh/an | 32 MWh/an | 14 MWh/an | 0 MWh/an | 5 MWh/an |
| Climatisation | 0 MWh/an | 16 MWh/an | 0 MWh/an | 21 MWh/an | 51 MWh/an | 94 MWh/an |
| Electricité règlementaire (ventilation, éclairage) | 174 MWh/an | 16 MWh/an | 6 MWh/an | 86 MWh/an | 0 MWh/an | 301 MWh/an |





a/ Besoins de la partie « SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU »

b/ Besoins de la partie « FIMINCO »



c/ Besoins totaux du projet

Figure 4 : Besoins en énergie du projet par usage (MWh/an)

4. Analyse du potentiel en Energies Renouvelables et de Récupération

La SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU et le GROUPE FIMINCO, ont émis la volonté d'avoir des systèmes énergétiques dissociés pour les parties respectives portées par les deux promoteurs du projet. Cela affecte ainsi l'échelle d'application des énergies renouvelables disponibles sur le site et la pertinence de l'utilisation des différentes énergies renouvelables (faisabilité technique et économique) devra prendre en compte ce facteur.

4.1 Les réseaux de chaleur ou de froid

L'étude de potentialité du raccord à un réseau de chaleur ou de froid existant ou la création d'un réseau est un des axes de travail obligatoire de l'étude de faisabilité EnR. En effet, ces solutions mutualisées de production énergétique sont un moyen de développer à grande échelle les énergies renouvelables. Le réseau



de chaleur permet de bénéficier de l'effet de foisonnement¹ et donc parfois de diminuer les coûts d'investissement. Par contre, ils nécessitent une prise en compte particulière en amont du projet et souvent un portage fort de la part de l'aménageur.

De surcroît, un recours mutualisé à une source énergétique renouvelable est parfois le seul moyen de faire émerger le projet (effet de seuil ou de facteur d'échelle : par exemple dans le cas d'une valorisation de chaleur sur un incinérateur de déchets, le montant des travaux à engager ne peut justifier qu'un recours collectif massif à cette ressource).

4.1.1 Raccordement au réseau existant

Après consultation de la base de données Carmen, aucun réseau de chaleur n'est recensé sur le territoire de la commune.

Les réseaux les plus proches sont ceux de Bobigny et de Bagnolet situés respectivement à 1 km et 2 km du site.

Conclusion sur la ressource

Aucun réseau de chaleur existant à proximité du site.

4.1.2 Création d'un micro-réseau

Pour apprécier la pertinence du futur réseau, il faut calculer la densité énergétique du futur réseau. Elle représente la quantité d'énergie distribuée sur la longueur du réseau à installer. Plus la densité du réseau est élevée, plus l'installation est justifiée. A l'inverse, un réseau de faible densité va entrainer trop de pertes en ligne par rapport à l'énergie réellement distribuée. Une estimation de la longueur de réseau nécessaire a été faite d'après le plan d'implantation ci-contre.

Une estimation de la longueur de réseau nécessaire a été réalisée d'après le plan d'implantation ci-dessous.

La longueur du réseau estimée est d'environ 250 mètres linéaires pour les logements collectifs et le commerce et à 150 mètres linéaires pour la seconde partie du projet. L'estimation de la densité d'un réseau pour le projet d'aménagement est donnée ci-dessous :

 CAc_A – consommation thermique utile en chauffage et ECS annuelle réseau « SCCV Romainville Rousseau » = 1 212 MWh/an

 CAc_B – consommation thermique utile en chauffage et ECS annuelle réseau « FIMINCO » = 576 MWh/an

L - longueur du réseau

Dc_A – densité énergétique du réseau « SCCV Romainville Rousseau » = CAc_A /L = 4,9 MWh/(ml.an)

Dc_B - densité énergétique du réseau « FIMINCO » = CAc_B /L =3,8 MWh/(ml.an)

Réf : CICEIF191121/ RICEIF00805 18/Erreur ! Signet non défini.

¹ Le phénomène de foisonnement est observé quand les usages de chaleur/froid sont désynchronisés sur la zone (usages de jour et de nuit par exemple). Dans ce cas, la mutualisation des systèmes de production énergétique permet un dimensionnement inférieur à la somme des équipements individuels. En pratique, plus la diversité des activités de la zone alimentée par un réseau est grande, plus le foisonnement est grand. Sur des réseaux urbains importants, ce foisonnement peut atteindre 50%, ce qui signifie que l'on peut réduire de moitié la puissance des équipements par rapport à la somme de celles des solutions individuelles.





Figure 5 : Plan masse avec une estimation de longueurs de réseaux nécessaire

Les densités énergétiques constatées sont élevées et permettent de justifier la pertinence de micro-réseau de chaleur à l'échelle des deux parties du projet, en fonction des potentiels EnR qui seront identifiés par la suite.

Conclusion sur la ressource

Densités énergétiques des projets suffisamment élevées pour envisager la création de réseaux de chaleur.

4.2 L'énergie hydraulique

L'hydroélectricité est la première source renouvelable d'électricité en France métropolitaine en termes de production. Les installations hydroélectriques représentent en moyenne 12 à 14% de la production d'électricité (énergie) (soit 1/3 de l'énergie électrique renouvelable), et 25% de la capacité électrique installée (puissance) sur le territoire en 2015 (soit environ 25 000 MW).

Toutefois, aucun cours d'eau ne circule à proximité du site.

Conclusion sur la ressource

Aucun cours d'eau exploitable ne circule à proximité du projet.

4.3 L'énergie solaire

L'énergie solaire est présente partout (énergie de flux), intermittente (cycle journalier et saisonnier, nébulosité), disponible (pas de prix d'achat, pas d'intermédiaire, pas de réseau) et renouvelable. Cependant, elle nécessite des installations pour sa conversion en chaleur ou en électricité. Le caractère intermittent impose de se munir



d'un système d'appoint pour assurer une production énergétique suffisante tout au long de la journée et de l'année.

Le présent rapport se focalise sur les technologies jugées pertinentes à l'échelle d'une opération d'aménagement : la production d'électricité par panneau solaire photovoltaïque et la production d'eau chaude sanitaire par panneau solaire thermique.

4.3.1 Données climatiques et gisement

Sur la commune de Romainville, le rayonnement solaire annuel reçu par une surface plane horizontale est d'environ 1 210 kWh/(an.m²), ce qui est du même ordre de grandeur que la moyenne dans le Nord de la France:

| | de la simulation | 1000 | | | |
|-----------------|--------------------|------------------------|----------------|----------------|--------------------|
| Angle d'inclin | aison: | 0 ° | | | |
| Angle d'azim | ut: | 0 ° | | | |
| Production a | nnuelle PV: | 959 kWh 1210 kWh/m² | | | |
| Irradiation an | nuelle : | | | | |
| Variabilité int | erannuelle: | 27.40 % | | | |
| Irradiation g | lobale horizontale | Irradiation di | irecte normale | Irradiation gl | obale angle optima |
| Mois | 2016 | Mois | 2016 | Mois | 2016 |
| Janvier | 27.4 | Janvier | 23 | Janvier | 40.1 |
| Février | 48.4 | Février | 47 | Février | 69.4 |
| Mars | 86.4 | Mars | 74 | Mars | 108 |
| Avril | 130 | Avril | 107 | Avril | 144 |
| Mai | 143 | Mai | 106 | Mai | 145 |
| Juin | 143 | Juin | 85 | Juin | 138 |
| Juillet | 184 | Juillet | 156 | Juillet | 183 |
| Août | 166 | Août | 170 | Août | 184 |
| Septembre | 108 | Septembre | 106 | Septembre | 134 |
| Octobre | 71.9 | Octobre | 78 | Octobre | 103 |
| Novembre | 32.1 | Novembre | 34 | Novembre | 49.5 |
| Décembre | 29.2 | Décembre | 40 | Décembre | 53.3 |

Figure 6 : Ensoleillement moyen annuel en kWh/m²/an (source : PVGIS)

Avec une configuration optimale (inclinaison à 35° et orientation sud), les panneaux peuvent recevoir un rayonnement annuel atteignant 1 380 kWh/m².

Ce potentiel constitue une ressource non négligeable et permet d'étudier plus en détail l'utilisation de cette ressource.

La surface de toiture disponible et l'ensoleillement sont à mettre en regard des rendements des systèmes de production énergétique afin de conclure s'il y a présence ou non d'un réel potentiel solaire.

D'après les plans de masse et de toiture envisagés, la totalité des toitures des logements collectifs et les commerces du projet seront végétalisées et non accessibles afin de respecter les contraintes de gestion des eaux pluviales du projet. La ressource solaire ne sera donc pas exploitable en toiture sur cette partie du projet. A la vue des plans, l'implantation de panneaux au sol ne semble pas possible sur le site du fait de l'espace limitée disponible.

Sur la partie portée par le GROUPE FIMINCO, la superficie de toiture « brute » disponible serait d'environ de 1 160 m². Cette surface correspond au bâtiment du programme culturel, le reste des toitures sera utilisée pour la rétention d'eau sur toiture donc la gestion des eaux pluviales. Afin de tenir compte d'une compétition entre les usages de toiture, des orientations, de la place nécessaire à l'entretien des panneaux et pour éviter les ombres portées entre eux, la surface disponible retenue pour les panneaux est d'environ 350 m² (30% de la surface de toiture).



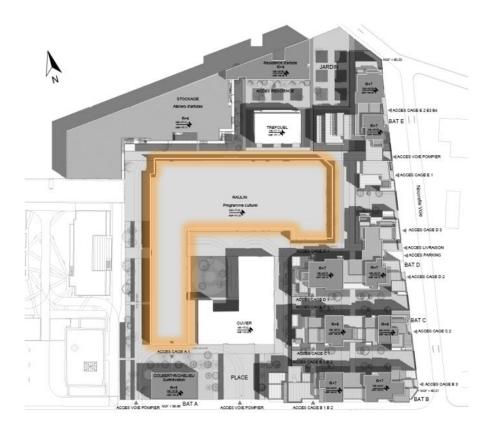


Figure 7 : Superficie de toiture brute disponible sur l'ensemble du projet

4.3.2 Projet à proximité de monuments historiques

Les articles *L. 313-1 et 2* du code de l'urbanisme imposent la consultation de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) lorsque les projets de travaux sont situés dans un espace protégé tel que les abords de monuments historiques. La *loi du 25 février 1943* instaure également un périmètre de protection de 500 m de rayon autour des monuments historiques, classés ou inscrits.

La zone Nord-Ouest du site étudié est **située dans un périmètre de protection d'un monument historique** (<500 m) aux abords d'un site inscrit (le Cimetière musulman de Bobigny). L'installation de panneaux solaires en toiture ou de modules susceptibles de modifier l'apparence extérieure du bâti sera donc soumise à l'avis consultatif de l'ABF, la mairie de Romainville devra quant à elle valider au préalable le projet avant sa mise en place.



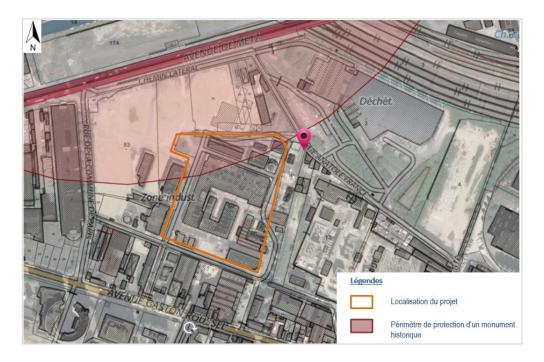


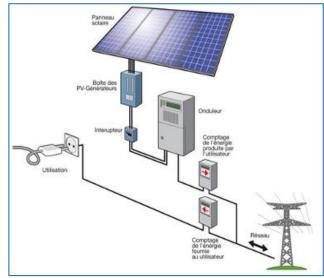
Figure 8 : Localisation du projet (Source : Atlas des Patrimoines)

4.3.3 Le solaire photovoltaïque

La filière photovoltaïque (PV) peut être séparée en deux types d'application, à savoir les systèmes de production d'électricité autonomes et les systèmes de production d'électricité raccordés au réseau de distribution de l'électricité.

Compte tenu du contexte de la mission, et de la désynchronisation entre les périodes de besoin en électricité et les périodes de production pour les usages électriques majeurs du site, seule la filière photovoltaïque raccordée au réseau sera évoquée par la suite.

Les panneaux solaires PV produisent de l'électricité à l'aide du rayonnement solaire (énergie solaire renouvelable). La performance énergétique d'un système photovoltaïque est influencée par un certain nombre de facteurs, notamment climatiques, technologiques, de conception et de mise en œuvre.



Potentiellement les panneaux solaires photovoltaïques peuvent s'installer partout : en toiture ou en terrasse, en façade, au sol, en écran antibruit, etc. Autant d'endroits possibles tant qu'ils respectent quelques règles de mise en œuvre : orientation favorable et inclinaison optimale (le rendement maximal étant observé lorsque les panneaux sont perpendiculaires au rayonnement solaire direct), sans masques ni ombres portées.

L'électricité produite est sous forme de courant continu. Afin de pouvoir l'injecter dans le réseau, il faut la transformer en courant alternatif et changer sa tension. Des modules appelées onduleurs permettent cette transformation, mais ils représentent un investissement supplémentaire et génèrent de nouvelles pertes énergétiques.



Production approximative pour le site « FIMINCO »:

R, rendement moyen d'un capteur solaire photovoltaïque poly cristallin fixe et onduleur : 10 %

E, ensoleillement annuel: 1 380 kWh/m² (configuration de panneaux optimale)

Sc, surface de capteurs solaires : Sc = 350 m² (cf. ci-dessus)

PA, production annuelle : $PA = E \times R \times Sc = 48 \text{ MWh/an}$

A titre d'information, les besoins totaux en électricité spécifique réglementaire sont estimés à 393 MWh par an. D'après, la surface de capteurs solaires envisagée, la production d'électricité photovoltaïque pourrait compenser environ 12 % de cette consommation.

Cependant, la production n'a pas toujours lieu pendant les périodes de consommation, et les tarifs d'achat appliqués en France rendent la consommation directe moins intéressante.

Condition de raccordement des installations de PV :

L'achat de l'électricité photovoltaïque dépend fortement de la puissance installée et de la date du raccordement. Les tarifs sont également révisés régulièrement en fonction du nombre de raccords à l'échelle nationale. De surcroît, le cadre réglementaire est en pleine évolution, notamment de façon à prendre en compte la possibilité d'autoconsommer la production (consommation directe de l'énergie produite sur site) Pour ces raisons, il est difficile d'estimer précisément le gain financier de l'installation.

Si la vente de toute l'électricité produite sur le réseau (mécanisme de « vente totale » via les tarifs d'achat) était jusque-là la norme, ce système tend à s'essouffler (les tarifs d'achats baissent tous les trimestres). Inversement, l'autoconsommation (consommation prioritaire de l'électricité produite) est en plein essor car le prix de l'électricité conventionnelle augmente et des primes à l'achat sont mises en place dans ce cas de figure. Toutefois l'étude est à réaliser au cas par cas.

Tableau 3 : Tarifs de rachat total de l'électricité PV pour le 1^{er} trimestre 2019 en fonction de la puissance installée et du type d'intégration

| Intégration au bâti | | | | |
|--------------------------------|----------------|--|--|--|
| ≤ 3kWc | 18,72 cts€/kWh | | | |
| ≤ 9kWc | 15,91 cts€/kWh | | | |
| Intégration simplifiée au bâti | | | | |
| ≤ 3kWc | 18,72 cts€/kWh | | | |
| ≤ 9kWc | 15,91 cts€/kWh | | | |
| Non intégré au bâti | | | | |
| ≤ 36kWc | 12,07 cts€/kWh | | | |
| ≤ 100kWc | 11,19 cts€/kWh | | | |

Inversement, l'autoconsommation (consommation prioritaire de l'électricité produite) est en plein essors car le prix de l'électricité conventionnelle augmente et des primes à l'achat sont mises en place dans ce cas de figure.

Tableau 4 : Tarifs de rachat du surplus de l'électricité PV pour le 1^{er} trimestre 2019 en fonction de la puissance installée et du type d'intégration



| Sur bâtiment | | | | |
|--------------|--|--|--|--|
| ≤ 3kWc | prime de 400 € /kwc + vente à 10 c€/kWh) | | | |
| ≤ 9kWc | prime de 300 € /kwc + vente à 10 c€/kWh) | | | |
| ≤ 36kWc | prime de 190 € /kwc + vente à 6 c€/kWh) | | | |
| ≤ 100kWc | prime de 90 € /kwc + vente à 6 c€/kWh) | | | |
| > 100kWc | 0 | | | |

L'intérêt pourrait exister pour le programme culturel qui comporte des activités « de jour » (salle de spectacle, galeries d'art, espace de danse, espace de coworking), mais ces études doivent être réalisées au cas par cas une fois les consommations finement caractérisées car la simultanéité de la production et de la consommation est un paramètre clé de la faisabilité économique.

Conclusion sur la ressource

La production d'électricité d'origine photovoltaïque est estimée à environ 48 MWh/an sur le projet d'aménagement FIMINCO, et pourrait compenser près de 12 % de la consommation en électricité règlementaire.

Cette solution pourrait ainsi être proposée en option par les équipes de conception, notamment de façon à atteindre des objectifs de performance spécifiques.

4.3.4 Le solaire thermique

Le solaire thermique correspond à la conversion du rayonnement solaire en énergie calorifique. Traditionnellement, ce terme désigne les applications à basse et moyenne température ; les plus répandues dans le secteur du bâtiment sont la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage de locaux.



Comme mentionné en 4.3.1, le seul espace en toiture disponible est le toit du programme culturel. Les besoins d'ECS de cette partie du projet étant uniquement ceux des résidences d'artistes et ateliers d'artistes, la consommation serait donc décentralisée par rapport au lieu de la production. Cette configuration entrainerait des pertes de charges, des pertes thermiques en lignes ainsi que des contraintes de contrôle de pression importantes, ce qui rendrait le projet difficile à mettre en place.

Conclusion sur la ressource

Solution non retenue pour la suite de l'étude

4.4 L'énergie éolienne

L'énergie éolienne consiste à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, par l'intermédiaire d'une éolienne. Les machines actuelles sont utilisées pour produire de l'électricité qui est consommée localement (sites isolés), ou injectée sur le réseau électrique (éoliennes connectées au réseau). L'application connecté réseau ou grand éolien représente, en terme de puissance installée, la quasi-totalité du marché éolien. De même que les systèmes solaires, les systèmes éoliens nécessitent la mise en place d'un appoint.



4.4.1 Grand éolien (puissance > 350 kW)

L'installation de grandes éoliennes n'est pas envisageable en milieu urbain à cause des nuisances et des risques générés.

Conclusion sur la ressource

Le grand éolien n'est pas envisageable sur le projet.

4.4.2 Moyen et Petit éolien

Le moyen éolien (36 kW < P < 350 kW) est généralement composé de petites éoliennes à axe horizontal adaptées au milieu rural.

Le petit éolien (< 36 kW) en milieu urbain est peu développé. Pour répondre aux problématiques d'utilisation de l'espace, plusieurs types d'éoliennes à axe vertical se sont développés. Les retours d'expériences montrent une technologie peu fiable voire sans intérêt économique.



Dans les deux cas, il existe beaucoup trop d'incertitudes (vent réellement disponible, direction changeante, efficacité des systèmes) et de contraintes (bruit, structure, maintenance) pour proposer ces solutions à grande échelle. De plus, la faible hauteur des installations les rend très sensibles aux perturbations aérodynamiques engendrées par les bâtiments alentours.

Une note de l'ADEME parue en octobre 2013 rend compte de ces difficultés : « Dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain. Outre le fait que les éoliennes accrochées au pignon d'une habitation peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment, le vent est, en milieu urbain et péri-urbain, en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable ». De surcroît, la loi de finance 2016 a supprimé le petit éolien des systèmes éligibles au crédit d'impôt à partir du 1er janvier.

Conclusion sur la ressource

Le petit et le moyen éoliens présentent un potentiel faible sur le projet.

4.5 La combustion de biomasse

L'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques représente une part importante de l'objectif de la France qui, dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, s'est engagée à porter à hauteur de 23% sa part EnR dans sa consommation énergétique finale d'ici 2020.

La combustion de la biomasse est considérée comme non émettrice de gaz à effet de serre car l'intégralité du CO₂ rejeté dans l'atmosphère lors de sa combustion a été prélevée dans cette même atmosphère lors de la phase de croissance de la biomasse. Sous réserve d'une gestion responsable et durable des forêts (ou autres gisements en biomasse), le bilan CO₂ de photosynthèse-combustion est donc neutre.

Cependant la combustion de 1 kWh PCI de biomasse est pondérée de l'émission de 0,004 à 0,015 kgCO₂e (source : ADEME) du aux transformations de la récolte jusqu'à sa mise en forme combustible. Au regard des autres énergies (0,235 kgCO₂e pour 1 kWh PCI de gaz produit puis brûlé), la biomasse reste une énergie peu carbonée.



4.5.1 Le bois énergie

La ressource en bois énergie en lle-de-France est importante et concerne principalement les bois déchets non souillés (classe A) provenant des déchets des ménages, des déchets du BTP et des déchets provenant d'autres activités économiques (315 kt/an) ainsi que le bois forestier (280 kt/an).

Trois obstacles pénalisent généralement l'utilisation de la biomasse dans le cadre d'un projet.

 Premièrement, le trafic routier nécessaire à l'approvisionnement en biomasse est une gêne probable (nuisances sonores, encombrement du trafic) pour les riverains. Même si les bâtiments du projet sont relativement peu énergivores, il faut compter a minima deux à trois livraisons annuelles par bâtiment de logements collectifs (selon volume du stockage).

Sur la base d'une consommation estimée pour le chauffage et l'ECS, le nombre de livraisons nécessaires en camions semi-remorques peut être évalué selon la méthode suivante :

Pour le projet « SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU » :

C – consommation énergétique efficace annuelle pour le chauffage et l'ECS : 1 212 MWh/an

PC² – pouvoir calorifique moyens des plaquettes forestières : 3 000 kWh/t

R - rendement moyen des installations de combustion : 80 %

Nt – nombre annuel de tonnes de plaquettes consommées : Nt = C x 10^3 / PC / R = 507 tonnes/an

Ch - chargement moyen d'un camion semi-remorque : 25 tonnes

NR – nombre annuel de rotations : NR = Nt/Ch = 21 rotations/an

Ce schéma d'approvisionnement représente en termes de trafic près de 21 rotations par des camions semi-remorques principalement durant la période de chauffe.

Pour le projet « FIMINCO » :

En considérant une consommation énergétique efficace annuelle pour le chauffage et l'ECS estimée à environ 576 MWh/an pour ce site, ce schéma d'approvisionnement représente en termes de trafic près de 10 rotations par des camions semi-remorques principalement durant la période de chauffe.

• Pour l'ensemble du projet :

Ce schéma d'approvisionnement représente en termes de trafic environ 31 rotations par des camions semi-remorques principalement durant la période de chauffe.

- Deuxièmement, s'ajoute la problématique de l'espace nécessaire pour la mise en place des chaufferies et pour le dépotage dans des conditions de sécurité satisfaisantes et le stockage, aspect qui doit être pris en compte à ce stade du projet.
- Troisièmement, la combustion de biomasse est émettrice de particules, ce qui impacte la qualité de l'air, nomment en lle-de-France. Toutefois, cette problématique est aujourd'hui globalement maîtrisée, notamment sur les installations collectives et récentes et les équipements actuels permettent de respecter les normes de qualité de l'air en lien avec la problématique francilienne sur ce sujet.

Enfin la solution induit un impact sur le coût d'investissement qui sera à prendre en compte dans l'analyse globale des solutions.

En conclusion, le bois-énergie présente un potentiel important, permettant de mobiliser une ressource et des emplois régionaux. Toutefois, l'espace nécessaire pour l'air de déchargement des camions implique de prévoir des réserves sur le projet.

² Le pouvoir calorifique des plaquettes forestières dépend majoritairement de son humidité. La valeur prise ici est une moyenne souvent donnée dans la littérature pour une humidité de 40%.



Conclusion sur la ressource

Solution retenue pour la suite de l'étude pour les deux projets

4.5.2 Biomasse agricole

On entend par biomasse agricole les sous-produits d'exploitation ne présentant plus de valorisation possible en termes d'alimentation ou d'utilisation comme matière première techniquement, économiquement et écologiquement viable. Le Grenelle 1 de l'environnement définit clairement cette priorité d'usage au recours de la biomasse en général :

Priorité 1 : alimentaire,

Priorité 2 : matériaux,

Priorité 3 : énergie.

L'utilisation de ces sous-produits en valorisation énergétique est généralement rendue compliquée par la diversité des matériaux (générant autant de procédés différents), leur répartition géographique, leur périodicité de disponibilité et l'absence de filières dédiées. Une grande partie des sous-produits existants est d'ores et souvent déjà utilisée pour des usages agricoles (retour organique à la terre, constitution de litières pour le bétail, etc.). A l'échelle d'un quartier, il est difficile de conclure sur l'existence d'un réel potentiel. Pour mettre en œuvre l'utilisation de cette biomasse, une approche directe, spécifique à chaque producteur, serait à envisager et à mener à l'échelle d'un territoire plus vaste.

Par ailleurs, les considérations menées sur les contraintes du bois énergie (espace, fret, filtration de particules) sont applicables au cas de la biomasse agricole.

Conclusion sur la ressource

Le site ne présente pas de potentiel en biomasse agricole.

4.6 Le biogaz

Le biogaz est un gaz issu de la fermentation de matières organiques animales ou végétales. Une fois récupéré, il peut être valorisé sous forme de chaleur et/ou d'électricité. Deux techniques de production existent : la méthanisation ou la récupération sur centre d'enfouissement technique. Seule la méthanisation dans un digesteur semble adaptée aux contraintes d'un projet d'aménagement urbain.

4.6.1 Valorisation des déchets

Les déchets organiques de cuisine peuvent produire une certaine quantité de biogaz, constitué à la fois de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄) dont les proportions peuvent varier selon la qualité des déchets et le processus de méthanisation. Dans le cas d'un digesteur moderne, la teneur en CH₄ du biogaz peut aisément atteindre 50%.

Un habitant français moyen génère chaque année environ 350 kg soit un gisement en énergie de près de 250kWh/an/personne.

Toutefois, les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement pour la collecte spécifique des déchets à méthaniser rendent ces opérations difficilement rentables. De plus, les déchets issus du quartier feront probablement l'objet de valorisation au niveau des unités collectives de traitement de l'agglomération (incinération avec production de chaleur et/ou d'électricité pour les déchets solides et biogaz au niveau des STEP). Pour l'ensemble de ces raisons, cette ressource ne sera pas retenue dans la suite de cette étude.



Conclusion sur la ressource

Le site ne présente pas de potentiel en valorisation des déchets.

4.6.2 Valorisation des sous-produits agro-alimentaires

Certaines productions ou certains résidus d'agriculture ou d'élevage ainsi que les boues de STEP peuvent également donner lieu à la production de biogaz via une unité de méthanisation mais les conclusions faites sur la méthanisation des déchets urbains sont également valables pour cette ressource qui ne sera donc pas retenue.

Conclusion sur la ressource

Le site ne présente pas de potentiel en valorisation des sous-produits agro-alimentaires.

4.7 La géothermie

On distingue en géothermie :

- La géothermie haute énergie (température supérieure à 150°C) : il s'agit de réservoirs généralement localisés entre 1 500 m et 3 000 m de profondeur. Lorsqu'un tel réservoir existe, le fluide peut être capté directement sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.
- La géothermie moyenne énergie (température comprise entre 90°C et 150°C): le BRGM la définit comme une zone propice à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1 000 m. Elle est adaptée à la production d'électricité grâce à une technologie nécessitant l'utilisation d'un fluide intermédiaire.
- La géothermie basse énergie (température comprise entre 30°C et 90°C): elle concerne l'extraction d'eau inférieure à 90°C dont le niveau de chaleur est insuffisant pour la production d'électricité mais adapté à une utilisation directe (sans pompe à chaleur) pour le chauffage des habitations et certaines applications industrielles.
- La géothermie très basse énergie (température inférieure à 30°C): elle concerne les nappes d'eau souterraine et sols peu profonds dont la température est inférieure à 30°C et qui permet la production de chaleur via des équipements complémentaires (pompe à chaleur notamment).

Les trois premiers types de géothermie nécessitent <u>des investissements importants et sont réservés à des projets d'ampleur</u> (réseau de chaleur ou production d'électricité). Ils demandent par ailleurs des contextes géologiques bien particuliers (recours à la nappe du Dogger en région parisienne par exemple).

La géothermie très basse énergie semble être la plus pertinente en termes de potentiel et de faisabilité technique (réglementation, coûts, etc.) à l'échelle du projet. Seule cette forme de géothermie est donc détaillée dans ce rapport. Il est à noter que le recours à ce type de géothermie peut fournir de la chaleur mais aussi un rafraîchissement direct (géocooling) ou une climatisation (via une pompe à chaleur, ou « PAC ») pendant la période estivale.

On recense deux techniques en géothermie très basse énergie :

- La géothermie sur nappe, qui consiste à pomper l'eau de la nappe souterraine pour en extraire les calories dans la pompe à chaleur, puis à la réinjecter dans la nappe,
- La géothermie sur sondes sèches, qui consiste à faire circuler un fluide caloporteur dans des sondes (circuit fermé), puis à en extraire la chaleur.

Réf : CICEIF191121/ RICEIF00805 28/Erreur ! Signet non défini.



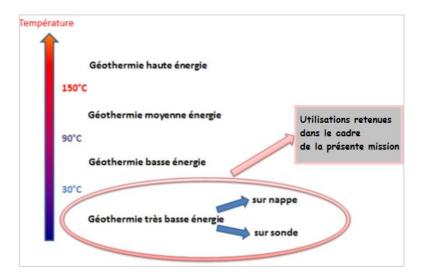


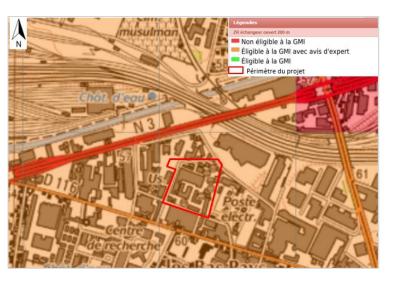
Figure 9 : Classes de géothermie

Ces usages de la géothermie nécessitent l'utilisation d'une pompe à chaleur qui permet d'exploiter au mieux l'énergie d'une source de température modérée.

4.7.1 Code minier

D'un point de vue réglementaire, le nouveau code minier a instauré la notion de gite géothermique de minime importance de façon à alléger les démarches nécessaires à la mise en œuvre de ces petites installations.

Un zonage a été publié pour apprécier l'éligibilité à ce statut de géothermie de minime importance :



No defigible a la GMI etigible à la GMI etimètre du projet

Figure 10 : Eligibilité à la GMI du projet pour les installations sur nappes (Source : BRGM/géothermie-perspectives.fr)

Figure 11 : Eligibilité à la GMI du projet pour les installations sur sondes verticales (Source : BRGM/géothermie-perspectives.fr)

L'ensemble du site d'aménagement est classé comme une zone éligible à la géothermie de minime importance avec avis d'expert (couleur orange) pour les installations sur sondes et sur nappe pour cause de présences d'évaporites au-dessus des formations que l'on cherche à étudier.



4.7.2 La géothermie sur nappe

L'étude générale réalisée par le BRGM sur le potentiel de la géothermie sur nappe classe la zone en « potentiel moyen » :



Figure 12 : Potentiel géothermique du meilleur aquifère (Source : BRGM/géothermie-perspectives.fr)

D'après les données du sous-sol, il existe plusieurs aquifères potentiellement productifs sur le site, dont le Lutétien et l'Yprésien.

L'étude des données sur les ouvrages de géologie (disponibles dans la Base du Sous-Sol) situés aux alentours du projet permet d'évaluer les débits que l'on pourrait exploiter sur la nappe (jusqu'à 40 m³/h) et donc la puissance extraite de l'ouvrage installé. Une première estimation permet démontre que l'installation de deux forages d'extraction permettent de couvrir près de 70% des besoins de chaleur du projet de logement et 80% des besoins du projet « Fiminco ».

Cependant plusieurs facteurs doivent être pris en compte à ce stade de l'étude:

- Il faudra potentiellement forer profondément (au moins 65 m pour un forage sur le Lutétien et 80 m pour l'Yprésien) ce qui induit des coûts élevés ;
- Les besoins très irréguliers de la partie Fiminco confrontés aux coûts fixes des forages rendent la solution de géothermie difficilement rentables (risques de surdimensionnement);
- La réinjection de l'eau en nappe nécessite de créer un forage de rejet qu'il est impératif d'éloigner du captage de 80 à 100 m (pour éviter le recyclage thermique), ce qu'il faut prendre en compte en amont du projet;
- La présence d'évaporites sur le site étudié rend difficile l'exploitation de la ressource. En effet, il sera nécessaire d'isoler lourdement l'ouvrage afin d'éviter l'abaissement du sol suite à l'exploitation géothermique, ce qui entrainerait des investissements supplémentaires et des réductions de débits de pompage.



Conclusion sur la ressource

La validation du potentiel géothermique nécessite des investigations et recherches plus fines que celles réalisées dans le cadre de l'étude du potentiel ENR et l'avis d'un expert sur la possibilité de mettre en place un ouvrage de géothermie sur le site.

Solution non retenue pour la suite de l'étude.

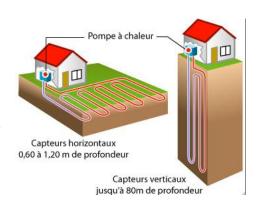
4.7.3 La géothermie sur sondes

Il est également possible de recourir à des sondes géothermiques verticales ou horizontales, plus coûteuses généralement, mais qui permettent d'exploiter des contextes géologiques défavorables à la géothermie sur nappe, ou plus perturbés.

Un fluide caloporteur les parcours et capte la chaleur du sous-sol. Cette énergie est alors valorisée en énergie de chauffage au moyen d'une pompe à chaleur.

Dans un contexte de lotissement relativement dense, les sondes verticales semblent davantage pertinentes pour réduire l'emprise au sol.

Néanmoins, ce type de dispositif nécessite un relatif équilibre entre les besoins de chaud et de froid afin de permettre un fonctionnement optimal et un investissement raisonnable. Il est donc difficile à implanter sur un projet essentiellement constitué de logements comme la partie SCCV Romainville.



Productivité de sondes pour la partie FIMINCO :

Le calcul suivant permet d'estimer la productivité d'une sonde verticale :

P_{sol}, puissance thermique récupérable dans le sol par mètre linéaire de sonde = 25 W/ml

L, longueur de la sonde = 199 ml (pour des raisons de réglementation, il est souvent choisi de ne pas forer au-delà de 200 m de profondeur³)

 P_{sonde} , puissance thermique fournie par une sonde : P_{sol} x L = 5 kW

COP, coefficient de performance global annuel = 3,1

Pth, puissance thermique fournie au bâtiment en sortie de PAC = Psonde / (1-1/COP) = 7,4 kW

Les besoins en puissance en chauffage et ECS pour la partie « FIMINCO » sont estimés en première approche à 760 kW soit plus de 100 sondes. Les sondes permettraient de couvrir une partie des besoins de chaud, mais aussi l'ensemble des besoins de froid, moins importants (250 kW de besoin de climatisation pour cette partie du projet).

Cependant la quantité de sondes nécessaire pour la couverture des besoins du projet nécessiterait un investissement très important et une prise en compte de l'intégration du champ de sondes sur la superficie disponible sur le site. De plus les besoins de la partie culturelle (notamment les galeries d'art et la salle de spectacle) étant très irréguliers, l'installation de cette technologie pourrait conduire à un surdimensionnement du système.

³ Le cadre réglementaire relatif à la géothermie dite "des sites géothermiques minime importance" prévu par le code minier est en consultation. Il précise une augmentation de la profondeur maximale ouvrages de 100 mètres à 200 mètres.



Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée

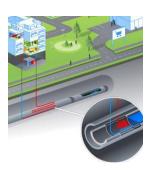
4.8 Récupération de chaleur sur eaux usées

Les eaux usées (issues de nos cuisines, salles de bain, lave-linge etc.) ont une température moyenne comprise entre 10 et 20°C (cette température varie bien sûr en fonction de la région et des saisons). Leur chaleur étant une énergie disponible en quantité importante dans les milieux urbains, une installation de ce type permettrait de réduire les consommations du site.

4.8.1 Installation collective (à l'ilot)

Un échangeur sur un collecteur important (diamètre et longueur) associé à une pompe à chaleur réversible permet de fournir les calories/frigories aux bâtiments afin de les chauffer ou de les refroidir.

Bien que l'installation collective permette une mutualisation des coûts, l'investissement reste conséquent et la faible puissance récupérée (de 1 à 1,5 kW/ml équipé) ne justifie généralement un tel investissement que pour des installations ayant une consommation régulière sur l'année (piscine municipale, ou usages mixtes chauds et froids, etc.).



Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée

4.8.2 Installation individuelle

A l'échelle du logement, un récupérateur de chaleur (échangeur) permet d'utiliser les calories évacuées par un système (douche principalement) pour préchauffer l'eau froide qui y parvient. L'étude d'une solution par logement multiplierait les coûts et rendrait plus difficile le suivi et la maintenance des installations.

A l'échelle d'un bâtiment, un récupérateur de chaleur permet d'utiliser les calories extraites des eaux usées et d'économiser l'énergie sur l'ECS (préchauffe de l'eau de ville).

Cette solution sera étudiée dans le cadre de cette étude notamment sur les bâtiments de logements du projet (logements collectifs et résidences d'artistes) afin d'optimiser la production d'ECS et d'augmenter le taux d'énergies renouvelables dans le mix énergétique du projet.

Conclusion sur la ressource

Solution à l'échelle de bâtiments retenue pour la suite de l'étude

4.9 L'aérothermie

L'aérothermie consiste à utiliser une pompe à chaleur sur l'air extérieur. Si les investissements sont inférieurs à la géothermie (pas de forage), le coefficient de performance du système est globalement moins bon car la température extérieure atteint des températures plus basses (particulièrement pendant la période de chauffage). Dans les cas extrêmes, le COP (rapport de l'énergie thermique obtenue sur l'énergie électrique dépensée) tend vers 1 et le système s'approche des performances d'un radiateur électrique à convection classique. Le recours à une pompe à chaleur est donc acceptable pour des bâtiments récents et bien isolés ayant des besoins de chauffage réduits dans des zones climatiques plutôt tempérées.



Dans le cas du projet, l'aérothermie est une solution de chauffage qui pourrait convenir aux logements neufs. A noter que les pompes à chaleurs peuvent soit être utiliser pour le chauffage, soit pour le chauffage et l'ECS, soit enfin pour l'ECS seule (on parle dans ce cas de ballon thermodynamique, la pompe à chaleur étant intégrée au ballon d'eau chaude).

Conclusion sur la ressource

Solution retenue pour la climatisation des locaux de commerce et d'activités.

4.10 La cogénération

La cogénération ne représente pas en soi une source d'énergie renouvelable au sens strict du terme, mais est plutôt une variante technique d'une chaudière à gaz ou biomasse.

Un système de cogénération est conçu pour produire à la fois de la chaleur et de l'électricité. L'électricité produite permet de combler des besoins électriques locaux (autoconsommation) ou peut être revendue sur le réseau électrique. Une partie de la chaleur de combustion est récupérée pour répondre aux besoins thermiques locaux : chauffage de bâtiments ou procédés industriels. Les équipements de cogénération sont habituellement activés par la combustion de gaz naturel ou de biomasse.

La viabilité financière des systèmes de cogénération est complexe et dépend de l'usage prioritaire qui en est fait. En pratique, l'intérêt n'est vérifié que pour des installations présentant des besoins très constants en chaleur, ce qui ne sera pas le cas du projet.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.11 Chaleur fatale industrielle

Il n'existe pas d'industriels sur l'île ni à proximité, donc il n'y a pas possibilité de récupérer de la chaleur fatale.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.



4.12 Synthèse de l'analyse de potentiel en EnR

Tableau 5 : Synthèse de l'analyse du potentiel du site en énergies renouvelables et de récupération

| Ressourc | Ressource énergétique | Disponibilité de la ressource | Potentiel de la ressource | Avantages | Inconvénients | Conclusion intermédiaire |
|-------------|-----------------------|---|---|---|---|--|
| Hydraulique | | Aucun cours d'eau sur site | Nu | | | Potentiel inexploitable |
| Solaire | Thermique | Existante mais inexploitable pour la partie « SCCV Romainville Rousseau », 100% des toitures destinées à la gestion des eaux pluviales. | Productible annuel Partie « SCCV Romainville Rousseau »: Productible nul Partie « FIMINCO»: | - Energie « gratuite » et sans nuisances - Energie décarbonée en termes de production | - Nécessité d'un système d'appoint - Production et consommation désynchronisées - Lieux de production et de consommation différents | Potentiel faible, la configuration des installations de production et de consommation se prête peu à l'exploitation du solaire thermique |
| | Photovoltaïque | Existante sur le projet « FIMINCO » : Surface de panneaux envisageables : 350 m² | Productible annuel: Partie « SCCV Romainville Rousseau »: Nul Partie « FIMINCO»: | - Energie « gratuite » et sans nuisances - Energie décarbonée en termes de production | - Concurrence le solaire thermique en termes d'espace | Potentiel moyen à fort |
| С | Grand éolien | Impossible en secteur urbain | | | | Potentiel inexploitable |
| | Petit éolien | Aléatoire et d'ampleur non significative | | | | Potentiel faible à nul |
| Biomasse | Bois-énergie | Forte au niveau régional (nécessite fret) | Suffisant au vu des besoins du projet | - Source décarbonée | - Fret conséquent - Fort enjeu de la qualité de l'air dans la région impliquant de ne | Potentiel moyen à fort (collectif uniquement) |

19/06/2019Page 35/Erreur! Signet non défini.

▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 1 4. Analyse du potentiel en Energies Renouvelables, et de Récunération

KGINGER BURGEAP

GROUPE FIMINCO & SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU

| Ressourc | Ressource énergétique | enb | Disponibilité de la ressource | Potentiel de la ressource | Avantages | Conclusion Avantages Inconvénients intermédiaire | Conclusion intermédiaire |
|----------------|--------------------------|---------------------|---|---|---|---|-----------------------------|
| | | | | | | pas privilégier cette ressource | |
| | | | | | | - Emprise foncière importante | |
| | Biogaz | | Déchets urbains | Faible | | | |
| | Haute énergie | ərgie | | | | | Potentiel inexploitable à |
| | Moyenne énergie | énergie | | | | | l'échelle du site |
| | Basse énergie | ergie | | | | | |
| Géothermie | Très basse énerrie | PAC sur nappe | Présence d'aquifères Potentiel moyen | A priori insuffisant A confirmer à l'aide d'études complémentaires et avec l'avis d'un expert | Source d'énergie peu chère (électricité à haut rendement) Nuisances réduites | - Investissement conséquent, nécessité d'un appoint - Problématique de nappes polluées | Potentiel faible |
| | 2 0 0 0 0 | PAC sur sonde | Oui | Suffisant | -Etudes complémentaires nécessaires | - Investissement conséquent et nécessité d'un appoint | Potentiel moyen |
| Aérothemie | | | Oui (air) | Potentiel suffisant | - Investissements plus faibles que la géothermie | - Moins performante que la géothermie - Besoins de chauffage fort pour ce type d'installation | Potentiel moyen à fort |
| Róce A A De | Existant | | Pas de réseau à proximité du site | | | | Potentiel nul |
| chaleur/froid | Création | | (Énergie associée : bois énergie) Densité assez élevée pour envisa | ois énergie) pour envisager sa création | - mix renouvelable possible | - portage local nécessaire | Potentiel moyen à fort |
| | | | | | | | |

MAAD / EDL / MCN



GROUPE FIMINCO & SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU

Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)
 CAHIER 1 4. Analyse du potentiel en Energies Renouvelables et de Récupération

| Ressource énergétique | Disponibilité de la ressource | Potentiel de la ressource | Avantages | Inconvénients | Conclusion intermédiaire |
|---|----------------------------------|---|-----------|---------------|--|
| Récupération Eaux usées de chaleur fatale | Oui (eaux grises) | A priori exploitable Taux de couverture exact à confirmer à l'aide d'études complémentaires | | | Potentiel moyen à fort (logements collectifs uniquement) |
| | Pas de présence de site | site industriel à proximité | | | Potentiel inexploitable |

19/06/2019Page 36/Erreur! Signet non défini.



Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 1 5. Conclusions intermédiaires : scénarios énergétiques retenus

5. Conclusions intermédiaires : scénarios énergétiques retenus

Au regard de l'analyse des besoins de chacune des parties du projet, et de l'analyse du potentiel en énergies renouvelables, les scénarios d'approvisionnement suivants ont été retenus :

5.1 Partie « SCCV Romainville Rousseau »

Scénario conventionnel « Econv »

Production de chaleur dans les logements (chauffage et ECS) avec **chaudières gaz naturel à condensation** individuelles en pied d'immeuble.

Production de froid et de chaleur par pompe à chaleur aérothermique réversible par local de commerce

Scénario « ENR 1 »

Micro-réseau de chaleur alimenté par la **biomasse** (plaquettes ou granulés) avec appoint/secours chaudières gaz à condensation pour la production de chaleur.

Production de froid et de chaleur par pompe à chaleur aérothermique réversible par local de commerce

Scénario « ENR 2 »

Récupération de chaleur sur eaux grises avec collecteur en pied de bâtiment pour la production d'ECS. Appoint/secours gaz.

Chauffage assuré dans les logements par des **chaudières gaz naturel à condensation** individuelles en pied d'immeuble.

Production de froid et de chaleur par pompe à chaleur aérothermique réversible par local de commerce

5.2 Partie « FIMINCO »

Scénario conventionnel « Econv »

Production de chaleur (chauffage et ECS) avec **chaudières gaz naturel à condensation** individuelles en pied d'immeuble.

Production de chaleur et de froid dans les locaux culturels et les ateliers d'artistes par une **pompe à chaleur aérothermique** par local d'activité.

Scénario « ENR »

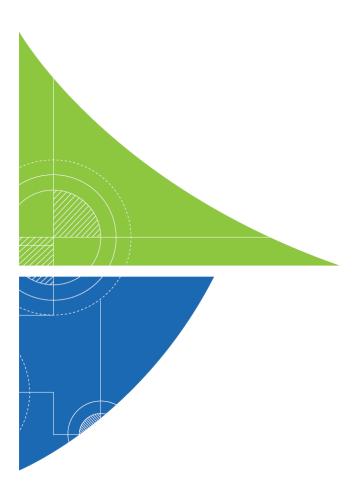
Chaufferie biomasse centralisée à plaquettes et/ou granulés avec appoint/secours chaudières gaz à condensation pour la production de chaud, alimentant un micro-réseau desservant les bâtiments de cette partie.

Production de froid avec un groupe froid.



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 5. Conclusions intermédiaires : scénarios énergétiques retenus

CAHIER 2





▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 6. Dimensionnements techniques

6. Dimensionnements techniques

La consommation énergétique seule ne suffit pas à caractériser une installation de production énergétique. Il faut également étudier sa puissance. La puissance d'une installation est sa capacité à dispenser de l'énergie plus ou moins rapidement. Or, les besoins calculés précédemment ne sont pas constants tout au long de l'année. Ils varient en fonction de paramètres climatiques (température extérieure, apports solaires) et d'usage (occupation des bâtiments, utilisation des équipements, etc.)

Pour retrouver cette puissance, les besoins énergétiques déterminés précédemment sont croisés avec des profils de consommation en fonction des usages (chauffage, froid, ECS) et des activités (logements, commerces, etc.). Ces profils de consommations sont construits à partir de données météorologiques et de différents retours d'expérience (campagnes de mesures, simulations thermiques dynamiques). Un exemple de profil annuel est donné dans la figure qui suit :

Des profils « type » de consommation sont ici utilisés pour mieux appréhender la saisonnalité des besoins en énergie, et les niveaux de puissance à mettre en œuvre. Cette première estimation ne remplace pas les études de dimensionnement à réaliser en phase de conception.

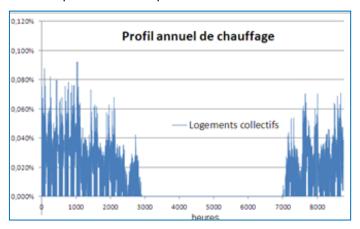


Figure 13 : Exemple de profil annuel utilisé

Un outil développé en interne permet d'analyser et de croiser ces profils, afin de construire la monotone de puissance des installations qui représente la répartition annuelle des puissances appelées. Elle permet donc d'analyser le régime de fonctionnement de l'installation au cours de l'année et de définir les besoins en puissance.

Pour une installation fonctionnant environ 6 400 heures au cours de l'année, on s'aperçoit que le régime de fonctionnement varie fortement et n'est réellement élevé que durant 1 000 heures environ. Le maximum atteint est la puissance utile à installer.

Ces calculs de puissance théoriques seront relevés d'un facteur de sécurité de 1,2 dans l'étude économique.



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 6. Dimensionnements techniques

6.1 Partie « SCCV Romainville Rousseau »

6.1.1 Scénario Econy

Rappel: le scénario conventionnel Econv consiste à la production de chaleur dans les logements grâce à des chaudières à condensation au gaz naturel individuelles en pied d'immeuble. La production de froid et de chaud est assurée par des pompes à chaleur aérothermiques individuelles par local de commerce. Ce scénario sert ici de référence pour la comparaison avec les scénarios d'intégration d'énergies renouvelables sélectionnés.

Production dans les logements

La puissance utile installée, nécessaire pour les usages de chaleur cumulés (chauffage et ECS) des bâtiments du projet, est déterminée à partir de la somme des puissances maximales appelées par chacun des immeubles du projet. Elle est estimée à 850 kW pour l'ensemble des bâtiments du site.

Production dans les commerces

La puissance utile installée, nécessaire pour les usages de chaud dans l'ensemble des commerces du projet, est estimée à environ 22 kW. Cette puissance permettra de couvrir les besoins plus faibles en froid qui sont de 18 kW.

6.1.2 Scénario EnR 1

Rappel : ce scénario prévoit la production de chaleur (chauffage et ECS) à l'aide d'un micro réseau approvisionné par des chaufferies biomasse à plaquettes ou granulés avec appoint/secours chaudière gaz à condensation. La production de froid et de chaud est assurée par des pompes à chaleur aérothermiques individuelles par local de commerce.

Production dans les logements

Tableau 6 : Dimensionnement technique de la chaufferie bois « SCCV Romainville Rousseau »

| Sites desservis | Linéaire (ml) | Puissance bois estimée (kW) | Puissance gaz estimée (kW) |
|----------------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Logements collectifs | 250 ml | 180 kW | 800 kW |

La puissance bois estimée permet un taux de couverture de 70% des besoins de chauffage et d'ECS.

Production dans les commerces

La puissance utile installée, nécessaire pour les usages de chaud et de froid dans l'ensemble des commerces du projet, reste égale à celle du scénario précédent (22 kW chaud et 18 kW froid).

6.1.3 Scénario EnR 2

Rappel: ce scénario prévoit la production d'ECS dans les logements grâce à la récupération de chaleur sur eaux grises par des collecteurs individuels aux immeubles. L'appoint/secours de la production d'ECS est assurée par une chaudière gaz. Le chauffage est assuré grâce à des chaudières à condensation au gaz naturel en pied d'immeuble. La production de chaleur et de froid dans les commerces est assurée par des pompes à chaleur aérothermiques réversibles.



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 6. Dimensionnements techniques

Production dans les logements

Les besoins journaliers en ECS des logements collectifs ont été estimés à environ 36 000 L. La récupération de chaleur sur eaux usées se faisant via des pompes à chaleur (PAC) raccordées à un collecteur d'eaux grises, le dimensionnement du système devra prendre en compte ces auxiliaires.

Un pré-dimensionnement de la solution en production semi-accumulée a permis d'estimer la puissance nominale totale des PAC raccordées à 240 kW.

La puissance utile installée, nécessaire pour le chauffage des logements du projet et pour l'appoint/secours de la production d'ECS est semblable à celle du scénario du référence soit 850 kW.

Production dans les commerces

La puissance utile installée, nécessaire pour les usages de chaud et de froid dans l'ensemble des commerces du projet, reste égale à celle du scénario précédent (22 kW chaud et 18 kW froid).

6.2 Partie « Fiminco »

6.2.1 Scénario Econy

Rappel: le scénario conventionnel Econv consiste à la production de chaleur grâce à des chaudières à condensation au gaz naturel individuelles en pied d'immeuble. La production de froid est assurée par des pompes à chaleur aérothermiques individuelles au local de commerce. Ce scénario sert ici de référence pour la comparaison avec les scénarios de développements en énergies renouvelables sélectionnés.

Production de chaleur

La puissance utile installée, nécessaire pour les usages de chaleur cumulés (chauffage et ECS) des bâtiments du projet, est déterminée à partir de la somme des puissances maximales appelées par chacun des immeubles du projet. Elle est estimée à 760 kW pour l'ensemble des bâtiments du site.

Production de froid

La puissance utile installée, nécessaire pour les usages de froid des locaux d'activités du programme culturel, est estimée à environ 250 kW.

6.2.2 Scénario EnR

Rappel: ce scénario prévoit la production de chaleur (chauffage et ECS) à l'aide d'un micro réseau approvisionné par des chaufferies biomasse à plaquettes ou granulés avec appoint/secours chaudière gaz à condensation.. La production de froid est assurée par un groupe froid.

Production de chaleur

Tableau 7 : Dimensionnement technique de la chaufferie bois « Fiminco »

| Bâtiments desservis | Puissance bois estimée (kW) | Puissance gaz estimée (kW) |
|--|-----------------------------|-------------------------------|
| Programme culturel Résidences d'artistes & Stockage d'œuvres d'art | 80 kW | 570 kW |
| Résidences d'artistes | | |

La puissance bois nécessaire à la production de chaleur a été estimée avec un taux de couverture de 70%.



Production de froid

La puissance utile installée, nécessaire pour les usages de froid des locaux d'activités du programme culturel, reste égale à celle du scénario précédent (250 kW).

7. Analyse multicritère des scénarios retenus

7.1 Coûts d'investissements

La puissance des installations, déterminée précédemment, permet d'estimer les investissements liés. Le tableau ci-dessous présente l'estimation de ces investissements :

Tableau 8 : Coûts estimés des équipements de production énergétique *

| Partie du projet | Scénario | Equipements pris en compte | Investissement en k€ HT | Investissement total en k€ HT |
|-------------------------|-------------------------------|---|----------------------------|----------------------------------|
| | Econv : Scénario | Achat et installation chaudières gaz à condensation | 215 k€HT | |
| | de référence | Achat et installation pompes à chaleur aérothermiques réversibles | 15 k€HT | 230 k€HT |
| | | Achat et installation de chaudières biomasses, silos et équipements annexes | 46 k€HT | |
| « SCCV Romainville » | ENR1 | Achat et installation de chaudières gaz à condensation (en appoint/secours) | 189 k€HT | 368 k€HT |
| | | Déploiement du réseau | 118 k€HT | |
| | | Achat et installation pompes à chaleur aérothermiques réversibles | 15 k€HT | |
| | ENR2 | Achat et installation système ⁴ complet de récupération de chaleur sur eaux grises (PAC + Ballon stockage ECS + Cuve stockages eaux usées) | 607 k€HT | |
| | | Achat et installation chaudières gaz à condensation | 215 k€HT | 837 k€HT |
| | | Achat et installation pompes à chaleur aérothermiques réversibles | 15 k€HT | |
| « Fiminco » | Econv : Scénario de référence | Achat et installation chaudières gaz à condensation | 197 k€HT | 325 k€HT |

⁴ Tarif ne comprenant pas le groupe hydraulique et le système de maintenance



| Partie du projet | Scénario | Equipements pris en compte | Investissement en k€ HT | Investissement total en k€ HT |
|---------------------|---|---|----------------------------|----------------------------------|
| | | Achat et installation pompes à chaleur aérothermiques | 128 k€HT | |
| | | Achat et installation chaudière biomasse, silo et équipements annexes | 31 k€HT | |
| | ENR | Déploiement du réseau | 55 k€HT | 268 k€HT |
| EINK | Achat et installation chaudières gaz à condensation | 147 k€HT | 200 KET I | |
| | | Achat et installation groupes froids | 128 k€HT | |

^{*} Hors coûts réseaux extérieurs

Ces estimations sont évidemment des ordres de grandeurs issus de données moyennes et la consultation de fournisseurs permettra dans la suite du projet d'affiner ces prévisions économiques. Ils sont donnés à titre indicatif avec une précision de +/- 30%.

7.2 Analyse économique en coût global

Le coût d'investissement seul est une vision cependant très court terme de la problématique énergétique. Pour apprécier le coût réel d'un scénario sur l'ensemble de sa phase de vie, le coût global annualisé des 3 scénarios a été calculé. Il s'agit du coût total sur 20 ans (investissement et fonctionnement) rapporté à l'année.

7.2.1 Hypothèses économiques

Les paramètres suivants sont fixés pour la suite de l'étude :

• Durée d'observation économique : 20 ans

Part de l'investissement en fond propre : 20 %

Taux d'intérêt de l'emprunt : 3 %

7.2.2 Evolution des prix de l'énergie

Afin de calculer les dépenses liées aux combustibles, il convient de s'interroger sur l'évolution des prix de l'énergie au cours des 20 prochaines années. Les hypothèses suivantes sont faites pour notre étude :

Électricité, gaz : +3%/an

• Bois pellets: +2%/an

7.2.3 Résultats économiques⁵

Pour rendre l'analyse du coût global annualisé possible, ce dernier est décomposé en 4 parties distinctes :

P1 : coût du combustible,

P2 : coûts de maintenance courante,

P3 : coûts de renouvellement,

⁵ Le calcul est réalisé « hors externalités » (gestions des terres, enveloppe du bâti, etc.)



- P41 : investissement (calculé au chapitre 7.1),
- P42 : coût de l'emprunt et autres taxes.

Les résultats de l'analyse sont présentés dans les deux graphiques suivants, pour une augmentation du prix des énergies conventionnelles 3%/an :

D'après les hypothèses listées, l'analyse en coût global peut se résumer de la façon suivante.

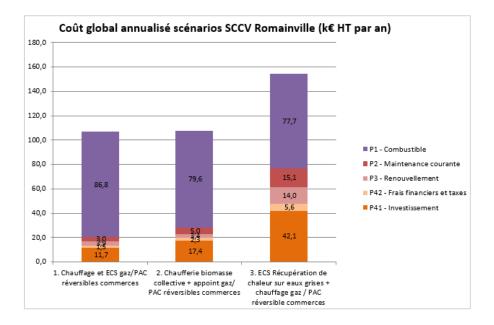


Figure 14 : Coût global annualisé des différents scénarios étudiés pour le projet « SCCV Romainville »

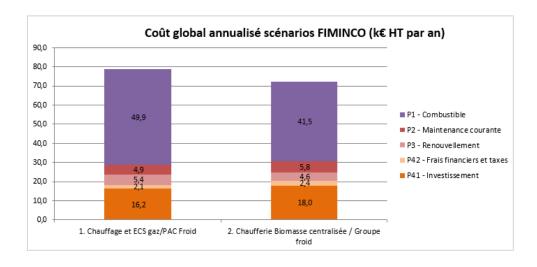


Figure 15 : Coût global annualisé des différents scénarios étudiés projet « Fiminco»

Par rapport au scénario de référence (scénario Econv) :

 Pour le projet de logements collectifs et de commerces, le scénario EnR 1 présente un coût d'investissement plus important (+48%). Ce surcoût est dû à la création du réseau de distribution qui s'ajoute à l'achat et l'installation des chaudières. Le coût global de cette solution est cependant





équivalent avec les hypothèses prises en compte. Il est à noter que ce scénario est cependant éligible aux aides du Fonds Chaleur ce qui permettrait de réduire le coût global sur la production.

Le scénario EnR 2 a également un coût d'investissement plus élevé que la référence (représentant 3,6 fois le prix d'investissement). Il est à noter que cette estimation est réalisée hors frais liés aux options de la technologie (groupe hydraulique, ...) qui seront à prendre en compte dans le coût d'investissement.

• Pour le projet de développement d'activités culturelles, bien que le scénario « renouvelable » présente un investissement plus important (+11%), ce surcoût est compensé au niveau du coût global (8%).

7.2.4 Résultats environnementaux

Les différents scénarios retenus sont comparés sur quatre critères environnementaux :

- · leurs émissions annuelles de gaz à effet de serre,
- de particules (PM10 et PM2,5)
- et de déchets radioactifs générés par la production d'électricité.

Les usages pris en compte dans ce calcul sont la production de chaleur pour le chauffage et l'ECS, ainsi que la production de froid.

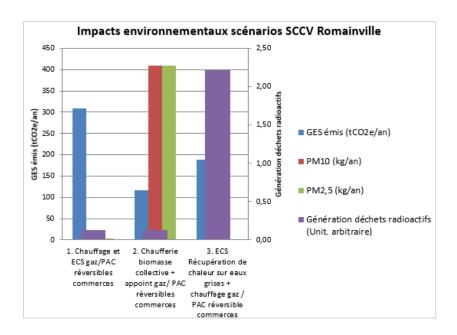


Figure 16 : Comparatif environnemental (GES, particules et déchets radioactifs) des scénarios retenus (partie SCCV Romainville)

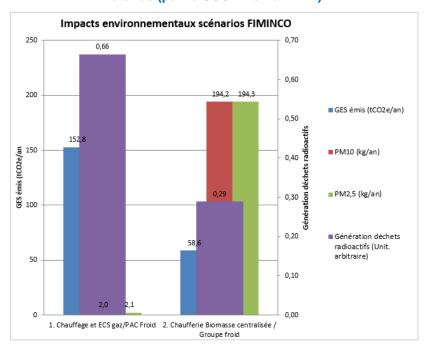


Figure 17 : Comparatif environnemental (GES, particules et déchets radioactifs) des scénarios retenus (partie Fiminco)

^{*} Les émissions de GES dues aux fuites de fluide frigorigène des PAC ne sont pas prises en compte, le taux de fuite et le facteur d'émission variant fortement d'un système à l'autre.



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 8. Intégration architecturale

Le scénario conventionnel est le plus émissif en termes de gaz à effet de serre. Selon ce critère, le scénario ayant le moins d'impact est le scénario EnR1 pour le site « SCCV Romainville » (-63%), le scénario ENR2 permettant également une réduction de 49%.

En termes d'émissions de particules, les scénarios d'exploitation de bois-énergie sont les plus émetteurs avec la combustion de la biomasse.

Il est à noter que le scénario ENR2 du site « SCCV Romainville » est génère le plus de déchets radioactifs du fait d'un recours important aux pompes à chaleur pour la production d'ECS et de froid et donc un usage d'électricité conséquent.

8. Intégration architecturale

Plusieurs scénarios de la présente étude prévoient des pompes à chaleur aérothermiques individuelles aux locaux qui disposent d'un module extérieur. L'intégration architecturale de ces modules doit donc être prise en considération en amont de la conception et confrontée à l'avis de l'ABF et l'approbation de la mairie.

La mise en place d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises pour la production d'ECS nécessite des prescriptions techniques particulières qui doivent être prises en compte en amont de la conception.



▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 9. Conclusion

9. Conclusion

L'étude de faisabilité du potentiel de développement en énergies renouvelables de l'opération immobilière mixte situé dans la commune de Romainville (93), mené en co-promotion par la SCCV ROMAINVILLE ROUSSEAU et le Groupe Fiminco s'est déroulée en trois étapes.

Dans un premier temps, la caractérisation des besoins en énergie a permis d'estimer les apports en énergie nécessaires au fonctionnement du projet. Ainsi, sur l'ensemble de la zone, les besoins de chaleur en énergie utile s'élèvent à près de 1 800 MWh/an. Les besoins de froid de l'ensemble du projet ont été estimés à environ 180 MWh/an. La répartition de ces besoins au cours de l'année a permis de dimensionner les installations de production énergétique nécessaires.

Dans un deuxième temps, et suite au souhait des promoteurs du projet, l'analyse du potentiel en énergies renouvelables s'est déroulée séparément sur les différentes parties réalisées par les aménageurs. Pour le projet porté par la SCCV Romainville Rousseau, le recours à l'aérothermie, au bois-énergie et à la récupération de chaleur sur eaux grises ont été identifiés comme pertinents. Sur la partie du Groupe Fiminco le bois-énergie et de l'aérothermie a été considérés les plus adéquat au regard des contraintes du projet.

- Partie « SCCV Romainville Rousseau » :
 - Scénario ENR1: création d'un micro-réseau de chaleur alimenté par de la biomasse pour la production de chaud dans les logements. Appoint/secours par chaudières gaz à condensation.
 Production de froid et de chaleur par pompe à chaleur aérothermique réversible par local de commerce.
 - Scénario ENR2: récupération de chaleur sur eaux grises avec collecteur en pied de bâtiment pour la production d'ECS. Chauffage et appoint/secours ECS assurés dans les logements par des chaudières gaz naturel à condensation individuelles en pied d'immeuble. Production de froid et de chaleur par pompe à chaleur aérothermique réversible par local de commerce.
- Partie « Fiminco » :
 - Scénario ENR: chaufferie biomasse centralisée à plaquettes et/ou granulés alimentant un microréseau desservant les bâtiments de cette partie avec appoint/secours chaudières gaz à condensation pour la production de chaleur (chauffage et ECS). Production de froid avec un groupe froid.

Ces scénarios ont été comparés avec le scénario « conventionnel » suivant :

 Scénario Econv: production de chaleur et d'ECS avec chaudière gaz naturel à condensation individuelle au bâtiment et production de froid avec des PAC aérothermiques.

Enfin, une **analyse économique** a permis de comparer les différents scénarios, en prenant à la fois en compte l'investissement et son financement, mais également les coûts de fonctionnement, tout en intégrant l'évolution des prix de l'énergie.

Pour compléter la comparaison, les différents **impacts environnementaux** (gaz à effet de serre, émissions de particules fines, et génération de déchets radioactifs) de chaque scénario ont été évalués.

▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 9. Conclusion

A titre de synthèse, le tableau suivant présente les résultats de la comparaison des scénarios en les classant du plus avantageux (note : 1) au moins avantageux (note : 3) sur les différents critères économiques et environnementaux :

Tableau 9 : Synthèse du comparatif des différents scénarios de la partie « SCCV Romainville »

| | Scénario Econv : Chauffage et ECS chaudières gaz à condensation + PAC aérothermiques réversibles dans les commerces | Scénario EnR 1 : Chaudière biomasse centralisée + appoint/secours gaz+ PAC aérothermiques réversibles dans les commerces | Scénario EnR 2 : ECS par récupération de chaleur sur eaux grises + appoint/secours ECS et chauffage gaz + PAC aérothermiques réversibles dans les commerces |
|--------------------------------|---|--|---|
| Coût global | 1 | 1 | 2 |
| Investissement | 1 | 2 | 3 |
| Impact GES | 3 | 1 | 2 |
| Impact particules | 2 | 3 | 1 |
| Impact « déchets radioactifs » | 1 | 1 | 2 |
| Impact « énergie primaire » | 1 | 2 | 3 |

Tableau 10 : Synthèse du comparatif des différents scénarios de la partie « FIMINCO »

| | Scénario Econv : Chauffage et ECS chaudières gaz à condensation + pompes chaleur aérothermiques pour la production de froid | Scénario EnR : Chaudière biomasse centralisée + appoint/secours gaz + groupe froid |
|--------------------------------|---|---|
| Coût global | 2 | 1 |
| Investissement | 1 | 2 |
| Impact GES | 2 | 1 |
| Impact particules | 1 | 2 |
| Impact « déchets radioactifs » | 2 | 1 |
| Impact « énergie primaire » | 1 | 1 |

L'analyse multicritères a permis de mettre en avant la pertinence du choix d'une solution ENR sur ce projet. Malgré un investissement plus important lors de l'installation, les scénarios ENR peuvent être compétitifs en termes de coût global (projection sur 20 ans), en plus d'un impact environnemental réduit de façon non négligeable. Les scénarios d'exploitation de bois-énergie offrent également une solution mutualisée à l'échelle des projets concernés.





▶ Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) CAHIER 2 9. Conclusion

L'analyse multicritère permet de valider, au stade de la préfaisabilité, la pertinence des scénarios ENR. En effet, bien que leur investissement soit supérieur à celui d'une solution traditionnelle, ils permettent des coûts de fonctionnement réduits et un impact environnemental mieux maîtrisé.