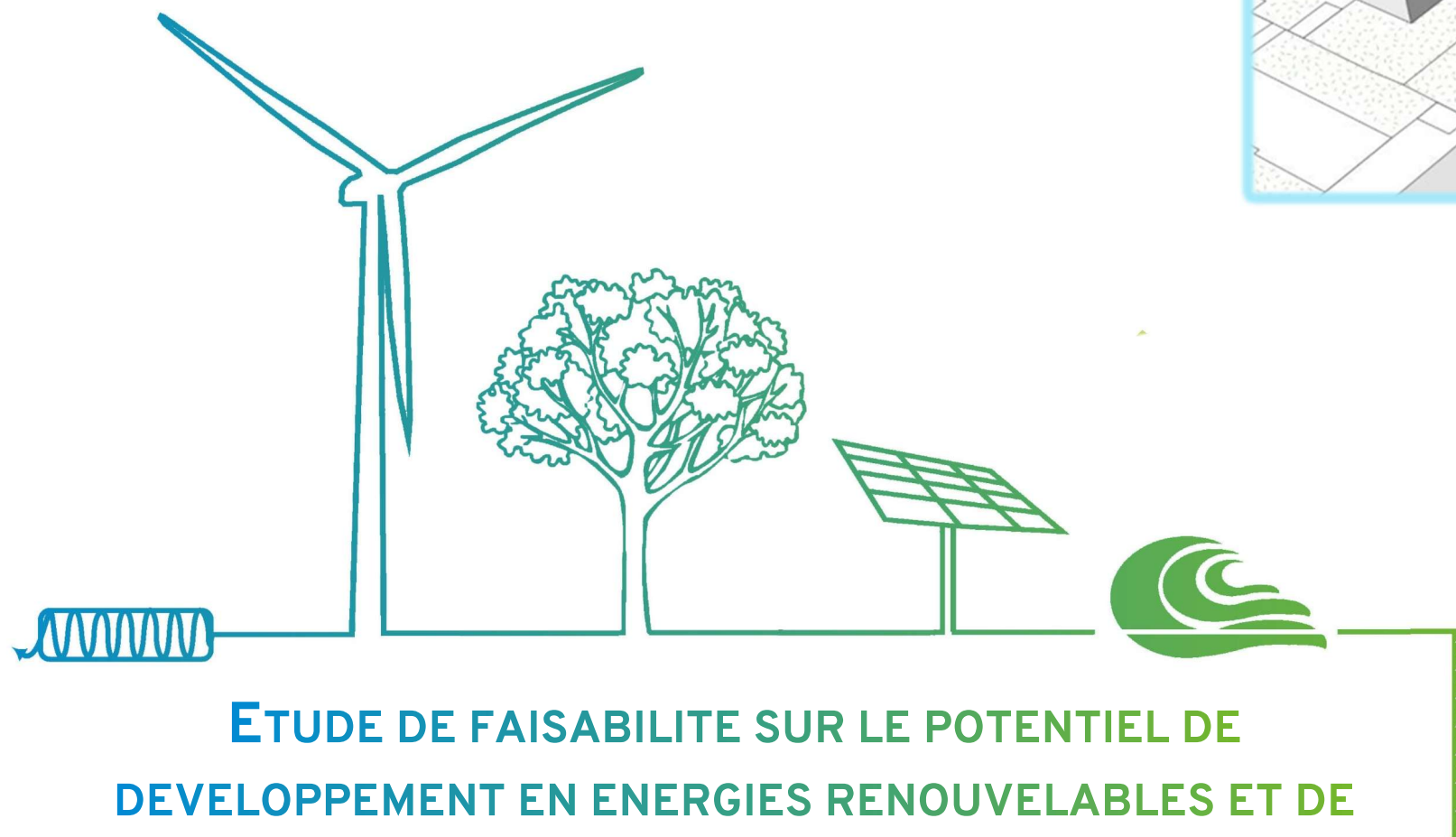




PROJET DE METAMORPHOSE DU CENTRE-VILLE DE GOUSSAINVILLE



ETUDE DE FAISABILITE SUR LE POTENTIEL DE
DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DE
RECUPERATION

INGETEC

13700-1 Version A du 20/05/2025

Maître d’Ouvrage		Porteurs du projet	
			

Document établi par :	
	INGETEC 135 Allée Paul Langevin Immeuble Faraday 76230 BOIS-GUILLAUME

Référence, auteur et archivage du document	
Référence	13700-1 Version A
Auteur(s)	Thibault FIODIERE – Chargé d’étude
Archivage	P:\Operations\OPE13700\13700\1\Documents\Goussainville - Note relative aux ENR.docx

Contrôle interne et suivi des modifications			
Contrôle	Date :	Par :	Visa :
Auto-contrôlé	20/05/25	Thibault FIODIERE – Chargé d’étude	
Vérifié et présenté	20/05/25	Mathieu DECAIGNY – Directeur de Projet	
Approuvé	20/05/25	Mathieu DECAIGNY – Directeur de Projet	

Version	Date	Nature des modifications
A	20/05/25	

SOMMAIRE

1	PRESENTATION GENERALE DU PROJET	5
2	CADRAGE REGLEMENTAIRE ET METHODOLOGIQUE	7
2.1	Cadrage réglementaire	8
2.1.1	Article L.300-1-1 du Code de l'urbanisme	8
2.1.2	Application de l'article L.300-1-1 du Code de l'urbanisme au projet.....	8
2.2	Cadrage méthodologique	8
2.2.1	Préalable	8
2.2.2	Méthodologie retenue pour l'EFPDENR&R	8
3	ETAPE 1 DE L'EFPDENR&R – ETUDE D'OPPORTUNITES	9
3.1	Cadrage préalable	10
3.1.1	Définition des énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)	10
3.1.2	Objectifs européens et français en termes de développement des énergies renouvelables	10
3.2	Enjeux énergétiques du projet.....	11
3.3	Identification des documents susceptibles d'orienter la stratégie énergétique du projet	12
3.3.1	Textes réglementaires et normes spécifiques associés aux énergies renouvelables	12
3.3.2	Documents stratégiques sur les questions associées aux modifications climatiques et aux énergies	12
3.3.3	Documents de planification territoriale : le PLU de Goussainville.....	14
3.4	Diagnostic territorial	15
3.4.1	Types d'énergies, systèmes et échelles.....	15
3.4.2	Étude d'opportunités sur le développement des ENR&R	16
4	CONCLUSIONS DE L'ETAPE 1 DE L'EFPDENR&R	31
5	ETAPE 2 DE L'EFPDENR&R	35
5.1	Préambule	36
5.1.1	Objectifs et méthode	36
5.1.2	Hypothèses	36
5.1.3	Estimation des besoins énergétiques des futurs bâtiments.....	37
5.2	Stratégie retenue pour la finalisation de l'EFPDENR&R.....	37
5.2.1	Scénario proposé	37
5.2.2	Synthèse du scénario proposé.....	40

1

PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Le secteur « Charmeuse » de Goussainville constitue une centralité d'échelle communale, à proximité d'un tissu résidentiel principalement pavillonnaire.

Il intègre un pôle d'équipements publics importants à l'échelle de la ville (Hôtel de Ville, théâtre, marché, centre municipal de santé ...) ainsi que des activités commerciales et de services. Cette centralité s'est renforcée au fil des dernières décennies, avec l'implantation d'équipements publics (Mairie, poste, CMS, théâtre ...), la création de la halte RER D « les Noues » qui dessert le centre-ville, et la construction de petits immeubles collectifs le long des axes principaux. Néanmoins, l'absence d'une vision d'ensemble cohérente pour le devenir de ce quartier, ainsi que des signes de dégradation (faible qualité des espaces publics, dégradation de l'offre commerciale et de l'offre de logements ...) nécessite d'engager un projet de requalification du centre-ville.

Les intentions de la ville en ce qui concerne ce réaménagement portent ainsi sur plusieurs axes :

- **Conforter et reconcentrer la polarité commerciale** (renouvellement des commerces, travail des espaces publics au profit des piétons) ;
- **Repenser l'ensemble des équipements publics** et faire de la culture la nouvelle identité du Centre-Ville (halle de marché, pôle culturel, extension du théâtre) ;
- **Créer des espaces publics fédérateurs**, propices à la détente et à la rencontre, autour des principaux équipements du Centre-Ville ;
- **Végétaliser et adapter le Centre-Ville** aux enjeux de développement durable (végétalisation des espaces publics et cœurs d'îlots, désimperméabilisation et gestion à la source des eaux pluviales, renforcement des trames écologiques) ;
- **Repenser le partage de l'espace public** en faveur des mobilités actives et des transports en commun (piétonnisation, liaisons cyclables intercommunales, pôle d'échange multimodal) ;
- **Renouveler le parc de logement** et répondre aux besoins des habitants (services de santé et de la petite enfance en pied d'immeuble)

Schéma 1 : Localisation et périmètre du projet de requalification du centre-ville de Goussainville.



2

CADRAGE REGLEMENTAIRE ET METHODOLOGIQUE

2.1 Cadrage réglementaire

2.1.1 Article L.300-1-1 du Code de l'urbanisme

« Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale 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. »

2.1.2 Application de l'article L.300-1-1 du Code de l'urbanisme au projet

En raison de ses caractéristiques et de la stratégie retenue par la Ville pour sa mise en œuvre, l'opération de requalification du centre-ville de Goussainville pourrait nécessiter la réalisation d'une évaluation environnementale.

Cette évaluation environnementale porte à la fois sur les constructions et aménagements projetés sur domaine privé ou sur des équipements publics, mais aussi sur la requalification des espaces publics nécessaires à la mise en œuvre du projet et permettant ensuite d'atteindre les objectifs fixés par la commune pour la transformation du quartier ; lesquels nécessitent, dans un second temps, l'intervention d'opérateurs privés (promoteurs, particuliers, ...) qui suivront leurs propres procédures opérationnelles (dossiers de demande de permis d'aménager et/ou de construire).

Dans ces conditions, l'opération de requalification portée par la commune de Goussainville sur le secteur du centre-ville entre donc dans le champ d'application de l'article L.300-1-1 du Code de l'urbanisme qui impose la réalisation d'une Étude de Faisabilité sur le Potentiel de Développement des Énergies Renouvelables et de Récupération (EFPDENR&R) pour toute opération d'aménagement soumise à évaluation environnementale.

2.2 Cadrage méthodologique

2.2.1 Préalable

Tout d'abord, il convient de noter que si l'article L.300-1-1¹ du Code de l'urbanisme énonce un certain nombre de principes qui doivent être développés dans l'EFPDENR&R, il ne précise pas le contenu détaillé ni la portée de l'étude de faisabilité qui ne sont par ailleurs abordés dans aucun autre texte légal ou réglementaire.

Dans ces conditions, il a donc été jugé utile de s'appuyer sur une méthodologie adaptée² visant à répondre à la fois aux prescriptions réglementaires fixées par le Code de l'urbanisme et à la stratégie opérationnelle définie pour la mise en œuvre du projet. À ce titre, deux remarques peuvent être formulées :

- L'article L.300-1-1 du Code de l'urbanisme n'indique pas qui doit être le maître d'ouvrage de l'EFPDENR&R ;
- L'article R.122-5 du Code de l'environnement impose uniquement que l'étude d'impact du projet comprenne les conclusions de l'EFPDENR&R et une description de la façon dont il en est tenu compte.



2.2.2 Méthodologie retenue pour l'EFPDENR&R

2.2.2.1 Méthodologie retenue pour la présente étude

Au regard de ce qui précède et conformément aux recommandations détaillées dans le guide méthodologique retenu en référence, le maître d'ouvrage a choisi de scinder l'EFPDENR&R en 2 étapes clés dont l'expertise est adaptée au contexte opérationnel du projet :

- **ETAPE 1** - Située au niveau des études préalables d'aménagement, elle consiste en un état des lieux des gisements (incluant leur pérennité, qui peut avoir déjà été étudiée dans le cadre du PCAET ou d'autres réflexions menées sur le territoire concerné) et un premier tri des solutions qui, en fonction du contexte local et des objectifs, peuvent présenter un potentiel intéressant. Les conclusions de cette 1^{ère} ETAPE peuvent conduire à orienter certaines caractéristiques de l'aménagement.

La réalisation de cette ETAPE 1 se traduit par la rédaction de la présente étude.

- **ETAPE 2** - Située au niveau des études de réalisation, elle repose sur l'analyse de la faisabilité technico-économique des différentes solutions envisageables (parmi la pré-sélection établie à l'issue de l'ETAPE 1) en vue de répondre aux besoins énergétiques propres aux constructions développées au sein de l'opération d'ensemble.

2.2.2.2 Objectifs recherchés

Comme indiqué ci-avant, la présente étude vise à engager l'EFPDENR&R et à permettre à la collectivité de fixer les premières grandes orientations du projet sur les questions énergétiques. Au regard de la méthodologie retenue, cette étude comprend donc la réalisation de l'ETAPE 1 dont l'objectif est d'aboutir à l'identification des solutions énergétiques les mieux adaptées au contexte d'implantation du projet. Les résultats de cette étude serviront ensuite à la réalisation de l'ETAPE 2 qui interviendra plus tard, au moment où des données plus précises sur les modalités de développement du projet émergeront.

Dans ces conditions, la transition entre les 2 étapes de l'EFPDENR&R apparaît comme étant un point particulièrement sensible pour assurer la continuité et la finalité de l'EFPDENR&R. Le second objectif de cette étude est donc de définir les modalités méthodologiques et organisationnelles permettant d'assurer cette transition.

Cette étude sera volontairement jointe à l'étude d'impact soumise à l'avis de l'autorité environnementale de manière à exposer en toute transparence les différents éléments relatifs aux questions énergétiques.

¹ L'article L.300-1-1 du code de l'urbanisme intègre désormais le contenu de l'ancien article L.128-4 qui a été abrogé

² La méthodologie retenue dans notre approche repose les recommandations du guide « Études sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements - Conseils pour la mise en œuvre de l'article L.128-4 du Code de l'Urbanisme » produit par un groupe de travail composé de différents services déconcentrés de l'Etat et accessible sur internet suivant ce lien : <http://www.certu.fr/guide-energies-renouvelables-et-a238.html>

3

ETAPE 1 DE L'EFPDENR&R – ETUDE D'OPPORTUNITES

3.1 Cadrage préalable

3.1.1 Définition des énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)

Une énergie renouvelable est une énergie produite à partir de sources non fossiles renouvelables (Directive européenne 2009/28/CE du 23 avril 2009), qui sont des ressources naturelles dont la vitesse d'exploitation permet la régénération du stock initial. La régénération s'apprécie à l'échelle de temps de la vie humaine. Relèvent ainsi de la catégorie des énergies renouvelables : les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse³, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz (Article L211-2 du Code de l'énergie).

Sont considérées comme énergies de récupération, l'exploitation énergétique de la fraction non biodégradable des déchets ménagers ou assimilés, des déchets des collectivités, des déchets industriels, des résidus de papeterie et de raffinerie, les gaz de récupération (mines, cokerie, haut-fourneau, aciérie et gaz fatals) et la récupération de chaleur sur eaux usées ou de chaleur fatale à l'exclusion de la chaleur produite par une installation de cogénération pour la part issue d'énergie fossile.

3.1.2 Objectifs européens et français en termes de développement des énergies renouvelables

3.1.2.1 Objectifs européens

La directive 2009/28/CE du 23 avril 2009 définissait initialement un cadre commun pour la promotion de la production d'énergie à partir de sources renouvelables et fixait des objectifs nationaux contraignants. Ces objectifs nationaux devaient permettre d'atteindre l'objectif global de 20 % d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de la Communauté d'ici à 2020.

Cette directive a fait l'objet d'une refonte et Directive 2018/2001 fixe un objectif collectif contraignant d'au moins 32 % d'EnR dans la consommation finale brute d'énergie de l'UE d'ici 2030. Contrairement à la précédente directive qui avait été définie pour la période 2013-2020, il n'y a cette fois-ci plus d'objectifs nationaux contraignants formels mais à partir du 1^{er} janvier 2021, la part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie ne doit pas être inférieure à des « niveaux de référence » nationaux en 2030. Les états membres doivent toutefois fixer eux-mêmes des « contributions nationales » afin de respecter collectivement l'objectif global de 32 % de l'UE.

Enfin, plus récemment et dans le cadre du Pacte Vert pour l'Europe et de la législation « Fit for 55 » de l'UE visant à atteindre l'objectifs de réduction de 55% des émissions de gaz à effet de serre en 2030, la Directive 2023/2413 est venue rehausser l'objectif de développement d'énergie renouvelable pour le porter à 42.5% de la consommation finale brute et incite les pays membres à viser 45%.

3.1.2.2 Objectifs français

La loi Grenelle du 3 août 2009 (loi n°2009-967) retranscrit les objectifs fixés par la directive européenne en portant à 23 % la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020.

Plus récemment, l'engagement de la France vers une véritable transition énergétique s'est traduit dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 (loi n° 2015-992) qui fixe les objectifs suivants :

- Augmenter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % de cette consommation en 2030, et atteindre 40 % de la production d'électricité d'origine renouvelable en 2030 ;
- Atteindre 38 % de la consommation finale de chaleur d'origine renouvelable et 10 % de la consommation de gaz d'origine renouvelable en 2030 ;
- Multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030.

Enfin, le 6 juillet 2017, le gouvernement français a lancé le Plan Climat qui fixe les conditions opérationnelles nécessaires pour d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, adopté en marge de la COP21 le 12 décembre 2015, suivant six thèmes principaux :

- Rendre irréversible la mise en œuvre de l'accord de Paris ;
- Améliorer le quotidien de tous les français ;
- En finir avec les énergies fossiles et s'engager vers la neutralité carbone ;
- Faire de la France le N° 1 de l'économie verte en faisant de l'accord de Paris une chance pour l'attractivité, l'innovation et l'emploi ;
- Mobiliser le potentiel des écosystèmes et de l'agriculture pour lutter contre le changement climatique ;
- Renforcer la mobilisation internationale sur la diplomatie climatique.

Concrètement, les orientations fixées dans le domaine énergétique correspondent aux axes suivants :

- **AXE 3.** Faire de la rénovation thermique une priorité nationale et éradiquer la précarité énergétique en 10 ans

Dans le domaine du logement, le gouvernement proposera un accompagnement à tous les Français à revenus modestes, pour que locataires et propriétaires en situation de précarité énergétique (c'est-à-dire ayant des difficultés à se chauffer ou à payer leur facture d'énergie) puissent se voir proposer une solution. Le gouvernement se fixe comme objectif de faire disparaître en 10 ans les passoires thermiques, c'est-à-dire les logements qui, mal isolés, conduisent à la précarité énergétique.

- **AXE 6.** Permettre à tous de consommer de manière responsable et solidaire

La consommation responsable, c'est permettre aux Français de produire et consommer leur propre électricité. C'est ce qu'on appelle l'auto-consommation. L'État soutiendra les quartiers ou les zones rurales qui souhaitent produire et consommer leurs propres énergies renouvelables, comme le biogaz, ou l'énergie solaire.

- **AXE 8.** Décarboner la production d'énergie et assurer une transition maîtrisée

Le charbon est aujourd'hui la principale source d'émissions de CO2 sur la planète. La France proposera des solutions d'accompagnement aux territoires concernés par la fin de la production d'électricité issue des centrales à charbon. La France deviendra ainsi l'un des premiers pays industrialisés sans charbon.

- **AXE 9.** Laisser les hydrocarbures dans le sous-sol

La France a décidé d'interdire tout nouveau projet d'exploration d'hydrocarbures. Cette décision concerne aussi les énergies fossiles dites non conventionnelles, comme les gaz et pétrole de schiste. Un projet de loi sera présenté dans ce sens au Parlement à l'automne.

- **AXE 14.** Accélérer le déploiement des énergies renouvelables

La France soutiendra aussi le développement des énergies renouvelables, en prévoyant des appels d'offre permettant d'atteindre l'objectif de 32% d'énergies renouvelables en 2030, en encourageant l'éolien terrestre et marin, mais aussi l'énergie solaire et l'utilisation de la biomasse pour produire de la chaleur. Il faudra donc accélérer car la France est en retard sur les objectifs de la Loi de transition énergétique

³ La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.

3.2 Enjeux énergétiques du projet

Comme nous l'avons vu au chapitre 1, le projet visé par la présente étude concerne l'opération de renouvellement urbain du centre-ville qui repose sur 6 grandes orientations :

1. Conforter et reconcentrer la polarité commerciale
2. Repenser l'ensemble des équipements publics
3. Créer des espaces publics fédérateurs
4. Végétaliser et adapter le Centre-Ville
5. Repenser le partage de l'espace public
6. Renouveler le parc de logement

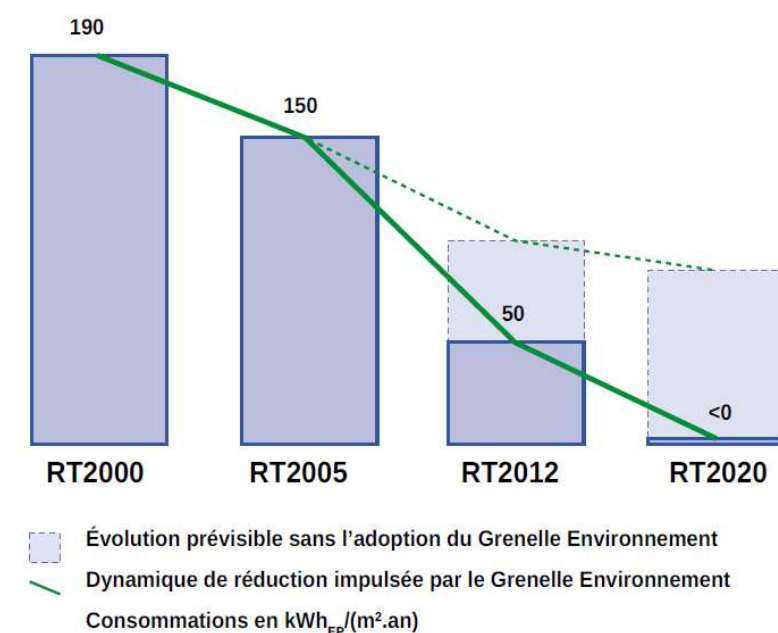
À ce stade, les points qui peuvent être affirmés dans le cadre de la présente étude concernent donc :

- La disponibilité de ressources énergétiques classiques sur le centre-ville avec :
 - Un réseau de desserte en gaz ;
 - Un réseau de desserte en électricité.

Ce sont par ailleurs ces réseaux dits classiques qui assurent actuellement la desserte énergétique de l'ensemble des équipements publics (bâtiment et éclairage) et de la plupart des constructions privées (habitations, commerces, activités, ...) implantées sur le centre-ville.

Il est à noter également que plusieurs bâtiments d'habitat collectif sont raccordés au réseau de chaleur exploité par Dalkia et alimenté par l'installation de cogénération à partir de biogaz, située à Plessis-Glassot.

Graphique 1 : Évolution des exigences énergétique des bâtiments neufs en application des orientations fixées par la loi Grenelle (ADEME)



3.3 Identification des documents susceptibles d'orienter la stratégie énergétique du projet

D'une manière générale, les différents documents susceptibles d'orienter la stratégie énergétique du projet peuvent être :

- Des textes réglementaires ou des normes spécifiques applicables au projet ;
- Des documents stratégiques sur les questions associées aux modifications climatiques et aux énergies ;
- Des documents de planification territoriale.

3.3.1 Textes réglementaires et normes spécifiques associés aux énergies renouvelables

À noter qu'à l'exception de la présente étude (en application du Code de l'urbanisme), compte tenu de la nature du projet, les textes réglementaires et normes spécifiques associés au développement des énergies renouvelables concernent principalement la création de bâtiments :

- La section 4 du Code de la construction et de l'habitation : Performance énergétique et environnementale et caractéristiques énergétiques et environnementales :

L'article R.111-22 (modifié par le décret n°2013-979) impose la réalisation d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie à toute construction de bâtiment nouveau à l'exception :

- Des bâtiments dont la surface de plancher est inférieure à 50 m² ;
- Des maisons individuelles ou accolées, compte tenu de l'obligation de recours aux énergies renouvelables au titre de l'application de la RT 2012 (article 16 de l'arrêté du 26 octobre 2010) ;
- Des extensions de bâtiments existants.

- La norme thermique fixée dans la réglementation environnementale RE2020 :

La RE2020 a été initiée en janvier 2020 et entrée en vigueur à l'été 2021. Elle est applicable depuis le 1^{er} janvier 2022 à la construction de bâtiments et parties de bâtiments à usage d'habitation dont les permis de construire seront déposés postérieurement à cette date. Depuis le 1^{er} juillet 2022 la réglementation s'applique également aux bureaux et à l'enseignement. Les bâtiments tertiaires plus spécifiques feront l'objet d'un volet ultérieur de la réglementation. Le label RE2020 accompagne la mise en place de cette nouvelle réglementation et servira également à préparer son évolution à moyen terme.

Cette réglementation va concerner tous les professionnels de la construction et imposera des exigences supplémentaires pour chaque construction neuve de bâtiment. L'objectif recherché au travers de cette RE2020 est d'optimiser la consommation énergétique et prendre en compte l'empreinte carbone du bâtiment tout au long de son cycle de vie, depuis la fabrication des matériaux, la construction, l'utilisation du bâtiment, sa déconstruction jusqu'au recyclage des matériaux.

La RE2020 repose donc entre autres sur des maisons possédant une isolation thermique, des apports en luminosité et des systèmes thermiques performants pour une consommation d'énergie minimale. Ces bâtiments devront aussi produire de l'énergie pour couvrir leurs propres besoins, grâce aux énergies renouvelables et à la mise en place de dispositifs tels que les panneaux photovoltaïques. Le confort global des occupants sera aussi pris en compte dans les critères de la RE2020 (qualité de l'air intérieur, confort thermique, lumière naturelle...).

Ces prescriptions réglementaires s'appliqueront de plein droit aux constructions nouvelles développées dans le cadre du projet de renouvellement du centre-ville de Goussainville.

3.3.2 Documents stratégiques sur les questions associées aux modifications climatiques et aux énergies

3.3.2.1 Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) de l'Île-de-France

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) constitue le cadre de référence régional en matière d'énergie et de qualité de l'air. Il a été approuvé par le Conseil régional le 23 novembre 2012 et arrêté par le Préfet de région le 14 décembre 2012. Le SRCAE d'Île-de-France définit les trois grandes priorités régionales à savoir :

- Le renforcement de l'**efficacité énergétique des bâtiments** avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire et de triplement dans le résidentiel ;
- Le développement du **chauffage urbain** alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalents logements raccordés d'ici 2020 ;
- La **réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du trafic routier**, combinée à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote).

Le SRCAE fixe 17 objectifs parmi lesquels certains s'appliquent peuvent s'appliquer au projet de renouvellement urbain du centre-ville, et concernent tout particulièrement les enjeux énergétiques évoqués dans la présente étude.

Tableau 1 : Objectifs du SRCAE de l'Île de France pouvant s'appliquer au projet du quartier centre-ville

BAT 1	Encourager la sobriété énergétique dans les bâtiments et garantir la pérennité des performances
BAT 2	Améliorer l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments et des systèmes énergétiques
ENR 1	Densifier, étendre et créer des réseaux de chaleur et de froid en privilégiant le recours aux énergies renouvelables et de récupération
ENR 2	Favoriser le développement des énergies renouvelables intégrées au bâtiment
ELEC 1	Maîtriser les consommations électriques du territoire et les appels de puissance
ECO 1	Faire de la prise en compte des enjeux énergétiques un facteur de compétitivité et de durabilité des entreprises

3.3.2.2 Le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR) d'Île-de-France

Le S3REnR Île-de-France a été réalisé en grande partie en 2013. Il détermine les conditions de renforcement du réseau de transport de l'électricité et des postes sources pour permettre l'injection de la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables. Il se base sur les objectifs proposés par le SRCAE. Le S3REnR comprend plusieurs éléments sur :

- les travaux de développement nécessaires pour atteindre les objectifs SRCAE, avec une distinction entre les créations de nouveaux ouvrages et le renforcement des ouvrages existants ;
- la capacité d'accueil globale du S3REnR, ainsi que la capacité réservée, par poste ;
- le coût prévisionnel des ouvrages à créer ;
- le calendrier prévisionnel des études et des procédures à suivre pour les travaux.

La production d'EnR en date de l'élaboration du document s'élevait à 161 MW, et 94 MW en file d'attente (+2 % par rapport à la date de dépôt). Le S3REnR prévoit au total une capacité d'accueil de 693 MW. LE S3REnR souligne donc que le réseau est suffisamment dense et bien dimensionné pour accueillir l'ensemble de la production d'énergies renouvelables visée par le SRCAE. Le document ne prévoit pas de travaux de renforcement.

3.3.2.3 Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) de Roissy Pays de France

La Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (Loi TECV) impose à tous les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) à fiscalité propre, de plus de 20 000 habitants, d'élaborer un Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) au plus tard le 31 décembre 2018.

Sur le territoire de Goussainville, le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) orchestré par la Communauté d'Agglomération Roissy Pays de France a été adopté le 21 octobre 2021.

Fruit d'un long travail en lien avec les associations et les autorités environnementales et d'une consultation citoyenne, le PCAET est l'instrument majeur de la transition écologique de la communauté d'agglomération. Performance énergétique des bâtiments, développement des modes de transports alternatifs, évolution des pratiques agricoles, développement des énergies renouvelables, le PCAET est désormais l'outil de coordination des politiques publiques portées Roissy Pays de France et ses communes pour réduire en priorité l'empreinte carbone du territoire.

Schéma 2 : Axes stratégiques du PCAET de la Communauté d'Agglomération Roissy Pays de France

Objectifs stratégiques du PCAET de Roissy Pays de France



Réduction des consommations énergétiques

- Réduire les consommations énergétiques du territoire
- Développer les Energies renouvelables et de récupération
- Coordonner l'évolution des réseaux énergétiques et la livraison d'énergies renouvelables



Amélioration de la qualité de l'air

- Réduire les émissions de polluants atmosphériques
- Réduire les concentrations des polluants atmosphériques
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre



Impact climatique

- Renforcer le stockage carbone sur le territoire, notamment dans la végétation, les sols et les bâtiments
- S'adapter au changement climatique

2030



Production d'énergie renouvelable

1 720 GWh
(32%)

32%



Consommation d'énergie finale entre 2015 et 2030

-25%

-25%



Emissions de GES entre 2015 et 2030

-31%*

-37%

2050



Consommation d'énergie finale entre 2015 et 2050

-51%

-51%



Emissions de GES entre 2015 et 2050

-76%

-76%



Le scénario Roissy Pays de France respecte la Stratégie Nationale Bas Carbone à horizon 2050. Le décalage constaté à horizon 2030 s'explique par la croissance démographique du territoire de 0,6% par an, ce qui induit des besoins en construction de nouveaux logements et des consommations d'énergies liées. A population constante, le scénario est conforme à la Stratégie Nationale Bas Carbone.

Le plan d'action du PCAET est composé de 47 actions répartis selon 8 axes reprenant des thèmes majeurs et structurant du développement solidaire et durable, à savoir le bâtiment, la mobilité, les énergies renouvelables, l'économie et la consommation, l'environnement, la qualité de l'air et enfin l'exemplarité et la gouvernance.

Tableau 2 : Actions du PCAET de Roissy Pays de France pouvant s'appliquer au projet du centre-ville de Goussainville

Thématiques	Actions	Objectifs de réduction 2026 / 2015 (Energie et GES)
Bâti, habitat	1.1. Mettre en place un accompagnement efficace et simplifié des ménages en situation de précarité énergétique 1.2. Accompagner les ménages dans leur projet de rénovation énergétique 1.3. Communiquer, informer et sensibiliser les élus et les habitants sur la rénovation énergétique 1.4. Renforcer les compétences et la sensibilisation des acteurs du bâtiment à la préservation des ressources et à l'économie circulaire 1.5. Améliorer la performance énergétique du bâti et favoriser la production d'énergies renouvelables dans le parc résidentiel 1.6. Intégrer les enjeux climat-air-énergie dans les politiques d'aménagement sur l'ensemble du territoire	Résidentiel : - 510 GWh - 92 000 tCO2e Tertiaire : - 430 GWh - 85 000 tCO2e

Thématiques	Actions	Objectifs de réduction 2025 / 2015 (Energie et GES)
Nouvelles énergies	5.1. Développer le solaire photovoltaïque et thermique 5.2. Créer un observatoire de la maîtrise de la demande énergétique et des ENR dont les réseaux de chaleur sur le territoire 5.3. Développer la géothermie 5.4. Développer et créer des réseaux de chaleur vertueux et des réseaux de froid 5.5. Faire naître des projets de production de biogaz et accompagner leur mise en œuvre 5.6 Structurer la filière bois locale et développer le chauffage bois de dernière génération	

3.3.3 Documents de planification territoriale : le PLU de Goussainville

À l'échelle administrative locale, le projet de renouvellement urbain du quartier du centre-ville est concerné par le PLU de la commune de Goussainville qui est entré en vigueur en juin 2018.

3.3.3.1 Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD)

Le PADD, pièce obligatoire du PLUi, constitue la première expression de ce projet politique commun. Il définit sur le long terme (10-20 ans) une vision prospective du développement territorial. Clé de voûte du PLUi, il répond aux enjeux identifiés dans le diagnostic de territoire. Il arrête les orientations générales retenues pour l'ensemble de la collectivité en matière d'habitat, de mobilité, de développement économique, d'équipements et de protection des espaces naturels et agricoles.

L'axe 3 du PADD intitulé « UN TERRITOIRE A VALORISER » traduit une ambition de devenir un pôle économique d'Ile-de-France. Un des objectifs de cet axe consiste à encourager le développement des énergies renouvelables disponibles sur le territoire. Deux orientations sont notamment à signaler :

- Encourager la mutualisation de la production énergétique : finir l'extension du réseau de chaleur existant au nord de la commune, alimenté par des énergies de récupération ; encourager la mutualisation de la production énergétique (chaleur et électricité) à l'échelle des opérations d'aménagement (quartiers, îlots) afin d'optimiser les systèmes et de faciliter leur maintenance, de gérer plus efficacement les appels de puissance, d'amortir la mise en œuvre de solutions énergétiques locales ou innovantes.
- Valoriser les énergies locales : valoriser une ressource géothermique disponible sur tout le territoire (géothermie sur nappe de faible profondeur) en étudiant la faisabilité d'exploitation de cette ressource lors des opérations d'aménagement ; encourager le recours aux énergies renouvelables et de récupération en rénovation et en construction neuve : > favoriser le développement de solutions énergétiques locales adaptées aux usages, comme le solaire thermique ou le bois énergie pour les habitations ; > inciter à l'utilisation d'énergies de récupération (récupération de chaleur sur les eaux grises par exemple) à l'échelle de bâtiments ou d'îlots afin de limiter les pertes inutiles ; > encourager la production d'électricité dans les zones d'activité économique (en particulier via des panneaux solaires photovoltaïques) pour répondre à des besoins spécifiques.

3.3.3.2 Les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP)

Le PLU de Goussainville définit deux OAP (Quartier de la Gare et Zone d'activités du Pied de Fer) mais le secteur d'étude ne recoupe pas ces périmètres

3.3.3.3 Le règlement écrit du PLU

Le projet s'inscrit à l'intérieur de la zone UB du règlement graphique du PLUi. Celle-ci correspond aux secteurs de centralité de la ville. Déjà existante au POS précédent, le PLU, en modifiant légèrement les contours de cette zone, renforce les pôles

de centralité et la vocation de mixité fonctionnelle des axes structurants qui les relient. La zone UB se subdivise en plusieurs secteurs en lien avec le Contrat de Développement Territorial. Au sein de la zone UB, les secteurs pertinents au regard du projet sont les secteurs :

- UBb (correspond au secteur d'opérations B du CDT, le long du boulevard Paul Vaillant Couturier),
- UBc (correspond au secteur d'opérations C du CDT, entre la place de la Charmeuse et la gare des Noues),
- UBd (correspond au secteur d'opérations D du CDT, entre la rue Victor Basch et le boulevard du Général de Gaulle, à proximité du centre-ville et de la gare des Noues, au sud des voies ferrées du RER D)
- Ube (correspond au secteur de la zone UB situé en zone D du PEB. Cette zone étant plus permissive que la zone C du PEB, ce secteur fait l'objet d'un traitement séparé. Situé en centre-ville, il se compose d'un tissu mixte, à proximité immédiate de la place de la Charmeuse.)

Le règlement écrit de la zone UB définit les règles générales pour la zone ainsi que les règles spécifiques aux secteurs UBb, UBc, UBd et Ube. En ce qui concerne le domaine de l'énergie le règlement de la zone UB mentionne les éléments suivants :

« Les constructions nouvelles seront de conception bioclimatique, c'est-à-dire faiblement consommatrices de chauffage, de froid et d'éclairage artificiel, grâce à une prise en compte des conditions environnementales et climatiques locales. Les constructions nouvelles favoriseront systématiquement le recours à des énergies renouvelables et/ou le raccordement à un réseau de chaleur. Les constructions nouvelles devront prendre en compte les objectifs du développement durable et de la préservation de l'environnement suivants tout en s'inscrivant en harmonie avec le paysage urbain existant :

- Privilégier les matériaux renouvelables, récupérables, recyclables,
- Intégrer des dispositifs de récupération de l'eau de pluie,
- Prévoir une isolation thermique pour réduire la consommation d'énergie,
- Utiliser les énergies renouvelables disponibles sur le territoire et adaptées au projet,
- Orienter les bâtiments pour favoriser la récupération des apports solaires et valoriser la lumière naturelle pour limiter les dépenses énergétiques. »

3.4 Diagnostic territorial

En matière d'approvisionnement énergétique, le panel de solutions est large et chaque solution dispose de ses atouts et de ses limites. Le diagnostic territorial vise à balayer l'ensemble des filières énergétiques potentiellement mobilisables à l'échelle de l'opération d'aménagement en tenant compte de son environnement propre.

3.4.1 Types d'énergies, systèmes et échelles

Le tableau ci-contre présente, pour chaque source d'énergie renouvelable ou de récupération, les principaux systèmes permettant de mobiliser cette ressource (liste non exhaustive), l'usage après conversion (chaleur, électricité, froid) ainsi que l'échelle la plus courante pour la mise en place des systèmes considérés.

La lecture de ce tableau est facilitée par un code couleur permettant de visualiser rapidement la probabilité d'existence de marges de manœuvre quant à l'utilisation de chaque ressource à l'échelle de l'opération d'aménagement et en tenant compte de sa situation géographique générale :

- Vert : utilisation adaptée au regard de l'échelle du projet ou de sa situation géographique générale ;
- Rouge : utilisation inadaptée au regard de l'échelle du projet ou de sa situation géographique générale.

Il permet de faire un premier tri des différentes filières énergétiques en excluant celles qui ne sont pas adaptées à l'échelle de l'opération d'aménagement ou à sa situation géographique générale.

À ce titre, au regard de cette analyse préalable, il apparaît que :

- Pour des raisons d'échelle ou de localisation géographique du projet, certaines filières ne sont pas adaptées à l'opération d'aménagement. À titre d'exemple, c'est le cas de :
 - L'énergie hydraulique (absence de cours d'eau à proximité et échelle inadaptée) ;
 - L'énergie marine mécanique (solution géographiquement inadaptée) ;
 - Le grand éolien (solution inadaptée à l'échelle de l'opération).
- A l'inverse, certains gisements sont particulièrement adaptés à l'échelle du projet d'aménagement. L'analyse qui est menée dans la partie suivante porte sur ces filières en vue de déterminer leur potentiel de mobilisation en tenant compte de l'environnement du projet.

Tableau 3 : Types d'énergies, systèmes et échelles

ENERGIE	UTILISATION	SYSTEME D'EXPLOITATION	ECHELLE DE MISE EN ŒUVRE OU CRITERE(S) D'EXCLUSION
Éolien	Électricité	Grand éolien	Solution inadaptée au projet en termes d'échelle, de situation géographique et de capacité de production
		Petit éolien	Quartier / Zone d'activité Bâtiment / Infrastructure
	Mécanique (pompage d'eau)	Petit éolien	Quartier / Zone d'activité Bâtiment / Infrastructure
Solaire thermique	Chaleur	Ensemble de panneaux solaires thermiques (rassemblés en un site ou diffus sur plusieurs bâtiments), avec réseau de chaleur	Quartier / Zone d'activité
		Panneaux solaires thermiques indépendants	Bâtiment / Infrastructure
Solaire photovoltaïque	Électricité	Panneaux solaires photovoltaïques indépendants	Bâtiment / Infrastructure
Géothermie et procédés dérivés	Chaleur / Froid	Électricité	Géothermie profonde (avec réseau de chaleur / froid)
			Géothermie basse énergie (avec réseau de chaleur basse température)
			Géothermie très basse énergie avec pompe à chaleur
			Géothermie horizontale avec pompe à chaleur
			Récupération de la chaleur issue des eaux superficielles
			Récupération de la chaleur issue du réseau d'eau usée
Aérothermie	Chaleur / Froid	Pompe à chaleur	Bâtiment / Infrastructure
		Puits canadien	Bâtiment / Infrastructure
Marines mécaniques	Électricité	Hydroliennes, usine marémotrice, usine houlomotrice	Solution inadaptée au projet en termes d'échelle, de situation géographique et de capacité de production
Hydraulique	Électricité	Turbines hydrauliques	Solution inadaptée au projet en termes d'échelle, de situation géographique et de capacité de production
Biomasse	Chaleur / Électricité	Chaudière biomasse collective (avec ou sans cogénération), avec réseau de chaleur	Quartier / Zone d'activité
		Chaudière biomasse individuelle ou d'immeuble (avec ou sans cogénération)	Bâtiment / Infrastructure
Chaleur fatale des industries/bâtiments	Chaleur / Électricité	Turbine électrique et/ou chaleur distribuée par un réseau	Solution inadaptée au projet en termes d'échelle, de situation géographique et de capacité de production
Réseau de chaleur	Chaleur	Développement d'un réseau de chaleur à partir de l'exploitation de l'une des filières énergétiques identifiées ci-avant	Quartier / Zone d'activité

3.4.2 Étude d’opportunités sur le développement des ENR&R

Cette étude d’opportunités vise à caractériser le potentiel de développement des différentes filières ENR&R adaptées à l’échelle de l’opération d’aménagement en tenant compte du contexte territorial du projet.

3.4.2.1 Exploitation de l’énergie éolienne

Principes d’exploitation de l’énergie éolienne

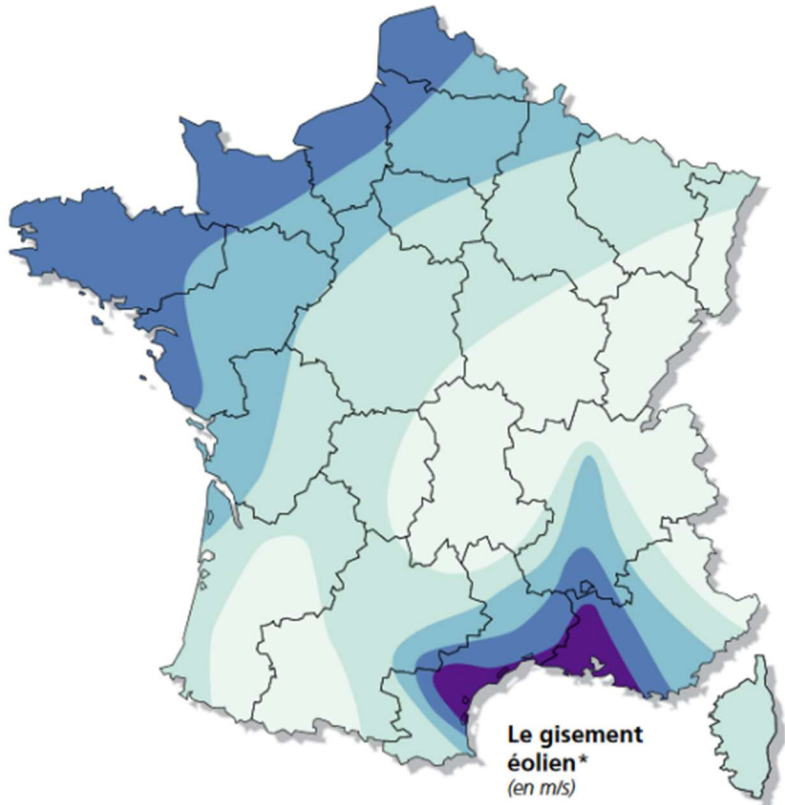
L’exploitation de l’énergie éolienne repose sur la transformation de l’énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Cette énergie est ensuite transformée dans la plupart des cas en électricité.

Définition du gisement local

L’exploitation de l’énergie éolienne dépend principalement des caractéristiques du vent (vitesse, fréquence et régularité) mais aussi des contraintes et servitudes techniques (aériennes et patrimoniales) du territoire.

Son exploitation et son développement sont également fortement contraint par des enjeux tenant à l’acceptabilité sociale de cette filière. Or en 2022, le conseil départemental du Val d’Oise rejetait toutes les zones identifiées par la préfecture de région comme étant favorable à l’implantation d’éolienne. Cette réticence se retrouve aussi plus localement, au niveau du PCAET. Celui-ci n’identifie aucun potentiel de développement éolien dans la stratégie EnR de la communauté d’agglomération Roissy Pays de France. Les expressions politiques locales semblent donc largement opposées au développement de l’éolien.

Schéma 3 : Gisement éolien en France (ADEME, 2011)



Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes**, collines	
<3,5	<4,5	<5,0	<5,5	<7,0	Zone 1
3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5	Zone 2
4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10,0	Zone 3
5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10,0 - 11,5	Zone 4
>6,0	>7,5	>8,5	>9,0	>11,5	Zone 5

* Vitesse du vent à 50 mètres au-dessus du sol en fonction de la topographie.
** Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique.

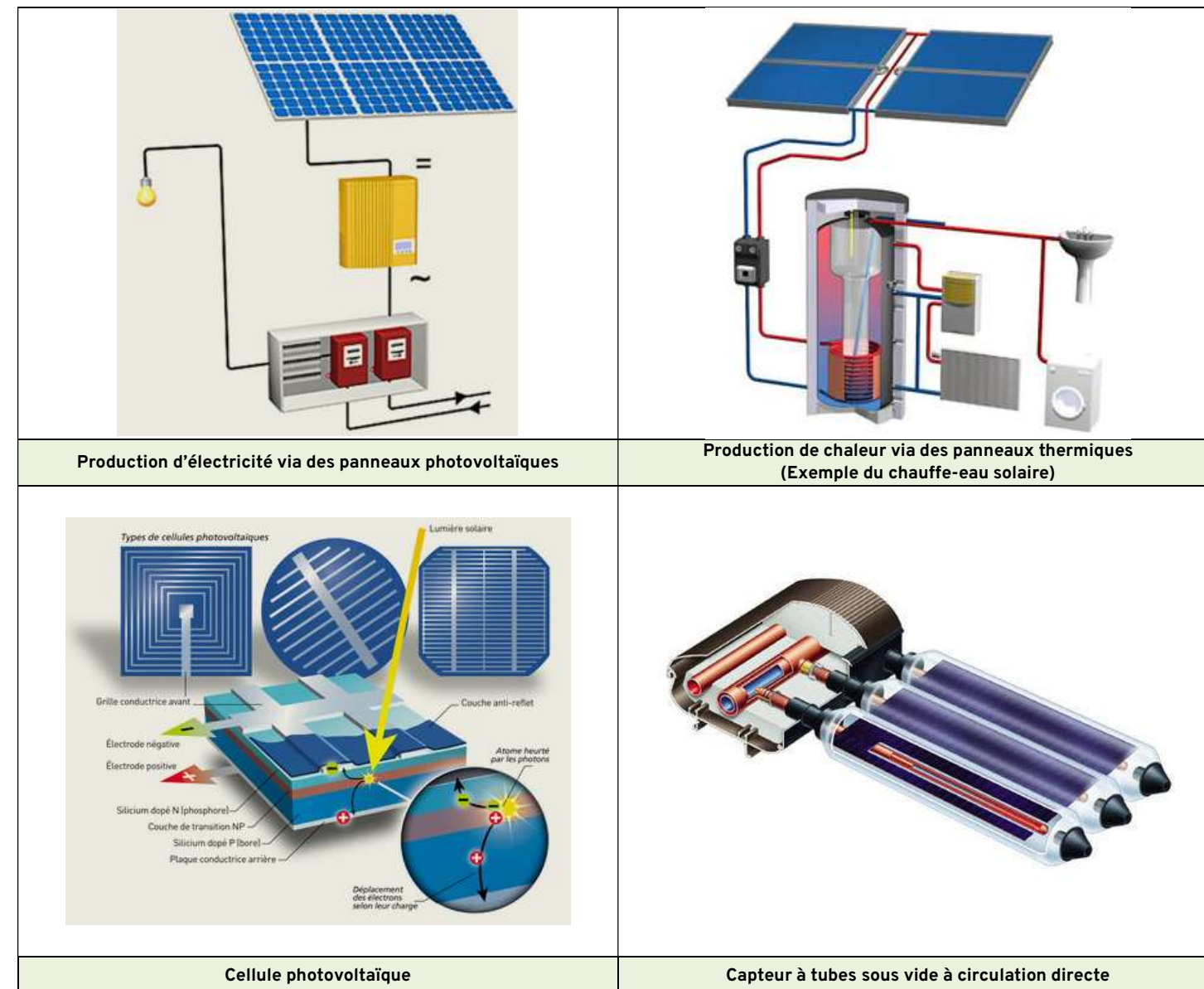
3.4.2.2 Exploitation de l'énergie solaire

Principes d'exploitation de l'énergie solaire

L'exploitation de l'énergie solaire repose sur la transformation de l'énergie du rayonnement solaire en électricité ou en chaleur, selon les technologies :

- L'énergie solaire photovoltaïque produit de l'électricité via des modules photovoltaïques, électricité qui peut être ensuite injectée sur les réseaux électriques ;
- L'énergie solaire thermique produit de la chaleur qui peut être utilisée pour le chauffage ou la production d'eau chaude.

Schéma 4 : Principes de fonctionnement et structure des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques



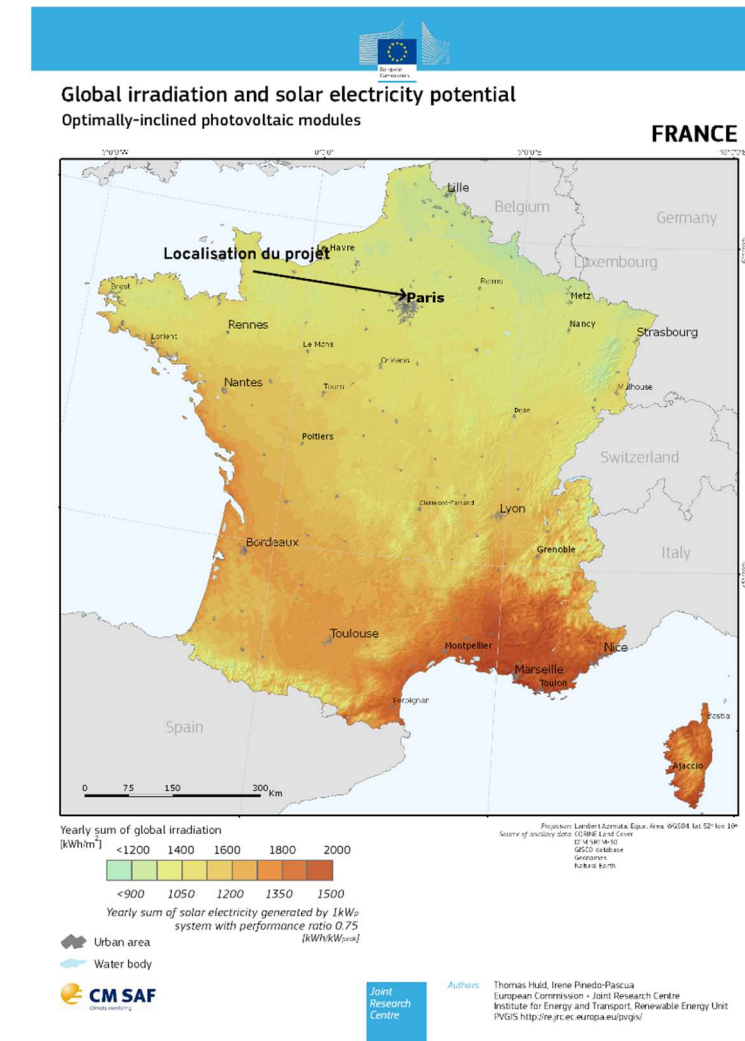
Définition du gisement local

L'évaluation du gisement solaire sur un secteur défini doit prendre en compte, au préalable, plusieurs paramètres tels que la durée d'ensoleillement, la latitude, l'altitude, le relief, la couverture nuageuse et la quantité d'ombres.

À l'échelle de la France, l'irradiation globale annuelle des 2/3 tiers Nord de la région Ile-de-France est estimée entre 1 225 kWh/m² et 1 300 kWh/m² (Source : Photovoltaic Geographical Information System - PVGIS⁴).

Au regard de la carte (cf. schéma ci-dessous), on constate que la région Ile-de-France fait partie des régions françaises qui présentent le gisement solaire le moins important). Cette situation est principalement liée à l'influence de la latitude sur le gisement solaire.

Schéma 5 : Potentiel solaire national et régional (PVGIS / METEO FRANCE)



Au regard de ces données, il pourrait être considéré que le gisement solaire au niveau de la zone d'implantation du projet est relativement faible.

Néanmoins, avec un ensoleillement moyen de l'ordre de 3 kWh/m²/jour, cette zone géographique dispose d'une quantité d'énergie suffisante au développement d'équipements solaires puisqu'à titre indicatif, la ressource évaluée au niveau du secteur d'étude est équivalente à celle constatée en Allemagne où les installations solaires sont très développées. Aussi dans la commune proche de Vemars (95), l'installation d'une centrale solaire photovoltaïque de 51 000 panneaux sur une surface de 32 ha est en projet. D'après le porteur Engie Green cette installation permettrait de produire 23 600 MWh par an soit l'électricité nécessaire à l'alimentation de 11 000 personnes par an (2 223 kWh/an/personne d'après EDF).

⁴ <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>

Aussi, le gisement identifié permet, malgré tout, le développement des énergies solaires.

Potentiel de développement de l'énergie solaire au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

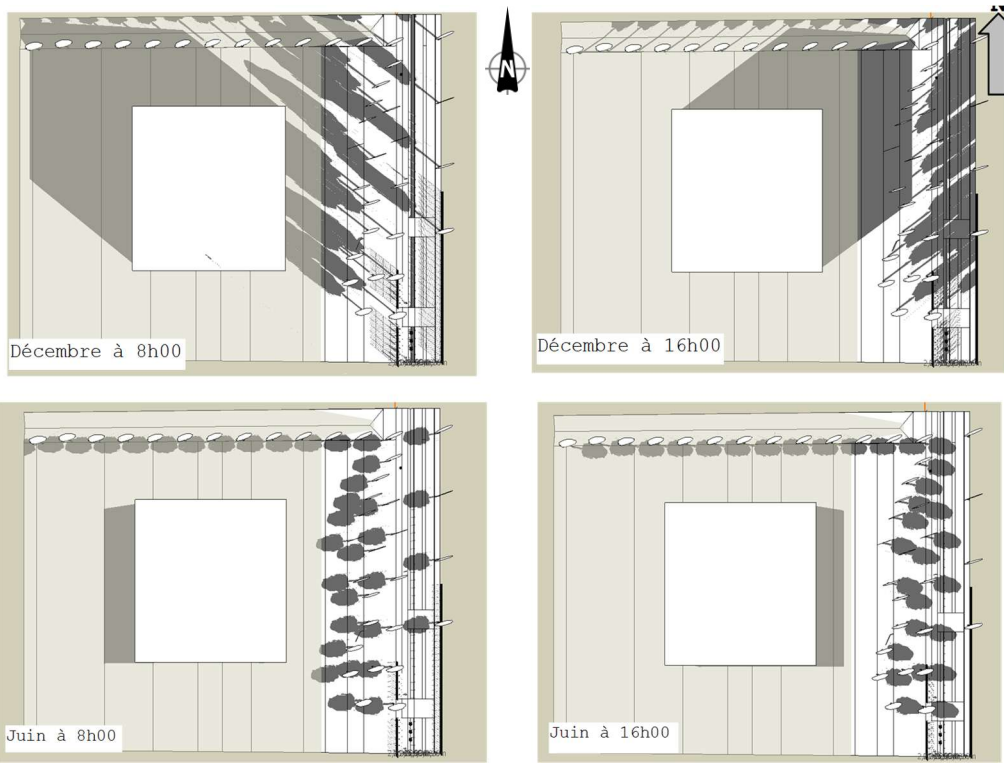
Comme nous l'avons vu précédemment, même si le gisement solaire local est relativement faible, il offre des opportunités de développer cette filière au sein du projet.

Au-delà du gisement, compte tenu des caractéristiques et du mode de fonctionnement des installations solaires, d'autres facteurs peuvent conditionner le développement de cette filière.

Ces facteurs, qui sont quasiment identiques entre les 2 procédés considérés sont :

- La configuration du site vis-à-vis de la course du soleil : l'orientation optimale étant plein Sud ;
- L'environnement du site dans la mesure où il convient de prendre en compte :
 - La sensibilité paysagère du site et notamment le fait que compte tenu de leurs caractéristiques, les panneaux solaires peuvent interférer avec certains éléments patrimoniaux comme les Monuments Historiques. A ce propos, on indiquera qu'aucun monument protégé n'est identifié dans le secteur.
 - La configuration du site et du projet vis-à-vis du phénomène de masque solaire. En effet, les ombres portées sur les panneaux solaires diminuent leur productivité.

Schéma 6 : Illustration de la problématique des ombres portées



On notera que les modules photovoltaïques peuvent être installés aussi bien au sol (centrale solaire au sol), que sur le bâti (habitat collectif, équipements publics, locaux industriels) ou sur des constructions intermédiaires (ombrières de parking)

Si le développement de centrale au sol ne semble pas adapté au contexte urbain tel que celui du centre-ville de Goussainville (densité du bâti, composantes de l'espace public), d'autres espaces au sein de la commune semblent propices à ce type d'installation notamment dans la zone d'activité située au sud-ouest de la commune.

Opportunités de développement de l'énergie solaire dans le projet de renouvellement du centre-ville

Comme nous l'avons vu précédemment, en tenant compte du gisement local et de différents facteurs environnementaux propres au centre-ville de Goussainville, le potentiel de développement des filières solaires est envisageable mais reste

limité (gisement relativement faible). Le bilan avantages / inconvénients associé au développement du solaire est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Bilan associé au développement du solaire

Energie	Avantages	Inconvénients généraux	Inconvénients spécifiques	Approche économique
Solaire thermique	Energie gratuite et sans dégagement de pollution atmosphérique Capteurs solaires thermiques particulièrement adaptés à des besoins de chaleur importants et réguliers	Caractère saisonnier de l'énergie produite Contraintes paysagères Rendement très influencé par l'orientation et l'inclinaison des panneaux, ainsi que par les phénomènes d'ombrage	Production de chaleur uniquement	Technique éprouvée et performante tant du point de vue économique qu'environnemental Coûts d'entretien et de maintenance faibles
Solaire photovoltaïque	Energie gratuite et sans dégagement de pollution atmosphérique pendant la phase d'exploitation			Revente de l'électricité produite Coûts d'entretien et de maintenance faibles

Au regard de ces éléments, les opportunités de développement du solaire au niveau du projet sont listées dans le tableau ci-après, en fonction des applications envisageables (liste non exhaustive).

Tableau 5 : Opportunités de développement du solaire au sein du projet

Energie	Applications envisageables sur site	Principe de fonctionnement	Illustration
Solaire thermique	Panneaux solaires thermiques	Deux stratégies pourraient être envisagées : • Une mutualisation des moyens permettrait de développer un ensemble de panneaux solaires thermiques (diffus sur plusieurs bâtiments) pour alimenter un réseau de chaleur à l'échelle du projet ; • Un développement indépendant de panneaux solaires thermiques à l'échelle de chaque construction du projet pour répondre en partie à leurs besoins spécifiques.	
Solaire photovoltaïque	Candélabres photovoltaïques	La mise en place de candélabres photovoltaïques permet de maîtriser la consommation énergétique de l'éclairage sur les parties communes (espaces publics) ou privées. Plusieurs solutions techniques sont envisageables pour pallier la contrainte liée à l'intermittence de la production d'électricité par les cellules photovoltaïques mais dans tous les cas, il est nécessaire de considérer cette ressource comme une énergie d'appoint et de la coupler à un raccordement au réseau électrique. <i>On rappellera que ce type de candélabre peut également être hybridé avec l'éolien.</i>	
	Panneaux solaires photovoltaïques	En considérant que la technologie photovoltaïque est moins appropriée au contexte du projet que le thermique (notion d'intensité lumineuse), le développement de panneaux solaires photovoltaïques pourrait malgré tout être envisagé pour répondre à des besoins spécifiques de certains bâtiments peu consommateurs en énergie (autoconsommation) ou dans l'optique d'une énergie d'appoint.	
	Ombrières photovoltaïques	L'installation de panneaux photovoltaïques sur ombrière de parking est mise en avant parmi les solutions de production d'EnR en milieu urbain. La loi d'accélération de la production d'EnR (APER, 2023) l'a même rendu obligatoire pour les parkings extérieurs de plus de 1500 m² (places de stationnement et voies circulantes comprises). C'est le cas du parking de la gare des Noues. D'autres espaces pourraient également être propices même s'ils ne sont pas concernés par l'obligation,	

3.4.2.3 Exploitation de la géothermie et des procédés dérivés

Principes d'exploitation de l'énergie géothermique

La géothermie est l'exploitation de l'énergie thermique contenue dans le sous-sol. La chaleur terrestre peut être captée par plusieurs procédés qui varient en fonction de la ressource exploitée, de sa température (T) et de sa profondeur (on parle de gradient géothermal : en France métropolitaine, il est de 3 à 4°C / 100 m).

Classiquement, on distingue 4 grandes catégories d'exploitation géothermique :

- La géothermie (verticale) haute énergie : Elle exploite la chaleur ($T > 150^{\circ}\text{C}$) émise par les réservoirs situés entre 4 000 et 5 000 m de profondeur pour produire de l'électricité. Ce procédé repose sur l'extraction de la vapeur d'eau contenue dans le sous-sol pour alimenter une turbine ;
- La géothermie (verticale) moyenne énergie et la géothermie (verticale) profonde : Elles exploitent la chaleur ($90 < T < 150^{\circ}\text{C}$) issue des réservoirs (sols ou eaux souterraines) disponibles à une profondeur variable comprise entre 1 500 et 4000 m (en fonction du contexte géologique). Quand la température :
 - Permet de capter la vapeur d'eau géothermale, cette dernière peut entraîner directement la turbine électrique ;
 - Est trop basse, il est nécessaire, de faire intervenir une machine thermodynamique utilisant un fluide de travail qui se vaporise à une température plus basse que l'eau.
- La géothermie (verticale) basse énergie : Elle exploite la chaleur ($30 < T < 90^{\circ}\text{C}$) de l'eau pompée dans des réservoirs disponibles à une profondeur variable comprise entre 1 000 et 2 000 m (en fonction du contexte géologique) pour produire de la chaleur ;
- La géothermie (verticale ou horizontale) très basse énergie exploite la chaleur ($< 30^{\circ}\text{C}$) émise par les réservoirs (sols ou aquifères) situés à moins de 100 à 200 m de profondeur pour produire de la chaleur (ou du froid en fonctionnement inversé). En l'absence d'eau souterraine, l'extraction de la chaleur du sous-sol s'effectue par l'installation dans le sol ou dans le sous-sol de « capteurs » ou « échangeurs » (réseau de tubes horizontaux ou sonde géothermale verticale) dans lesquels va circuler, en circuit fermé, un fluide caloporteur. La chaleur captée est alors transférée par le biais d'une pompe à chaleur au milieu à chauffer.

Schéma 7 : Géothermie très basse énergie

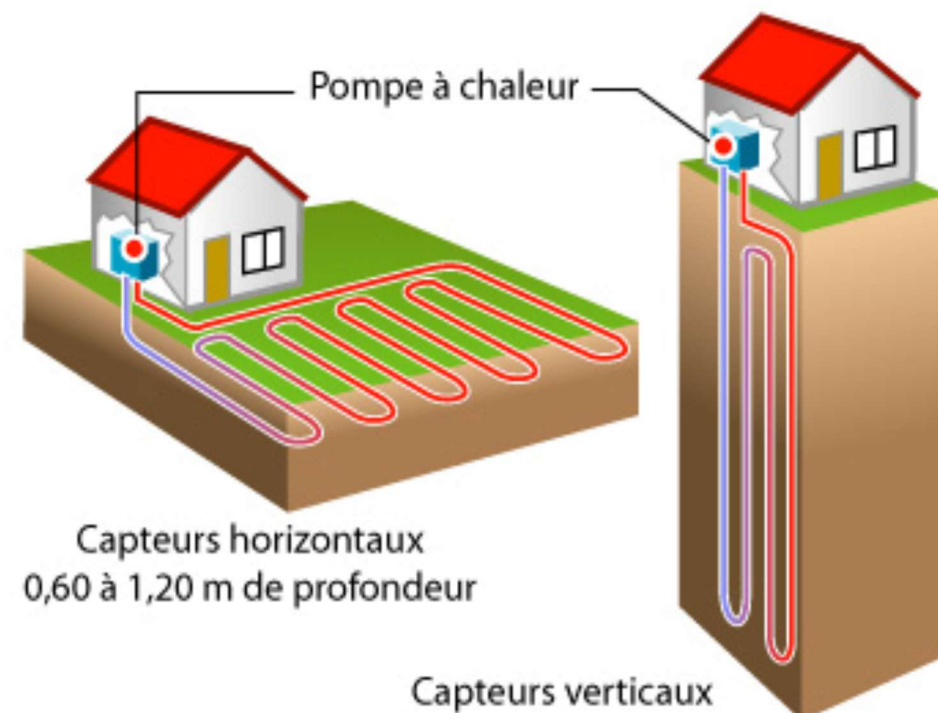
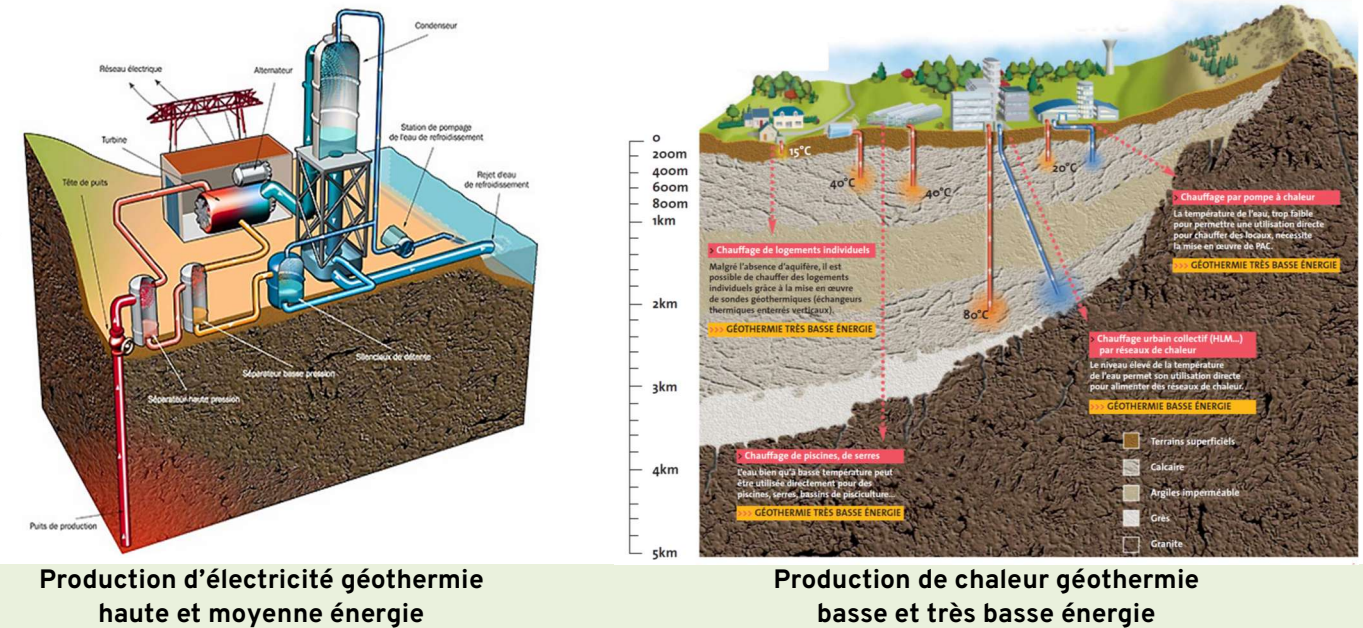


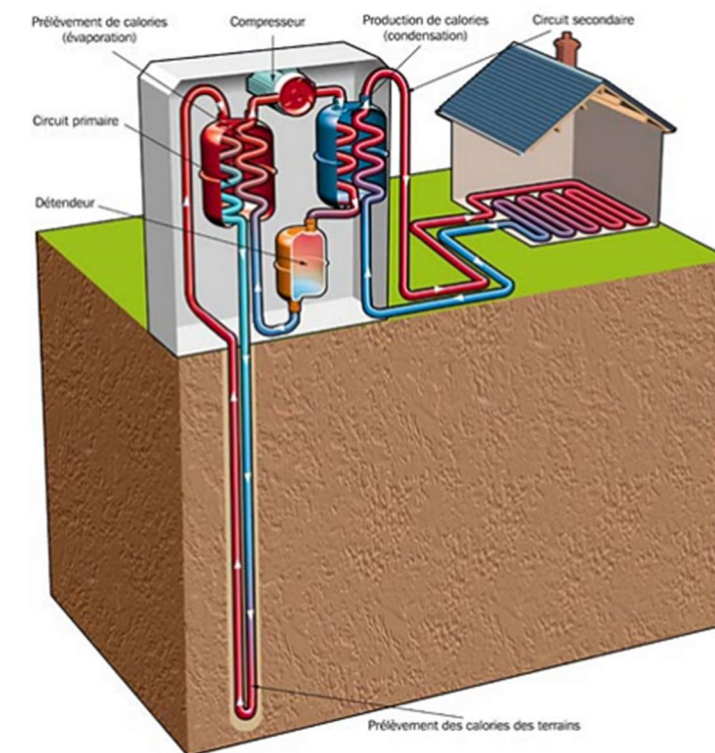
Schéma 9 : Principes d'exploitation de l'énergie géothermique (ADEME / BRGM)



En fonction de la température de la ressource et du niveau de température des besoins thermiques, la chaleur peut être prélevée directement ou doit être relevée au moyen de pompes à chaleur (PAC) dite Eau / Eau du fait que l'échange thermique est lieu entre 2 phases liquides. En pratique, le recours à des pompes à chaleur est habituel pour la géothermie très basse énergie et occasionnel pour la basse énergie.

Bien que ne relevant pas du domaine de la géothermie, 2 autres technologies dérivées peuvent être prises en compte car exploitables, elles aussi, via des PAC Eau / Eau. Il s'agit des procédés l'exploitation de la chaleur issue des eaux usées ou des eaux superficielles.

Schéma 9 : Principes de fonctionnement d'une pompe à chaleur Eau / Eau (ADEME / BRGM)

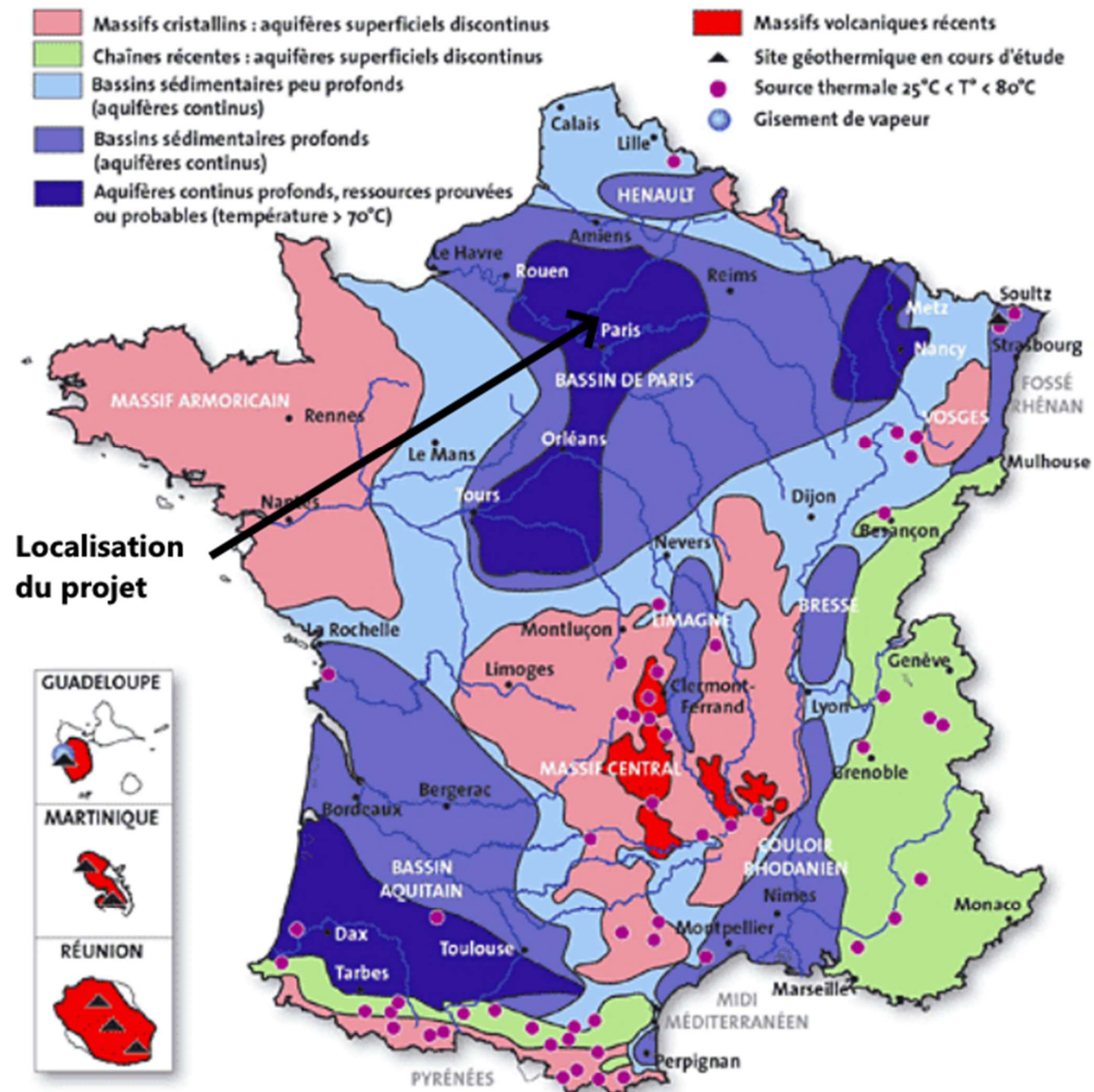


Définition du gisement local

De la même manière que précédemment, le gisement géothermique local est appréhendé en fonction du type de technologie développée. Cette approche repose sur l'exploitation des ressources du Ministère en charge de l'environnement et du BRGM.

Le projet se situe dans un secteur géographique favorable au développement de la géothermie basse énergie sur aquifère continu profond (nappe du Dogger). Cette nappe constitue en effet le principal aquifère exploité en Île-de-France pour des exploitations de géothermie de basse énergie. Il est profond de 1 500 à 2 000m et contient de l'eau à une température située à environ 68 °C au niveau de Goussainville.

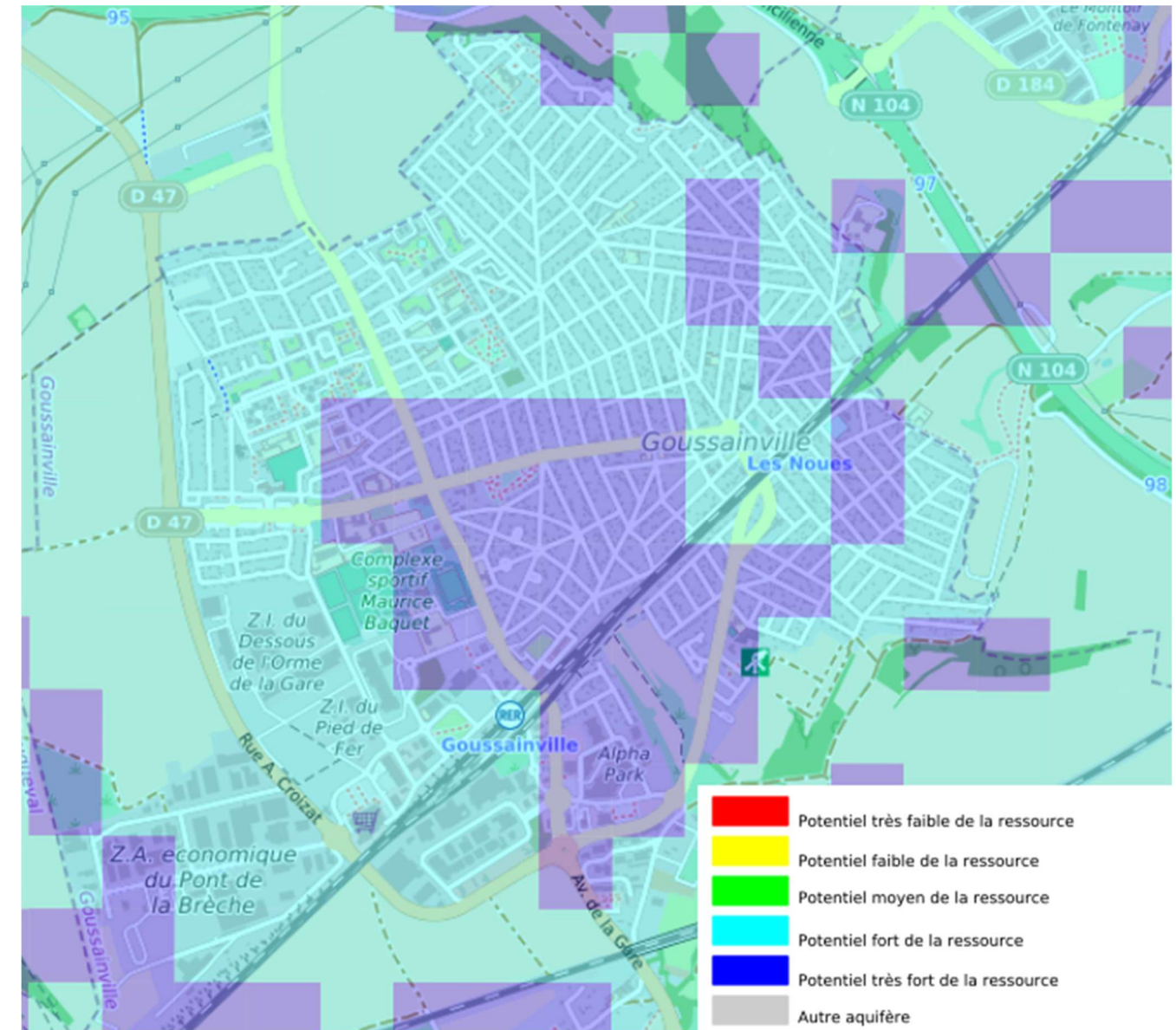
Schéma 10 : Localisation des gisements géothermiques « basse énergie » à l'échelle de la France (BRGM)



La géothermie très basse énergie (ou « très basse température ») consiste à exploiter la chaleur du sous-sol. Cette énergie est naturellement présente à quelques dizaines de mètres dans le sous-sol et dans les aquifères qui s'y trouvent, ou dans les aquifères superficiels.

La carte suivante, extraite d'une base de données réalisée par le BRGM à l'échelle de la région Ile-de-France, présente le potentiel des aquifères superficiels au niveau de Goussainville. D'après cette carte réalisée à grande échelle, le quartier du centre-ville se situe dans une zone où le potentiel de développement de la géothermie très basse énergie est jugé fort à très fort.

Schéma 11 : Ressources géothermiques de surface sur nappe en Ile de France (source : BRGM)



L'analyse du potentiel d'exploitation de la nappe du Dogger, réalisée par la DRIEE sur l'ensemble de la région, confirme que la commune de Goussainville présente un potentiel favorable à l'exploitation du Dogger.

Gisement associé aux aquifères

Gisement associé aux réseaux d'eaux usées

Concernant les procédés dérivés basés sur l'exploitation d'une PAC Eau / Eau et en l'absence de cours d'eau à proximité du projet, seule l'exploitation de la chaleur issue du réseau d'eaux usées pourrait être envisagée.

A ce propos, de rares retours d'expérience font état d'installations qui peuvent être déployées sur des canalisations de diamètre de 400 mm sur des nouveaux projets d'urbanisation (réseau spécialement conçu pour exploiter au mieux la ressource) et de diamètre supérieur ou égal à 800 mm sur des réseaux existants.

Outre le diamètre, il est considéré que ce type de solution énergétique doit disposer à minima d'un bassin versant de 8 000 habitants (soit 12 L/s d'effluents en moyenne) et une distance entre l'échangeur thermique et les locaux à chauffer de 300 m maximum pour éviter les pertes d'énergie.

Au regard de la configuration du réseau d'eaux usées existant et de la densité de population envisagée à terme sur ce secteur, le gisement ne semble pas suffisant pour permettre le développement de ce type de dispositif.

Potentiel de développement de l'énergie géothermique au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

Au-delà de la notion de gisement, d'autres facteurs peuvent conditionner le développement de la géothermie, et, notamment, le facteur de compatibilité entre le potentiel énergétique mobilisable et l'échelle du projet.

À ce titre, on peut noter que la géothermie très haute énergie, la géothermie moyenne énergie ou la géothermie basse énergie ne sont pas compatibles avec l'échelle du projet dans la mesure où, si les gisements existent (cas de la basse énergie), le potentiel énergétique mobilisable serait largement supérieur aux besoins du projet d'aménagement et dans la mesure où les investissements nécessaires au développement de ces filières seraient incompatibles avec le bilan économique de l'opération. L'exclusion de ces filières, ainsi que le procédé dérivé de récupération de chaleur via le réseau eau usée, peut également être fondée sur les caractéristiques mêmes du projet qui ne sont pas de nature à créer de nouvelles surfaces de plancher.

Selon ces considérations, seules les filières géothermiques dites « très basse énergie » sont adaptées à l'échelle du projet. Du point de vue de l'approche territoriale, les facteurs qui vont conditionner le développement éventuel de ces filières sont principalement liés à la configuration du site et au potentiel réel offert par ces filières ; seule une expertise spécifique permettrait de déterminer précisément l'opportunité ou non de leur développement.

Opportunités de développement de l'énergie géothermique dans le projet de renouvellement du centre-ville

Comme nous l'avons vu précédemment, en tenant compte du gisement local et de différents facteurs environnementaux propres au centre-ville, le potentiel de développement identifié concerne principalement la géothermie très basse énergie.

Le bilan avantages / inconvénients associé au développement de cette filière est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Bilan associé au développement de la géothermie

Energie	Avantages	Inconvénients	Approche économique
Géothermie	Ressource gratuite et constante	Risques de pollution des milieux	Investissement élevé compte tenu de la faible disponibilité de la ressource
	Aquifère de la nappe facilement mobilisable	Risque de pollution thermique	
	Utilisation mixte production de chaleur ou de froid (rafraîchissement des bâtiments en été)	Emprise potentiellement importante en fonction du procédé développé (cas de la géothermie horizontale) et contraintes d'occupation des sols	Retour sur investissement variable en fonction de la capacité de production et des besoins
	Faible impact paysager		

Au regard de ces éléments, les opportunités de développement de la géothermie dans le cadre du développement du projet sont listées dans le tableau ci-après, en fonction des applications envisageables (liste non exhaustive).

Tableau 7 : Opportunités de développement de la géothermie au sein du projet

Energie	Applications envisageables sur site	Principe de fonctionnement	Illustration
Géothermie	Géothermie verticale sur nappe	Ce procédé repose sur le pompage des eaux souterraines pour en extraire la chaleur où la fraîcheur en fonction des besoins. Il fonctionne généralement couplé à une pompe à chaleur. Deux stratégies pourraient être envisagées : - Une mutualisation des moyens permettrait de développer un réseau alimenté par le dispositif géothermique à l'échelle du projet ; - Un développement indépendant à l'échelle de chaque construction du projet pour répondre en partie à leurs besoins spécifiques.	
	Géothermie horizontale	Ce procédé repose sur le développement d'un réseau de capteurs horizontaux (surface 2 fois supérieure à la surface du bâtiment à chauffer) pour extraire la chaleur du sol superficiel. Il fonctionne généralement couplé à une pompe à chaleur. Ce procédé constitue une solution indépendante à l'échelle de chaque construction du projet pour répondre en partie à leurs besoins spécifiques.	

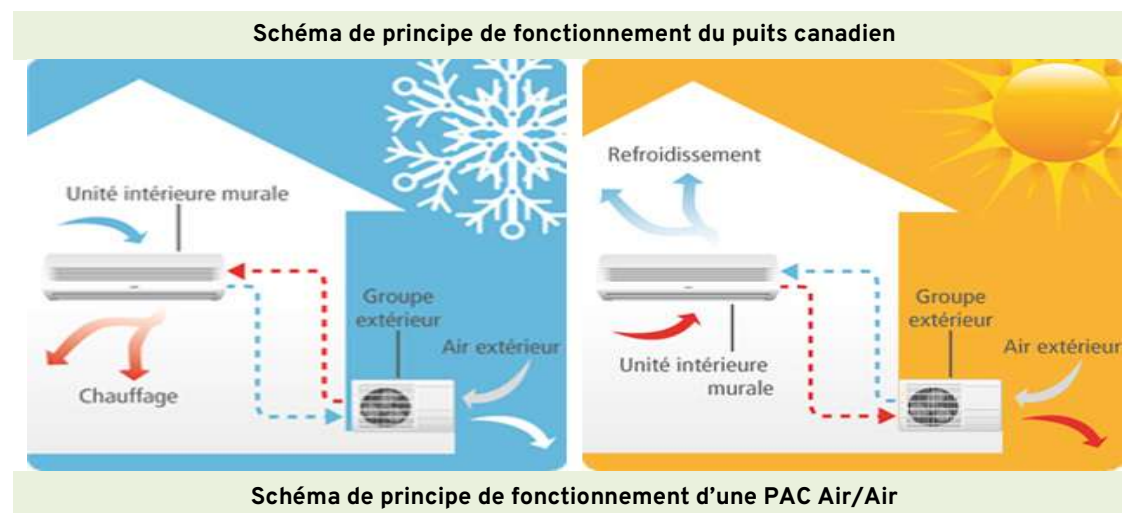
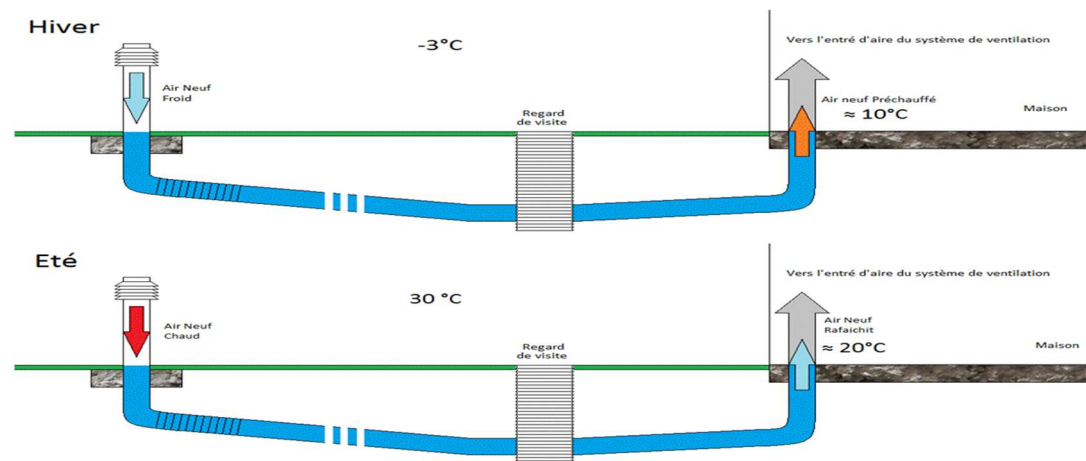
3.4.2.4 Exploitation de l'aérothermie

Principes d'exploitation de l'énergie aérothermique

L'aérothermie est l'exploitation de l'énergie thermique contenue dans l'air. Elle rassemble 2 procédés principaux :

- Le puits canadien : ce procédé consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans le bâtiment, une partie de l'air neuf de renouvellement par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mètres. En hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure. L'air froid est alors préchauffé lors de son passage dans ce circuit sous terrain. En été, de la même manière, l'air passant dans les tubes enterrés récupère la fraîcheur du sol et l'introduit dans la maison, même par +30°C extérieur, l'air peut arriver entre 15 et 20°C.
- La pompe à chaleur :
 - Air / air : Cette technologie met généralement en œuvre des pompes à chaleur réversibles qui permettent un échange thermique entre l'air extérieur et l'air intérieur et assurent ainsi les besoins en chauffage (l'hiver) ou en rafraîchissement (l'été).
 - Air / eau : Cette technologie met en œuvre des pompes à chaleur qui prélèvent les calories contenues dans l'air extérieur pour les transmettre à un fluide caloporteur permettant le chauffage des bâtiments. Elle trouve notamment son application dans le développement des planchers chauffants.
- Le niveau de performance énergétique de ces pompes à chaleur varie de manière importante avec la température extérieure et peut poser quelques difficultés en période de grand froid. Il est recommandé de choisir des machines présentant un coefficient de performance minimum de 3,5 sur l'énergie finale et répondant à la marque NF PAC.

Schéma 12 : Principes d'exploitation de l'énergie aérothermique



Définition du gisement local

Les techniques liées à l'aérothermie sont basées sur l'exploitation de l'air atmosphérique. De ce fait, elles sont mobilisables au niveau du secteur d'étude.

Potentiel de développement de l'énergie aérothermique au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

Au-delà de la notion de gisement, il convient de noter que le fonctionnement des pompes à chaleur aérothermales est optimal dans les zones tempérées, lorsque l'écart de température entre l'air exploité et l'air intérieur à chauffer ou à rafraîchir est le plus faible possible.

Compte tenu des caractéristiques météorologiques locales (amplitude thermique d'environ 13°C variant entre 5°C et 18°C et correspondant, en moyenne à 11°C), le secteur d'implantation du projet est donc propice au développement de l'aérothermie. Malgré tout, en hiver ce système pourra nécessiter une ressource d'appoint afin de garantir le chauffage des bâtiments.

Enfin, on précisera que le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur doit être au minimum de 3.5, pour que le système apporte une diminution réelle de consommation en énergie primaire. Par ailleurs, la pompe à chaleur doit faire l'objet d'une maintenance régulière.

Opportunités de développement de l'énergie aérothermique dans le projet de renouvellement du centre-ville

Comme nous l'avons vu précédemment, en tenant compte du contexte local, il est possible d'envisager le développement des techniques basées sur l'aérothermie dans le cadre du projet de renouvellement urbain du centre-ville. Le bilan avantages / inconvénients associé au développement de cette filière est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Bilan associé au développement de l'aérothermie

Energie	Avantages	Inconvénients	Approche économique
Aérothermie	Ressource gratuite Utilisation mixte production de chaleur ou de froid (rafraîchissement des bâtiments en été) Faible impact paysager	Nuisance sonore potentielle liée au fonctionnement des PAC Risques de pollution en fonction du fluide caloporteur présent dans les PAC Air/Eau Surface de terrain importante pour le développement d'un puits canadien Capacité de production assez faible	Investissement faible

Tableau 9 : Opportunités de développement de l'aérothermie

Energie	Applications envisageables sur site	Principe de fonctionnement	Illustration
Aérothermie	Puits canadien PAC Air/Air PAC Air/Eau	Ces différents procédés, dont le choix dépendra des besoins propres à chaque construction, reposent sur le pompage de l'air extérieur en vue de permettre le chauffage ou le refroidissement (hors PAC Air/Eau) des bâtiments par échanges thermiques. Ils fonctionnent généralement couplés à une énergie d'appoint. Ces procédés constituent une solution indépendante à l'échelle de chaque construction du projet pour répondre en partie à leurs besoins spécifiques.	

3.4.2.5 Exploitation des énergies marines mécaniques

Principes d'exploitation des énergies marines mécaniques

Les énergies marines mécaniques désignent l'ensemble des technologies qui permettent de produire de l'énergie, notamment de l'électricité, à partir des propriétés du milieu marin. On distingue :

- L'énergie marémotrice :

Elle consiste à profiter du flux et du reflux de la marée pour alternativement remplir ou vider un bassin de retenue en actionnant des turbines incorporées dans le barrage, qui entraînent un générateur d'électricité.

- L'énergie hydrolienne :

Elle est produite par l'énergie des courants de marée qui sont concentrés dans certains endroits près des côtes. On peut comparer une installation hydrolienne à une éolienne sous-marine. Plus le courant est fort, plus l'énergie produite sera importante.

- L'énergie houlomotrice :

Produite par le mouvement des vagues, la houle, l'énergie houlomotrice est une forme concentrée de l'énergie du vent. Quand le vent souffle sur la mer, des vagues se forment et concentrent cette énergie. La houle peut voyager sur de très longues distances et apporter sur une côte de l'énergie collectée au large. Il existe plusieurs technologies permettant d'exploiter cette ressource.

Définition du gisement local

Compte tenu du contexte d'implantation du projet et de sa situation géographique, la mobilisation des énergies marines pour répondre aux besoins énergétiques de l'opération n'est pas envisagée.

Potentiel de développement des énergies marines mécaniques au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

Nul

Opportunités de développement des énergies marines mécaniques dans le projet du centre-ville

Nulles

3.4.2.6 Exploitation de l'énergie hydraulique

Principes d'exploitation de l'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique repose sur la transformation de la force motrice des cours d'eau ou des chutes en électricité.

On distingue les installations hydroélectriques « au fil de l'eau », qui font passer dans une turbine tout ou partie du débit d'un cours d'eau en continu, et celles nécessitant des réserves d'eau (« par éclusées » ou « de lac ») : les deux types d'installations nécessitent des barrages, qui sont bien plus importants pour la 2^{ème} catégorie (« grands barrages »).

L'exploitation de cette énergie s'illustre principalement par les grandes installations hydroélectriques au potentiel de production important, mais peut également se décliner sous une forme plus réduite, on parle alors de petit hydraulique.

Définition du gisement local (extrait du diagnostic du PCAET et du SAGE Croult-Enghein-Vieille Mer)

D'après l'estimation du potentiel hydroélectrique du territoire réalisée dans le cadre du SAGE, les cours d'eau du territoire du Croult-Enghein-Vieille Mer ne présentent pas de chute et de débit suffisants pour envisager une valorisation hydroélectrique intéressante. Il n'existe d'ailleurs pas d'installation hydroélectrique recensée sur les cours d'eau du territoire du SAGE Croult-Enghein-Vieille Mer.

Aucun site de production hydroélectrique n'est identifié sur le territoire dans le cadre du diagnostic du PCAET de Roissy Pays de France. De plus les projections tendant à renforcer la production locale d'EnR ne prévoient aucune création de capacité de production hydroélectrique. Ainsi, comme l'éolien, l'hydroélectrique ne semble pas être une solution retenue pour répondre aux enjeux d'énergies renouvelables sur le territoire.

Schéma 13 : Production actuelle et projetée d'énergie renouvelable identifié dans le PCAET de Roissy Pays de France

	Production EnR (GWh)		
	Actuelle	Supplémentaire	Totale 2050
Biogaz	250	69	319
Déchets	107	0	107
Bois énergie	147	421	568
Géothermie	36	248	284
Solaire thermique	0,4	123	123
Chaleur fatale	0	132	132
Photovoltaïque	2	1550	1552
Hydroélectrique	0	0	0
Eolien	0	0	0

Aucune installation hydroélectrique n'a été recensée sur ou à proximité de Goussainville.

Potentiel de développement de l'énergie hydraulique au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

Compte tenu du contexte d'implantation du projet et de sa situation géographique, le potentiel de développement de l'énergie hydraulique est nul.

Opportunités de développement de l'énergie hydraulique dans le projet de renouvellement du centre-ville

Nulles

3.4.2.7 Exploitation de la biomasse

Principes d'exploitation de la biomasse

Dans le domaine de l'énergie, et plus particulièrement des énergies renouvelables, le terme de biomasse désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale, animale ou fongique pouvant devenir source d'énergie par combustion (bois, paille, déchets, etc.), après méthanisation (biogaz) ou après toute autre transformation chimique naturelle ou industrielle.

L'exploitation de la ressource biomasse trouve 2 domaines d'application distincts :

- Toutes ces ressources peuvent faire l'objet d'une exploitation industrielle dans le cadre d'une activité de production et de fourniture d'énergie (électricité ou chaleur). Compte tenu de la vocation du projet, cette première catégorie d'activités ne sera pas retenue dans la suite de cette analyse. En effet, le projet n'a pas vocation à accueillir une unité industrielle de production énergétique.
- Certaines de ces ressources peuvent être mobilisées pour répondre aux besoins énergétiques des projets d'aménagement quels qu'ils soient à partir du moment où la capacité de production est compatible avec les besoins spécifiques des activités ou des bâtiments qui y sont développés (principe d'autoconsommation). Les ressources qui répondent le mieux à ce domaine d'application sont principalement issues de la filière bois énergie et éventuellement de la valorisation énergétique des déchets agricoles.

Compte tenu de la vocation du projet, seul le second domaine d'application va être approfondi dans la suite de cette étude. À ce titre, on précisera que le développement éventuel des filières d'exploitation de la biomasse répondrait avant tout aux besoins en chaleur (combustion dans une chaudière individuelle ou collective) et en fonction du dimensionnement des installations aux besoins en électricité (cogénération).

Schéma 14 : Exemple d'installation en cogénération par combustion de biogaz proche de Goussainville



Définition du gisement local

Le schéma régional biomasse (SRB) est un document qui définit les objectifs de développement de l'énergie biomasse.

Il fixe les orientations et actions à mettre en œuvre pour favoriser le développement des filières de production et de valorisation de la biomasse susceptible d'avoir un usage énergétique (tout en veillant au respect de la multifonctionnalité des espaces naturels, notamment les espaces agricoles et forestiers).

Initié en 2018 le SRB Île de France propose un diagnostic de la filière biomasse-énergie à l'échelle du territoire francilien. Ce diagnostic dresse le potentiel de mobilisation de sources de biomasses (agricoles, déchets et forestières) présentes sur le territoire. Le diagnostic distingue également les biomasses selon leur mode de mobilisation : par méthanisation ou par combustion.

Les données actuellement disponible ne sont pas fournies à l'échelle de la commune ou de l'EPCI. Néanmoins en se fondant sur les données présentes on peut estimer que les principales ressources de biomasse mobilisables sur le territoire de Goussainville sont des ressources exploitables par méthanisation, principalement agricoles et accessoirement issues des déchets. Le gisement de biomasse combustible est également intéressant et repose essentiellement sur le bois, qu'il s'agisse de matière issue de l'exploitation forestière ou de la filière des déchets (la biomasse agricole est ici résiduelle).

Schéma 15 : Ressource énergétique de biomasse en tonne de matière brute par an (source : Schéma Régional Biomasse Ile de France)

Potentiel de mobilisation t MB ou m ³		2015	2018	2023	2030	2050
gisement méthanisable	biomasse agricole (hors algues)	3 070 600	3 128 600	3 467 700	4 320 900	6 286 700
	biomasse déchets (hors boues et matières de vidange)	634 500	600 200	552 800	591 500	660 400
	sous-total	3 705 100	3 728 800	4 020 500	4 912 400	6 947 100
gisement combustible	biomasse forestière	612 000	612 000	655 000	725 000	610 000
	biomasse agricole	49 300	50 100	54 800	66 700	94 100
	déchets de bois	265 000	270 000	313 000	419 000	463 000
	sous-total	926 300	932 100	1 022 800	1 210 700	1 167 100
Total		4 631 400	4 660 900	5 043 300	6 123 100	8 114 200

Potentiel de développement de l'énergie produite à partir de la biomasse au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

Comme nous l'avons vu précédemment, dans le cadre du projet de renouvellement urbain du centre-ville le développement éventuel des filières d'exploitation de la biomasse répondrait avant tout aux besoins en chaleur (combustion dans une chaudière individuelle ou collective) et en fonction du dimensionnement des installations aux besoins en électricité (cogénération).

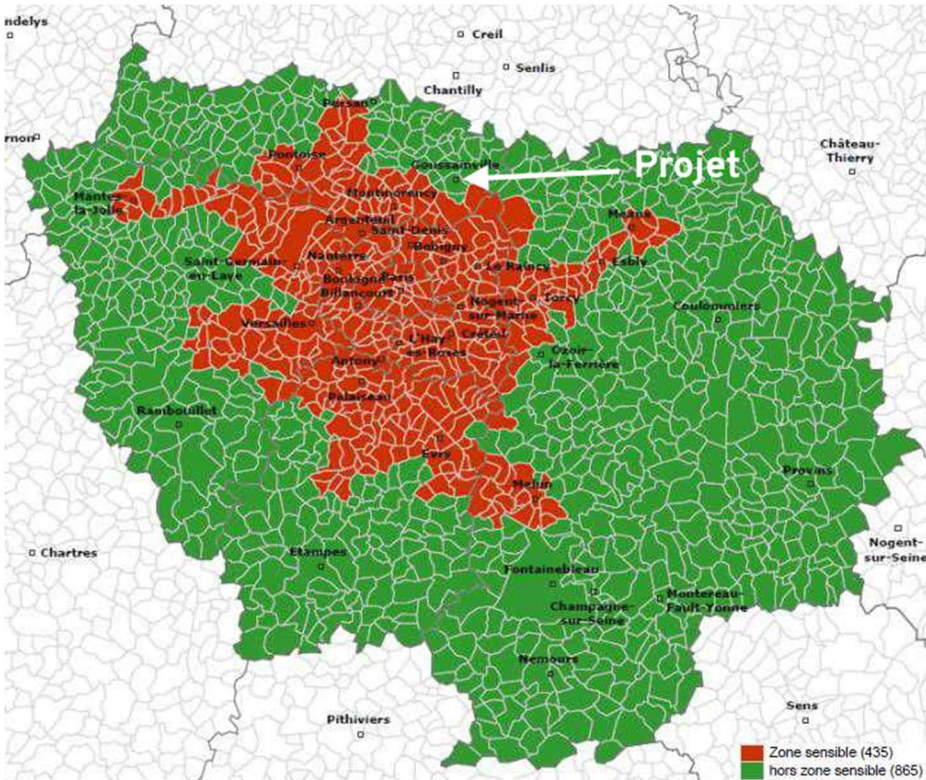
Au-delà du gisement exploitable, compte tenu des caractéristiques et du mode de fonctionnement des installations permettant la valorisation énergétique de la biomasse, d'autres facteurs peuvent conditionner le développement de cette filière.

Il s'agit principalement :

- Des contraintes foncières associées à la réalisation d'une chaufferie : En effet, cette installation nécessite un minimum d'espace afin d'accueillir les équipements techniques dans un bâtiment spécifique (ou à l'intérieur d'un bâtiment d'activité), mais également le stockage des matières premières (bois sous forme de bûches, de granulés, plaquettes forestières ou déchets agricoles) ;
- Des sensibilités environnementales : En fonction du dimensionnement des installations, des sensibilités environnementales peuvent apparaître telles que l'insertion paysagère du local et des cheminées, les nuisances

occasionnées par les fumées émises⁵ ou le trafic engendré par les opérations d’approvisionnement. Le Plan de Protection de l’Atmosphère (PPA) mis en place pour l’Île de France indique à ce propos que la commune de Goussainville ne figure pas parmi les zones sensibles pour la qualité de l’air (cf. schéma ci-dessous).

Schéma 16 : Zones sensibles pour la qualité de l’air en Ile de France (source : PPA pour l’Île de France 2013)



Ces paramètres qui définissent le potentielle de développement, dépendent principalement du dimensionnement des installations nécessaires pour répondre aux besoins énergétiques des bâtiments qui sont existants ou qui seront développées au sein du centre-ville. Plus les besoins seront élevés, plus ces contraintes seront potentiellement importantes.

Opportunités de développement de l’énergie produite à partir de la biomasse dans le projet de renouvellement du centre-ville

Comme nous l’avons vu précédemment, au vu de son potentiel de développement à plus ou moins long terme qui reste essentiellement dépendant de la dynamique qui va être impulsée sur la filière de production/approvisionnement, il est possible d’envisager le développement de la biomasse avec en particulier la filière bois-énergie.

Le bilan avantages / inconvénients associé à l’exploitation de la biomasse est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Bilan associé au développement de la production énergétique à partir de la biomasse

Energie	Avantages	Inconvénients	Approche économique
Biomasse	Ressource biomasse (notamment en bois) disponible dans la région	Insertion paysagère	Investissement modéré
	Valorisation possible en chaleur ou en chaleur et électricité	Risques de pollution atmosphérique	Aides dans le cadre du plan bois énergie (subventions)
	Installation évolutive	Nuisances liées à l’approvisionnement et à la combustion	Coûts d’entretien et de fonctionnement variables
		Emprise potentiellement importante en fonction des besoins énergétiques (contraintes de stockage)	Revente de l’électricité produite si développement d’une cogénération
		Gestion des déchets de combustion	

Au regard de ces éléments, les opportunités de développement de la production énergétique à partir de la biomasse dans le cadre de la mise en œuvre du projet sont listées dans le tableau ci-après, en fonction des applications envisageables (liste non exhaustive).

Tableau 11 : Opportunités de développement de la production énergétique à partir de la biomasse au sein du projet

Energie	Applications envisageables sur site	Principe de fonctionnement	Illustration
Biomasse	Installation de combustion (potentiellement équipée d’une unité de cogénération)	Ce procédé repose sur la combustion de la biomasse en vue de produire de la chaleur (et de l’électricité si la chaudière est équipée d’une unité de cogénération). Il peut fonctionner de manière autonome ou être couplé à d’autres combustibles pour sécuriser le fonctionnement de la chaudière. Deux stratégies pourraient être envisagées :	
		• Une mutualisation des moyens permettrait de développer un réseau alimenté par une chaudière commune à l’échelle du projet ; • Un développement indépendant à l’échelle de chaque construction du projet pour répondre en partie à leurs besoins spécifiques.	

⁵ En effet, malgré un bilan carbone globalement nul, une chaudière engendre des rejets atmosphériques qui peuvent avoir un impact local

3.4.2.8 Exploitation de la chaleur fatale (ou énergies de récupération)

Principes d'exploitation de la chaleur fatale

Par chaleur fatale, on entend une production de chaleur dérivée d'un site de production, qui n'en constitue pas l'objet premier, et qui, de ce fait, n'est pas nécessairement récupérée.

Les sources de chaleur fatale sont très diversifiées. Il peut s'agir de sites de production d'énergie (les centrales nucléaires), de sites de production industrielle, de bâtiments tertiaires d'autant plus émetteurs de chaleur qu'ils en sont fortement consommateurs comme les hôpitaux, de réseaux de transport en lieu fermé, ou encore de sites d'élimination comme les unités d'incinération de déchets.

Les principes d'exploitation de la chaleur fatale reposent soit sur le développement d'une PAC permettant une réutilisation énergétique sur site, soit sur le développement d'un réseau de chaleur ou de froid. Lorsque la chaleur fatale représente un potentiel énergétique important (température > 80°C), il existe des technologies d'échangeurs de chaleur qui permettent la production d'électricité.

Définition du gisement local (PCAET Roissy Pays de France)

Si aujourd'hui la production d'EnR par récupération de la chaleur fatale sur le territoire de Roissy Pays de France est nulle, le PCAET pose l'objectif d'atteindre 132 GWh de production en 2050.

	Production EnR (GWh)		
	Actuelle	Supplémentaire	Totale 2050
Biogaz	250	69	319
Déchets	107	0	107
Bois énergie	147	421	568
Géothermie	36	248	284
Solaire thermique	0,4	123	123
Chaleur fatale	0	132	132
Photovoltaïque	2	1550	1552
Hydroélectrique	0	0	0
Eolien	0	0	0

Sur le territoire de Roissy Pays de France le gisement total haute température s'élève à près de 63 GWh et provient principalement du tissu industriel situé au sud du territoire autour de Mitry-Mory, de la plateforme aéroportuaire et autour de Gonesse/Garges-Lès-Gonesse/Sarcelle (51 GWh), le reste étant lié à l'incinérateur de Sarcelles dont le gisement encore valorisable est estimé à 12 GWh. Aucun gisement industriel à haute température n'est présent à proximité du centre-ville de Goussainville.

Sur ce même territoire de la communauté urbaine, le gisement total basse température s'élève à près de 323 GWh. Plus de 75% de ce gisement provient du tissu industriel avec 3 installations majeures présentant un potentiel intéressant (SIAH, Bonneuil-en-France ; Chimex, Le Thillay ; ValFrance, Saint-Mard). Le gisement de chaleur basse température issu des stations de traitement des eaux usées est quant à lui estimé à 78 GWh sur le territoire de Roissy Pays de France. Un gisement lié au data centers est identifié par le PCAET mais n'est pas quantifié. Les données issues du Réseau d'Observation Statistique de l'Energie identifient un gisement dans la commune de Roissy-en-France pour une production de 2700 MWh environ en 2021.

D'après les cartes issues du diagnostic du PCAET, parmi les différentes sources de chaleur fatale (STEU, Industrie, UIDND/UIOM, Data Centers), seules les chaleurs fatales industrielles et des UIDND semblent être viables sur le territoire de Goussainville.

Potentiel de développement de l'énergie de récupération au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

Du point de vue de l'approche territoriale, les facteurs qui vont conditionner le développement éventuel de cette filière sont principalement liés au potentiel réellement offert par le site industriel ; seule une expertise spécifique permettrait de déterminer précisément l'opportunité ou non de leur développement.

Opportunités de développement de l'énergie de récupération dans le cadre du projet de renouvellement du centre-ville

Nulles

3.4.2.9 Développement d'un réseau de chaleur

Principes associés au développement d'un réseau de chaleur

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire.

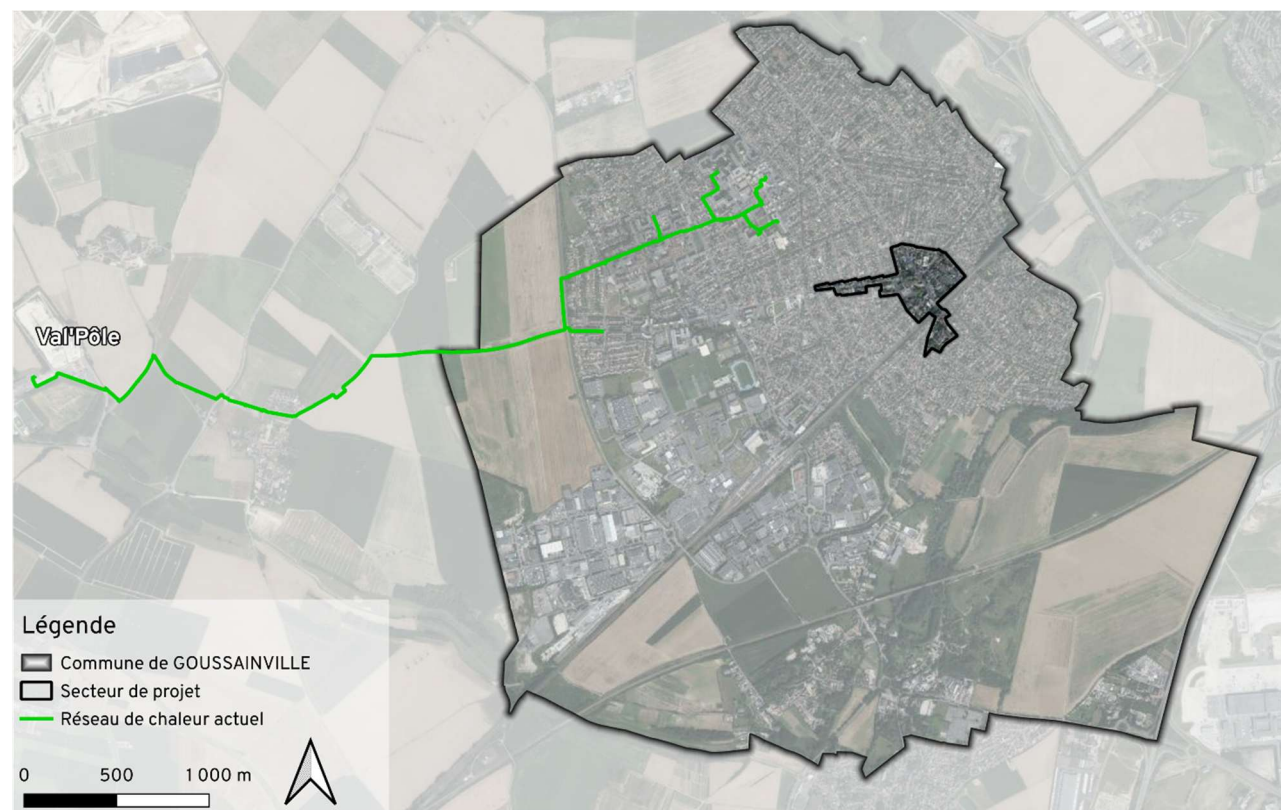
Définition du gisement local

Le territoire de la Goussainville compte un réseau de chaleur en fonctionnement, alimenté par l'installation de cogénération par combustion de biogaz « Val'Pôle » située à Plessis-Glassot et exploité par Dalkia.

Ce réseau dessert plusieurs bâtiments d'habitat collectif situé au Nord-Ouest de la commune de Goussainville. Le centre-ville quant à lui n'est pas desservi par le réseau de chaleur.

Le tracé de ce réseau et la localisation exacte l'installation de cogénération sont précisés ci-dessous.

Schéma 17 : Localisation des réseaux de chaleurs existants sur le centre-ville (source : DRIEAT Ile de France)



Potentiel de développement d'un réseau de chaleur au niveau du secteur d'étude et à l'échelle du projet

La DRIEAT Ile-de-France met à disposition du public et des collectivités les données relatives aux réseaux de chaleur franciliens et à leur potentiel de développement, collectées entre 2010 et 2012 dans le cadre des études préalables à l'élaboration du Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie.

Le schéma suivant représente, à la maille de 250x250m sur l'ensemble de la région Ile-de-France, les différentiels entre les consommations de chaleur (2005) et les quantités de chaleur déjà livrées par les réseaux de chaleur. Elle permet d'appréhender le potentiel de développement des réseaux (conversion des modes de chauffage). Elle permet donc de visualiser le potentiel de développement théorique des réseaux, en faisant l'hypothèse que toute la consommation de chaleur d'une maille peut être satisfaite par des réseaux de chaleur.

Les potentiels de développement indiqués au droit du quartier du centre-ville de Goussainville sont favorables au développement d'un réseau de chaleur avec des valeurs situées entre 1000 MWh et 4000 MWh.

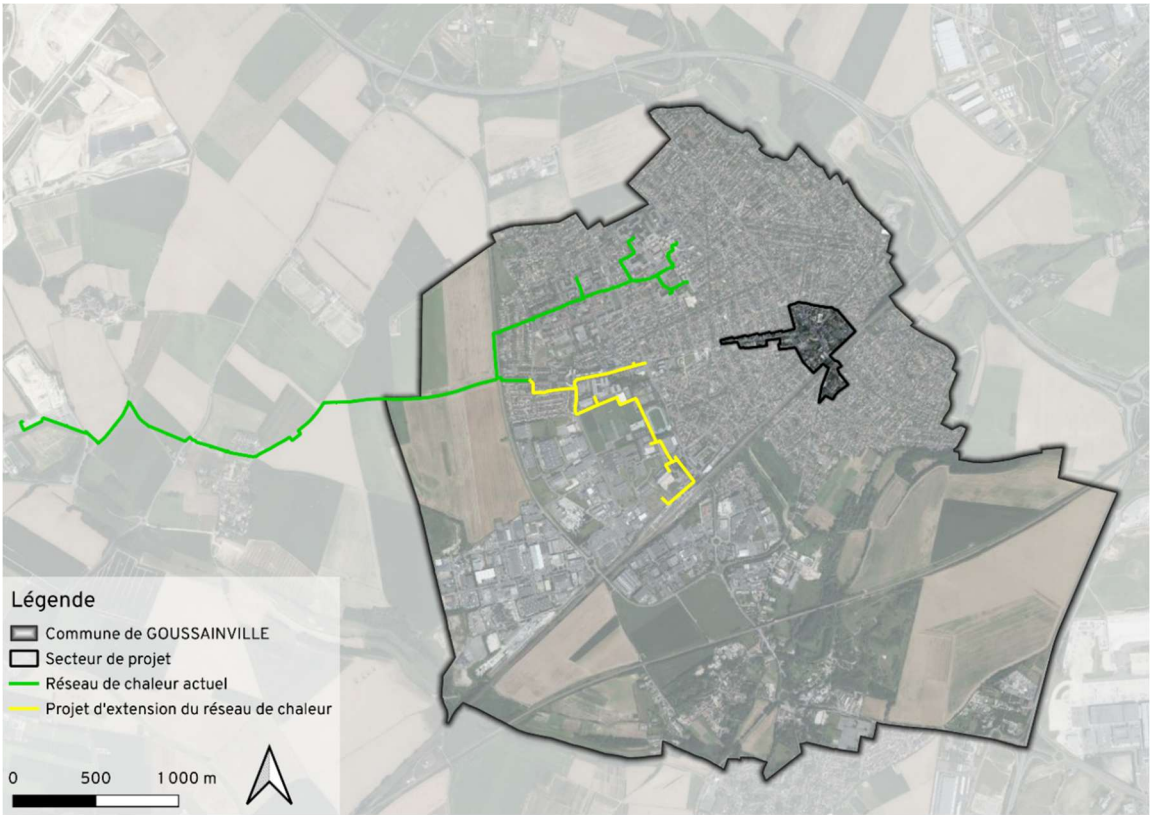
Schéma 18 : Potentiel de développement du réseau de chaleur du centre-ville (Source : DRIEAT Ile de France)



A noter enfin que la Loi Energie Climat rend le classement des réseaux de chaleur obligatoire à compter du 1^{er} janvier 2022. La procédure de classement définit des zones à l'intérieur desquelles le raccordement au réseau est obligatoire pour installation d'un bâtiment dès lors que la puissance pour le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude dépasse 30 kW. Le réseau de chaleur exploité par Dalkia sur le territoire de Goussainville n'est, à ce jour, pas classé.

En revanche il est important de noter qu'un projet en cours envisage d'étendre le réseau de chaleur actuel pour desservir d'autres secteurs de la commune de Goussainville. Cet extension permettrait un premier rapprochement avec le secteur d'étude du centre-ville.

Schéma 19 : Projets d'extension du réseau de chaleur (source : DRIEAT Ile de France)



Opportunités de développement d'un réseau de chaleur dans le cadre du projet de renouvellement du centre-ville

Tableau 12 : Bilan associé au développement d'un réseau de chaleur

Energie	Avantages	Inconvénients	Approche économique
Réseau de chaleur	Mutualisation de la production et donc réduction des GES Densité énergétique importante Puissance permettant d'intégrer la chaufferie dans un bâtiment (en sous-sol ou rez-de-chaussée)	Tissu urbain existant Linéaire de conduite à créer Phasage à prendre en compte Besoin d'espace pour implanter une chaufferie dans un bâtiment dédié	Mutualisation des investissements

4

CONCLUSIONS DE L'ETAPE 1 DE L'EFPDENR&R

Il convient avant tout de rappeler que la finalité de l'EFPDENR&R est de définir un cadre réaliste pour garantir le développement des ENR&R dans la mise en œuvre du projet de renouvellement urbain du centre-ville. Pour cela, elle s'appuie sur les résultats de l'étude d'opportunité qui permettent d'identifier les filières énergétiques les mieux adaptées au contexte de développement du projet. Il s'agit de l'objet de la présente étude.

L'EFPDENR&R doit également s'appuyer sur une étude de faisabilité technique et économique basée sur une analyse précise du potentiel de développement des ENR au sein du projet, répondant aux objectifs fixés ci-avant, et adaptée aux futures constructions et à leurs besoins spécifiques en énergie. Ces éléments étant essentiels à la finalisation de l'EFPDENR&R, ils sont abordés dans les parties suivantes.

Au regard de l'analyse détaillée dans la partie précédente, les opportunités de développement des ENR&R au sein du projet de renouvellement urbain du centre-ville concernent :

- L'énergie solaire thermique ;
- L'énergie solaire photovoltaïque ;
- La géothermie ;
- L'aérothermie ;
- La biomasse (bois énergie) ;
- Le développement du réseau de chaleur urbain.

Ces filières, qui ont chacune leurs avantages et leurs inconvénients, offrent des domaines d'application différents. Elles sont synthétisées dans le tableau inséré en page suivante.

Il convient de rappeler que les opportunités de développement d'un réseau chaleur concernent uniquement le réseau de chaleur urbain existant.

D'un point de vue opérationnel, le développement de ces filières devra être adapté aux besoins énergétiques qui seront identifiés dans le cadre de la phase 2 de cette étude. Ainsi, ces sources d'énergie pourront être mobilisées pour répondre à tout ou partie des besoins en chaleur, en froid ou en électricité des constructions qui s'implanteront au sein du quartier ; elles pourraient également profiter aux constructions existantes autour du quartier.

Enfin, on précisera que leur mise en œuvre peut largement être optimisée en recherchant des solutions de mix énergétiques pouvant s'appuyer sur le développement des ENR&R en appoint d'une desserte par les réseaux classiques (électricité ou gaz) ou sur le développement d'un bouquet d'ENR&R compatibles et complémentaires.

Tableau 13 : Comparaison des filières énergétiques qui présentent une opportunité de développement dans le cadre de la réalisation du projet

Energie	Avantages	Inconvénients	Approche économique	Production	Echelle d'application	Pertinence pour le projet de renouvellement urbain du centre-ville
Panneau solaire thermique	- Energie gratuite, sans contrainte d'approvisionnement et sans dégagement de pollution atmosphérique - Capteurs solaires thermiques particulièrement adaptés à des besoins de chaleur importants et réguliers	- Caractère saisonnier de l'énergie produite - Contraintes paysagères - Rendement très influencé par l'orientation et l'inclinaison des panneaux, ainsi que par les phénomènes d'ombrage - Nécessite une solution d'appoint	- Technique éprouvée et performante tant du point de vue économique qu'environnemental - Coûts d'entretien et de maintenance faibles	Chaleur consommée sur site (ECS et chauffage)	Bâtiment	Solution technique envisageable sur ce projet à l'échelle des bâtiments
Panneau solaire photovoltaïque	Energie gratuite et sans dégagement de pollution atmosphérique		- Revente de l'électricité produite (obligation de rachat par ENEDIS) - Coûts d'entretien et de maintenance faibles	Electricité injectée dans le réseau ou consommée sur site	Bâtiment / Ombrières	Solution technique possible en toiture des futurs bâtiments, en ombrière de parkings
Pompe à chaleur aérothermique	- Ressource gratuite - Utilisation mixte production de chaleur ou de froid (rafraichissement des bâtiments en été) - Faible impact paysager	- Nuisance sonore potentielle liée au fonctionnement des PAC - Risques de pollution en fonction du fluide caloporteur présent dans les PAC Air/Eau - Capacité de production assez faible - Faible rendement et nécessite une solution d'appoint	Investissement faible	Chaleur ou froid consommée sur site	Bâtiment	Solution technique possible en façade ou toiture des futurs bâtiments
Pompe à chaleur géothermique	- Ressource gratuite et constante - Aquifère de la nappe facilement mobilisable - Utilisation mixte production de chaleur ou de froid (rafraichissement des bâtiments en été) - Faible impact paysager	- Risques de pollution des milieux - Risque de pollution thermique - Emprise potentiellement importante en fonction du procédé développé (cas de la géothermie horizontale) et contraintes d'occupation des sols	- Investissement modéré compte tenu de la disponibilité de la ressource - Retour sur investissement variable en fonction de la capacité de production et des besoins	Chaleur ou froid consommée sur site	Ilot de quartier	Solution technique possible à l'échelle d'un îlot de quartier
Chaufferie biomasse	- Ressource biomasse (notamment en bois) disponible dans la région - Valorisation possible en chaleur ou en électricité - Installation évolutive	- Insertion paysagère - Risques de pollution atmosphérique - Contraintes et nuisances liées à l'approvisionnement et à la combustion - Emprise potentiellement importante en fonction des besoins énergétiques - Gestion des déchets de combustion	- Investissement modéré - Aides dans le cadre du plan bois énergie (subventions) - Coûts d'entretien et de fonctionnement variables - Revente de l'électricité produite si développement d'une cogénération	Chaleur consommée sur site (ECS et chauffage)	Ilot de quartier	Solution technique possible à l'échelle d'un îlot de quartier
Réseau de chaleur	- Mutualisation de la production et donc réduction des GES - Densité énergétique importante - Puissance permettant d'intégrer la chaufferie dans un bâtiment (en sous-sol ou rez-de-chaussée)	- Tissu urbain existant - Linéaire de conduite à créer - Faible besoin - Phasage à prendre en compte - Besoin d'espace pour implanter une chaufferie dans un bâtiment dédié	Mutualisation des investissements	Chaleur (ECS et chauffage)	Zone urbaine	Solution technique envisageable à l'échelle du quartier

5

ETAPE 2 DE L'EFPDENR&R

5.1 Préambule

5.1.1 Objectifs et méthode

Cette seconde étape de l'EPDENR&R a pour objectif d'identifier le(s) meilleur(s) scénario(s), c'est-à-dire les solutions mobilisant les EnR&R et présentant le meilleur bilan.

Afin d'aboutir à l'émergence d'une stratégie énergétique viable à ce stade du projet, le but ici est d'évaluer la faisabilité du principal scénario proposé. La première étape de cette étude de faisabilité consiste donc à évaluer les besoins énergétiques futurs du quartier pour ensuite déterminer dans quelle mesure le déploiement des énergies renouvelables permettrait de couvrir ces besoins identifiés, au travers d'une proposition de scénario.

Concernant l'estimation des besoins énergétique du projet, il est indispensable de rappeler qu'à ce stade, même si des éléments de programmation ont d'ores et déjà été définis, ils sont susceptibles d'évoluer de manière plus ou moins notable dans les phases de conception à venir. Ce paramètre constitue un premier facteur d'incertitude dans l'évaluation des besoins énergétiques du projet à terme.

Un second facteur est également à prendre en compte : il s'agit de l'horizon projeté pour la finalisation du projet. Et à ce propos, il est rappelé ici que l'opération d'aménagement vise aujourd'hui un objectif de fin de travaux à l'horizon 2032, soit une durée de mise en œuvre de l'ordre de 6 ans (2026-2032). Les ratios en termes de besoins énergétiques qui dépendent à la fois des comportements de la population, du type d'activités installé sur le projet, des moyens de constructions employés pour les nouveaux bâtiments en termes d'isolations, ... sont donc amenés à évoluer sensiblement d'ici cette échéance. Ce paramètre associé à la durée de mise en œuvre du projet constitue donc un second facteur d'incertitude.

Malgré tout, des hypothèses doivent nécessairement être prises en considération et s'appuient sur l'état des connaissances actuelles que ce soit vis-à-vis de la programmation du projet (programmation retenue en mars 2025) mais aussi en matière de consommations énergétiques.

De la même manière l'évaluation du coût financier et environnemental des scénarios retenus repose sur les données connues au moment de la réalisation de la présente étude. L'évolution de ces coûts aux horizons proposés constitue un troisième paramètre d'incertitude pour mener à bien l'analyse comparative.

5.1.2 Hypothèses

5.1.2.1 Programmation

Le projet consiste à requalifier le centre urbain de Goussainville notamment en :

- Repensant l'ensemble des équipements publics et faire de la culture la nouvelle identité du Centre-Ville ;
- Renouvelant le parc de logements ;
- Confortant et reconcentrant la polarité commerciale du centre urbain.

Plus concrètement, le projet prévoit la création des SDP suivantes :

Tableau 14 : Surfaces de plancher nouvellement créées par le projet de requalification du centre-ville de Goussainville

SDP Logements	SDP Commerces	SDP Equipements publics
23 950 m²	7 700 m²	4040 m²

Le plan suivant localise et caractérise les éléments de programmation.

Schéma 19 : Plan de programmation du projet de renouvellement urbain de Goussainville



5.1.2.2 Ratios de consommation énergétique

Compte tenu de la mixité de la programmation (visant à la fois la création de logements, de commerces et d'équipements publics) et du fait que la réglementation environnementale du bâti en vigueur (RE2020) ne s'applique pas à l'heure actuelle aux bâtiments à usage de commerce ou aux établissements publics (hors scolaire), l'estimation des consommations et la construction de ratios de consommation d'énergie primaire par m² de bâtiment seront réalisées à partir de données bibliographiques issues de sources institutionnelles (ADEME, CEREMA, CSTB, CEREN, etc.) ou professionnelles (Observatoire National des Bâtiments, Observatoire BBC, etc.).

Les typologies de bâtiments retenues sont les suivantes : logements collectifs, commerces, bureaux / locaux des établissements publics (pour refléter les espaces de travail non liés aux représentations culturelles) et salles polyvalentes des établissements publics (pour refléter les espaces de représentation culturelle). Les hypothèses retenues pour chaque typologie de bâtiment sont renseignées dans le tableau suivant et sont exprimées en kWh d'énergie primaire par mètre carré par an (kWhEP/m².an) :

Tableau 15 : Ratios de consommation énergétique retenus pour les différentes typologies de bâtiment

Typologie de bâtiment	Besoins en chauffage / ECS (kWhEP/m².an)	Besoin en électricité (kWhEP/m².an)
Logements collectifs	50	75
Commerces	67	268
Locaux et bureaux des établissements publics	50	65
Salles des établissements publics	135	50

5.1.3 Estimation des besoins énergétiques des futurs bâtiments

Il est possible d'estimer les besoins énergétiques des éléments de programmation du projet de requalification du centre-ville de Goussainville en rapportant les ratios des besoins énergétiques aux surfaces nouvellement créées. Pour les établissements publics, nous avons choisi de distinguer deux sous-types d'espaces pour refléter les différents usages qui y ont lieu : les locaux/bureaux des établissements publics et les salles des établissements publics. Nous avons ensuite fait le choix d'attribuer 80% des surfaces d'établissements publics aux salles et 20% aux locaux et bureaux.

Le tableau suivant fait la synthèse de l'estimation des besoins énergétiques :

Tableau 16 : Estimations des besoins énergétiques du projet

Typologie de bâtiment	Besoins annuels en chauffage / ECS (kWh EP/ an)	Besoins annuels en électricité (GWh EP/ an)
Logements collectifs	1 197 500	1 796 250
Commerces	515 900	2 063 600
Locaux et bureaux des établissements publics	40 400	52 520
Salles des établissements publics	436 320	161 600
Total (GWh EP / an)	2,19	4,07

Sur la base de cette analyse, les besoins énergétiques des constructions programmées dans le cadre du présent projet sont estimés à 6,26 GWh d'énergie primaire par an, dont 2,19 GWh en besoins de chaleur et 4,07 GWh en besoin en électricité.

5.2 Stratégie retenue pour la finalisation de l'EFPDENR&R

A ce stade de l'étude, certaines orientations de développement des ENR&R peuvent être précisées :

- Le **solaire thermique**, sensible à la chaleur produite par le rayonnement solaire, peut être envisagé à l'échelle des bâtiments dans une logique de sobriété énergétique individuelle ou collective (chauffage et production d'eau chaude sanitaire). Une attention particulière devra être portée sur l'orientation des installations en privilégiant les orientations plein Sud pour optimiser la production.

En fonction des bilans énergétiques des constructions, les panneaux solaires thermiques pourront nécessiter d'être couplés à un raccordement au réseau de chaleur de manière à augmenter les rendements attendus.

- Le **solaire photovoltaïque** étant sensible à l'ensoleillement (action de la lumière sur les cellules), son rendement risque donc d'être assez faible compte tenu du contexte climatique local ; néanmoins, le développement de cette énergie pourra être envisagée à l'échelle des nouveaux bâtiments dans une logique de sobriété énergétique individuelle ou groupée. Une attention particulière devra être portée sur l'orientation des installations en privilégiant les orientations plein Sud pour optimiser la production, et limiter les phénomènes d'ombres portées qui nuisent au bon fonctionnement des panneaux photovoltaïques.

À titre d'information, même si cela relève de l'anecdote, on peut indiquer que des panneaux solaires (thermiques ou photovoltaïques) ont été identifiés sur la toiture d'un bâtiment proche de l'église Saint-Michel, rue Simon Bolivar.

- Au regard de la situation du projet, le recours à des **solutions géothermiques** pourraient être envisagées uniquement vis-à-vis de la ressource très basse énergie sur nappe superficielle puisqu'en effet, les surfaces nécessaires au développement d'installations horizontales ne sont pas compatibles avec les logiques de densité et d'économie des sols associées au projet.
- L'**aérothermie** pourra être envisagée à l'échelle de chaque construction dans une logique de sobriété énergétique individuelle ; la mise en œuvre de pompe à chaleur fera l'objet d'une attention particulière pour éviter tout trouble du voisinage (calfeutrage acoustique).

- Compte tenu du gisement bois-énergie local, l'**énergie biomasse** pourra être envisagée à l'échelle des bâtiments dans une logique de sobriété énergétique individuelle ou groupée.

Si comme pour la géothermie, la création d'une source de production énergétique complémentaire pour le réseau de chaleur existant ne semble pas envisageable au regard des spécificités du projet, le développement d'installations individuelles ou regroupée (pour les habitats collectifs) constitue une solution appropriée au projet. A noter cependant que les enjeux associés à la protection de la qualité de l'air sur cette commune, ne sont pas compatibles avec ce type d'installation.

Les investissements associés au développement du biomasse dans le cadre du projet sont très variables et dépendent de chaque solution individuelle et/ou collective.

- Etant donné qu'un **réseau de chaleur** est d'ores et déjà en place au sein de la commune et qu'un projet d'extension est en cours, le raccordement des futures constructions à ce dernier pourrait constituer la solution à privilégier dans le cadre de ce projet. Néanmoins la temporalité de la programmation constructive ne semble pas compatible avec le déploiement du réseau de chaleur (139 des 227 logements prévus sont déjà en construction et si 73 logements supplémentaires pourraient être développés ultérieurement, ces projets ne sont aujourd'hui pas lancés ou validés).

En absence de possibilité raccordement au réseau de chaleur, le recours à des PAC aérothermiques **est la solution la plus avantageuse** pour couvrir les besoins en chaleur. Cependant, cette solution ne permettant que de couvrir les besoins en chaleur, il est possible de recourir au solaire photovoltaïque en toiture comme solution ENR complémentaire permettant de couvrir au moins partiellement les besoins en électricité ou d'injecter un supplément de production renouvelable dans le réseau électrique.

5.2.1 Scénario proposé

Pour rappel, les besoins énergétiques du site sont estimés à 2,19 GWh de chaleur et 4,07 GWh d'électricité.

La solution qui s'avère la plus adaptée concernant les besoins de chaleur est celle de l'installation de PAC aérothermiques. Concernant les besoins en électricité, le scénario ici proposé vise à déployer des systèmes de panneaux solaires PV en toiture des bâtiments nouvellement bâtis. Cette production ne sera pas suffisante pour alimenter tous les usages électriques (surface de toiture limitée pour couvrir l'ensemble des besoins) ni pour alimenter certains usages à tout moment (intermittence des rayonnements solaires) mais elle permettrait de substituer une partie des consommations qui seraient sinon puisées depuis le réseau électrique national. De plus cette solution présente des avantages économiques au travers des réductions de consommations et des aides et primes de subvention octroyées par l'Etat.

5.2.1.1 Production de chaleur

Les besoins en chaleur du présent projet sont estimés à 2,19 GWh par an. En rapportant la production visée (2,19 GWh) au temps de fonctionnement potentiel par année (1800 à 2500 h/an, variable selon le climat. Ici fixé à 2 000 h /an), on peut estimer la puissance nécessaire de l'installation en PAC Air / Air à **1 095 kW** (1 350 000 kWh / 2 000 h).

D'après les données bibliographiques disponibles (ADEME, constructeurs), les coûts d'investissement (CAPEX) et les coûts opérationnels (OPEX) d'un ensemble de systèmes PAC Air / Air déployé sur plusieurs bâtiments pour une puissance cumulée de 1 095 kW thermiques sont les suivants :

Tableau 17 : Coûts moyens d'une installation PAC Air / Air - ADEME

Coûts moyens d'une installation PAC Air / Air de 1 095 kW			
PAC Air / Air	CAPEX	1 173 €	/ kW th
	OPEX	23 €	/ kW th.an

Les CAPEX comprennent les coûts d'achat du matériel et de pose tandis que les OPEX comprennent les coûts d'entretien / maintenance. Il est important de rappeler que les systèmes PAC sont alimentés en énergie pour fonctionner. Ces systèmes ont un coefficient de performance (COP) généralement situé entre 2,5 et 4, c'est-à-dire que pour produire 1 kWh thermique, ils consomment entre 0,25 et 0,4 kWh électrique. En se référant à l'hypothèse d'un COP de 3, la production de 2,19 GWh thermique nécessitera la consommation de 0,73 GWh électrique. Dans le présent scénario ENR, cette électricité sera puisée

depuis le réseau. Au coût de l’électricité en 2024 (172 € HT / MWh), cela représenterait un montant annuel de 125 560 €, s’ajoutant aux coûts d’OPEX précédemment cités.

Ainsi, rapporté aux 1 095 kW de puissance nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques en chaleur estimés pour le projet, le coût d’un système PAC Air / Air serait de 1 401 600 € la première année (CAPEX + OPEX n1) puis 120 450 € / an les années suivantes au titre des OPEX (maintenance et alimentation en électricité). Il est important de noter que les systèmes PAC ont une durée de vie d’environ 20 ans, un remplacement matériel peut donc être nécessaire passé cette échéance. Pour prendre en compte cette durée de vie, nous réintroduisons les coûts de CAPEX tous les 20 ans.

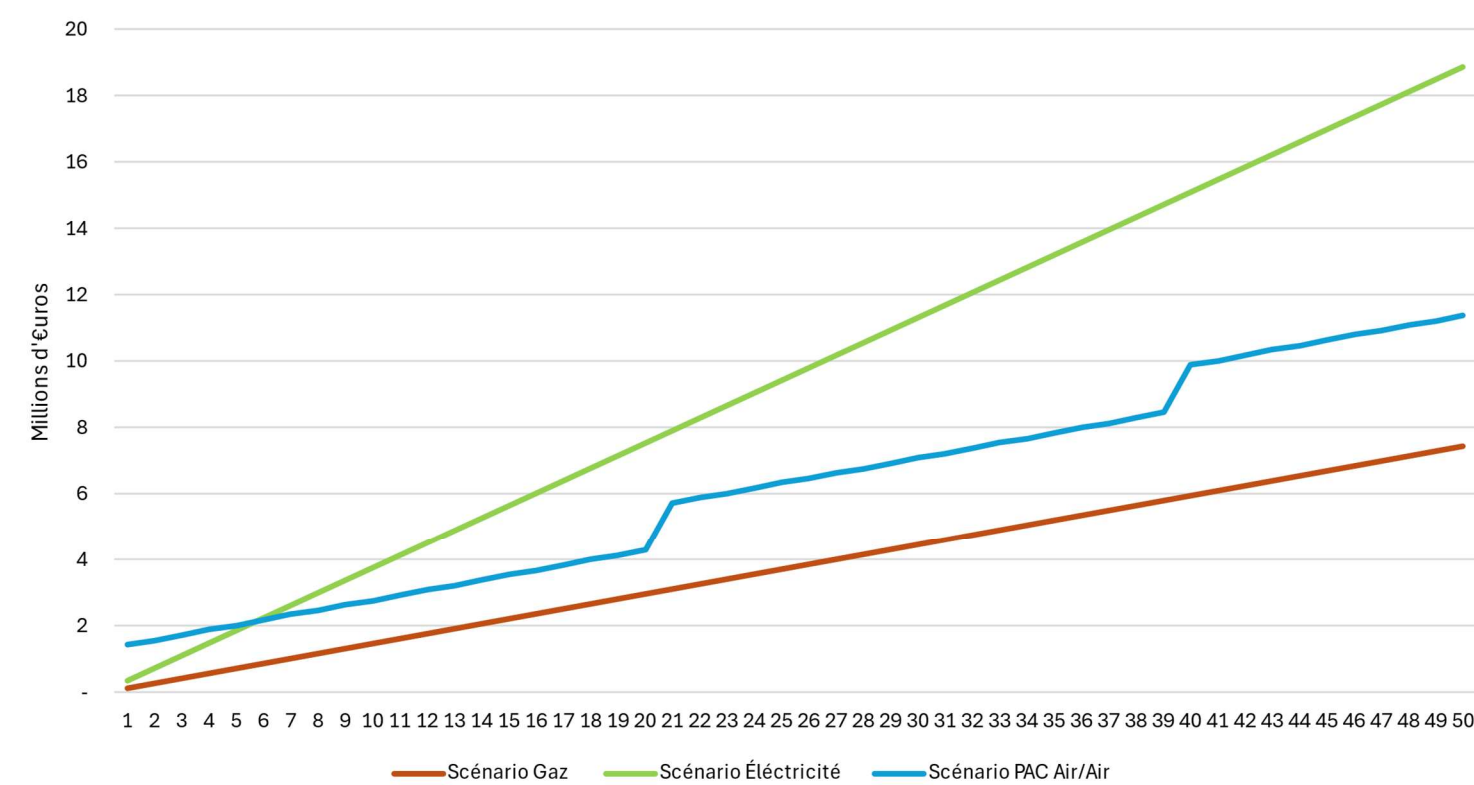
Pour mettre en perspective ces résultats on peut les comparer avec des hypothèses reposant sur la couverture des besoins en chaleur du projet par le recours au réseau de gaz ou au réseau électrique. Les prix du gaz et de l’électricité sur le marché au premier trimestre 2024 en France étaient de respectivement 68€/MWh et 172€/MWh (en moyenne, hors taxes). En appliquant ces valeurs de prix aux consommations projetées pour le projet, on obtient les coûts suivants :

Tableau 18 : Coûts de la couverture des besoins en chaleur du projet par des solutions gaz ou électricité

Coûts de la couverture des besoins en chaleur du projet par le gaz et l'électricité			
Énergie	Prix	Consommation projetée	Coût annuel
Gaz	68 €/ MWh	2190 MWh	175 200 €
Électricité	172 € / MWh		284 700 €

La comparaison permet de constater que, pour couvrir les besoins en chaleur, un ensemble de systèmes PAC Air / Air serait plus rentable que la solution électrique au bout de 5 ans et mais resterait moins rentable que la solution gaz à terme, en raison de coûts d’investissements importants et répétés durant la vie de l’installation (identifiables par les sursauts de la courbe bleue). Au bout de 50 ans, le scénario ENR est plus couteux d’environ 4 000 000 € par rapport au scénario gaz mais permettrait d’économiser 7 500 000 € par rapport au scénario électrique.

Schéma 20 : Projections comparées des coûts des solutions de couverture des besoins en chaleur



*Ces projections ne prennent pas en compte les potentielles évolutions futures du prix de l’énergie (pouvant faire varier les coûts des trois scénarios)

Cette solution apporte également des bénéfices du point de vue des émissions de GES. En rapportant la quantité de chaleur projetée aux facteurs d’émissions des différents modes de production mis en avant, on peut estimer les émissions

engendrées par les différentes solutions. Les facteurs d’émissions du gaz et de l’électricité sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Facteurs d’émissions des sources d’approvisionnement en chaleur (gCO2e/kWh)

Électricité	Gaz
52	215

En rapportant ces facteurs d’émissions à la quantité d’énergie produite (2,19 GWh) on obtient les résultats suivants :

Tableau 20 : Estimation des émissions annuelles des sources d’approvisionnement en chaleur (tCO2e/an)

PAC Air / Air	Électricité	Gaz
38	114	471

On peut ensuite projeter ces quantités d’émissions annuelles à différentes échéances temporelles :

Tableau 21 : Projection des émissions des différentes solutions d’approvisionnement en chaleur (tCO2e)

Années	PAC Air / Air	Électricité	Gaz
t+10	380	1 140	4 710
t+25	950	2 850	11 775
t+40	1 520	4 560	18 840

5.2.1.2 Production d’électricité

Les besoins en électricité du présent projet sont estimés à 4,07 GWh par an. Deux sources d’approvisionnement sont proposées dans le présent scénario :

- 70 % de l’électricité en provenance du réseau électrique national, soit 2,85 GWh
- 30 % de l’électricité en provenance d’installations photovoltaïques (PV) en toiture, soit 1,22 GWh

En prenant l’hypothèse d’un facteur de charge de 11.5% soit équivalent à un fonctionnement nominal pendant 1000 heures par an, la puissance cumulée nécessaire pour assurer 30% des besoins électriques du projet est de 1,22 MWc. Cependant le rendement des panneaux solaires diminuant avec le temps il est nécessaire de légèrement surdimensionner la puissance de l’installation pour assurer sa pertinence à long terme. Au bout de 25 ans le rendement des panneaux équivaut généralement à 90 % de leur rendement initial, ce qui implique une puissance installée de 1,36 MWc pour atteindre une puissance de 1,22 MWc d’ici 25 ans. Sur la base de panneaux de 445 Wc de puissance unitaire et mobilisant une surface d’environ 2m² par panneau, le nombre de panneau nécessaire serait de 3052 unités pour une surface occupée de 6 104 m². En considérant la surface de toiture disponible comme étant équivalente à 80% de l’emprise au sol des bâtiments (15 805 m²) soit 12 645 m², l’installation solaire PV en toiture occuperait 48% de cette surface de toiture disponible. Rapporté au nombre de bâtiments (16) cela représente une surface moyenne de 381 m² de panneaux par bâtiment soit une puissance installée de 85 kWc par bâtiment en moyenne.

D’après les données bibliographiques disponibles (ADEME), les couts d’investissement (CAPEX) et les coûts opérationnels (OPEX) des installations solaires PV en toiture de 36 kWc à 100 kWc sont les suivants :

Tableau 22 : Coûts d’une installation solaire PV en toiture de 36 à 100 kWc - ADEME

Coûts d’une installation solaire PV en toiture de 36 à 100 kWc			
Solaire PV	CAPEX	1 115 €	/ kWc
	OPEX	28 €	/ kWc.an

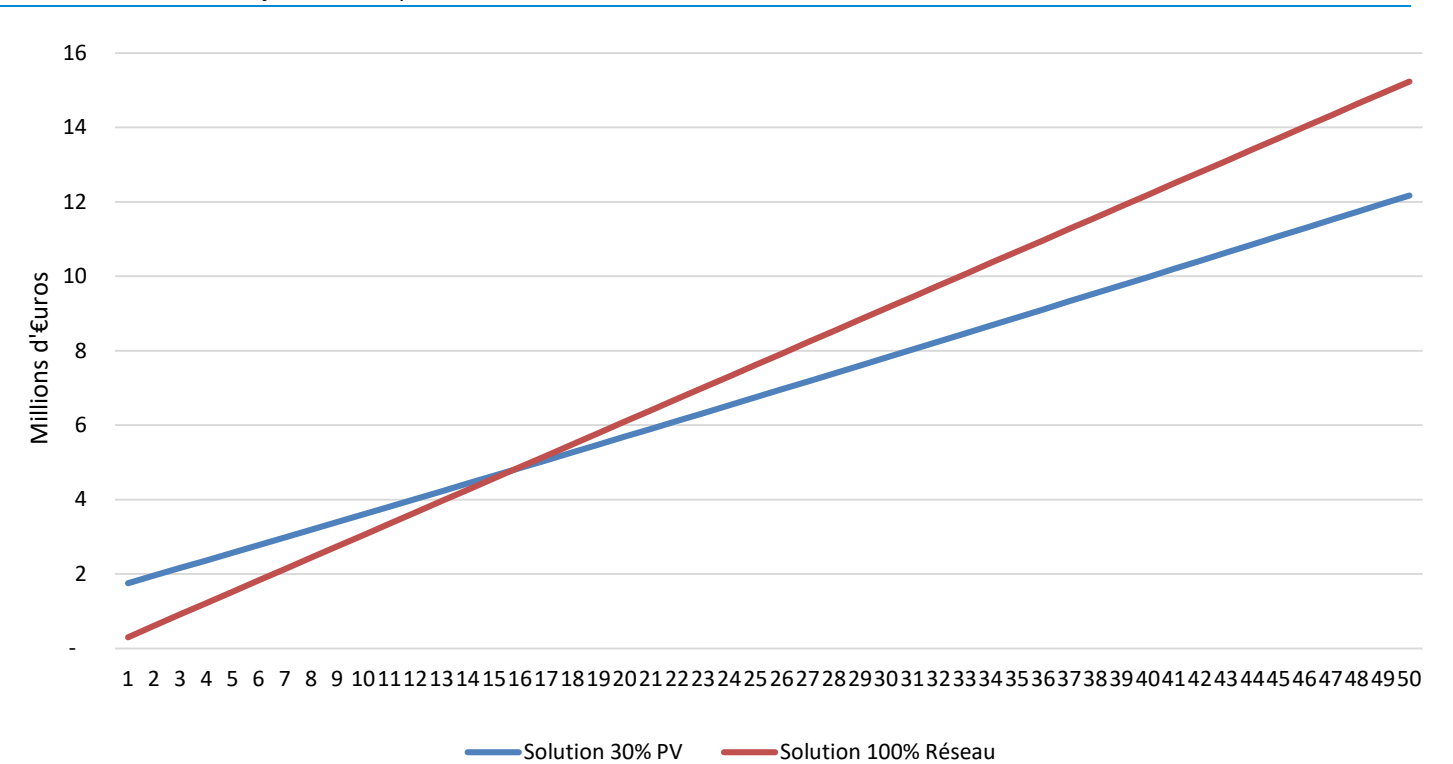
En rapportant ces valeurs à la puissance visée (1,36 MWc) on obtient une estimation de 1 514 195 € de CAPEX et 38 025 € par an d’OPEX.

Assurer par le recours au réseau national le reste du besoin énergétique non couvert par la production solaire coûterait environ 213 270 € par an. Les besoins énergétiques en électricité du projet sont estimés à 4,07 GWh par an d'énergie primaire soit (en appliquant le facteur de conversion de 2,3 vers l'énergie finale électrique) un besoin en énergie finale de 1,77 GWh par an ou 1 771 MWh par an. Compte tenu du surdimensionnant prévu pour l'installation solaire en toiture, les besoins devant être assurés par le réseau électrique national sont estimés à 1 181 MWh par an en début d'exploitation et 1 266 MWh à terme (horizon t+ 40). Ainsi, le coût du recours au réseau pour assurer les besoins électrique non couverts par l'installation solaire varie de **203 113 €** la première année à **217 809 €** à t+40 ans. On obtient ainsi un **coût annuel d'environ 213 270 €**.

Puisque dans ce scénario les besoins sont couverts à 30% par des systèmes PV en toiture, cette quantité d'énergie n'est pas puisée depuis le réseau et est ainsi économisée. Dans un scénario où le recours au réseau assurerait 100 % des besoins en électricité, **le coût annuel serait alors de 304 670 € en moyenne**.

En synthèse, le scénario proposé concernant la couverture des besoins en électricité coûterait **1 755 322 €** la première année **puis 251 300 € par an** les années suivantes. Le scénario de recours exclusif au réseau coûterait lui **304 670 € par an**. La solution 30 % solaire PV est alors plus intéressante à compter de la 16^e année. Les panneaux solaires étant couverts par une garantie constructeur pouvant aller jusqu'à 40 ans (cas des panneaux SunPower Maxeon 6 AC utilisés comme référence ici) la projection de la solution PV à horizon t+40 ans permettrait d'économiser plus d'**2 210 000 €** par rapport au scénario de recours total au réseau.

Schéma 20 : Projections comparées des coûts des solutions de couverture des besoins en électricité



*Ces projections ne prennent pas en compte les potentielles évolutions futures du prix de l'énergie ni les potentielles aides et subventions publiques pouvant bénéficier aux installations de production photovoltaïques sur toiture.

Du point de vue des émissions de GES, l'énergie produite par les installations de production d'énergie renouvelable est considérée comme neutre en carbone. Néanmoins, la production des modules photovoltaïques et leur acheminement sont des procédés émetteurs de GES. D'après l'ADEME, le facteur d'émission d'une installation photovoltaïque exploitant des panneaux de fabrication chinoise est de 44 gCO2e/kWh. Par ailleurs, et comme indiqué précédemment, le facteur d'émissions du réseau électrique en France est de 52 gCO2e par kWh (2024). Puisque la solution ENR tire 70% de son énergie depuis le réseau, son facteur d'émissions peut être considéré comme étant équivalent à la somme de 70% de celui du réseau et de 30% de celui d'une installation photovoltaïque, ce qui nous donne un facteur d'émissions de 49,5 gCO2e / kWh. En rapportant ces facteurs d'émissions à la quantité d'énergie électrique nécessaire au projet on obtient la quantité d'émissions annuelle de chaque solution.

Tableau 23 : Émissions des différentes solutions d'approvisionnement en électricité (tCO2e/an)

Solution 30 % ENR 70% réseau électrique	Solution 100 % réseau électrique
67,2	92,1

On peut ensuite projeter ces quantités d'émissions annuelles à différentes échéances temporelles :

Tableau 24 : Projections des émissions des différentes solutions d'approvisionnement en électricité (tCO2e)

Années	Solution 30 % ENR 70% réseau électrique	Solution 100 % réseau électrique
t+10	672	921
t+25	1 681	2 303
t+40	2 689	3 684

5.2.2 Synthèse du scénario proposé

5.2.2.1 Bénéfices économiques du scénario

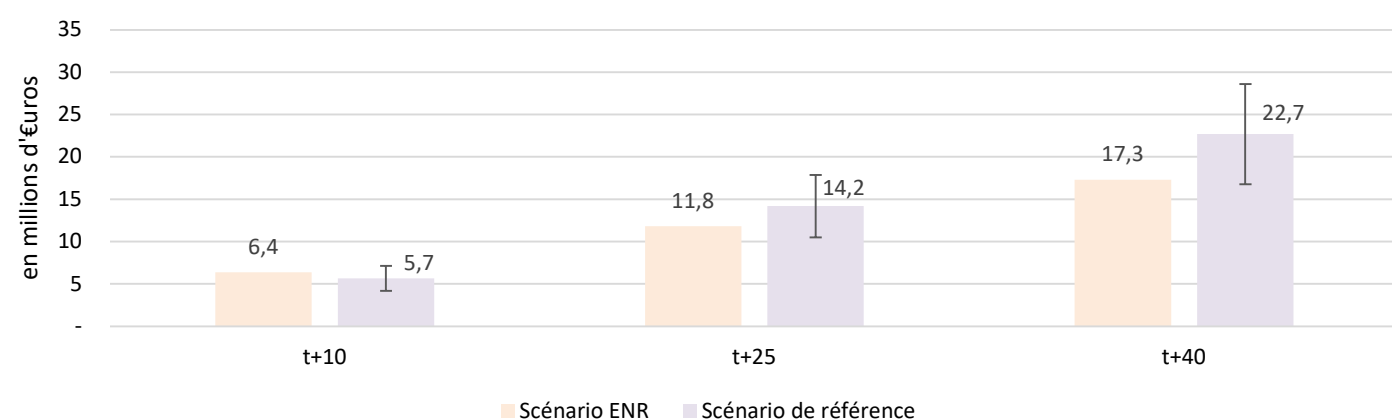
Tableau 25 : Coûts du scénario ENR proposé (PAC Air / Air et solaire PV en toiture)

Coûts du scénario proposé		
Besoins en chaleur - PAC Air / Air	Cout à t+10	2 791 520 €
	Cout à t+25	5 051 600 €
	Cout à t+40	7 311 680 €
Besoins en électricité - 30 % Solaire PV et 70 % réseau électrique	Cout à t+10	3 601 434 €
	Cout à t+25	6 748 252 €
	Cout à t+40	9 978 113 €
Total	Cout à t+10	6 392 954 €
	Cout à t+25	11 799 852 €
	Cout à t+40	17 289 793 €

Tableau 26 : Coûts du scénario de référence (gaz et électricité)

Coûts du scénario de référence		
Besoins en chaleur - Gaz ou électricité	Cout à t+10	1 489 200 - 3 766 800 €
	Cout à t+25	3 723 000 - 9 417 000 €
	Cout à t+40	5 956 800 - 15 067 200 €
Besoins en électricité - 100 % réseau électrique	Cout à t+10	3 046 693 €
	Cout à t+25	7 616 732 €
	Cout à t+40	12 186 771 €
Total	Cout à t+10	4 535 893 € - 6 813 493 €
	Cout à t+25	11 339 732 € - 17 033 732 €
	Cout à t+40	18 143 571 € - 27 253 971 €

Schéma 22 : Comparaison des coûts des scénarios aux différentes échéances temporelles



En conclusion, si le coût du scénario ENR est dans un premier temps plus élevé que le scénario de référence (notamment en raison de coûts d'investissement élevés), les gains réalisés s'accroissent avec le temps pour atteindre un bénéfice économique notable à terme, en particulier vis-à-vis des solutions électriques.

5.2.2.2 Bénéfices environnementaux du scénario

Au-delà de permettre une réduction du coût de l'approvisionnement énergétique, ce scénario permettrait également de réduire les émissions de GES engendrées par la couverture des besoins énergétiques identifiés.

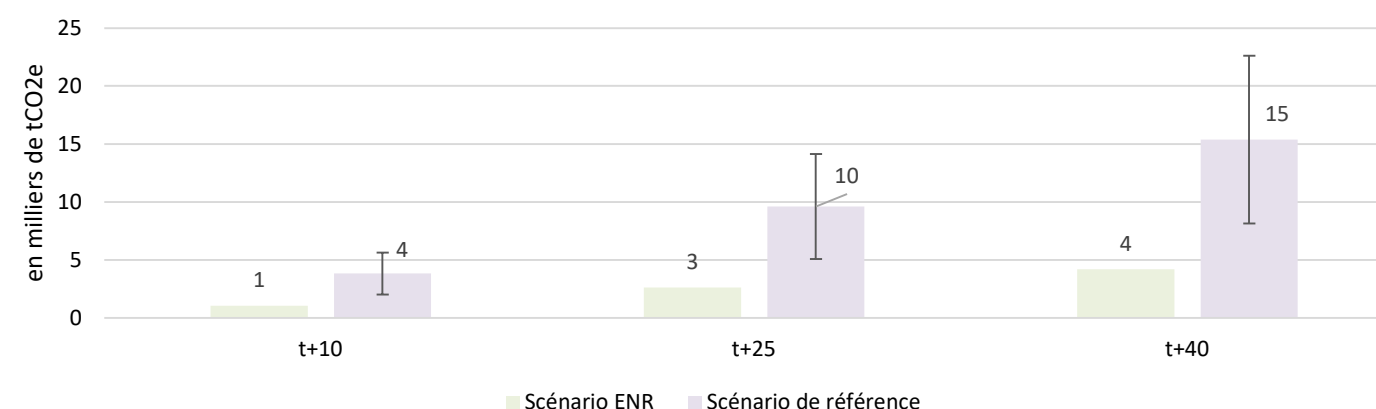
Tableau 27 : Emissions GES projetées du scénario ENR proposé (tCO2e)

Poids carbone du scénario proposé (tCO2e)		
Besoins en chaleur - PAC Air / Air	Emissions à t+10	380
	Emissions à t+25	950
	Emissions à t+40	1 520
Besoins en électricité - 30 % Solaire PV et 70 % réseau électrique	Emissions à t+10	672
	Emissions à t+25	1 681
	Emissions à t+40	2 689
Total	Emissions à t+10	1 052
	Emissions à t+25	2 631
	Emissions à t+40	4 209

Tableau 28 : Emissions GES projetées du scénario de référence (tCO2e)

Poids carbone du scénario de référence (tCO2e)		
Besoins en chaleur - Électricité ou gaz	Emissions à t+10	1 140 - 4 710
	Emissions à t+25	2 850 - 11 775
	Emissions à t+40	4 560 - 18 840
Besoins en électricité - 100 % réseau électrique	Emissions à t+10	921
	Emissions à t+25	2 303
	Emissions à t+40	3 684
Total	Emissions à t+10	2 061 - 5 631
	Emissions à t+25	5 153 - 14 078
	Emissions à t+40	8 244 - 22 524

Schéma 23 : Comparaison des émissions GES des scénarios aux différentes échéances temporelles



En conclusion, le scénario ENR permet d'éviter entre 2/3 et 3/4 des émissions engendrées par le scénario de référence. Ces gains sont d'autant plus marqués vis-à-vis du scénario exploitant le gaz comme source d'énergie pour couvrir les besoins en chaleur (rapport de 1 pour 5).

