



Etude sur les énergies renouvelables du projet des Carrières de l'Ouest

Ville de Gagny (93)

Table des matières

INTRODUCTION	3
I- Définition des besoins.....	4
1. Contexte	4
a. Contexte climatique.....	4
b. Localisation géographique.....	4
c. Programme de l'opération	5
2. Définition des besoins du « scénario réglementaire » (RT2012)	8
II- Définition des potentiels en Energies Renouvelables sur site..	10
1. L'énergie solaire thermique	10
a. Présentation de la technologie	10
b. Potentiel disponible.....	11
c. Préconisations	12
2. L'énergie solaire Photovoltaïque	13
a. Présentation de la technologie	13
b. Principe de fonctionnement.....	13
c. Tarification et coût potentiel	14
d. Potentiel disponible.....	14
e. Préconisations	14
f. Intégration au bâti.....	15
3. Potentiel de développement de la Biomasse.....	16
a. Présentation des technologies issues de la Biomasse	16
b. Le réseau de chaleur au bois Energie	17
c. Conditions de faisabilité	18
4. La cogénération	21
5. La valorisation énergétique des déchets ménagers	22
6. La récupération d'énergie d'un data center	22
7. L'Energie éolienne	23
a. Présentation de la technologie	23
b. Potentiel disponible.....	24
8. Potentiel de développement de l'énergie géothermique.....	26
a. Production pouvant être assurée.....	26
b. Principe de fonctionnement.....	26
c. Potentiel disponible.....	26
III- Synthèse des préconisations	26
IV- Conclusion.....	27



INTRODUCTION

L'article 8 de la loi Grenelle I (loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement) crée une obligation d'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables pour les nouveaux aménagements.

En application conjointe avec l'article L. 300-1 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** ».

L'opération sur les carrières de Gagny se doit d'intégrer un volet énergie, indépendant.

L'objectif de ce volet est en cohérence avec les objectifs internationaux (protocoles de Kyoto et de Durban) et ceux fixés à l'échelle nationale et de la région Île-de-France à travers notamment le SRCAE (Schéma régional climat air, énergie).

L'étude de faisabilité doit porter sur le potentiel de développement des énergies renouvelables, lesquelles sont définies par l'article 29 de la loi de programme n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique : « *les sources d'énergies renouvelables sont les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydro thermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz. 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.* »

L'étude d'EnR réalisée au titre de l'article L. 300-1 du code de l'Urbanisme est avant tout une aide à la décision.

Elle a pour objectif d'identifier les différentes solutions d'approvisionnement en énergie possible en tenant compte des ressources locales.



I- DÉFINITION DES BESOINS

1. Contexte

a. Contexte climatique

A Gagny, en 2016 les températures varient en moyenne de 1,1°C en décembre à 26,9°C en août : les températures élevées restent rares.

Le record de température est de 40,2°C, lors de la canicule de 2003.

Le climat est donc doux.

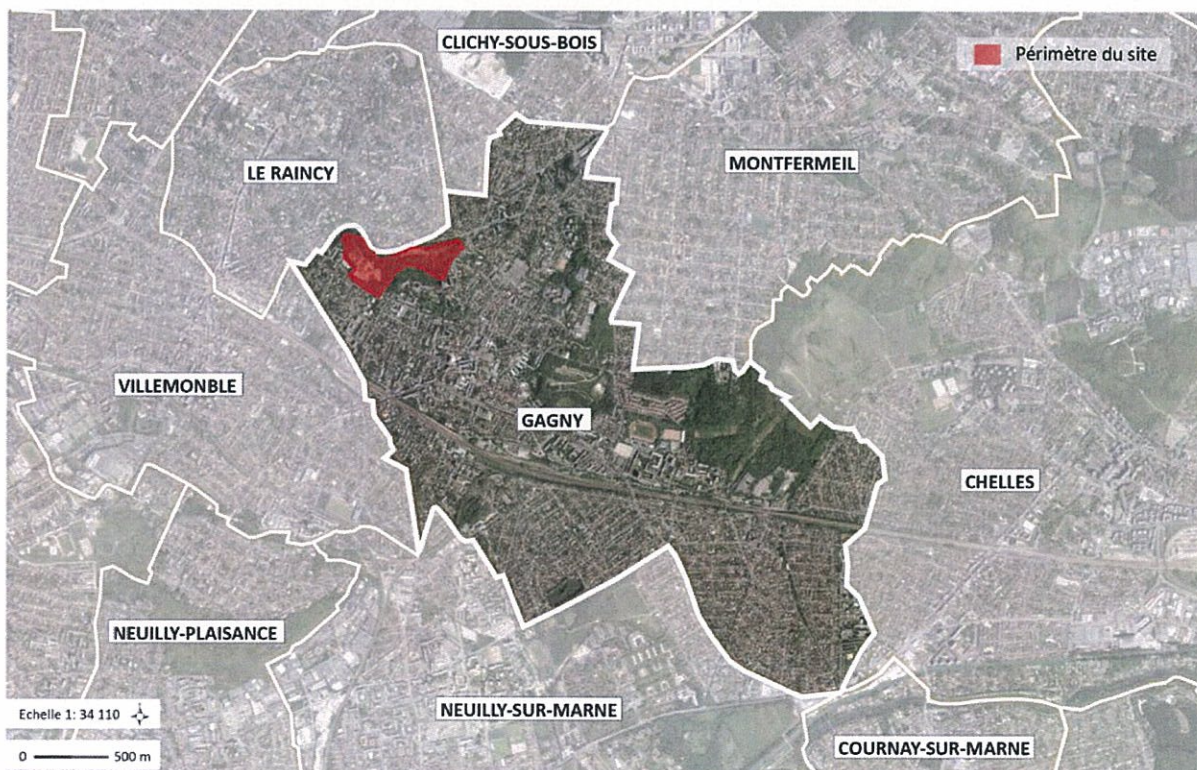
Les précipitations, nettement plus importantes au Printemps, s'élèvent à hauteur de 607,4 mm de pluie (A titre indicatif, la moyenne nationale est de 685 mm).

b. Localisation géographique

Le projet d'aménagement porte sur le site des carrières de l'Ouest, au Nord-ouest de la ville de Gagny, dans le quartier du Parc Carette, en limite de la ville du Raincy.

D'une emprise globale d'un peu plus de 15 ha, le secteur constitue une ancienne carrière abandonnée, au Nord de la commune de Gagny, dont la majorité des parcelles a été rachetée en 1992 par la **société Marto**, entreprise spécialisée dans le domaine du bâtiment : déconstruction, désamiantage, dépollution et terrassement de terrain.

Localisation du secteur de projet sur la ville de Gagny



De 1992 à 2013, le site fut ainsi utilisé comme décharge de matériaux de démolition (déchets classés "déchets inertes").

En Janvier 1996, l'Inspection Général des Carrières a observé un certain nombre de travaux et d'aménagements réalisés en violation directe des règles de l'art : creusement d'une descenderie et remblaiement partiel des abords avec des matériaux impropres au remblayage (blocs de gypse, produits de démolition, blocs de béton armé, armatures de béton, profilés métalliques, bois, déchets plastiques....).

Par arrêté préfectoral n°2013-0054 du 3 janvier 2013, le **Préfet de la Seine-Saint-Denis porta mise en demeure à l'encontre du propriétaire de fournir un dossier de travaux de comblement nécessaires à la sécurisation de la carrière de l'Ouest.**

En partenariat avec la société Marto, la ville de Gagny, l'Etablissement Public Territorial Grand Paris Grand Est et les différents services de l'Etat, un projet de réaménagement et de mise en sécurité de ces dernières depuis le début de l'année 2016 a donc été proposé.

Porté par la société S.A.S Gabienne d'aménagement, un projet de construction mixte d'ampleur a été défini afin de valoriser ce secteur singulier.

c. Programme de l'opération

Le projet prévoit le réaménagement du secteur par le développement d'environ **120 300 m² de surface de plancher (SDP)** au total répartis entre :

- Un programme **d'environ 112 800 m² SDP destinés à des logements en accession, des logements locatifs aidés (25%), une résidence personne âgée et des maisons individuelles ;**
- Un **programme d'équipements publics et privés d'environ 1 400 m² SDP** comprenant une crèche (environ 400 m² SDP) et un pôle médical (environ 1 000 m² SDP) ;
- Un **programme d'activité commerciale d'environ 6 100 m² SDP** comprenant des commerces en rez-de-chaussée d'immeubles et un supermarché.

Le projet prévoit également le développement d'environ 7 ha d'espaces verts (comprenant parc habité et jardins autour des immeubles) ainsi que la création d'environ 23 000 m² de toitures végétalisées.

Un programme immobilier de logements pourrait également être développé ultérieurement sur les terrains de l'école Merkaz-Hatorah qui jouxte l'emprise du projet (opération privée non portée par la SAS Gabienne d'aménagement).

Bien qu'étant à la réflexion, il est prévu la création d'une surface de plancher d'environ 6 000 m² SDP sur cette emprise, portant la surface de plancher total à destination des logements à l'échelle du secteur à 118 810 m².

Enfin, un collège d'une capacité scolaire de 600 élèves (environ 7 000 m² SDP) est également prévu, sous maîtrise d'ouvrage du Conseil Départementale de Seine-Saint-Denis.

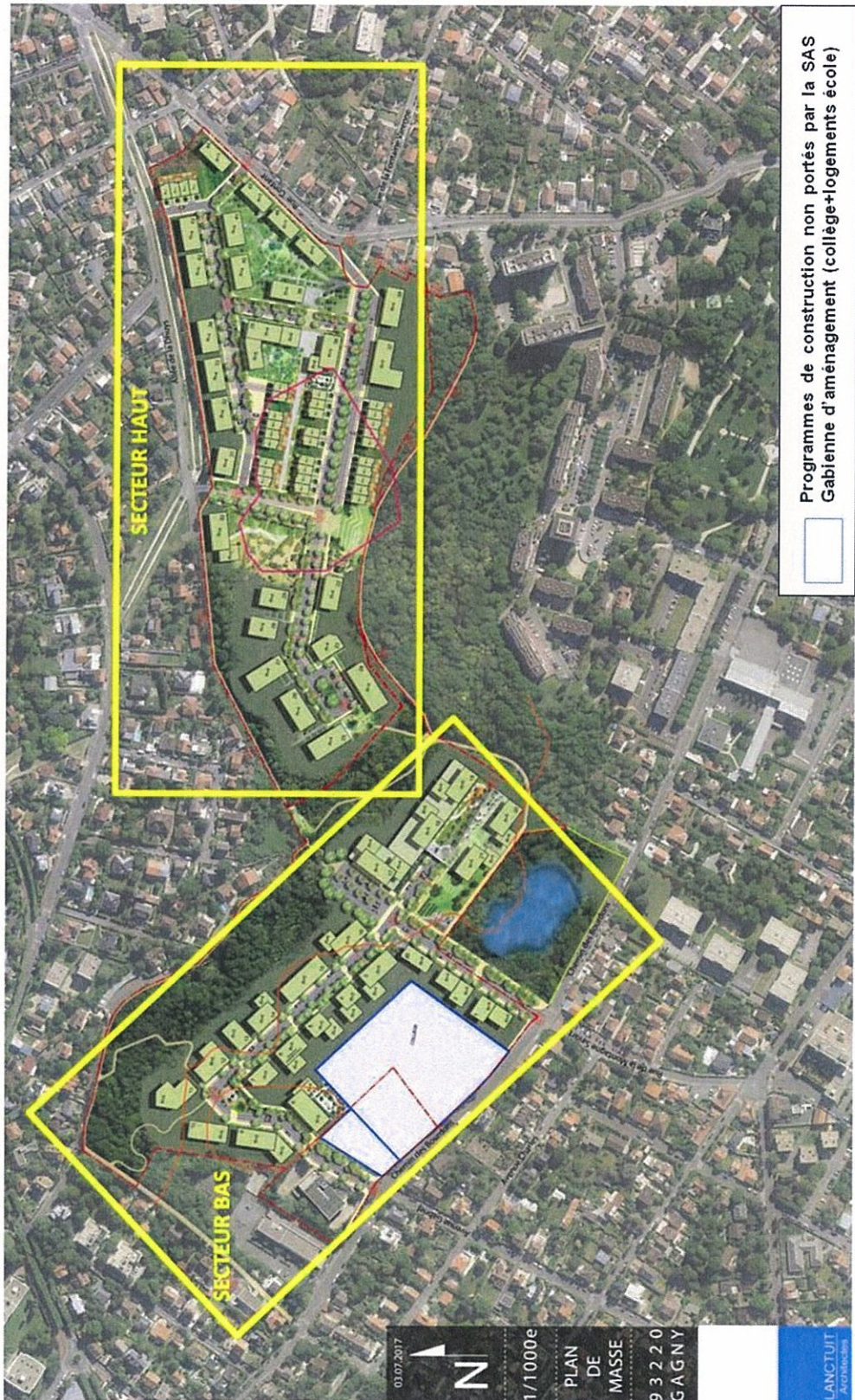
Le site se scinde en deux parties:

- le secteur haut accessible depuis la rue Contant
- le secteur bas accessible depuis le Chemin des Bourdons (pour information, le collège sera implanté au Sud du secteur bas).

A noter qu'au regard du risque carrière, seul environ 20 000 m² de SDP est actuellement constructible au regard du PLU.

La présente étude est réalisée sur la totalité du programme, mais les solutions techniques envisagées doivent prendre en considération le risque qu'une partie du programme ne se réalise pas.

Plan masse général du projet



2. Définition des besoins du « scénario réglementaire » (RT2012)

Le Grenelle prévoit une évolution de la réglementation thermique (passage de la RT2005 à la RT2012), imposant des niveaux de consommation d'énergie maximum pour les bâtiments neufs.

Concernant l'opération sur les carrières de l'Ouest, les besoins énergétiques des bâtiments (logements, commerces et équipements) seront évalués via une cible de performance liée à la RT 2012.

Les objectifs de performance ont été évalués sur la base des besoins énergétiques moyens suivants (ratios issus de simulation, niveau de performance BBC) :

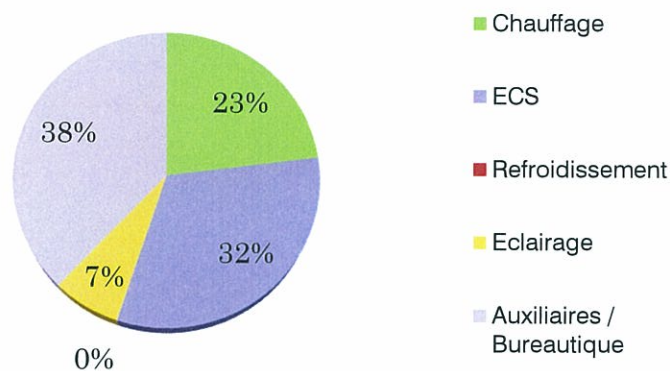
- **95 KWh EP /m² SDP** pour la typologie logement ;
- **113 KWh EP /m² SDP** pour la typologie commerce et équipement ;

Ces niveaux de consommations comprennent les postes suivants :

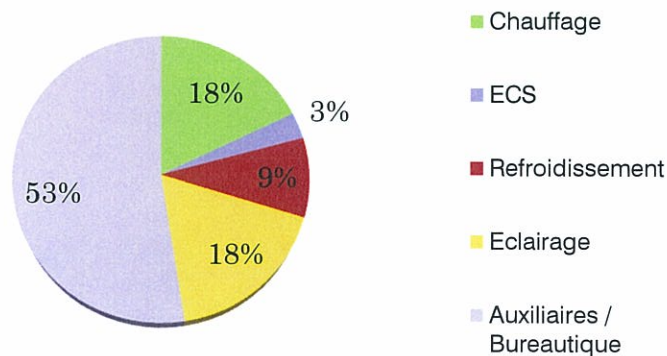
- Chauffage,
- Eau chaude sanitaire (ECS),
- Refroidissement (climatisation...),
- Eclairage,
- Les auxiliaires électriques (ventilation, bureautique...),

La répartition moyenne des consommations de chacun de ces postes, par typologie de bâtiment, peut se traduire de la manière suivante :

Besoins Logement



Besoins Commerce/Équipement



La présente étude ne prend pas en compte la réalisation du collège (environ 7 000 m² SDP), équipement public qui fera l'objet d'une étude ENR propre et ultérieurement, mais prend en compte le programme de logements prévisionnels sur l'école Merkaz-Hatorah.

La surface de plancher pris en compte au sein de l'étude ENR est donc d'environ 126 310 m².

A partir des limites de consommations imposées par les réglementations thermiques et des répartitions des consommations par postes, il est possible de faire ressortir les besoins mis en évidence par le chauffage et l'eau chaude sanitaire ainsi que les besoins électriques et ce, pour chaque typologie de bâtiment évoqué plus haut :

Typologie	Hypothèses retenues			
	Besoins chauffage	Besoins ECS	Besoins froid	Besoins électrique
Commerces	20 kWh/m ² .an	3 kWh/m ² .an	10 kWh/m ² .an	80 kWh/m ² .an
Equipements	20 kWh/m ² .an	3 kWh/m ² .an	10 kWh/m ² .an	80 kWh/m ² .an
Logements	22 kWh/m ² .an	30 kWh/m ² .an	0 kWh/m ² .an	43 kWh/m ² .an

A l'appui des hypothèses mises en avant dans la partie précédente et de la répartition des surfaces construites par typologie, les besoins énergétiques globaux de l'opération sont estimés à environ 12 GWh/ an et se répartissent selon :

- Des besoins de chauffage et d'ECS d'environ 6 GWh/an ;
- Des besoins froids de 0,7 GWh/an ;
- Des besoins électriques de 5 GWh/an ;

Simulation des besoins

Surface prévisionnelle		Besoins chaud		
		Chauffage	ECS	Total
Logements	118 810 m ² SDP	2 613 820 kWh/an	3 564 300 kWh/an	6 178 120 kWh/an
Commerces	6 100 m ² SDP	122 000 kWh/an	18 300 kWh/an	140 300 kWh/an
Equipements (hors Collège)	1 400 m ² SDP	28 000 kWh/an	4 200 kWh/an	32 200 kWh/an
Total par besoin	126 310 m² SDP	2 763 820 kWh/an	3 586 800 kWh/an	6 350 620 kWh/an

Surface prévisionnelle		Besoins froid
Logements	118 810 m ² SDP	0 kWh/an
Commerces	6 100 m ² SDP	61 000 kWh/an
Equipements (hors Collège)	1 400 m ² SDP	14 000 kWh/an
Total par besoin	126 310 m² SDP	75 000 kWh/an

Surface prévisionnelle		Besoins électrique			Total
		Eclairage	Ventilation et Auxiliaires	Bureautique et autres	
Logements	118 810 m ² SDP	831 670 kWh/an	594 050 kWh/an	3 683 110 kWh/an	5 108 830 kWh/an
Commerces	6 100 m ² SDP	122 000 kWh/an	122 000 kWh/an	244 000 kWh/an	488 000 kWh/an
Equipements (hors Collège)	1 400 m ² SDP	28 000 kWh/an	28 000 kWh/an	56 000 kWh/an	112 000 kWh/an
Total par besoin	126 310 m² SDP	981 670 kWh/an	744 050 kWh/an	3 983 110 kWh/an	5 708 830 kWh/an

Surface prévisionnelle		Besoins Chauffage/ECS	Besoin Froid	Besoin Electrique	Total par programme
Logements	118 810 m ² SDP	6 178 120 kWh/an	0 kWh/an	5 108 830 kWh/an	11 286 950 kWh/an
Commerces	6 100 m ² SDP	140 300 kWh/an	61 000 kWh/an	488 000 kWh/an	689 300 kWh/an
Equipements (hors Collège)	1 400 m ² SDP	32 200 kWh/an	14 000 kWh/an	112 000 kWh/an	158 200 kWh/an
Total par besoin	126 310 m² SDP	6 350 620 kWh/an	75 000 kWh/an	5 708 830 kWh/an	12 134 450 kWh/an



II- DEFINITION DES POTENTIELS EN ENERGIES RENOUVELABLES SUR SITE

Dans cette partie sont présentées différents moyens de satisfaire les besoins de l'opération grâce aux énergies renouvelables potentiellement applicables à la zone d'étude.

1. L'énergie solaire thermique

a. Présentation de la technologie

a.1) Types de productions assurées

- Eau chaude sanitaire solaire
- Chauffage

a.2) Principe de fonctionnement

Une installation solaire thermique est un système qui permet de chauffer de l'eau grâce aux radiations solaires et ainsi permettre l'élévation de la température pour l'eau chaude sanitaire (ECS) ou pour le chauffage des bâtiments.

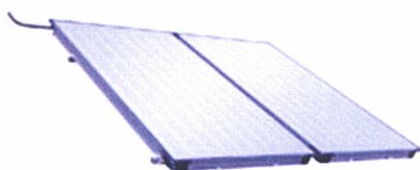
L'énergie solaire est captée par les panneaux solaires thermiques qui l'acheminent via un liquide caloporteur (liquide conçu entre autres pour ne pas geler l'hiver) vers le ballon d'eau chaude.

La chaleur est transmise du liquide caloporteur vers l'eau chaude sanitaire via un échangeur. Si nécessaire un appoint peut être mis en place afin de parvenir à la température souhaitée.

Technologies de capteurs solaires thermiques :

- **Les capteurs vitrés:** Il s'agit des capteurs les plus couramment utilisés. Ils sont composés d'un support, d'un isolant, d'un absorbeur de couleur noire, de tubes de cuivres dans lequel circule le liquide caloporteur et d'une vitre.
- **Les capteurs sous vide.** Ils sont composés d'une série de tubes transparents en verre de 5 à 15 cm de diamètre. Dans chaque tube, un absorbeur permet de capter le rayonnement solaire et un échangeur permet le transfert de l'énergie thermique. Le vide créé dans les tubes joue le rôle d'isolant en empêchant les déperditions vers l'extérieur. Ainsi pour la même surface d'absorbeur, le rendement d'un capteur sous vide est meilleur que celui des capteurs vitrés.

Capteurs vitrés



Capteurs sous vide



b. Potentiel disponible

Le potentiel solaire global de Seine-Saint-Denis est relativement faible en comparaison avec le reste de la France.

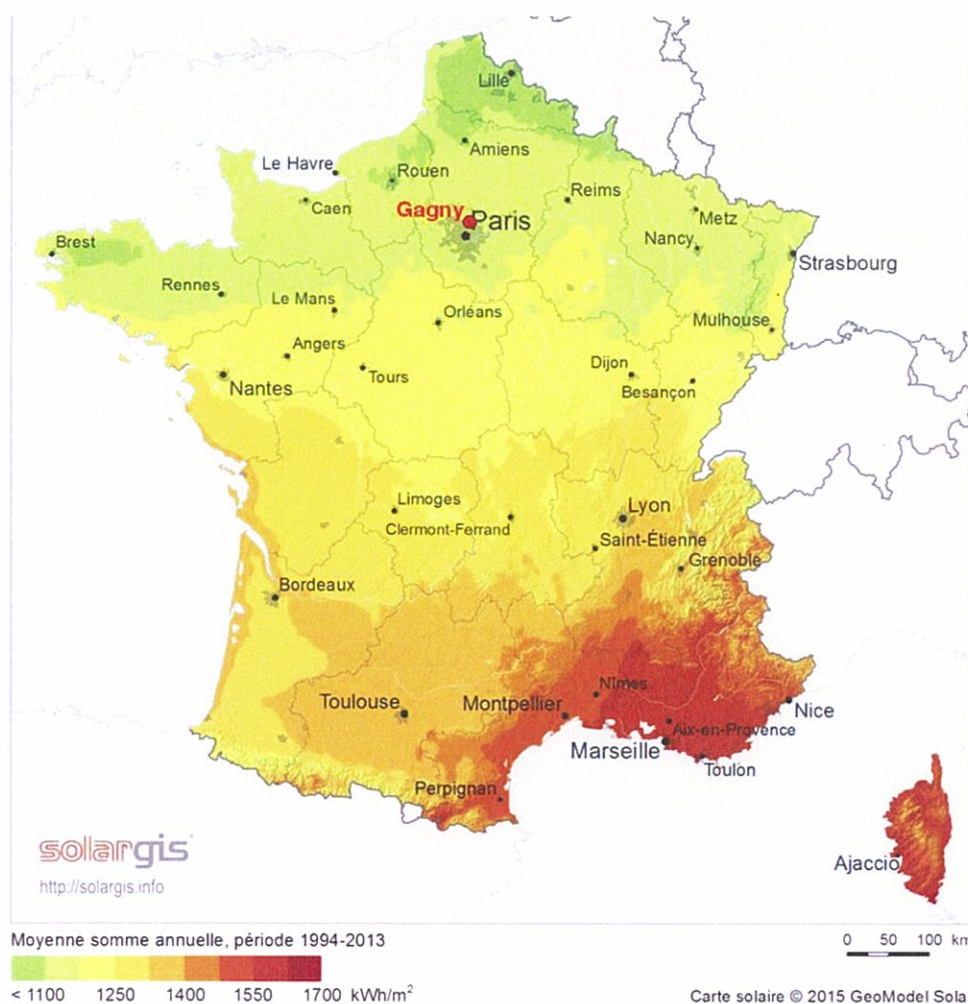
En France la quantité d'énergie solaire moyenne reçue par an est d'environ 1 274 kWh/m².an, elle varie de 1 645 kWh/m² en Provence-Alpes-Côte d'Azur à 1 089 kWh/m² en Nord-Pas-de-Calais.

Le rayonnement solaire moyen annuel est de 1 150 kWh/m² sur la région Ile-de-France soit seulement 20 % de moins que dans le Sud de la France.

L'Île-de-France présente probablement le plus grand potentiel régional en matière de solaire thermique (représentant à elle seule 10% du parc national de maisons individuelles et plus de 25% des logements collectifs équipés de chauffage central).

Bien que l'ensoleillement moyen annuel est plus faible au Nord de la Loire que dans le Sud de la France, l'énergie du soleil peut en revanche y être utilisée sur une plus grande période (saison de chauffe plus longue).

Carte d'irradiation solaire de la France en 2015



Ainsi, cette irradiation est cependant suffisante pour permettre la production d'eau chaude sanitaire solaire.

La ressource solaire exploitable dépendra également du contexte local de l'aménagement urbain qui permettra d'optimiser ou de réduire la quantité d'énergie utilisable.

c. Préconisations

En nous basant sur le PLU de la commune, il n'existe pas de contraintes réglementaires en terme d'architecture du bâtiment, pour l'installation de panneaux solaires, ceux-ci devant être intégrés et adaptés à la composition architecturale des constructions et à leur environnement patrimonial et paysager.

Cette solution peut donc tout à fait être envisagée et pour les logements uniquement.

Toutefois, l'aspect économique sera un facteur décisif dans le choix de ce type de procédé pour assurer les besoins en eau chaude sanitaire.

En effet, la taille des panneaux solaires varie selon la zone géographique où ils doivent être installés.

En conséquence, il faudra pour les futurs logements du site des panneaux solaires de dimension plus importante, en raison du climat plutôt froid qui règne à Gagny.

2. L'énergie solaire Photovoltaïque

a. Présentation de la technologie

On appelle solaire photovoltaïque la solution permettant d'utiliser la luminosité du soleil (c'est-à-dire la partie de lumière visible du rayonnement solaire) pour produire de l'électricité.

Cette énergie est inépuisable et disponible partout en quantité. Elle est non polluante, facile à transformer et son usage est gratuit.

Pour en bénéficier, il faut parvenir à la récupérer, à la stocker et à la diffuser pour répondre à nos besoins en électricité.

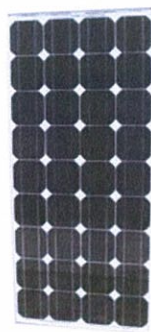
b. Principe de fonctionnement

Une installation photovoltaïque est constituée de capteurs qui convertissent le rayonnement lumineux en électricité.

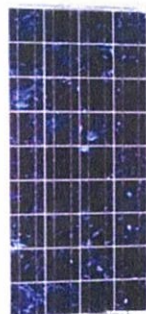
Un onduleur transforme le courant continu en courant alternatif et des compteurs comptabilisent la production photovoltaïque et la consommation électrique du bâtiment.

Pour une question de rentabilité économique, l'électricité est ensuite revendue à EDF à des tarifs réglementés.

Les différentes technologies existantes



Panneau monocrystallin



Panneau polycristallin



Membranes de silicium amorphe

Technologie	Monocrystallin	Polycristallin	Amorphe
Avantages	- Bon rendement à fort et moyen ensoleillement	- Bon rapport qualité/prix	- Adapté aux grandes surfaces et à une faible luminosité - Souple - Demande peu de matière et d'énergie grise - Puissance plus stable selon la température
Inconvénients	- Prix au m ² élevé - Forte « énergie grise »	- Intégration architecturale difficile	- Rendement faible
Couleur	Noir uni	Mosaïque bleue	Noir, gris ou rouge uni
Rendement module	13 à 17 %	12 à 14 %	5 à 8 %
Surface moyenne pour 1 kWc	7 m ²	8 m ²	15 m ²

c. Tarification et coût potentiel

Type d'installation	Puissance (kilowatt-crête)	Entre le 1 octobre 2017 et le 31 décembre 2017
Intégrée au bâti	[0-9 kWc]	23,19 c€/kWh
Intégrée simplifiée au bâti	[0-36 kWc]	12,15 c€/kWh
	[36-100 kWc]	11,54 c€/kWh
Tout type d'installation	[0-12 kWc]	5,36 c€/kWh

Source <http://www.developpement-durable.gouv.fr/>

Le tarif de rachat dépend de deux paramètres :

- Le nombre de demandes de raccordement dans le trimestre ;
- La date de demande de raccordement et de la puissance installée.

Les tarifs de rachats sont diminués trimestriellement de **2,6% à 10%** suivant le nombre de demandes de raccordement constatées durant le trimestre précédent.

d. Potentiel disponible

Tout comme le potentiel disponible pour le solaire thermique, Gagny dispose d'un potentiel solaire relativement faible.

Afin d'optimiser au mieux la production, une attention particulière devra être portée aux masques solaires ainsi qu'à l'orientation et l'inclinaison des toitures.

En Île-de-France, la productivité annuelle d'une installation bien située est de l'ordre de 900 kWh/kWc.

Selon les technologies, **les modules peuvent produire entre 45 et 130 Wh/m² installé.**

e. Préconisations

Au même titre que pour le solaire thermique, **il n'existe pas de restrictions architecturales liées à la pose de ce type de matériel sur les futures constructions.**

La seule contrainte concernera essentiellement l'esthétisme et l'harmonie des bâtiments avec leur environnement.

Par conséquent, la mise en œuvre de ce type de système est envisageable.

Une étude approfondie devra être menée quand à la viabilité économique d'un tel procédé sur du collectif, au regard de l'évolution du prix de rachat par EDF.

f. Intégration au bâti

Les meilleurs tarifs de rachat sont obtenus pour des solutions « intégrées » au bâti.

Cela consiste à dire que le panneau photovoltaïque n'est plus un élément ajouté sur un bâtiment déjà fonctionnel, mais il s'agit d'un des composants du bâtiment. Les formes adoptées sont multiples et de nouveaux produits apparaissent régulièrement sur le marché : étanchéité photovoltaïque, tuiles solaires, vitrage photovoltaïque semi-transparent, garde-corps (photos page suivante)...



Dalles solaires



Tuiles solaires



Garde corps solaire



Cellules photovoltaïques

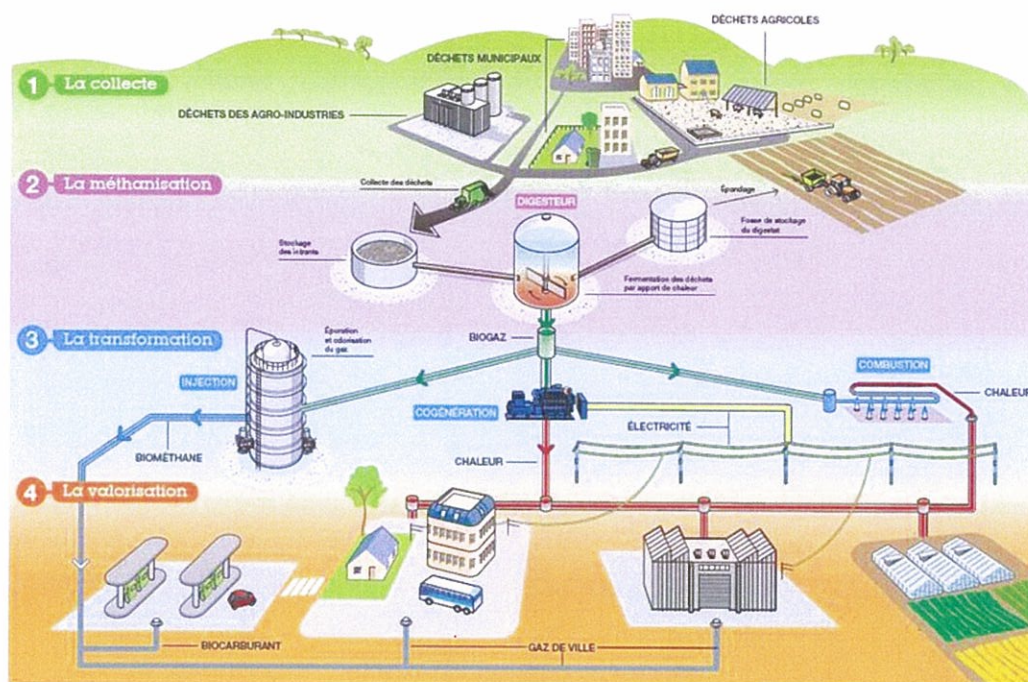
A handwritten signature in blue ink, consisting of a long horizontal stroke followed by a large, stylized 'X' shape.

3. Potentiel de développement de la Biomasse

a. Présentation des technologies issues de la Biomasse

Type de productions assurées ou pouvant être assurées :

- Electricité
- Eau chaude sanitaire
- Chauffage



Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr> - Schéma d'une installation.

La biomasse est l'ensemble des matières organiques d'origine végétale (Algues incluses) animale ou fongique pouvant devenir source d'énergie :

- Par combustion (Bois énergie) ;
- Par méthanisation (Biogaz, Bio-méthane (Issu de l'épuration du Biogaz), Electricité) ;
- A la suite de nouvelles transformations chimiques (Agro-carburants).

A partir de la valorisation de la biomasse par combustion, l'énergie produite pourra être utilisée directement pour produire de la chaleur ou, de la chaleur et de l'électricité à travers un système de cogénération, disponible pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

b. Le réseau de chaleur au bois Energie

b.1) Production pouvant être assurée

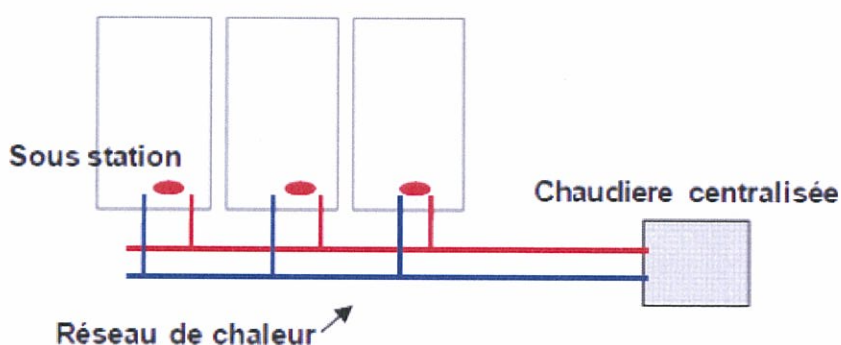
- Chauffage et ECS

b.2) Principe de fonctionnement

A partir du procédé qui est le bois énergie, le principal type d'installation qui permettra d'exploiter le bois énergie :

- **Logements collectifs : Chaufferie centralisée + réseau de chaleur**

Schéma de fonctionnement d'un tel système



Éléments constituant une installation collective :

- Une chaufferie bois pour l'ensemble de la ZAC
- Un réseau de chaleur distribuant l'eau chaude
- Des sous-stations, desservant un ou plusieurs bâtiments, composées d'un échangeur de chaleur

Tout comme pour le procédé de méthanisation, l'équilibre économique d'un réseau de chaleur alimenté par une chaufferie bois dépend de la puissance nécessaire et de la densité thermique délivrée par celui-ci :

Puissance bois (KWh)	Densité thermique du réseau (MWh/ml)
Moins de 500	1,5
500 à 1500	3
1500 à 3000	3,5
Plus de 3000	5

Source : CIBE /AMORCE

Dans notre cas, étant donné la puissance chaud d'environ **6 350 000 kWh** (soit 6 350 MWh) nécessaire pour la totalité de l'opération, la densité thermique validant la pertinence de la solution sera de **5 MWh/ml**.

Afin d'évaluer la faisabilité économique d'un réseau de chaleur de 5 MWh par an, on estime à environ 1 équivalent-logement pour 7 mètres de réseau créé.

Ce dimensionnement impliquerait en outre la création d'une chaufferie à proximité du site.

b.3) Un système qui génère une pollution locale relativement faible

L'Ademe a réalisé une analyse de risques sanitaires pour déterminer l'impact potentiel induit par les émissions polluantes liées à une chaufferie bois en milieu urbain.

Quatre cas fictifs de chaufferie bois ont été étudiés sur les agglomérations de Vienne, Calais, Orléans et Clermont-Ferrand.

Les simulations aboutissent à des impacts toxiques et cancérigènes 2 à 1 000 fois inférieurs aux seuils d'alertes.

Ces résultats montrent qu'un projet de chaufferie collective au bois ne présente pas de risques sanitaires spécifiques (même ordre de grandeur que les projets gaz ou fioul).

c. Conditions de faisabilité

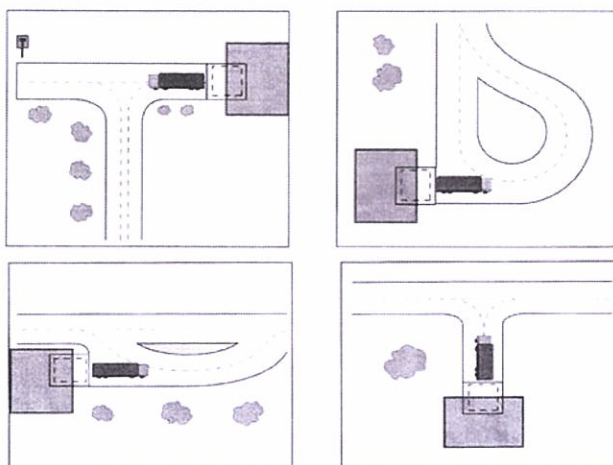
c.1) Les conditions d'approvisionnement et de livraison

La réussite d'un projet au bois énergie dépend essentiellement de la qualité des conditions d'approvisionnement et de livraison.

Le silo de stockage doit être de taille et de forme adaptée, facilement accessible, les camions devant pouvoir livrer avec un minimum de manœuvres afin de limiter les nuisances.

c.2) Prévoir les emprises nécessaires aux camions et à la chaufferie dès la conception.

En fonction de ces 3 paramètres, différents niveaux de centralisation sont envisageables, chacun de ces niveaux impliquant un mode de gouvernance spécifique : chaufferie dédiée à un logement ou un groupe de logements (bailleurs, copropriété), réseau de chaleur privé ou public.



Différentes configuration d'accès. *Source : ITEBE*

c.3) Les aspects économiques

- **Granulés** : Ils sont obtenus par la compression de sciure de bois de feuillus et des résineux (sciure compressée sans agents de liaison), et se présentent sous la forme de petits cylindres de 6 à 10 mm de diamètre et de 10 à 30 mm de longueur. La masse volumique est de l'ordre de 0,7 tonnes par m³, ce qui facilite le transport et le stockage.



- **Plaquettes forestières** : Les plaquettes proviennent des forêts, elles sont issues du déchetage du petit bois et des rémanents.



Tarifs indicatifs (Issus de « l'enquête sur le prix des combustibles bois en 2013-2014 » source ADEME) :

- *Tarifs granulés (livraison comprise) : 296 € TTC ;*
- *Tarifs plaquettes forestières (moyenne granulométrie + livraison) : 81,5 € TTC.*

c.4) Potentiel disponible

La forêt Francilienne s'étend sur plus de 278 000 hectares.

Elle occupe des terrains très divers : plateaux, pentes, vallées, crêtes calcaires, chaos rocheux, sols sableux, limoneux, argileux, ... et est majoritairement composée d'essences feuillues (90% en surface et en volume).

Avec le soutien de l'ADEME, l'Inventaire Forestier National (IFN), l'institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA) et l'association SOLAGRO ont réalisé en 2008-2009 une évaluation nationale de la biomasse ligneuse supplémentaire disponible pour l'énergie.

Un site internet permet d'interroger la base de résultats de l'étude selon différents critères d'intérêts.

Les résultats concernent les ressources forestières. Les critères utilisés et les résultats obtenus lors de l'utilisation de ce site internet sont les suivants :

- **Zone géographique** : Ile-de-France ;
- **Usages** : Bois industrie et bois énergie (BIBE) ;
- **Type de ressource** : forêt ;
- **Type de disponibilité** : technico-économique nette (part du gisement prélevé actuellement + part supplémentaire disponible selon 4 critères d'exploitabilité : facile, moyen, difficile, très difficile) ;
- **Critères d'exploitabilité** : facile, moyen, difficile, très difficile ;
- **Groupe d'essence** : feuillus ;
- **Type de propriété** : domaniale, communale et privée.

Gisement local disponible (Bois Energie et Bois Industrie)
lors de la dernière mise à jour en avril 2010

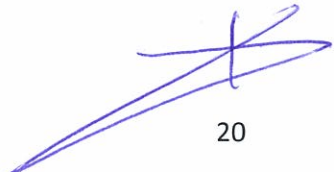
Type de ressource	Classe d'exploitabilité	Groupe d'essences	Type de propriété	Tonnes équivalent pétrole/an (tep)
Forêt	Facile	Feuillus	Domanial	1 441 000
	Moyen		Communal	Non significatif
	Difficile		Privé	

Source : <http://www.dispo-boisenergie.fr>.

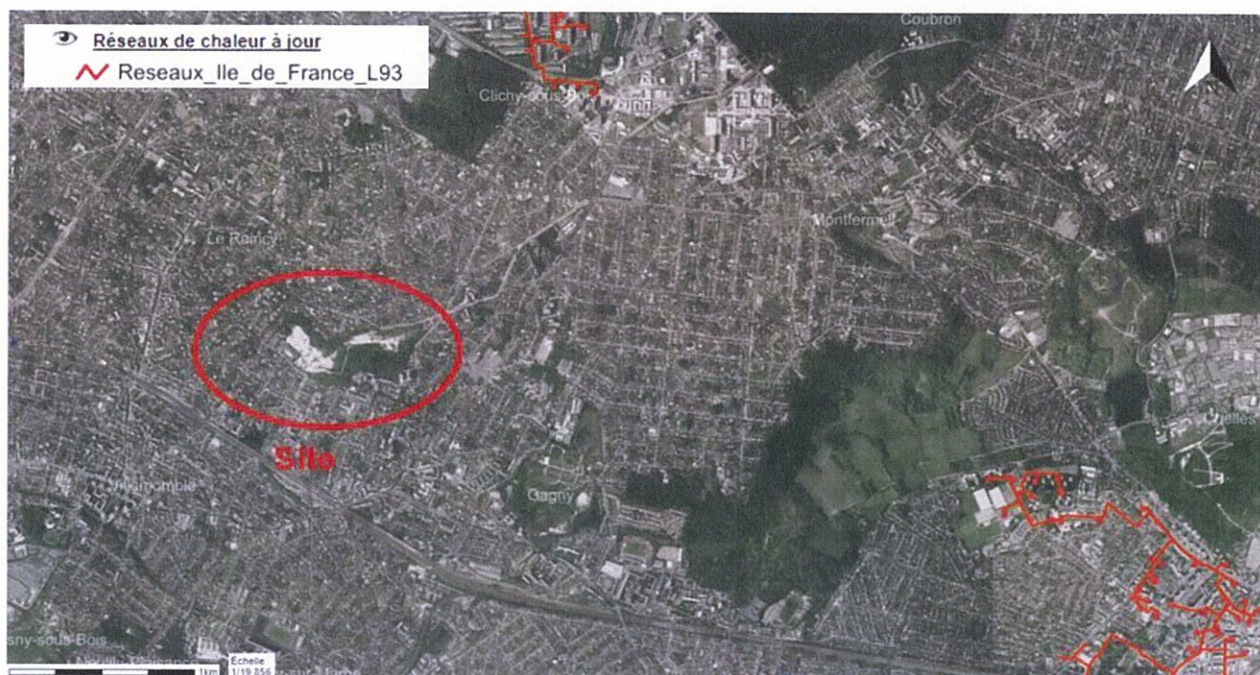
D'après les données délivrées par le site référent au bois-énergie, en 2010, c'est au total plus de 1 441 000 tep/an de bois qui peuvent être mobilisables pour un usage industriel et énergétique, ce qui en comparaison des besoins du projet, de l'ordre d'environ **546 tep/an**, semble largement suffisant (1 tep = 11 630 kWh).

Actuellement et selon la carte de réseaux de chaleur en Ile-de-France réalisée par la DRIEE Ile-de-France, il n'existe aucun réseau sur la ville de Gagny (les plus proches sont localisés sur les communes de Clichy-sous-Bois et Chelles).

Une étude plus fine pourrait être réalisée afin d'envisager le recours à cette énergie à une échelle plus large que la seule opération immobilière sur les Carrières de l'Ouest.



Carte des réseaux de chaleur sur la région Ile-de-France, DRIEE, 2017



Source : carmen.developpement-durable.gouv.fr/18/reseau_de_chaleur.map

4. La cogénération

La cogénération consiste à produire simultanément de la chaleur et de l'électricité.

Elle présente de nombreux avantages en comparaison à une production séparée de chaleur et d'électricité :

- Le rendement global est supérieur (de l'ordre de 80 %) au rendement d'une unité de production d'électricité qui est de l'ordre de 35 % seulement ;
- La revente de l'électricité permet d'abaisser le coût de la chaleur ;
- A combustible et quantité d'énergie utile identique, la cogénération produit moins de gaz polluants et d'émissions de CO₂ (en moyenne près de 20% de réduction par rapport à une production séparée).

Ces énergies renouvelables et de récupération contribuent à stabiliser le prix de la chaleur, à fiabiliser sa fourniture, une unité de cogénération est notamment envisageable dans le cas de la mise en place d'une chaudière biomasse.

Une installation de cogénération associée à une chaudière biomasse représente cependant un surinvestissement.

5. La valorisation énergétique des déchets ménagers

Les déchets ménagers peuvent être valorisés en les incinérant, ce qui permet de récupérer de l'énergie sous forme de chaleur et d'électricité grâce à une cogénération.

AU regard de l'opération, aucune installation de ce type ne se trouve à proximité, **l'usine d'incinération la plus proche, est installée sur le site de Saint-Ouen à 20 km de Gagny**, donc trop éloignée pour être utile à l'opération.

6. La récupération d'énergie d'un data center

Un Data center est un site où se trouvent regroupés des équipements constituant le système d'information de l'entreprise.

L'environnement physique des centres est sous stricte surveillance notamment au niveau de la chaleur intérieure et donc il s'en suit l'utilisation massive de système de climatisation pour maintenir cette température à environ 20 °C.

Dans ce mode de production d'énergie thermique, la chaleur dégagée par ces groupes de froid est récupérée pour assurer le chauffage et l'ECS des bâtiments voisins.

Aucun Data Center ne se trouve à proximité du site.

Le plus proche est situé sur la commune de Pantin, avenue du Général Leclerc (Datacenter d'environ 11 000 m² propriété de la société Equinix) à plus de 10 km du site.

L'exploitation d'une telle source de chaleur n'est donc pas envisageable pour ce projet.

7. L'Énergie éolienne

a. Présentation de la technologie

L'énergie mécanique du vent est considérée comme une énergie renouvelable.

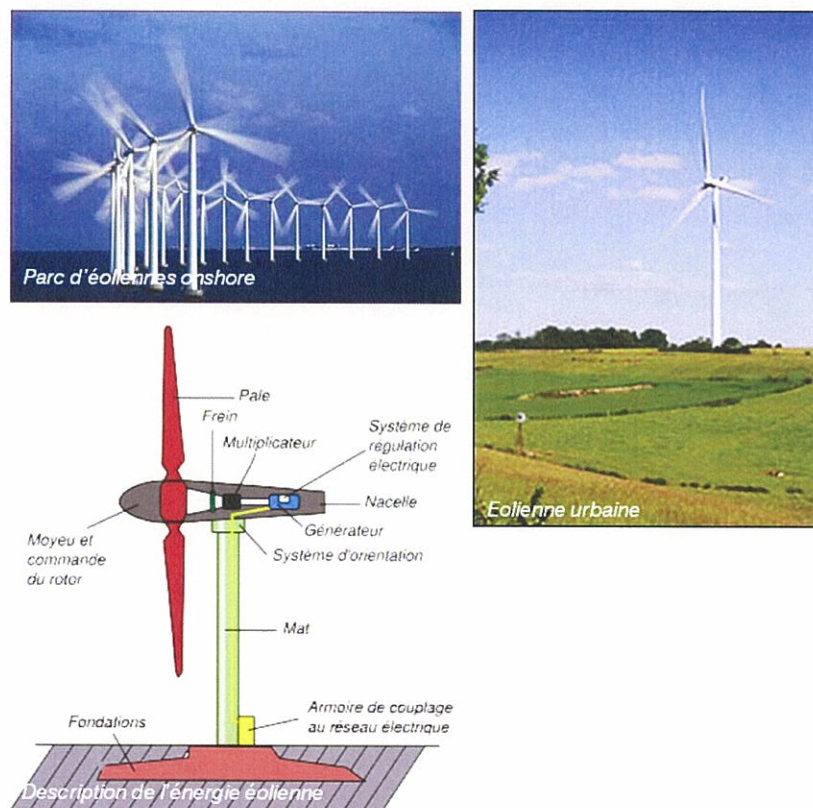
Les vents sont des mouvements de masse d'air. Ils sont générés à partir de l'énergie solaire et de la rotation de la Terre, selon un processus complexe, d'où une distribution des vents très variée selon la position géographique.

Cependant, la production d'énergie éolienne n'est pas sans impact sur le milieu local, d'où l'obligation de réaliser des études d'impact.

A l'échelle locale, il existe un risque que les vents changent, s'intensifient ou s'atténuent, principalement pour des raisons climatiques, ce qui influencerait sur la performance des parcs en place.

De plus, la présence d'une grande centrale éolienne peut également provoquer la déviation d'un couloir de vent.

C'est pourquoi l'installation des mâts et leur orientation doivent être pensées à cet effet.



La technologie privilégiée pour convertir l'énergie mécanique du vent en électricité, est l'éolienne.

Celle-ci transforme, par le biais d'un alternateur, l'énergie cinétique du mouvement de l'air en énergie électrique.

Deux catégories d'éoliennes se distinguent selon leur environnement :

- Eoliennes urbaines (Petites puissances)
- Eoliennes On shore (Grandes puissances)

a.1) Champs juridique

Depuis la loi Grenelle 2, les installations éoliennes comprenant des mâts de plus de 30 m doivent nécessairement être implantées dans le périmètre d'une Zone de Développement Eolien (ZDE) et doivent faire partie d'un parc de production éolienne d'au moins 5 mâts.

Les ZDE sont définies par le préfet.

Il faut aussi souligner que si une éolienne est construite hors d'une ZDE, l'électricité produite ne pourra être revendue.

a.2) Champs environnemental

L'acceptation locale, soucieuse des éventuelles nuisances sonores ou visuelles, peut constituer une contrainte significative, si bien que certains projets de parc éoliens ont parfois été abandonnés en raison de l'opposition de la population.

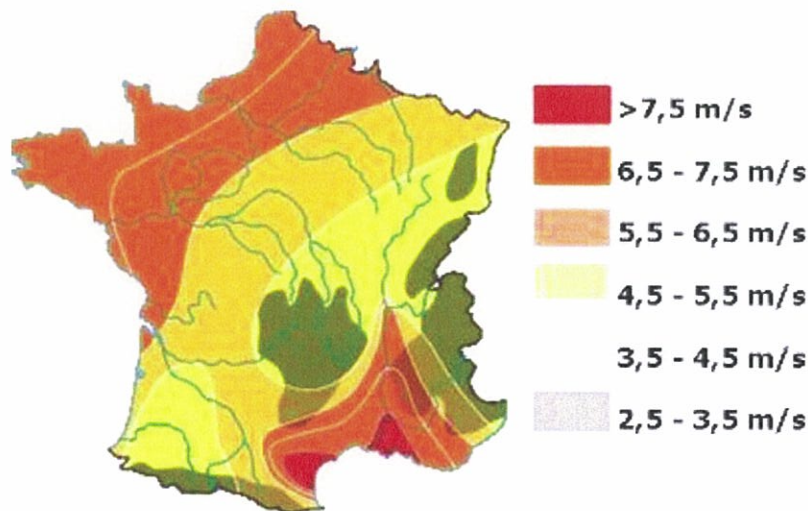
a.3) Champs économique

D'après l'ADEME, le coût de revient d'une éolienne varie entre 1 300 et 1 600 € du KW installé, soit environ 3 millions d'euros pour un mât de 2 MW, et 14.5 millions d'euros pour un parc de taille minimum (5 mâts).

b. Potentiel disponible

b.1) Intensité de la ressource

Pour estimer l'énergie mécanique du vent en se basant sur les données météorologiques, deux caractéristiques de cette ressource sont nécessaires : le vent et la vitesse.



Carte des vents moyens en France

De manière générale, l'on peut constater que les côtes Françaises représentent les meilleurs gisements en ce qui concerne les vents, avec également le pourtour Méditerranéen.

L'île de France quant à elle, est une région relativement bien exposée aux vents.

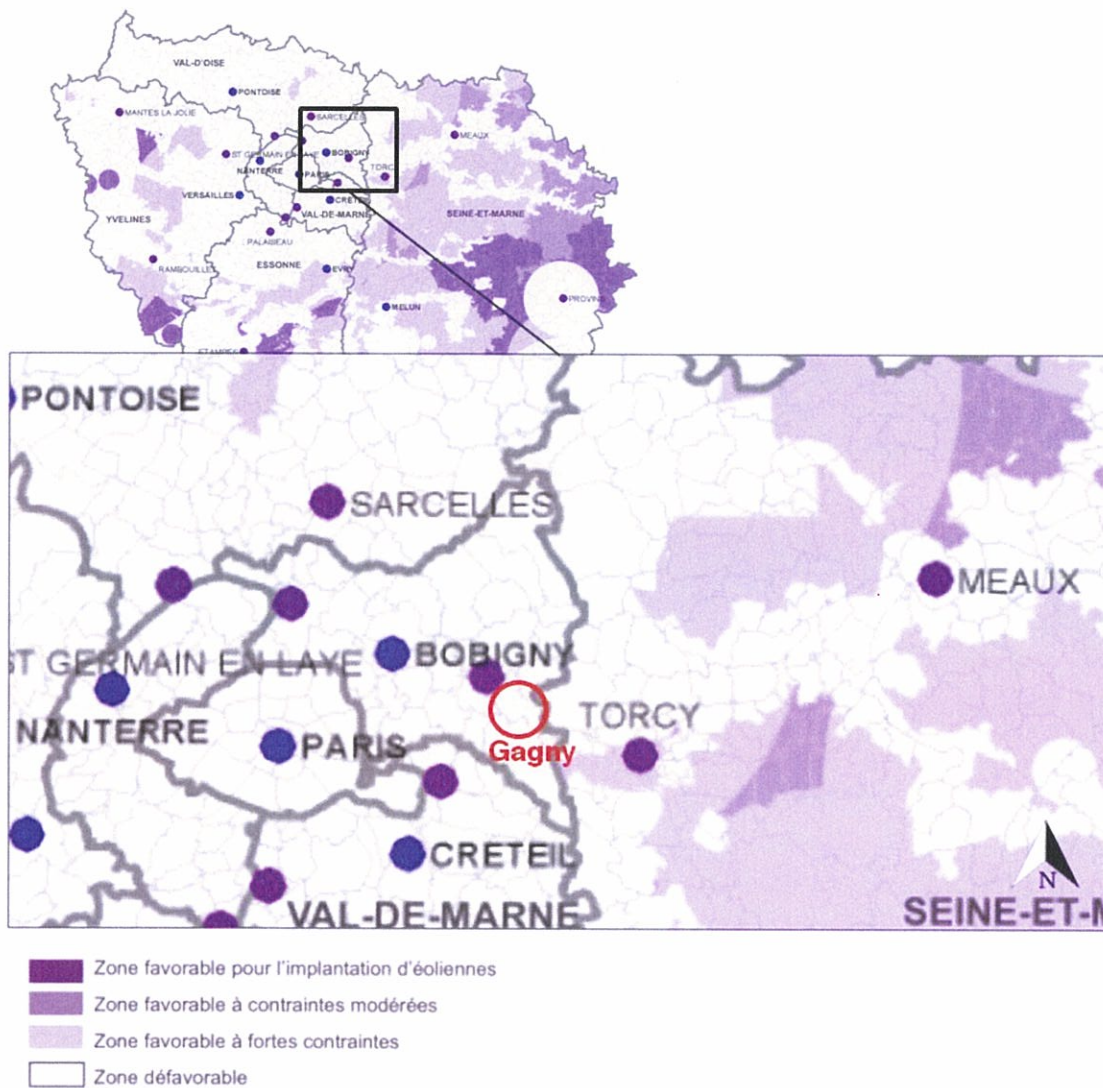
b.2) Le contexte local

En revanche, bien qu'à proximité de la ville de Bobigny en zone favorable à l'implantation d'éoliennes, la ville de Gagny n'en fait pas partie.

En effet, selon le schéma régional éolien, la ville est indiquée comme étant une zone défavorable à tout projet éolien (voir carte ci-dessous).

La mise en œuvre d'un tel projet serait donc trop onéreuse pour la ville pour espérer un retour sur investissement rapide.

Schéma régional éolien – carte des zones favorables



Source : DRIEE, 2012

8. Potentiel de développement de l'énergie géothermique

a. Production pouvant être assurée

- Chauffage et ECS

b. Principe de fonctionnement

La géothermie est l'exploitation de l'énergie thermique contenue dans le sous-sol, dans lequel la température augmente avec la profondeur.

C'est le gradient géothermal : en France métropolitaine, il est de 3 à 4°C / 100 m.

Dans certaines régions comme en Alsace, ce gradient peut être plus important.

Plusieurs types de géothermies sont à recenser :

- **Très basse énergie** : Concerne les aquifères peu profonds d'une température inférieure à 30°C, température qui peut cependant être utilisée pour le chauffage et la climatisation si l'on adjoint une pompe à chaleur. On parlera de **géothermie sur nappe**.
- **Basse énergie** : Consiste en l'extraction d'une eau dont la température oscille entre 30 et 90°C à une profondeur allant de 1 500 mètres à 2 500 mètres. Elle peut être utilisée à des fins industrielles.
- **Moyenne énergie** : Température allant de 90 à 150°C, présente sous forme d'eau chaude ou de vapeur humide, à une profondeur comprise entre 2 000 et 4 000 mètres.
- **Haute énergie** : Température supérieure à 150°C. Les réservoirs sont généralement localisés à une profondeur comprise entre 1 500 et 3 000 mètres, dans des zones où le gradient géothermal est anormalement élevé.

c. Potentiel disponible

A Gagny, l'aquifère au meilleur potentiel géothermique est celui de l'éocène moyen et inférieur. Sur la commune, le potentiel est moyen à très fort : les secteurs au « très fort » potentiel sont l'est du centre-ville, le quartier Jean Moulin, le sud du quartier Jean Bouin, et le nord des quartiers Maison Blanche et Chénay.

Cependant, la commune ne comprend aucun réseau de chaleur.

Une étude future pourra le cas échéant porter sur la création de ce réseau à l'échelle de la ville et une possible extension au projet en fonction de la capacité de la centrale à pouvoir répondre aux besoins générés (soit environ 6,3GWh/an).



III- SYNTHÈSE DES PRECONISATIONS

Energie	Impact économique / juridique	Impact environnemental	Potentiel
Solaire thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie (30-40ans) • Economies d'énergie • Le coût d'installation peut être élevé pour du collectif. Il faudra donc réaliser une analyse économique plus approfondie pour s'assurer de la pertinence de ce procédé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Non polluant durant la phase d'exploitation • Rejet évité d'environ 30% par rapport à une installation conventionnelle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel solaire de 1 150 KWH/m², plus faible que la moyenne nationale mais suffisant pour permettre la production d'eau chaude sanitaire
Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> • Tarif de rachat moins avantageux • Retour sur investissement long 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des émissions de CO2 • Indépendance énergétique 	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel inférieur à la moyenne nationale mais suffisante pour qu'un tel système soit envisagé, dans la limite de la faisabilité financière.
Biomasse (bois-énergie)	<ul style="list-style-type: none"> • Insensible aux variations des monnaies et du prix du pétrole (celui du fioul varie également). • Nécessiterait la création d'une chaufferie dédiée à cette énergie à proximité du site ainsi que la création d'un réseau de chaleur à une échelle communale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible impact sur les forêts en raison d'une importante réserve forestière Française • Scieries disponibles sur toute la région 	<ul style="list-style-type: none"> • Avec ses 278 000 ha de forêt, l'Île-de-France peut valoriser 1 441 000 tep/an de bois pour un usage industriel et énergétique. Le projet nécessitant 546 tep/an de bois, il peut aisément être alimenté. • Une étude particulière doit être menée afin de confirmer la faisabilité technique et financière si cette hypothèse est retenue
Eolien	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement élevé (Pour une éolienne : 3 millions d'euros pour un mât de 2 MW) • Contraintes juridiques pour les grandes éoliennes 	<ul style="list-style-type: none"> • « Electricité verte » = Production d'électricité à partir de l'énergie cinétique du vent • Nuisance visuelle forte • Pollution faible 	<ul style="list-style-type: none"> • Bien qu'à proximité d'une ville propice à l'accueil de projets éoliens (Bobigny), ce n'est pas le cas de Gagny. Le schéma régional éolien place en effet la ville dans une zone défavorable.
Eolien urbain	<ul style="list-style-type: none"> • Production indépendante d'électricité pour chaque programme résidentiel mais qui dont le rendement et la rentabilité n'est pas assurés • Coût d'installation beaucoup moins élevé qu'une éolienne classique • Peu de contraintes juridiques • Maintenance régulière 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisance visuelle inexistante. S'intègre parfaitement dans un environnement urbain. • L'électricité produite est entièrement renouvelable • Pas d'émissions de CO2 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes complémentaires à mener pour définir la faisabilité financière de ce type d'investissement.
Géothermie	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessiterait la création d'un réseau géothermique à l'échelle communale.. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'émission de CO2 • Prélèvement sur une source d'eau géothermale puis une fois utilisée, cette eau est réinjectée dans le puits. Ce qui en fait une énergie renouvelable. 	<ul style="list-style-type: none"> • La création d'un réseau de chaleur par voie géothermique est tout à fait envisageable sur un plan technique (présence d'un potentiel moyen à fort sur la commune). Des études complémentaires à mener pour définir la faisabilité financière de ce type d'investissement devraient être menées.

IV- CONCLUSION

Au regard du projet, de son programme dont une grande partie n'est pas certaine, de sa réalisation en plusieurs phases et sur deux emprises de niveaux altimétriques différentes, **la mise en place d'un système « lourd » de production d'énergie renouvelable** (comme par exemple : réseau de chaleur, géothermie ou encore biomasse) **apparaît techniquement et financièrement inadaptée** d'autant plus que le projet va se développer sur une dizaine d'années.

Sur ce type de solution, une réflexion communale voire intercommunale serait ainsi nécessaire.

Pour ce qui est des solutions durables de dimension plus « réduites » :

- l'installation de panneaux solaires thermique et de pompe à chaleur permettrait d'assurer les besoins d'ECS
- les solutions liées à l'éolien ne semblent pas adaptées, le site étant en zone urbaine.

Enfin, il faut souligner que cette étude a été réalisée sur un niveau de performance énergétique correspondant à la réglementation actuelle (soit la RT2012).

Il est ainsi préconiser :

1/ De viser une consommation moyenne sur l'ensemble des programmes de niveau RT 2012 – 20% ;

2/ De recourir aux énergies renouvelables soit par le biais de panneaux solaires thermiques ou de pompe à chaleur avec un objectif moyen de production de 25% des besoins énergétiques du bâtiment.

