

Les sources de bruit potentielles peuvent être générées par des salles de spectacles, des salles de sports, des équipements de cuisine de restauration scolaire, des plateaux multi-sports extérieurs, ...

Chaque projet d'équipements publics devra faire l'objet d'une étude acoustique particulière, du ressort de l'Equipe de Maîtrise d'œuvre du projet. Cette étude débouchera sur des dispositions constructives qui permettront d'assurer la conformité de ces projets vis-à-vis de la réglementation sur les bruits de voisinage, ceci au droit des habitations existantes actuellement, mais aussi au droit des futures habitations de la ZAC

ACOUSTIBEL

Commune de ST-GILLES
ZAC multi-sites Centre Ouest et La Vigne- Etude d'impact acoustique

35

ANNEXE 4 : Etude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables (Source : H3C)



Ville de Saint-Gilles
 4 rue du centre
 35 590 Saint-Gilles

Agence de Rennes
 H3C-énergies
 ZA rue du Petit Talleh
 35700 RENNES

AUTRES AGENCES
 LYON
 MARSEILLE
 METZAN
 MONTPELLIER

www.h3c-energies.fr






Le sens de la performance énergétique

1-

Table des matières

1. Synthèse non technique de l'étude	6
2. Les orientations du projet liées à l'énergie	9
3. Préambule	11
3.1. Contexte de la ZAC	11
3.2. Principe et méthode de l'étude	11
4. Des engagements internationaux à la réglementation des documents d'urbanisme	12
4.1. Processus de lutte contre le réchauffement climatique	12
4.1.1. <i>Processus international</i>	12
4.1.2. <i>Processus européen et national</i>	12
4.2. Des engagements internationaux aux PLUi puis permis d'aménager ou construire	13
4.3. Contexte réglementaire	14
4.3.1. <i>La RI 2012</i>	14
4.3.2. <i>La future Réglementation Énergétique et Environnementale</i>	15
4.4. Contexte local	15
4.4.1. <i>La politique énergie climat du territoire breton</i>	16
4.4.2. <i>Portrait énergétique du territoire</i>	17
4.4.3. <i>La commune de Saint-Gilles</i>	18
5. Présentation de la zone d'étude	20
5.1. Positionnement géographique de Saint-Gilles	20
5.2. Périmètre d'étude	20
5.3. Topographie	21
5.4. Végétation et bâti existant	21
5.5. Programmation et schéma d'aménagement étudié	23
6. Phase 1 : Potentiel de mobilisation des énergies renouvelables	24
6.1. Énergies fossiles disponibles	24
6.2. Les énergies renouvelables et de récupération	24
6.2.1. <i>Inventaire des énergies renouvelables disponibles et pertinence sur le projet</i>	24
6.2.2. <i>L'énergie solaire</i>	26
6.2.3. <i>L'énergie bois</i>	27
6.2.4. <i>L'énergie éolienne (production d'électricité)</i>	30
6.2.5. <i>La géothermie (production de chaleur et d'électricité)</i>	32
6.2.6. <i>La récupération d'énergie sur les eaux usées</i>	35
6.2.7. <i>Application</i>	35
6.3. Innovations liées à la production d'électricité	37
6.3.1. <i>L'autoconsommation</i>	37
6.3.2. <i>Les smartgrid</i>	37
6.4. Synthèse des énergies renouvelables mobilisables sur site	39
7. Phase 2 : Détermination des consommations d'énergie du projet	41
7.1. Usages énergétiques attendus	41

1-		
7.2.	Les usages liés aux bâtiments.....	41
7.2.1.	Gas particulier de l'électricité domestique	42
7.2.2.	L'électricité des parties communes	42
7.3.	Les autres usages.....	43
7.3.1.	L'éclairage public.....	43
7.3.2.	Les transports	43
7.3.3.	L'énergie grise	43
7.4.	Estimations des besoins d'énergie des bâtiments de logements collectifs en fin d'opération.....	43
7.4.1.	Définition des niveaux de performance énergétique par typologie de bâtiment.....	43
7.5.	Hypothèses de calcul.....	44
7.6.	Calcul des besoins énergétiques de l'îlot en fin d'opération	45
8.	Phase 3 : Taux de Couverture des besoins de la zone par les ENR	47
8.1.	Production d'électricité par micro-éoliennes	47
8.2.	Production de chaleur et/ou d'électricité par énergie solaire	47
8.3.	Production de chaleur par géothermie	48
8.4.	Production de chaleur par Aérothermie	48
8.5.	Production de chaleur par Bois énergie	49
8.6.	Synthèse.....	50
9.	Phase 4 : Etude de l'impact de la mobilisation des énergies renouvelables	51
9.1.	Comparaison des consommations en énergie finale	52
9.2.	Comparaison des coûts de fonctionnement actualisés sur 20 ans	53
9.3.	Comparaison des émissions de gaz à effet de serre	55
9.4.	Compatibilité avec la dépendance électrique de la Bretagne.....	56
9.5.	Synthèse de l'analyse des scénarios d'approvisionnement en énergie	57
10.	Phase 5 : Etude d'opportunité de création d'un réseau de chaleur alimenté par les ENR	58
10.1.	Etude d'opportunité d'un réseau de chaleur sur le secteur	58
10.2.	Notion de densité énergétique pour un réseau de chaleur.....	59
10.2.1.	Hypothèses de consommations énergétiques considérées	59
10.3.	Etude d'opportunité.....	59
10.3.1.	Analyse qualitative.....	59
10.3.2.	Conclusion	60
11.	Phase 6 : Pistes de mesures compensatoires	61
11.1.	Principe de la compensation carbone	61
11.2.	Compensation carbone volontaire	61
11.3.	Compensation carbone par des actions locales	62
11.4.	Proposition de mesures compensatoires :	62
11.4.1.	Production locale d'électricité	62
11.4.2.	Stockage de carbone : plantation de biomasse	64
12.	L'éclairage public	66
12.1.	Rôles de l'éclairage public.....	66
12.2.	Enjeux pour un projet d'aménagement.....	66
12.3.	Quelques préconisations.....	67
12.4.	Consommation énergétique attendue pour l'éclairage public	69
13.	1ère approche sur les transports et l'énergie grise des matériaux	70
13.1.	Transports	70
13.2.	Energie grise des matériaux	71
13.2.1.	Matériaux de voirie.....	71
13.2.2.	Matériaux de construction	71
14.	Synthèse des avantages et contraintes des énergies renouvelables étudiées	73
15.	Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie	75
16.	Prescriptions réglementaires	78
16.1.	Prescriptions techniques liées à la RT 2012	78
16.2.	Prescriptions relatives à la justification des performances	79
17.	ANNEXES : FICHES TECHNIQUES sur les énergies renouvelables	80
17.1.	FICHE Energie solaire généralités	80
17.2.	FICHE Energie solaire thermique	86
17.2.1.	Rappel sur le solaire thermique	86
17.2.2.	Types d'utilisation	86
17.2.3.	Les schémas possibles et ceux qu'il convient d'éviter absolument.....	87
17.2.4.	Préconisations	87
17.3.	FICHE Energie solaire photovoltaïque	88
17.3.1.	Membranes d'étanchéité photovoltaïques	88
17.3.2.	Panneaux de silicium.....	88
17.4.	FICHE Pompes à chaleur.....	89
17.5.	FICHE Energie éolienne.....	90
17.5.1.	Présentation.....	90
17.5.2.	Grand éolien.....	90
17.5.3.	Petit éolien.....	90
17.6.	FICHE Géothermie	93
17.6.1.	LA GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE (TEMPERATURE INFÉRIEURE A 30°C).....	93
17.6.2.	La géothermie basse énergie (30 à 90°C).....	93
17.6.3.	La géothermie moyenne énergie (90 à 150°C).....	93
17.6.4.	La géothermie haute énergie (température supérieure à 150°C).....	93
17.7.	FICHE : Récupération d'énergie sur les eaux usées	97
17.8.	FICHE énergie marines renouvelables en Bretagne	99
17.9.	FICHE Réglementation pour l'installation d'une petite centrale hydroélectrique.....	102
17.9.1.	Droit d'eau.....	102
17.9.2.	Droit de l'environnement.....	102
17.9.3.	Enquêtes publique.....	102
17.9.4.	Raccordement au réseau	102
17.10.	FICHE Bois énergie : solutions individuelles	103
17.11.	FICHE Bois énergie : solutions collectives.....	104

1-		
7.2.	Les usages liés aux bâtiments.....	41
7.2.1.	Gas particulier de l'électricité domestique	42
7.2.2.	L'électricité des parties communes	42
7.3.	Les autres usages.....	43
7.3.1.	L'éclairage public.....	43
7.3.2.	Les transports	43
7.3.3.	L'énergie grise	43
7.4.	Estimations des besoins d'énergie des bâtiments de logements collectifs en fin d'opération.....	43
7.4.1.	Définition des niveaux de performance énergétique par typologie de bâtiment.....	43
7.5.	Hypothèses de calcul.....	44
7.6.	Calcul des besoins énergétiques de l'îlot en fin d'opération	45
8.	Phase 3 : Taux de Couverture des besoins de la zone par les ENR	47
8.1.	Production d'électricité par micro-éoliennes	47
8.2.	Production de chaleur et/ou d'électricité par énergie solaire	47
8.3.	Production de chaleur par géothermie	48
8.4.	Production de chaleur par Aérothermie	48
8.5.	Production de chaleur par Bois énergie	49
8.6.	Synthèse.....	50
9.	Phase 4 : Etude de l'impact de la mobilisation des énergies renouvelables	51
9.1.	Comparaison des consommations en énergie finale	52
9.2.	Comparaison des coûts de fonctionnement actualisés sur 20 ans	53
9.3.	Comparaison des émissions de gaz à effet de serre	55
9.4.	Compatibilité avec la dépendance électrique de la Bretagne.....	56
9.5.	Synthèse de l'analyse des scénarios d'approvisionnement en énergie	57
10.	Phase 5 : Etude d'opportunité de création d'un réseau de chaleur alimenté par les ENR	58
10.1.	Etude d'opportunité d'un réseau de chaleur sur le secteur	58
10.2.	Notion de densité énergétique pour un réseau de chaleur.....	59
10.2.1.	Hypothèses de consommations énergétiques considérées	59
10.3.	Etude d'opportunité.....	59
10.3.1.	Analyse qualitative.....	59
10.3.2.	Conclusion	60
11.	Phase 6 : Pistes de mesures compensatoires	61
11.1.	Principe de la compensation carbone	61
11.2.	Compensation carbone volontaire	61
11.3.	Compensation carbone par des actions locales	62
11.4.	Proposition de mesures compensatoires :	62
11.4.1.	Production locale d'électricité	62
11.4.2.	Stockage de carbone : plantation de biomasse	64
12.	L'éclairage public	66
12.1.	Rôles de l'éclairage public.....	66
12.2.	Enjeux pour un projet d'aménagement.....	66

1-

17.11.1.	Principe de fonctionnement des chaudières automatiques	104
17.11.2.	Combustible	104
17.11.3.	Gamme de puissance	106
17.11.4.	Chaudières bois et qualité de l'air	106
	Principe d'implantation du silo	107
	Silo pour granulés	107
	Silo pour granulés	108
17.12.	FICHE réseaux de chaleur	109
17.12.1.	Définition	109
17.12.2.	Bouquet énergétique	109
17.12.3.	Valorisation des réseaux de chaleur ENR dans la RT 2012	110

1-

1. Synthèse non technique de l'étude

Cette étude a permis de déterminer les sources d'énergies renouvelables pouvant être mobilisées sur la future zone d'activités.
Le tableau suivant présente une synthèse du potentiel de développement en énergies renouvelables :

Energie	Potentiel sur site	Conditions de mobilisation
Bois	+++	Prévoir stockage et approvisionnement Filière bois énergie régionale en cours de structuration
Solaire passif	++	Orientation Sud des bâtiments Attention à la pente du terrain Conception bioclimatique [maximiser les apports solaires en hiver, s en protéger en été]
Solaire thermique	+++	ECS solaires thermiques en toiture et/ou brises- soleil (étude approfondie à réaliser). Orientation sud des toitures ou toits terrasses. Réaliser un modèle 3D pour évaluer précisément l'ensoleillement et notamment les ombres portées des bâtiments.
Solaire photovoltaïque	+++	Panneaux photovoltaïques : prévoir une étude de faisabilité pour déterminer la faisabilité technico-économique et les possibilités de positionnement (en toiture, en brise-soleil, en ombrière de parking, sur des candélabres, ...) Orientation Sud des toitures ou toits terrasses
Géothermie très basse température	+	La réalisation d'un forage test et d'une étude de faisabilité est indispensable pour confirmer le potentiel et déterminer les modalités d'exploitation.
Aérothermie	+++	
Chaleur fatale des eaux usées	+++	-Bâtiment de taille significative + évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes -Valorisation possible -Production collective d'ECS
Petit éolien	+	Etude précise des vents à réaliser en phase réalisation et après la construction des bâtiments

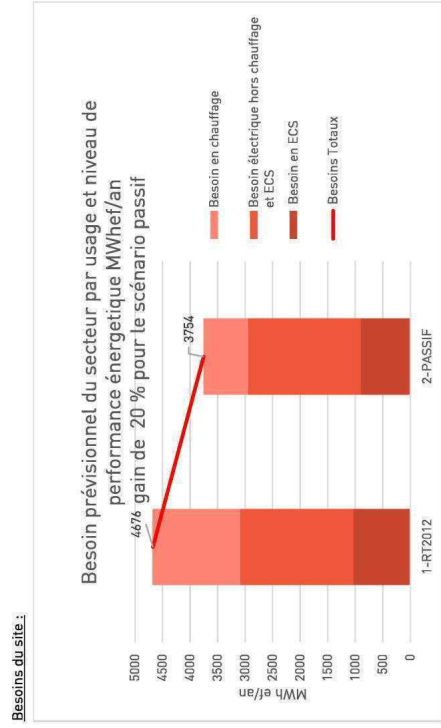
→ L'énergie solaire passive et active, l'énergie bois, la récupération d'énergie sur les eaux usées ou sur les process présentent un potentiel de développement.

Les hypothèses prises en compte dans l'étude sont les suivantes :

Programmation : « Centre+Vigne »

Typologie logement	SDP [m ²]	Nombre	SDP totale [m ²]	% Surface totale
Logement collectif	70	328	22 960	41%
Maisons individuelle	120	281	33 720	59%
		609	56 680	100%

1-



Taux de couverture par les ENR

Technologie	Caractéristiques	Taux de couverture moyen par les ENR				Taux de couverture moyen par les ENR PASSIF			
		Produitible MWh/an	Chaleur	Électricité	Total Énergie	Produitible	Chaleur	Électricité	Total Énergie
Panneau Solaire thermique	Inclinaison 30° Orientation SE Inclinaison 30°	621	24%	0%	13%	542	32%	0%	14%
Panneau Solaire photovoltaïque	Orientation SE Inclinaison 30° Surface 350 m²	2322	0%	113%	97%	2322	0%	112%	67%
Chauffage bois		2619	100%	0%	58%	1715	100%	0%	46%
Chauffage bois		2095	100%	0%	45%	1372	100%	0%	46%
PAC géothermique	ICP 2-3	1859	71%	0%	40%	1217	71%	0%	32%
Système à Chaleur eau	ICP 2-3	2050	63%	0%	33%	1380	26%	0%	24%
Recupération d'énergie eaux usées	ICP 2-3								
Micro éolien	PSMW N314	311	12%	0%	7%	271	30%	0%	8%
		32	0%	2%	1%	32	0%	2%	1%

Aucune source d'énergie renouvelable ne permet à elle seule de couvrir la consommation d'électricité totale des bâtiments.

La création d'un quartier à énergie positive au sens (énergie consommée « énergie produite) ne pourrait donc se faire qu'à partir d'un « mix énergétique » combinant des énergies renouvelables qui produisent de la chaleur et d'autres de l'électricité et en réduisant de manière drastique les consommations du quartier.

Plusieurs scénarios d'approvisionnement en énergie mobilisant les énergies renouvelables ont été étudiés : le tableau suivant propose une synthèse qualitative des résultats obtenus :

1-

Scénario étudié	Critère	Faible consommation en Énergie finale	Coût Global sur 20 ans	Impact sur l'effet de serre	Compatibilité avec la dépendance énergétique de la Bretagne	Taux d'utilisation d'ENR
S0 : Gaz						
S1 : Gaz + ECS solaire						
S2 : Bois granulés						
S3 : PAC géothermie						
S4 : PAC air/eau						

LEGENDE Scénario

■ Réponse Favorable

■ Réponse mitigée ou adaptée partiellement au critère

■ Réponse Défavorable ou inadmissible

Figure 1 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critères environnementaux et économiques

Ainsi, le Scénario S2 (bois granulés) présente une réponse aux critères d'analyse plus adaptée, mais aucun scénario ne se détache particulièrement par rapport aux autres.

Le recours aux énergies renouvelables permettrait de réduire certains besoins énergétiques mais surtout les émissions de gaz à effet de serre. Le recours au solaire passif (bioclimatisme), au solaire actif (production de chaleur ou d'électricité), à la biomasse sont donc des solutions à privilégier.

Le tableau suivant présente la synthèse des impacts estimés pour les 3 grands types de consommations énergétique :

	Consommation énergétique annuelle estimée (MWh/an)		Emissions de CO2 (T/an)		Compensation carbone : Surface forestière à planter (ha)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Bâtiments	2543	4468	144	494	8	38
Trajets domicile travail en voiture		2228		579		31
Eclairage (pour 1km de voirie)	3.4	8.2	0.06	0.03	0.003	0.002
TOTAL	4.775	6.705	723	1.273	39	69

Figure 2: Synthèse des impacts estimés d'un point de vue énergétique et effet de serre

2.

2. Les orientations du projet liées à l'énergie

Au stade du dossier de création, le niveau de précision du projet ne permet pas encore de se positionner concrètement sur tous les points. Néanmoins, ce projet de ZAC intègre le volet énergie très en amont et des orientations sont donc retenues. La phase dossier de réalisation sera l'occasion de préciser ces orientations. En effet, ce projet d'aménagement s'étalera sur au moins une dizaine d'années et devra, de fait, s'adapter progressivement à l'évolution du contexte, notamment en termes d'ambitions énergétiques.

- Réaliser des bâtiments économes en énergies
Conformément au PLH de Rennes Métropole, la collectivité s'est engagée à créer deux îlots PASSIFS sur la ZAC dont un au moins sera certifié. Il sera donc réfléchi au stade du dossier de réalisation à l'intégration d'exigences spécifiques sur le niveau de performance des bâtiments collectifs. L'emplacement des îlots sera confirmé au stade dossier de réalisation.
Au stade dossier de création il est décidé d'imposer un niveau de performance plus exigeant en fonction de la réglementation en vigueur pour les logements collectifs et de revoir cet objectif par tranche en fonction des évolutions réglementaires. En effet, aujourd'hui la réglementation thermique RT 2012 n'est pas très exigeante pour les bâtiments de logements collectifs. L'objectif est donc de durcir cette exigence.
Cette exigence sera revue à chaque tranche du projet, si la future réglementation s'avère suffisamment ambitieuse pour les logements collectifs, aucune exigence supplémentaire ne sera imposée.

- Production de chaleur renouvelable.

La collectivité exigera du concessionnaire de la ZAC la réalisation d'une étude de faisabilité technico-économique (selon cahier des charges ADEME) concernant l'approvisionnement des bâtiments de la ZAC par un micro-réseau de chaleur renouvelable. Le périmètre pertinent (non restreint au périmètre de la ZAC) sera analysé lors des premières phases de l'étude de faisabilité technico-économique.

- Prise en compte des énergies renouvelables dans les bâtiments de logement collectifs.

Afin de favoriser la prise en compte des énergies renouvelables par les promoteurs, une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie sera exigée pour les îlots collectifs afin de comparer, en coût global, une production centralisée de chaleur renouvelable et une production de chaleur individuelle.
Le résultat de l'étude sera contrôlé avant dépôt de permis de construire par un opérateur compétent désigné par le concessionnaire de l'opération d'aménagement dans le cadre d'une mission VISA. Les hypothèses économiques à considérer (prix des énergies, taux d'inflation) seront définies lors du dossier de réalisation en cohérence avec les statistiques nationales (INSEE, observatoires ministériels de l'énergie...) et revue chaque année par l'opérateur en charge de la mission VISA.

La mission VISA pourrait également intégrer, en fonction des contraintes de performance énergétiques imposées, un échange avec l'équipe de maîtrise d'œuvre des bâtiments afin d'optimiser la conception bioclimatique des logements.

- Innovation électrique renouvelable

Afin de développer l'énergie renouvelable locale et notamment l'énergie électrique renouvelable, la collectivité souhaite le développement de l'autoconsommation collective (consommation par les habitants d'une électricité renouvelable produite collectivement). Des centrales de production d'électricité renouvelable (principalement des panneaux solaires photovoltaïques) seront installées sur le/les bâtiments d'au moins un îlot. Il s'agira par exemple, pour des logements collectifs, de pouvoir bénéficier de la production photovoltaïque installée en toiture de leur bâtiment voire du bâtiment voisin.

Il sera étudié en phase réalisation la possibilité de mettre en place un smart-grid (réseau intelligent) sur tout ou partie d'un quartier, pour piloter les consommations à l'intérieur des bâtiments en fonction de la production

2.

d'énergies renouvelables (soumise à la météo) et ainsi optimiser le taux de couverture par les énergies renouvelables (amélioration du taux d'auto-production). Des solutions de stockage seront étudiées pour améliorer encore l'auto-production.

- Limiter l'impact des transports
Le projet facilite l'usage des transports en commun et les modes de déplacements doux.
Le projet de ZAC intègre un maillage de liaisons douces piétons et/ou vélos en connexion avec les quartiers voisins, le centre-bourg, les équipements publics.

- Eclairage public

L'Eclairage sera en LED avec pilotage spécifique (allumage semi-permanent, abaissement de puissance...). Une étude d'optimisation de l'éclairage public suivant la norme EN 13 201 est prévue afin d'optimiser le confort, la qualité et les consommations liées à l'éclairage.

- Cohérence avec le pacte électrique Breton

La collectivité s'engage à respecter le Pacte électrique Breton en imposant aux pompes à chaleur sur AIR extérieur un coefficient de performance minimum annuel et un niveau acoustique maximum afin de limiter leur utilisation.

- Matériaux biosourcés

La collectivité s'engage à

- favoriser le réemplois/ recyclage pour les travaux VRD (soit en conseillant soit en imposant un taux minimum de réemplois)
- recommander l'usage de matériaux biosourcés et à faible énergie grise pour les constructions

Ces orientations seront affinées et détaillées lors de la constitution du dossier de réalisation.

3-

3. Préambule

3.1. Contexte de la ZAC

Saint-Gilles fait partie de Rennes Métropole qui, par son dynamisme et son attractivité, connaît un fort développement. La commune, pleinement intégrée à la dynamique urbaine de l'agglomération, souhaite poursuivre son développement et l'accueil de nouveaux habitants. Les réflexions menées dans le cadre du PLUI (en cours d'élaboration) prévoient un objectif de 50 logements environ par an sur la période 2020 à 2035.

3.2. Principe et méthode de l'étude

La première loi issue du Grenelle de l'Environnement adoptée par l'Assemblée nationale le 29 juillet 2009 définit 13 domaines d'action visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Parmi ces domaines d'action, le recours aux énergies renouvelables est particulièrement mis en avant.

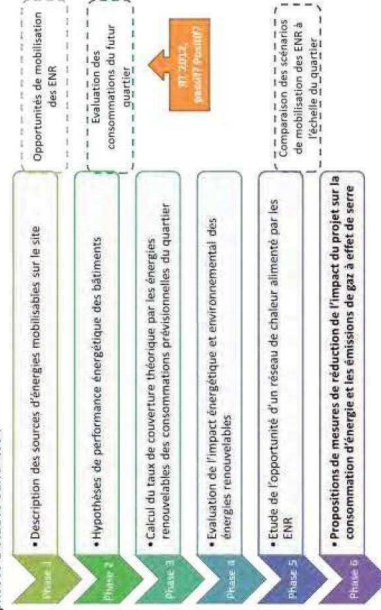
L'article L-300-1 du Code de l'Urbanisme précise que : « Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

Cette étude vise à dresser un état des lieux des énergies renouvelables qui pourraient être utilisées sur le projet et à définir notamment les possibilités d'implantation de systèmes centralisés permettant de fournir l'énergie nécessaire aux bâtiments à travers des réseaux de chaleur par exemple.

Elle vise également à définir la part relative à l'énergie dans l'impact environnemental global du projet.

L'évolution culturelle et réglementaire actuelle impose en effet la réalisation de bâtiments de plus en plus performants (approche bioclimatique, meilleure isolation, utilisation d'équipements performants et d'énergies renouvelables) afin de limiter globalement l'impact du secteur du bâtiment sur l'appauvrissement des ressources fossiles et sur le dérèglement climatique.

Après avoir rappelé le contexte géopolitique et réglementaire relatif aux politiques publiques liées à l'énergie et présenté succinctement le projet d'aménagement, nous étudierons la mobilisation des énergies renouvelables selon les phases d'études suivantes :



Des rappels techniques sur les énergies renouvelables étudiées sont fournis en annexe.

4-

4. Des engagements internationaux à la réglementation des documents d'urbanisme.

Les démarches visant à encourager le développement des énergies renouvelables répondent à deux objectifs principaux à l'échelle mondiale :

- Lutter contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre issues de ressources non renouvelables ;
- Tendre vers une autonomie énergétique qui se passerait des énergies fossiles.

Imposer une étude de « potentiel de développement des énergies renouvelables » pour toute opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact prend place dans ces processus globaux : c'est une petite pierre qui, projet par projet, et couplée à d'autres évolutions des réglementations, devrait permettre d'améliorer l'introduction des énergies renouvelables à l'échelle des territoires.

Nous tenons ici de rappeler quelques processus qui permettent de prendre de la hauteur et de comprendre dans quel contexte géopolitique cette réflexion s'inscrit.

4.1. Processus de lutte contre le réchauffement climatique

4.1.1. Processus international

Le Protocole de Kyoto, ratifié en 1997 est en vigueur depuis 2005. Il arrive à échéance en 2012. Il avait pour objectif de stabiliser les émissions de CO₂ au niveau de celles de 1990 à l'horizon 2010.

En décembre 2009 s'est tenue la Conférence internationale de Copenhague : 15^{ème} conférence annuelle des représentants des pays ayant ratifié la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique et 5^{ème} rencontre des États parties au protocole de Kyoto, elle devait être l'occasion de renégocier un accord international sur le climat prenant la suite du protocole de Kyoto. Elle a été considérée comme un échec partiel, par beaucoup, car, bien qu'ayant abouti à une déclaration politique commune, elle n'a pas défini de cadre contraignant.

En 2015, la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques s'est tenue à Paris. Cette conférence marque une étape décisive dans la négociation du futur accord international qui entrera en vigueur en 2020.

Elle a abouti, le 12 décembre 2015, à un accord historique et universel pour le climat, approuvé à l'unanimité par les 196 délégations (195 États + l'Union Européenne), dont la signature est prévue le 22 Avril 2016. L'Accord de Paris se fixe de maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en dessous de 2 degrés, et, pour la première fois, de tendre vers un maximum de 1,5 degré afin de permettre la sauvegarde des États insulaires (les plus menacés par la montée des eaux), en prévoyant une clause de révision des engagements. Dans ce cadre et conformément aux recommandations du GIEC, la France s'est engagée, avec la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) à diviser par 4 ses émissions GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990 (le Facteur 4).

4.1.2. Processus européen et national

Dans le cadre des accords de Kyoto, la communauté européenne a fixé dans le paquet énergie climat dit : "3 X 20 en 2020" les objectifs suivants :

- Réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport à 1990 ;
- Porter à 20 % la part d'énergies renouvelables dans la consommation en Union Européenne en 2020 ;
- Baisser de 20 % la consommation d'énergie par rapport aux projections pour 2020.

En France, la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 ou loi sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LETCV) fixe par 167 mesures réglementaires (ordonnances et décrets d'application), les grands objectifs et le calendrier de la politique énergétique nationale d'ici à 2050 dont les grandes lignes sont ci-dessous :

- Réduire de 50% de la part du nucléaire dans la production totale d'électricité à l'horizon 2025,
- Réduire de 50% la consommation énergétique finale entre 2012 et 2050,
- Réduire de 40% des émissions de gaz à effet de serre sur la période 1990-2030,
- Porter à 32% la part d'énergies renouvelables dans la consommation d'ici 2030 ans.

4.2. Des engagements internationaux aux PLUi puis permis d'aménager ou construire.

La LETCV établit la stratégie nationale bas carbone (SNBC) qui décrit la politique d'atténuation du changement climatique comme celle de réduction des émissions de GES et d'augmentation de leur potentiel de séquestration. Les objectifs de la LETCV sont déclinés localement dans les documents de planification de nature stratégique ou réglementaires.

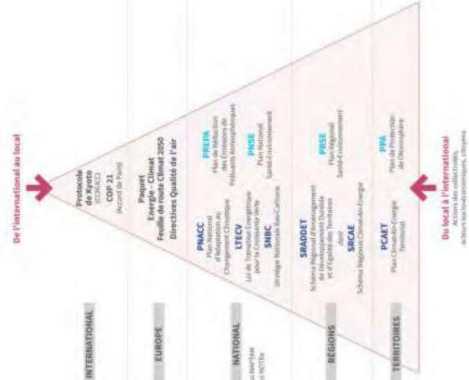


Figure 3: Des engagements internationaux aux objectifs locaux (source ADEME www.territoires-climat.ademe.fr)

Le Schéma Régional Climat Air Énergie Breton (qui sera remplacé par le SRADDET en cours d'élaboration) a été arrêté par le Préfet de région le 4 novembre 2013, après approbation par le Conseil régional lors de sa session des 17 et 18 octobre 2013. Le SRCAE définit aux horizons 2020 et 2050 les grandes orientations et les objectifs régionaux pour maîtriser la demande en énergie, réduire les émissions de gaz à effet de serre, améliorer la qualité de l'air, développer les énergies renouvelables et s'adapter au changement climatique.

La LETCV impose à tous les EPCI de plus de 20 000 habitants de rédiger avant le 31 décembre 2018 leur PCAET. Comme son prédécesseur le PCEI, est un outil de planification qui a pour but d'atténuer le changement climatique, de développer les énergies renouvelables et maîtriser la consommation d'énergie. Contrairement à ce dernier, il impose désormais de traiter de la qualité de l'air.

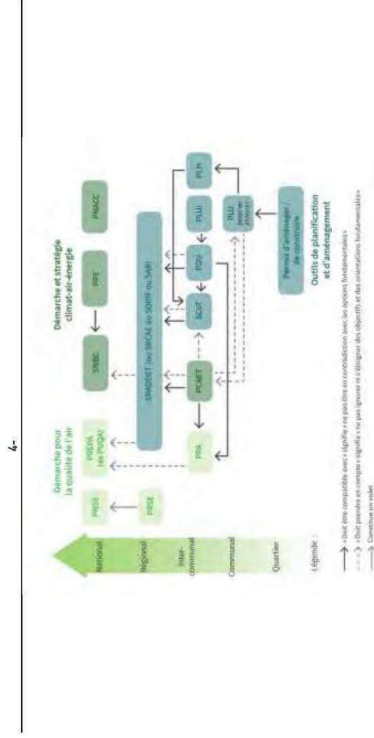


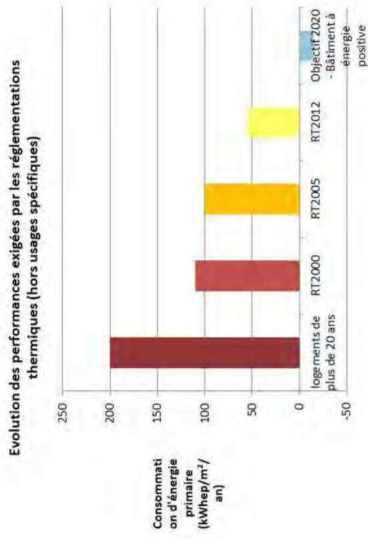
Figure 4: Articulation juridique des documents de planification

Le permis de construire doit être compatible avec le PLU ou PLUi lequel devant prendre en compte le PCAET ou à défaut les documents de planification supérieurs.

4.3. Contexte réglementaire

4.3.1. La RT2012

Le grenelle de l'environnement a accéléré l'évolution des réglementations thermiques, l'objectif annoncé étant d'atteindre le niveau de performance de bâtiments passifs voir à énergie positive à horizon 2020. Cette évolution est rappelée sur le schéma ci-dessous :



L'objectif fixé est la RT 2012 : les besoins énergétiques couvrant le chauffage et le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, la ventilation, l'éclairage et les auxiliaires devront être inférieurs à 55 kWh/m²SHONRT/an en énergie primaire pour une maison individuelle située en Bretagne.

4-

Afin de satisfaire cette obligation, les constructions doivent profiter au maximum des apports solaires et bénéficier d'une forte isolation thermique et d'une ventilation adaptée.

La RT 2012 introduit des exigences minimales traduisant des volontés publiques fortes : obligation de recours aux énergies renouvelables en habitat individuel, obligation de respecter le seuil minimum de surface vitrée égale à 1/6 de la surface habitable, obligation de traitement des ponts thermiques (fuites de chaleur), obligation de traitement de la perméabilité à l'air des logements neufs, etc.

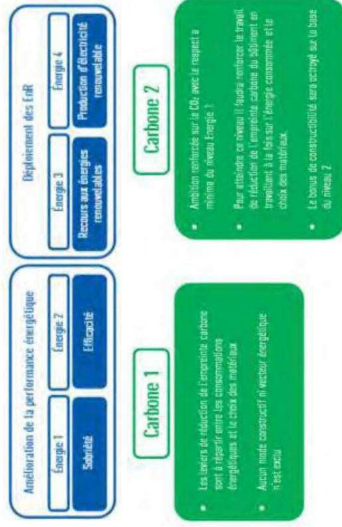
De plus, le décret 2013-979 du 30 octobre 2013 rend obligatoire la réalisation d'une étude d'approvisionnement en énergie pour tous les bâtiments dont la SHON est supérieure à 50m².

4.3.2. La future Réglementation Énergétique et Environnementale

A l'horizon 2020, la loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte fixe l'objectif d'une Réglementation Énergétique et Environnementale ambitieuse pour les bâtiments neufs qui prévoit, via l'expérimentation du label Énergie Carbone E+C-, l'ajout d'exigences sur :

- Le calcul des émissions de gaz à effet de serre,
- Un calcul des consommations d'énergie et de ressources sur l'ensemble du cycle de vie,
- L'incitation à recourir aux énergies renouvelables pour couvrir et compenser les besoins des bâtiments et ainsi la généralisation des bâtiments à énergie positive.

Le label E+C préfigure la future réglementation. Il est composé conjointement d'un niveau Énergie (évalué par l'indicateur « bilan BEPOS ») et d'un niveau Carbone (évalué par l'indicateur « Carbone ») :



4.4. Contexte local

La Bretagne connaît une situation particulière relative à l'énergie :

- Une situation péninsulaire :

La situation géographique de la Bretagne, excentrée, engendre une fragilité de l'alimentation électrique lors des pics de consommation. L'augmentation forte des pointes de consommation, en période hivernale (+ 14% depuis 2003), fragilise d'autant plus la région. Cette situation place désormais la Bretagne devant un risque généralisé de blackout.

- Une faible production électrique : 13% de sa consommation

4-

- Une forte croissance démographique et un dynamisme économique qui augmentent les besoins en proportion plus importante, malgré une situation actuellement moins énergivore que le reste du territoire français.

La région rencontre donc des difficultés récurrentes et de plus en plus importantes pour répondre aux besoins en électricité des territoires. Elle est par ailleurs très dépendante des territoires limitrophes producteurs d'électricité (Régions Basse-Normandie et Pays de la Loire notamment).

4.4.1. La politique énergie climat du territoire breton

➢ Le Schéma Régional Climat Air-Energie Bretagne

Le Schéma Régional Climat Air-Energie Bretagne a été arrêté par le Préfet de région le 4 novembre 2013, après approbation par le Conseil régional lors de sa session des 17 et 18 octobre 2013. Le SRCAE définit aux horizons 2020 et 2050 les grandes orientations et les objectifs régionaux pour maîtriser la demande en énergie, réduire les émissions de gaz à effet de serre, améliorer la qualité de l'air, développer les énergies renouvelables et s'adapter au changement climatique.

➢ Le plan éco énergie pour la Bretagne

Ce programme d'actions conjointes mis en œuvre par l'Etat, l'Ademe et la Région Bretagne, s'articule autour de trois missions majeures :

- Maîtriser la consommation d'énergie et développer les énergies renouvelables dans la perspective de la mise en œuvre d'un plan climat régional,
- Créer une dynamique d'éco-responsabilité au niveau de la production et de la consommation d'énergie,
- Améliorer les connaissances et en favoriser la communication, l'information et la diffusion.

Plus d'informations : <http://www.plan-eco-energie-bretagne.fr>

➢ Le pacte électrique Breton

Co-signé le 14 décembre 2010 par l'Etat, la Région Bretagne, l'ADEME, RTE et l'ANAH (Agence nationale de l'habitat), le Pacte électrique breton a pour objectif de sécuriser l'avenir électrique de la Bretagne en proposant des réponses autour des 3 grands axes suivants :

- La maîtrise de la demande en électricité
- L'objectif est de diviser par 3 la progression de la demande en électricité d'ici 2020 en poursuivant la sensibilisation du grand public, soutenant l'animation des politiques énergétiques sur les territoires, en renforçant les dispositifs de rénovation thermique des logements, etc.
- Le déploiement massif de toutes les énergies renouvelables

L'objectif est de multiplier par 4 la puissance électrique renouvelable installée d'ici 2020, soit 3 600 MW.

- La sécurisation de l'approvisionnement

Grâce à un réseau de transport de l'électricité renforcé, à l'implantation d'une unité de production électrique à l'ouest de la Bretagne, et à l'intensification de l'expérimentation des réseaux électriques intelligents et du stockage de l'énergie,

Plus d'informations : http://www.plan-eco-energie-bretagne.fr/cms/c_74683/pacte-electrique-breton

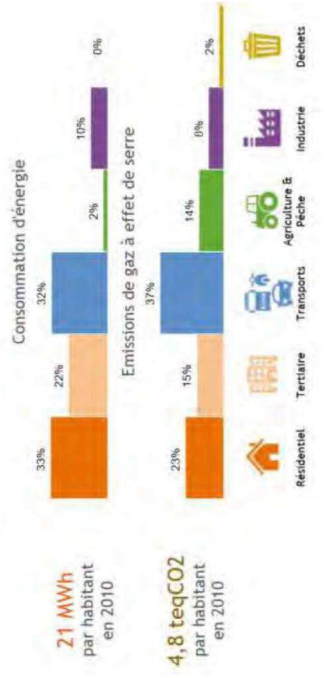
L'ensemble de ces dispositifs montre le dynamisme de la région Bretagne pour réduire sa dépendance énergétique. Tous les nouveaux projets d'aménagement se doivent d'intégrer ces démarches spécifiques dans leurs modalités de mise en œuvre.

4-

4.4.2. Portrait énergétique du territoire

4.4.2.1) Rennes Métropole

Le secteur du bâtiment (tertiaire et résidentiel) représente plus de la moitié de la consommation d'énergie du pays de Rennes (55%) et plus d'1/3 des émissions de gaz à effet de serre (38%) :
 Les émissions de GES en TeqCO2 des transports (37%) sont équivalentes à celles du bâtiment pour une consommation énergétique de 32% (second contributeur).



Rennes Métropole est un territoire sur lequel de nombreuses démarches sur la maîtrise de l'énergie et le climat ont été mises en place. Notamment, l'engagement dans un Agenda 21, projet qui se décline à travers un plan climat énergie territorial (PCEt). Les objectifs du PCEt s'articulent autour de cinq grands axes :

1. Planifier et aménager le territoire pour réduire la dépendance énergétique
2. Anticiper et accompagner les mutations énergétiques
3. Mobiliser les acteurs du territoire et accompagner les changements sociétaux
4. Renforcer la dimension énergétique dans la politique de l'habitat
5. Offrir des services urbains économes en énergie.

Le Plan Climat Air-Energie (PCAET) actuellement en cours de consultation et validation (approuvé début 2019), visera à tripler la part des énergies renouvelables. Rennes Métropole ambitionne pour 2030 de diviser par deux les émissions de gaz à effet de serre par habitant par rapport à 2010 via 10 objectifs :

1. Rénover 6 000 logements publics et privés par an (contre 1 500 aujourd'hui) : horizon 2024
2. 100% de logements passifs ou à énergie positive dans les opérations publiques : horizon 2024
3. Réduire le trafic routier de 10% : horizon 2030
4. 80% des déplacements en mode décarboné sur le réseau de transports collectifs : horizon 2030 (70% en 2024)
5. Atteindre l'objectif de covoiturer une journée par semaine : horizon 2024
6. 85% de voyages supplémentaires sur le réseau STAR : horizon 2030
7. Rénover 25% des surfaces bâtiments tertiaires (public, privé) : horizon 2030
8. Tripler la part des énergies renouvelables ou de récupération : horizon 2030
9. Viser les 25% d'électricité renouvelable achetée par Rennes Métropole : horizon 2024
10. Atteindre 100% des déchets valorisés : horizon 2024.

4-

Les communes sont accompagnées dans la mise en œuvre de leurs plans d'actions respectifs par l'Agence Locale de l'Énergie et du Climat (ALEC).

Le nouveau PLH de Rennes Métropole, adopté en décembre 2015, fixe l'apprentissage du bâtiment passif comme nouvel objectif :

« Pour préparer les acteurs aux futures Réglementations Thermiques, chaque nouvelle opération d'aménagement contractualisée avec Rennes Métropole développera un filon en label « Passivhaus ». Cette mesure devra être définie dans le cadre de la contractualisation. »

- La ZAC intégrera donc la réalisation d'un bâtiment d'habitat collectif certifié Passivhaus.

4.4.3. La commune de Saint-Gilles

Les graphiques suivants présentent les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la commune.



Figure 5: Répartition des consommations d'énergie par secteur d'activité (source Bretagne-environnement)

- ➔ Trois grands secteurs d'activité se dégagent. En tête les secteurs du bâtiment (Résidentiel + Tertiaire = 46%) et des transports (33%) suivis de l'industrie (13%).
- ➔ La part prépondérante des transports s'explique par l'importance des déplacements en voiture individuelle et pour le transport de marchandises

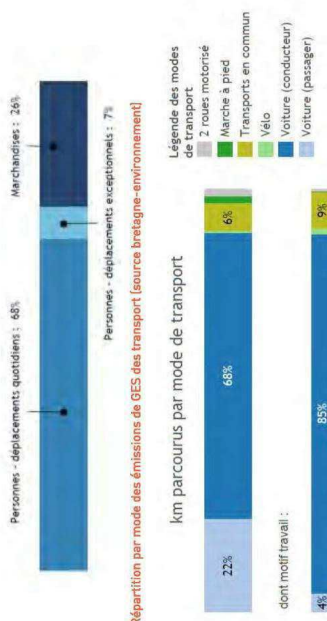


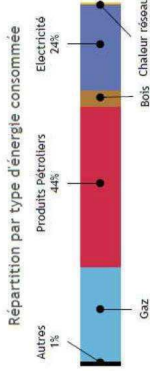
Figure 6: Répartition par mode des émissions de GES des transports (source Bretagne-environnement)



Figure 7: Répartition des déplacements par mode et km parcourus par motif (source : Bretagne-environnement)

0-

- L'aménagement d'une ZAC influe directement sur les deux premiers postes de consommation énergétique (Bâtiment, Transport). Les choix retenus sur l'aménagement de la ZAC (exigence sur la performance énergétique des bâtiments, développement des énergies renouvelables, ou développement des alternatives de transports à la voiture individuelle)



Répartition des consommations énergétiques par secteur d'activités et par type d'énergie

- La principale énergie consommée sur le territoire correspond aux produits pétroliers en raison de la forte part du secteur des transports qui utilise quasi-exclusivement cette énergie. Le développement de solutions de mobilités alternatives pourrait changer cette tendance.



Figure 8. Répartition des émissions de GES par secteur d'activité (source Bretagne-environnement)

- L'agriculture représente de loin le 1^{er} émetteur de GES ce qui est caractéristique du milieu rural. En effet la dégradation des engrais produits du N2O dont le potentiel de réchauffement global (PRG) est 310 fois plus grand que le CO2, les bovins quant à eux produisent du CH4 dont le PRG est 28 fois supérieur à celui du CO2.
- Le bâtiment (résidentiel + tertiaire) et les transports, les deux premiers consommateurs d'énergie, arrivent en seconde position avec respectivement 23% et 28% des émissions en raison de leur consommation d'énergie et de leur mix énergétique.

5-

5. Présentation de la zone d'étude

5.1. Positionnement géographique de Saint-Gilles

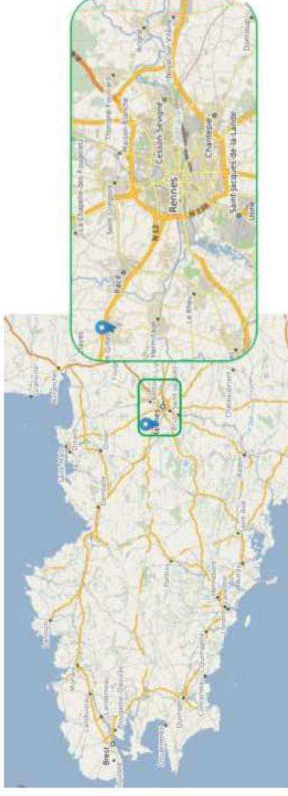


Figure 9 : Localisation de Saint-Gilles (Source : Géoportail)

La commune de Saint-Gilles est située à 15 kms au Nord-Ouest de Rennes et fait partie de Rennes Métropole.

5.2. Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude de la ZAC multisite se décompose en deux.

- Le secteur du centre bourg qui s'étend sur 4,9 ha
- Le secteur de « La Vigne » qui s'étend sur 40 ha à la sortie Est de la ville.



5.3. Topographie

Les figures suivantes présentent le plan topographique des zones d'étude :

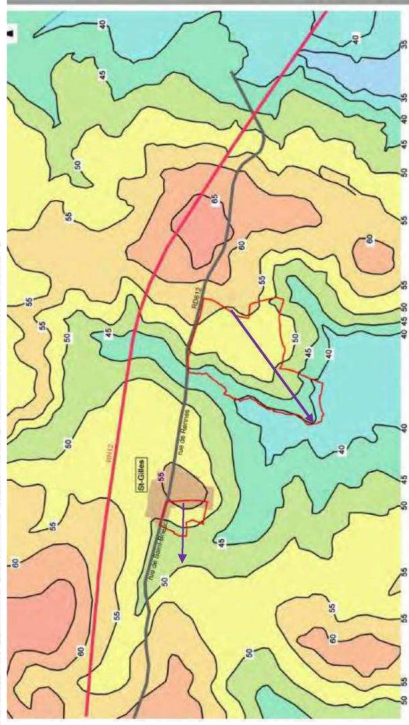


Figure 10: Analyse topographique des sites d'étude [Source : QUARTA]

- Le secteur du centre bourg est marqué par une pente Est-Ouest relativement favorable aux apports solaires
- Le secteur de « La Vigne » est marqué par une pente Nord-Est/Sud-Ouest favorable aux apports solaires

5.4. Végétation et bâti existant

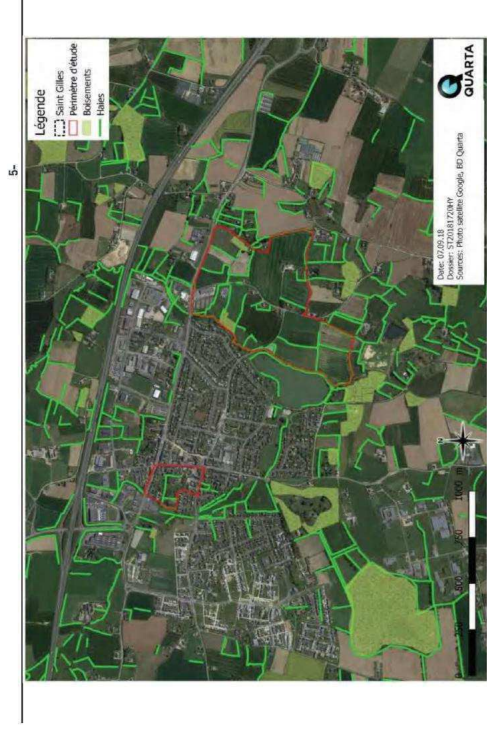


Figure 11: Bocage et boisement des sites [source : Quarta]

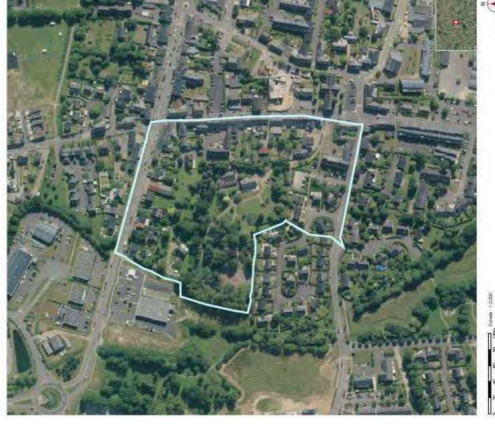


Figure 12: Vue Aérienne secteur Centre Bourg [source Saint-Gilles]

5-

- Le secteur centre-ville est urbanisé. Les masques générés par les bâtis existants devront être pris en compte tout comme l'ombre portée qui pourra être créée par les nouvelles constructions. La préservation du droit au soleil de l'existant devra être respectée
- Le site présente également plusieurs arbres dont les ombres portées devront être étudiées



Figure 13: Vue Aérienne secteur « La Vigne » (source Saint-Gilles)

- Le site présente un maillage de haies bocagère dont les ombres portées devront être étudiées

5.5. Programmation et schéma d'aménagement étudié

Les figures ci-dessous présentent le schéma d'aménagement du site : Le programme immobilier de la ZAC multisite prévoit environ 609 logements en collectifs et maison individuelles selon la répartition suivante :

Typologie logement	SDP [m ²]	Nombre	SDP totale (m ²)	% Surface totale
Logement collectif	70	328	22 960	41%
Maisons individuelle	120	281	33 720	59%
		609	56 680	100%

6-

6. Phase 1 : Potentiel de mobilisation des énergies renouvelables

6.1. Energies fossiles disponibles

ENERGIE	ATOUS/AVANTAGES	CONTRAINTES/INCONVENIENTS	COMMENTAIRES H3C
ELECTRICITE	Disponibilité	Coût élevé Faible rendement global Gestion des déchets nucléaires Contexte tendu en hiver en Bretagne > péninsule électrique avec risque de black-out.	A réserver aux usages spécifiques : éclairage, électroménagers, bureaux, etc.
GAZ NATUREL	lot desservi Impact environnemental et économique plus limité que le fioul. Existante d'un réseau est un atout pour le développement du biogaz.	Energie fossile à fort impact environnemental.	Dans la suite de l'étude, l'énergie fossile de référence pour évaluer l'impact de la mobilisation des énergies renouvelables sera donc le gaz naturel.
FIUILL PROPANE	Impact environnemental plus limité que le fioul	Très fort impact environnemental Positionnement des cuves ou réseau gaz	Non envisageable sur l'opération Non envisageable sur le site car présence du gaz naturel.

Synthèse des énergies fossiles disponibles et mobilisables sur le site

6.2. Les énergies renouvelables et de récupération

Les énergies renouvelables représentent les sources énergétiques qui peuvent être utilisées sans que leurs réserves ne s'épuisent. En d'autres termes, les énergies renouvelables doivent globalement avoir une vitesse de régénération supérieure à la vitesse d'utilisation.

6.2.1. Inventaire des énergies renouvelables disponibles et pertinence sur le projet

L'ensemble des solutions sont répertoriées dans le tableau ci-dessous et présentées succinctement en annexe.

6-

		Un code couleur permet de juger de la pertinence sur l'opération :		
		 Possible	 Peu probable	
> Les solutions jugées peu probables ne sont pas reprises dans la suite du rapport. Les autres sont étudiées ci-après.				
Energie	Utilisation	Principe	Pertinence sur le projet et commentaires H3C	
Bois	Chaleur	Granulés Plaquettes Bûches	Solution adaptée. Solution adaptée. Le bois bûche n'est pas adapté pour de l'habitat collectif, au contraire du bois granulé ou de la plaquette.	
	Chaleur	Panneaux solaires Thermiques	Solution adaptée.	
Solaire	Electricité	Panneaux solaires Photovoltaïque	Solution adaptée.	
		Grand	Obligation réglementaire d'éloignement de plus de 50 m des zones d'habitation des éoliennes de plus de 50 mètres de haut : incompatible en site urbain.	
Eolien	Electricité	Petit et micro	Il est préférable d'être un site dégagé avec des vents majoritairement unidirectionnels. Le potentiel, est donc limité en milieu urbain et nécessite des études précises.	
Hydraulique		Grand (marine)	Saint-Gilles ne se situe pas en zone côtière.	
	Electricité	Moyen (rivière)	Situé en centre urbain, construction > Potentiel uniquement sur des ouvrages existants (par optimisation ou suréquipement d'installations existantes).	
Géothermie		Très basse énergie sur aquifère superficiel (nappe)	Solution adaptée au contexte mais nécessitant des forages pour évaluer le potentiel.	
	Chaleur/ Froid	Très basse énergie sur sondes verticales	Solution adaptée au contexte mais nécessitant des forages pour évaluer le potentiel.	
		Très basse énergie sur sondes horizontales	En milieu urbain, solution de géothermie la moins adaptée et la moins performante. La densité et l'emprise au sol des bâtiments excluent la faisabilité d'un tel système. Solution plutôt réservée pour l'habitat individuel rural car elle requiert beaucoup de surface au sol.	
Aérothermie	Chaleur/ Froid	Pompe à chaleur	Solution adaptée	
Méthanisation/ biogaz	Chaleur/ Electricité		Solution adaptée à une plus grande échelle. Pas d'unités existantes à proximité.	
	Récupération de chaleur fatale sur les eaux usées		Sur les eaux usées de la ville (STEP)	Proximité de la STEP du secteur de « la Vigne » mais, à ce jour, la capacité ne satisfait pas aux critères technico-économiques. Dans le cadre d'un réseau de chaleur, cette ressource pourrait être complétée par une autre énergie.
Chaleur			Sur les eaux usées d'un bâtiment	Solution adaptée.

¹ STEP = Station de Traitement des Eaux Usées

6-

6.2.2. L'énergie solaire

6.2.2.1] Présentation

L'énergie solaire passive : Le solaire passif est la moins chère et l'une des plus efficaces. Elle entre directement dans ce que l'on appelle communément l'approche bioclimatique : l'idée simple est d'orienter et d'ouvrir au maximum les façades principales du bâtiment au sud. Il convient cependant d'intégrer des protections solaires (casquettes solaires, volets) pour limiter les apports en mi-saison et en été afin d'éviter les surchauffes. Cette énergie est directement liée au plan masse du quartier et à l'organisation des bâtiments sur chaque parcelle.

L'énergie solaire active : L'énergie solaire dite « active » se décline sous la forme thermique (production d'eau chaude, chauffage) et photovoltaïque (production d'électricité). Ces deux types d'énergie pourront être utilisés sur le projet.

Le solaire thermique est considéré comme une énergie renouvelable car la durée de vie du soleil dépasse de très loin nos prévisions les plus ambitieuses... Elle peut à ce titre être considérée comme infiniment disponible.

Pour ses qualités environnementales (énergie renouvelable à très faible impact) et durable (simplicité des équipements), l'énergie solaire pourra être intégrée fortement sur le projet.

La mobilisation de l'énergie solaire est possible selon 3 modalités :

- Apports solaires passifs pour limiter les besoins en chauffage ;
- Panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage ;
- Panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité.

Les différentes technologies permettant d'exploiter l'énergie solaire sont détaillées en Annexe.

6.2.2.2] Cisement

(a) Brut

La carte suivante présente l'insolation annuelle en Bretagne :

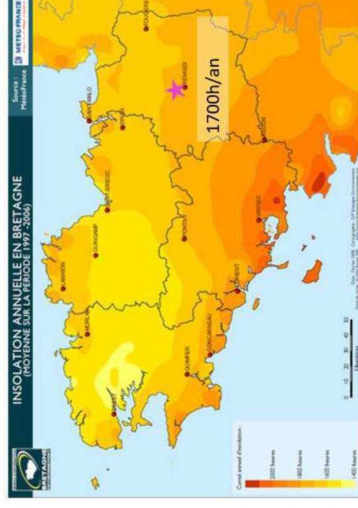


Figure 14: Insolation annuelle de la Bretagne [Source Bretagne Environnement]

→ L'insolation annuelle de la commune de Saint-Gilles est comprise entre 1 700 et 1 800 heures. L'énergie reçue est d'environ 1 200 kWh/m²/an.

6-

(b) Sur le site

Sur les 2 secteurs, les masques générés par les bâtis existants devront être pris en compte tout comme l'ombre portée qui pourra être créée par les nouvelles constructions ; la préservation du droit au soleil de l'existant devra être respectée

6.2.2.3] Prédétermination du projet vis-à-vis des apports solaires gratuits

Construire des bâtiments peu consommateurs d'énergie passe obligatoirement par l'optimisation des apports solaires passifs pour limiter les besoins en chauffage en hiver et les inconvénients dus aux surchauffes estivales.

A l'échelle des parcelles :

- Prévoir les façades principales au Sud : une orientation Sud-Ouest à Sud-Est (Sud +/- 20°) reste pertinente. Les façades principales s'entendent la plupart du temps « côté jardin » pour les maisons individuelles.
- Assurer un recul suffisant entre les bâtiments pour permettre un accès au soleil au Sud dans les conditions les plus défavorables (solstice d'hiver)

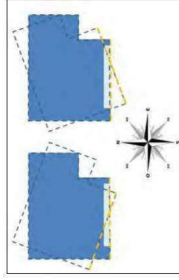


Figure 15 : Orientation optimale des façades principales ; Sud +/- 20°

L'annexe sur l'énergie solaire rappelle des données physiques sur la course du soleil et des préconisations pour traiter la thématique des apports solaires à l'échelle d'une opération d'aménagement.

Echelle	Solaire Passif	Solaire thermique	Solaire photovoltaïque
Zone d'étude	- Respect des distances impliquées par les ombres portées		
Bâtiment	- Façades et ouvertures principales au Sud +/- 20° - Protections solaires adaptées	Réserver l'énergie solaire thermique aux bâtiments à fort besoins en ECS	Production d'énergie à considérer après l'optimisation énergétique du bâtiment (par exemple prévoir une structure de toiture adaptée pour recevoir des panneaux ultérieurement)
		- Orientation Sud +/- 25° ; Inclinaison de 45° environ - Limiter les ombres et les masques (bâtiments proches, végétation)	

Figure 16: Préconisation pour l'optimisation des apports solaires

6.2.3. L'énergie bois

Le bois énergie est l'une des sources énergétiques les plus intéressantes actuellement :

- **Renouvelable** : le bois est une source renouvelable puisqu'il peut être planté en quantité et disponible pour la production énergétique dans un délai cohérent par rapport à notre échelle de temps (quelques années à quelques dizaines d'années) ;
- **Neutre pour l'effet de serre** : dans le cadre d'une gestion raisonnée (on ne coupe pas plus d'arbres qu'on en replante), sa combustion aura un impact neutre sur l'effet de serre puisque le CO₂ dégagé par sa combustion sera remobilisé par la biomasse en croissance grâce à la photosynthèse ;
- **Bon marché** : en fonction des solutions retenues (bûches, granulés, bois déchiqueté), le prix du bois énergie reste intéressant en comparaison avec les autres types d'énergie ;
- **Performant** : les équipements actuels (poêles, chaudières) affichent des performances tout à fait intéressantes, et sont de plus en plus automatisés.

Quelques difficultés peuvent cependant être mises en avant :

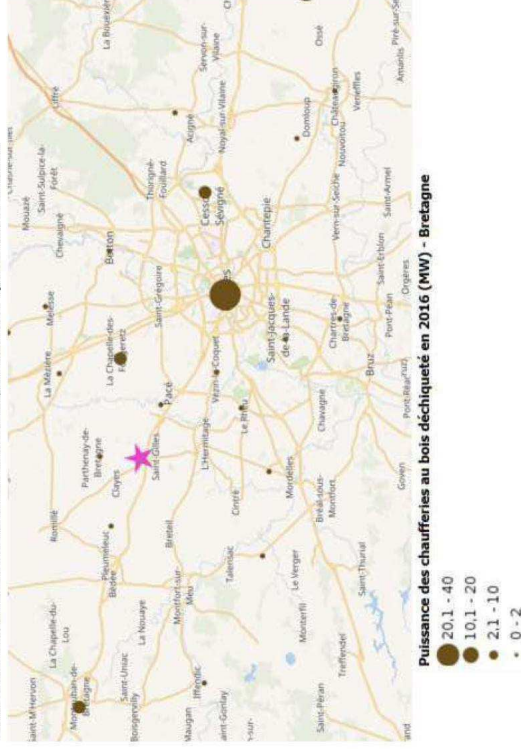
6-

Manutention et modes de vie : il convient de choisir la technique la plus adaptée en fonction du futur utilisateur. En effet, la solution bois bûche ne sera pas toujours adaptée à des populations vieillissantes par exemple. Le poêle à bûches sera également plus difficile à régler ou à automatiser par rapport à un poêle à granulés ou à une chaudière bois.

Le traitement des fumées : il est nécessaire de mettre en œuvre des poêles ou des chaudières performants pour l'ensemble des petites installations afin de favoriser une bonne combustion et ainsi des rejets moins chargés. Les installations plus importantes devront disposer d'équipements spécifiques pour traiter les fumées.

> D'une manière générale, nous sommes favorables à l'utilisation forte du bois énergie sur le quartier. Il conviendra cependant de valider la filière de livraison pour s'assurer de la disponibilité du bois sur le moyen terme.

On recense 23 installations de chaufferie bois déchiqueté dans le Pays de Rennes en 2016.



Carte des chaufferies bois à proximité de Saint-Gilles (Source : geobretagne.fr)

L'énergie bois est disponible sur le territoire sous différentes formes et la filière est en pleine structuration en Bretagne :



6.2.3.1) Bois déchiqueté ou plaquettes

Le bois déchiqueté permet d'utiliser des produits non valorisables en bois bûche ou bois d'œuvre. Comme les sous-produits (connexes) des industries du bois, les produits en fin de vie comme le bois d'emballage, les palettes usagées (sorti du statut déchet) mais aussi le bois de forêt (premier éclaircissage, branchage, bois tordus). Le bois déchiqueté sert aussi sur les exploitations agricoles pour valoriser le bois issu de la gestion des bocages

En Bretagne, on compte fin 2015 plus de 420 000 tonnes de bois déchiqueté consommées chaque année.

6-

Ce bois provient d'une quarantaine de fournisseurs bretons (95% du bois) ou ligériens.

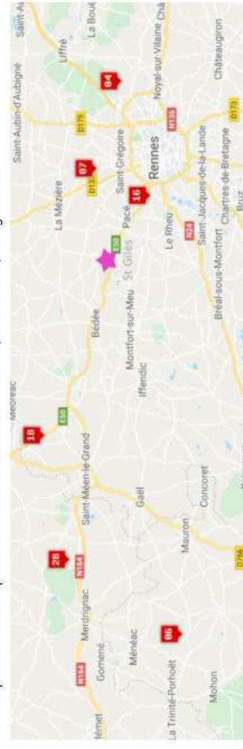


Figure 17: Carte des fournisseurs de bois déchiqueté à proximité de Saint-Gilles source : Plan Bois Bretagne

- Plusieurs prestataires seraient susceptibles d'approvisionner en bois déchiqueté un projet à ST-Gilles : (plateformes d'exploitants forestiers, plateformes locales agricoles, plateformes industrielles liées à des scieries), ; Ecosys à Orgères, Nass et Wind Bois Energie, Collectif bois bocage 35, ... (Source : Plan Bois Energie Bretagne).

6.2.3.2) Granulés de bois

Les granulés de bois sont fabriqués avec de la sciure issue de l'industrie du bois : ces sciures sont transformées en granulés par presse à chaud et elles sont séchées. Elles sont préalablement séchées avant compression si elles sont humides. Dans les deux cas, les granulés ne comportent pas d'additifs. Le granulé de bois est un produit beaucoup plus homogène que la plaquette, donc plus facilement utilisable, mais il nécessite plus d'énergie pour sa fabrication. Le bois granulé peut être livré en sacs (poêles à granulés) ou en vrac par camion souffleur (chaudière automatique).

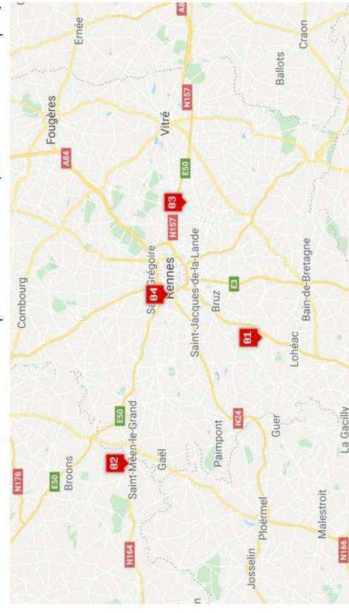


Figure 18: Carte des fournisseurs de granulés de bois en vrac à proximité de Saint-Gilles source : Plan Bois Bretagne

- Plusieurs fournisseurs de granulés en vrac par camion souffleur sont susceptibles d'approvisionner en bois granulés : Coopedom à Domagné, Bois Divers 35 à Saint-Senoux, Bois Céliande à St Meen Le Grand (Source : Plan Bois Energie Bretagne – Liste mise à jour en janvier 2017).

6-

6.2.3.3) Potentiel sur le projet

- Le bois est disponible sur le territoire sous différentes formes et pourrait assurer la production de chauffage.
- Quel que soit le combustible, il sera nécessaire de prévoir un volume de stockage suffisant et accessible pour la livraison.

6.2.4. L'énergie éolienne (production d'électricité)

6.2.4.1) Présentation

L'énergie éolienne est également une énergie (idé indirectement au soleil). En effet, le mouvement des vents et donc l'énergie contenue dans les vents et récupérée par les éoliennes provient directement des différences de températures des zones de l'atmosphère et donc du soleil.

6.2.4.2) Cisement

Les figures suivantes montrent la répartition annuelle des directions et les caractéristiques mensuelles du vent sur Rennes (station météo la plus proche du site) :

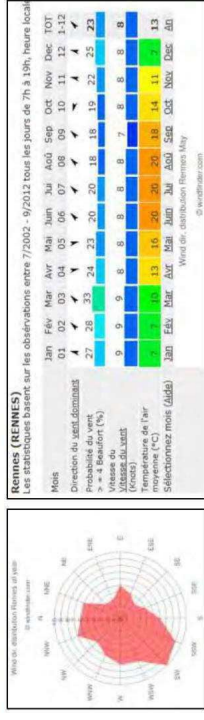
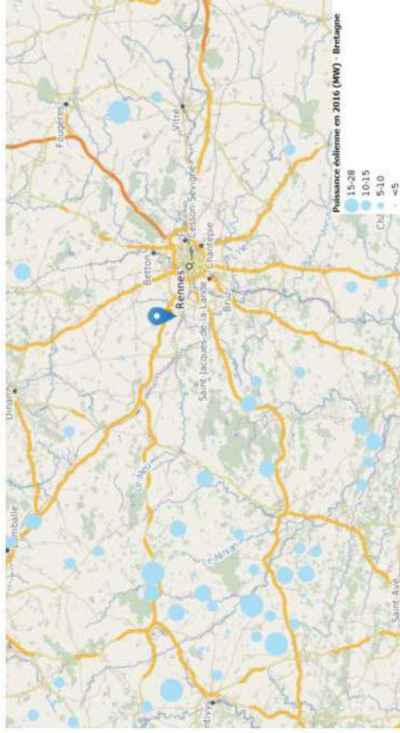


Figure 19: Rose des vents de Rennes (source : windfinder.com) Figure 20: Statistiques des vents à Rennes (Source: windfinder.com)

Ainsi au cours d'une année les vents sont majoritairement orientés Sud-Ouest.



Eolienne en Bretagne (source : geobretagne.fr)

6-

(a) Grand éolien

L'obligation réglementaire d'éloignement de plus de 500 m des zones d'habitation des éoliennes de plus de 50 mètres de haut réduit à néant le potentiel de développement du grand éolien sur ces sites qui ont vocation à accueillir des habitations.

(b) Petit éolien

Le petit éolien regroupe les installations de moins de 30 kW.

- les éoliennes à axe vertical,
- les éoliennes à axe horizontal.

50 mètres de haut réduisent à néant le potentiel de développement du grand éolien sur le site.



> La détermination du potentiel éolien de la zone demande une étude fine du vent, dont le résultat est intrinsèquement lié aux constructions alentours. Il ne sera pertinent de réaliser une telle étude que lorsque l'opération sera entièrement bâtie.

Le potentiel de développement du petit et moyen éolien sur la zone est lié :

- Physiquement à l'implantation des bâtiments qui influencera les trajectoires de vent. Une étude spécifique pourrait être réalisée en fin d'opération pour mettre en évidence un éventuel intérêt
 - Economiquement à l'absence d'obligation de rachat de l'électricité produite
 - Techniquement à l'efficacité des technologies : le petit éolien n'est aujourd'hui pas à maturité technique pour assurer une productivité suffisante au vu de l'investissement qu'il nécessite
- L'impact paysager de ce type de solution en milieu urbanisé n'est pas abordé dans cette étude mais devra l'être si cette solution est envisagée.

Si un emplacement devait être précifé, il devrait plutôt se situer sur un point haut et dégagé.

Les opérateurs souhaitent installer des petites éoliennes de moins de 12m pourront le faire sans demander de permis de construire (obligatoire à plus de 12m de hauteur).

6.2.4.3) Potentiel de production dans le projet

Il est préférable d'avoir un site dégagé avec des vents majoritairement unidirectionnels. Le potentiel est donc limité en milieu urbain ; Les études des vents locales sont réalisées à de grandes hauteurs et ne sont pas suffisantes pour caractériser le potentiel en milieu urbain.

6.2.4.4) Préconisations

Le micro (<1kw) et le petit éolien (<30kw) sont les plus adaptés pour une opération d'aménagement, en intégration sur des bâtiments d'équipements publics par exemple.

L'installation de petit éolien est donc techniquement possible mais devra faire l'objet d'études spécifiques si les opérateurs souhaitent avoir recours à cette source d'énergie.

6-

Puissance nominale	Diamètre de l'éolienne (des pales)	Prix de l'éolienne (installation comprise) (€HT)	Production annuelle
100 à 500 W	0,5 – 2 m	3 000 – 5 000 €	200 – 1 000 kW
500 à 1 kW	2 – 3 m	5 000 – 14 000 €	1 000 – 2 000 kW
1 à 5 kW	3 – 6 m	14 000 – 35 000 €	2 000 – 10 000 kW
5 à 10 kW	6 – 8 m	35 000 – 45 000 €	10 000 – 20 000 kW
10 à 20 kW	8 – 12 m	45 000 – 80 000 €	20 000 – 40 000 kW

6.2.5. La géothermie (production de chaleur et d'électricité)

6.2.5.1) Présentation

L'énergie issue de la chaleur originelle de la terre peut également être considérée comme de l'énergie renouvelable car la quantité d'énergie stockée dépasse également de loin toutes nos échelles de temps humaines. Elle peut cependant être récupérée lorsque des failles particulières lui permettent de remonter proche de la surface. Certaines régions françaises sont concernées (le bassin parisien ou l'Est de la France par exemple) mais la Bretagne n'est pas dans ce cas de figure.

En revanche l'énergie solaire, stockée en partie superficielle du sous-sol et les nappes peu profondes, peut être captée pour la production de chauffage.

Il existe 3 principales technologies de géothermie très basse énergie. Ces technologies peuvent toutes être des solutions réversibles (chaud et froid sur le même système : la pompe à chaleur) :

- Sur nappe :

Les opérations avec pompes à chaleur sur aquifères superficiels permettent de valoriser le potentiel thermique de ressources en eaux souterraines pour le chauffage et/ou le rafraîchissement. L'eau souterraine est prélevée dans un aquifère situé généralement à moins de 200 m de profondeur. L'énergie de cette eau souterraine est valorisée à l'aide d'une pompe à chaleur, puis l'eau est réinjectée dans le même aquifère.

- Sur sondes verticales :

L'eau (ou eau glycolée) circule dans des sondes géothermiques pouvant atteindre jusqu'à 200m de profondeur. Il n'y a pas de contact entre le fluide caloporteur de la sonde et la roche. Le transfert de chaleur se fait à travers les matériaux de la sonde, par conduction. La présence d'une nappe d'eau souterraine est valorisée à l'aide d'une pompe à chaleur, puis l'eau est réinjectée dans le même aquifère.

- Sur sondes horizontales :

Le principe de fonctionnement est le même que la géothermie verticale excepté que les capteurs sont disposés de manière horizontale. La surface de capteurs couvre généralement 2,5 à 3 fois la surface chauffée.

En milieu urbain, cette solution est la moins adaptée et la moins performante parmi les systèmes de géothermie. La densité et l'emprise au sol des bâtiments excluent la faisabilité d'un tel système. Cette solution est plutôt réservée pour de l'habitat individuel rural car elle requiert beaucoup de surface au sol. Elle ne sera pas étudiée dans cette étude.

6.2.5.2) Gisement

La carte suivante présente une estimation des ressources géothermiques de l'Ouest de la France :

6-

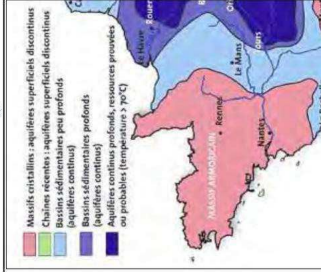


Figure 21: Extrait carte des ressources géothermiques en France (source BRGM)

La commune de Saint-Gilles, comme l'ensemble du territoire breton, se situe sur un massif cristallin contenant des aquifères superficiels discontinus. Ainsi, des nappes d'eau peu profondes (< 1000 m) présentant des températures moyennes forment le potentiel géothermique. La détection de ces aquifères nécessite des forages pour évaluer le potentiel de la zone.

Selon le BRGM Bretagne, la région présente de bonnes potentialités géothermiques pour la très basse énergie et il se fait des centaines, voire milliers de forages de géothermie en Bretagne par an. Pour avoir des données précises sur le potentiel géothermique du site, la réalisation de forages serait un préalable obligatoire.

D'après la base de données Info terre du BRGM, Des forages sont recensés à proximité des 2 secteurs. Cependant, ces forages ne sont pas documentés

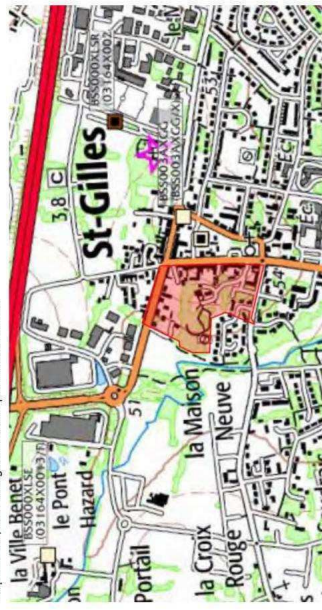


Figure 22: Cartographie des forages à proximité du site « Centre Bourg » Source : BRGM

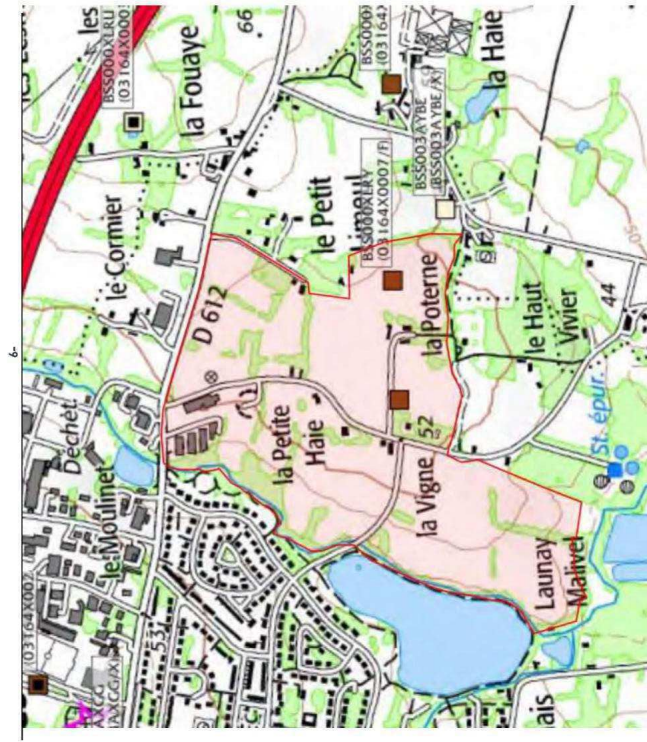


Figure 23: Cartographie des forages à proximité du site de « La Vigne » Source : BRGM

→ En l'absence de données plus précises il est délicat de conclure sur le potentiel géothermique des sites.

6.2.5.3] Potentiel de production dans le projet

Il existe probablement un potentiel géothermique sur sondes verticales exploitable sur le site mais la réalisation d'un forage test ainsi qu'une étude de faisabilité sont indispensables.

6.2.5.4] Préconisations

Points de vigilance pour l'exploitation de la géothermie sur nappe :

- Les logements doivent être équipés d'un circuit hydraulique en régime basse température (plancher chauffant, radiateurs basse température...).
- Risque de débits faibles ou variables de la nappe d'eau (performance non garantie dans le temps)
- Contraintes de maintenance
- Coûts de forages élevés à l'unité (environ 30 000 €HT par doublet)
- Incidences en termes de bulle thermique à prendre en compte, afin d'éviter les recirculations d'eau souterraines entre forage de réinjection et forage de pompage, qui devient d'autant plus pénalisante, que l'on augmente le nombre de forages.

6-

6.2.6. La récupération d'énergie sur les eaux usées

6.2.6.1) Présentation

Source et plus d'info : <http://www.geothermie-perspectives.fr/>

Les eaux usées, d'origine domestique, pluviale ou industrielle comprennent : les eaux ménagères ou eaux grises, les eaux vannes ou eaux noires (toilettes), les eaux d'arrosage (jardins), les eaux industrielles ainsi que les eaux pluviales. Leur température moyenne est d'environ 15°C ce qui en fait une source de chaleur intéressante à exploiter grâce à la mise en place d'une pompe à chaleur. Cette énergie a l'avantage de se situer à proximité de la demande, tout en ayant un impact très limité en termes d'émissions de CO₂. La récupération d'énergie sur les eaux usées est aussi appelée « cloacothermie ».

Il existe différentes techniques de récupération, détaillées en annexe.

Chaque système présente des avantages et contraintes. Le choix d'une technologie par rapport à une autre est orienté par la nature et le contexte du projet.

Technologie	Avantages et contraintes	Potentiel
Dans les collecteurs	S'installe dans le réseau public Nécessite d'avoir de longues conduites droites et un gros diamètre Doit vérifier les effets sur le fonctionnement du process de la STEP (abaissement de la T°) Proximité des preneurs de chaleur	Potentiel de puissance entre 10 kW et 1 MW
dans les STEP	Pas de problème de refroidissement Risque d'être éloigné des preneurs de chaleur	Potentiel de puissance jusqu'à 20 MW
dans les stations de relavage	Solution indépendante de la taille du collecteur Système encore nouveau avec peu de retour d'expérience	Potentiel de puissance jusqu'à 2 MW
au pied des bâtiments	Solution simple pour l'eau chaude sanitaire, mais qui ne convient pas pour un chauffage à distance Solution individuelle, pour les bâtiments de taille significative (hôtel, hôpital, piscine, industrie)	Potentiel de puissance entre 50 kW et 300 kW
Echangeur de chaleur sur l'eau des douches	Facilité de mise en œuvre et très faible entretien	Potentiel de puissance environ 30% de la puissance de production d'ECS

Figure 24: Avantages et inconvénients des différents systèmes de récupération d'énergie sur les eaux usées

6.2.7. Application

La récupération thermique sur eaux usées est théoriquement possible sur des réseaux d'assainissement de 5 000 équivalents habitant (EH) au moins ; cependant la pratique a montré en Suisse que la rentabilité des projets n'est assurée qu'à partir d'environ 20 000 EH.

6-



Système de Traitement des Eaux Usées France entière
● **Système de Traitement des Eaux Usées France entière**

Figure 25: Localisation de la station d'épuration de Saint-Gilles

Saint-Gilles dispose de sa propre station d'épuration à proximité immédiate du site de « la Vigne ». Toutefois, la capacité du site (3046 EH < 5000 EH) serait trop faible pour obtenir une rentabilité économique.

> **La récupération énergie sur les eaux usées est possible à partir des technologies de récupération en pied d'immeuble et d'échangeur sur l'eau des douches. La faisabilité des autres systèmes nécessite des études complémentaires.**

6.2.7.1) Potentiel de production dans le projet

A l'échelle du bâtiment, il existe des technologies de récupération sur les eaux usées pour effectuer du préchauffage. Cette technologie du type « PowerPipe » de Solenove Energie, RecupFloor de Gala Green, permettent de réduire de 30 à 40% les besoins d'eau chaude sanitaire pour les douches.



Figure 26: Système RecupFloor® de Gala Green sous avis technique CSTB

6-

6.3. Innovations liées à la production d'électricité

6.3.1. L'autoconsommation

L'ordonnance n°2016-1019 du 27 Juillet 2016 a fixé un cadre, complété depuis par les décrets d'application. Cette ordonnance permet le développement de l'autoconsommation. Elle ouvre, également, la porte à l'autoconsommation collective locale.

L'autoconsommation désigne le fait de consommer tout ou partie de l'électricité produite par son installation de production. Les évolutions techniques des systèmes photovoltaïques, la baisse de leur coût de production et l'augmentation de leur rendement, rendent l'autoconsommation de plus en plus intéressante face à l'électricité vendue sur le réseau. De plus, l'autoconsommation permet de réduire les coûts de raccordement au réseau public d'électricité. Le compteur communicant, aussi appelé Linky, suffit à lui seul pour compter l'électricité produite et consommée par la maison. En parallèle, il permet connaître en temps réel l'état du réseau.

La loi autorise également l'autoconsommation collective qui est définie comme « la fourniture d'électricité effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finaux liés entre eux au sein d'une personne morale et dont les points de soutirage et d'injection sont situés en aval d'un même poste » de distribution d'électricité.

Ainsi, un déficit de production d'un bâtiment domé peut être compensé par un bâtiment situé à proximité et un excédent de production pourrait être valorisé à proximité.

Les opérations d'autoconsommation collective concernent une large variété de situations :

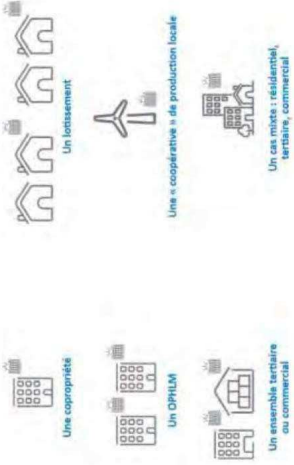


Figure 24: formes d'autoconsommation collective (Source: Enedis)

Ainsi au sein d'un quartier, il peut y avoir de l'autoconsommation collective à l'échelle d'un bâtiment d'habitat collectif où les différents logements se partagent la production d'électricité des panneaux photovoltaïques en toiture, mais également entre deux bâtiments voisins.

6.3.2. Les smartgrid

Parallèlement au déploiement de l'autoconsommation, se développe ce que l'on appelle couramment les smartgrid ou réseau intelligent.

Un smartgrid (ou « réseau intelligent ») regroupe un territoire défini, un ensemble d'installations de production d'énergie et de systèmes de pilotage de cette production et de la consommation sur ce territoire.

Un smartgrid permet d'équilibrer en temps réel la consommation d'électricité et la production en agissant, via les systèmes de pilotage, sur la production et/ou sur la consommation, le délestage (notion de flexibilité), voire le stockage.

Il utilise les nouvelles technologies de l'information et de la communication pour optimiser la production, la distribution, la consommation, et éventuellement le stockage de l'énergie afin de mieux coordonner l'ensemble

6-

des mailles du réseau électrique, du producteur au consommateur final. Il améliore l'efficacité énergétique de l'ensemble en minimisant les pertes en lignes et en optimisant le rendement des moyens de production utilisés, en rapport avec la consommation instantanée. Une grille tarifaire spécifique peut être associée à un smartgrid.

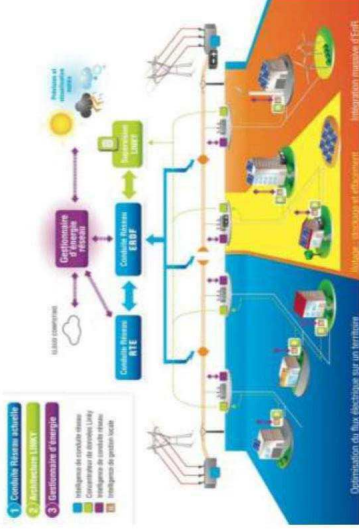


Figure 27: Illustration Smart Grid (Source : www.enerzine.com)

6.4. Synthèse des énergies renouvelables mobilisables sur site

Énergie	Potential sur site	Conditions de mobilisation	Avantages/inconvénients	Contraintes/inconvénients	AVIS IZC et pertinence sur le projet
Bois	+++	Prévoir stockage et approvisionnement Filière bois énergie régionale en cours de structuration	Disponibilité de la ressource Filière créatrice d'emplois locaux Chaudière collective possible en habitat collectif Stabilité au prix de la chaleur	Densité énergétique à valider pour la mise en œuvre de réseaux Niveau d'automatisation à adapter en fonction des utilisateurs La qualité d'approvisionnement logistique d'exploitation doit être maîtrisée afin d'éviter l'émission de substances polluantes Réserver de la place pour l'implantation des chaudières + s'il y a un espace livraison Contraintes liées aux ombres portées (bâtiments)	<p>Avis IZC et pertinence sur le projet</p> <p>Solution pertinente :</p> <ul style="list-style-type: none"> > ressource disponible sur le territoire. > adaptée aux logements collectifs (mutualisation) et individuels.
Solaire passif	++	Orientation Sud des bâtiments Attention à la pente du terrain Maximiser les apports en hiver, s'en protéger en été	Énergie gratuite	Le plan d'aménagement doit être compatible avec les ombres portées existantes et créées.	
Solaire thermique	+++	ECS solaires thermiques en toiture et/ou brises-soleil (étude approfondie à réaliser). Orientation sud des toitures ou terrasses. Réaliser précieusement l'ensolaillage et notamment les ombres portées des bâtiments.	Performants, la technologie du solaire thermique a atteint sa maturité. Le matériel est fiable et a une durée de vie d'au moins 20 ans. Le solaire thermique est très abordable, c'est une énergie consommée sur place. Adapté pour le logement.	Conflit d'usage des toitures (occupation de surface importante par les panneaux solaires)	
Solaire photovoltaïque	+++	Panneaux photovoltaïques : prévoir une étude de faisabilité pour déterminer la faisabilité	Le coût peut être élevé pour le photovoltaïque.	Solution adaptée :	

Énergie	Potential sur site	Conditions de mobilisation	Avantages/inconvénients	Contraintes/inconvénients	AVIS IZC et pertinence sur le projet
		technico-économique et les ombrières de parking, sur des toitures, en brise-soleil, en canébrales, ... Orientation Sud des toitures ou toits terrasses	milieu urbain (verrières, façade, mobilier urbain, ...)		
Éolienne très basse température	+	La réalisation d'un forage test indispensable pour confirmer le potentiel et déterminer les modalités d'exploitation.	Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (sol, eau)	Appel de puissance électrique en hiver Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène	<p>> Peut couvrir une partie des consommations.</p> <p>> compatible avec un smartgrid.</p>
Aérothermie	+++	-Bâtiment de haute significative + évacuation séparés des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes -Valorisation possible -Production collective d'ECS	Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (Air)	COP moyen annuel faible Appel de puissance électrique en hiver Nuisances sonores Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène	<p>Solution : théoriquement faisable après réalisation de forages tests.</p> <p>Solution possible et adaptée.</p> <p>Système pouvant engendrer des appels de puissance sur le réseau et des nuisances sonores.</p>
Chaleur fatale des eaux usées	+++	-Bâtiment de haute significative + évacuation séparés des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes -Valorisation possible -Production collective d'ECS	Énergie de récupération toute l'année Ressource disponible Système simple	Ne fonctionne que simultanément à la demande. Contraintes techniques : - Diamètre collecteur < 500 mm - Distance bâtiment-collecteur < 200 m	<p>Solution pertinente à l'échelle d'un bâtiment de logements collectifs.</p>
Petit éolien	+	Étude précise des vents à réaliser en phase réalisation et après la construction des bâtiments	Énergie renouvelable et gratuite Plusieurs formes de technologies existent et peuvent facilement s'intégrer au paysage urbain	Productivité faible Nuisance sonores potentielles « Effet d'abri » du milieu urbain qui limite la productivité	<p>Solution nécessitant une étude de vent précise et moins recommandée en site urbain.</p>

■ Réalisable sous conditions ■ Envisageable

7-

7. Phase 2 : Détermination des consommations d'énergie du projet.

Afin de déterminer le niveau de couverture des consommations énergétiques par les énergies renouvelables, il importe de définir les niveaux de consommations énergétiques attendues sur le projet de manière exhaustive, afin de comparer l'impact environnemental de ces solutions.

Il s'agit donc :

- D'évaluer la totalité des consommations énergétiques du futur projet en fin d'opération
- De définir des scénarios d'approvisionnement en énergie mobilisant les énergies renouvelables pour répondre à ces besoins
- D'évaluer l'impact environnemental de ces scénarios
- D'évaluer l'impact financier de ces scénarios

Cette étude a pour spécificité d'intégrer :

- L'ensemble des consommations en électricité domestique dans les calculs
- Les consommations énergétiques liées à la cuisson des aliments
- La consommation d'électricité des parties communes.

7.1. Usages énergétiques attendus

Plusieurs types d'usages de l'énergie peuvent être distingués sur une opération d'aménagement :

- L'énergie liée au fonctionnement des bâtiments
- L'éclairage public
- L'énergie consommée par les transports
- L'énergie grise mobilisée par la construction des bâtiments

7.2. Les usages liés aux bâtiments

Les bâtiments ont des besoins énergétiques qui peuvent être décomposés en besoins de :

- Chauffage
- Production d'eau chaude sanitaire
- Climatisation
- Électricité technique : éclairage, ventilation, circulateurs etc.
- Électricité domestique : bureautique, HiFi, électroménager etc.
- Electricité des parties communes (éclairage, ascenseur...)
- Cuisson des aliments

Dans cette étude, nous ne considérerons pas de besoins de froid (climatisation) car l'évolution des réglementations thermiques tend à proscrire l'usage de climatisation au profit d'une meilleure conception des bâtiments.

Cette étude va permettre d'évaluer les besoins énergétiques globaux grâce à des hypothèses de consommations énergétiques, en fonction des typologies de bâtiments prévues sur l'opération.

7-

7.2.1. Cas particulier de l'électricité domestique :

Le calcul réglementaire des consommations énergétiques (RT 2005 et 2012) n'intègre pas les consommations d'électricité domestique ni l'énergie nécessaire à la cuisson des aliments, et pourtant, celles-ci représentent une part importante de la consommation énergétique des ménages. Jusqu'à 40% des consommations pour un bâtiment très performant.

L'association NégaWatt s'intéresse aux consommations électrodomestiques et a calculé la part de chaque poste pour un ménage moyen en 2010.

Le graphique suivant présente les résultats :

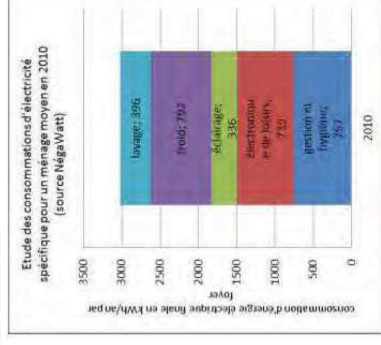


Figure 28 : répartition des consommations électriques pour un ménage moyen en 2010 (Source : NégaWatt)

Ainsi en 2010, un ménage moyen consomme près de 3 000 kWh/an d'électricité pour les usages domestiques.

Dans notre étude, en plus des usages pris en compte par la réglementation thermique (chauffage, ECS, refroidissement, électricité technique : éclairage, circulateurs, pompes, ventilateur...) nous intégrons les usages électrodomestiques suivants :

- lave-linge
- sèche-linge
- lave-vaisselle
- froid
- éclairage
- audio-visuel
- informatique/telecom
- circulateurs et communs
- ventilation
- nettoyage et bricolage
- cuisson.

7.2.2. L'électricité des parties communes

Tout comme l'électricité domestique, l'électricité des parties communes des immeubles collectifs, incluant notamment l'éclairage des parkings souterrains, des circulations, l'énergie consommée par les ascenseurs, n'est pas intégrée au calcul thermique réglementaire et représente une consommation d'énergie non

7-

négligeable. Des diagnostics réalisés par Enertech montrent une consommation moyenne d'environ 13 kWh/(m².an.logement).

7.3. Les autres usages

7.3.1. L'éclairage public

Ce poste est supporté directement par les collectivités.

7.3.2. Les transports

Ces consommations d'énergie liées aux véhicules individuels et au transport collectif ont un impact sur l'effet de serre qu'il convient d'évaluer.

7.3.3. L'énergie grise

L'énergie grise peut être définie comme l'énergie fossile nécessaire à la fabrication et au transport des matériaux.

Dans le cadre d'une opération d'aménagement qui va nécessiter une forte mobilisation des métiers du bâtiment, il peut être intéressant d'encourager l'usage de matériaux à faible énergie grise et dont la mise en œuvre limite les risques sur la santé des ouvriers et des utilisateurs des bâtiments.

Par exemple : favoriser des solutions alternatives aux laines minérales pour l'isolation des bâtiments.

La suite de l'étude n'intègrera pas l'énergie grise des matériaux mais ils sont importants à considérer dans l'optique d'une diminution globale de l'impact énergétique global de la future zone urbanisée

7.4. Estimations des besoins d'énergie des bâtiments de logements collectifs en fin d'opération

7.4.1. Définition des niveaux de performance énergétique par typologie de bâtiment

7.4.1.1) Consommations réglementaires

L'évolution de la réglementation thermique décrite ci-dessus nous incite à définir des hypothèses de consommations énergétiques de référence cohérentes avec le « standard » de la RT 2012.

D'autre part, la future réglementation thermique RT 2020 devrait imposer un niveau passif.

Nous avons donc comparé 2 niveaux de performance énergétique pour les futurs bâtiments :

- RT 2012 : niveau minimal réglementaire depuis janvier 2013 pour tous les logements (équivalent d'un niveau BBC au sens de la RT 2005)
- Passif : Objectif de niveau réglementaire RT 2020.

Pour estimer les consommations prévisionnelles en énergie finale en fonction du niveau de performance des bâtiments, nous appliquons des ratios de consommation conventionnels. Ces ratios ont été déterminés à partir d'une étude interne sur les calculs thermiques réglementaires RT 2005 et RT 2012 d'une fourchette de projets représentatifs. Des coefficients de majoration sont ensuite appliqués sur les postes chauffage et ECS pour se rapprocher des consommations réelles, en accord avec plusieurs études du bureau d'étude Enertech d'évaluation de la performance réelle de bâtiments BBC.

Ces études sont téléchargeables sur leur site internet : www.enertech.fr

7-

7.4.1.2) Consommations non réglementaires – Approche négaWatt

Il nous semble important d'aborder ici une approche de transition énergétique sous-tendue par les travaux de l'association négaWatt, pilotée par la Compagnie des négaWatt, créée en 2001:

Ces travaux ont été conduits par 24 experts et praticiens de l'énergie, tous impliqués à titre professionnel dans la maîtrise de la demande d'énergie ou le développement des énergies renouvelables. Il s'agit d'une base de travail volontariste mais réaliste.

"Produire des négaWatt " c'est donc rompre avec nos (mauvaises) habitudes en préférant la sobriété énergétique au gaspillage. C'est rechercher la meilleure utilisation possible de l'énergie, plutôt que de continuer d'en consommer toujours plus.

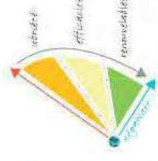
Loin du "retour à la bougie ou à la lampe à pétrole", cette démarche vise à faire la chasse aux Watts inutiles grâce à une utilisation plus efficace de l'énergie, et à recourir judicieusement aux énergies renouvelables.

Cette approche est fondée sur les principes suivants :

- **SOBRIETE**: interroger nos besoins puis agir à travers les comportements individuels et l'organisation collective sur les différents usages de l'énergie pour privilégier les plus utiles, restreindre les plus extravagants et supprimer les plus nuisibles
- **EFFICACITE**: agir, essentiellement par des choix techniques, sur la quantité d'énergie nécessaire pour satisfaire un service énergétique donné
- **Recours aux ENERGIES RENOUVELABLES**: augmenter la part de services énergétiques satisfaits par les énergies les moins polluantes et les plus soutenables

Le scénario négaWatt, actualisé en 2013, propose un niveau de performance qui va au-delà du la réglementation thermique de 2020 en poussant à l'extrême les économies d'énergie et notamment sur la consommation d'électricité domestique. Les usagers sont clairement impliqués dans le niveau de performance de leur habitat

Plus d'informations : <http://www.negawatt.org>



Pour le niveau de performance passif nous nous sommes inspirés de cette démarche négaWatt en considérant que les habitants étaient sensibilisés à la sobriété énergétique, donc limitaient leurs consommations d'électricité domestique.

7.5. Hypothèses de calcul

Nous considérons la programmation suivante pour les secteurs « centre » et « la vigne » :

Typologie logement	SDP (m ²)	Nombre	SDP totale (m ²)	% Surface totale
Logement collectif	70	328	22 940	41%
Maisons individuelle	120	281	33 720	59%
		609	56 660	100%

Le graphique suivant présente les hypothèses de consommations en fonction de la performance énergétique par-typologie :

7-

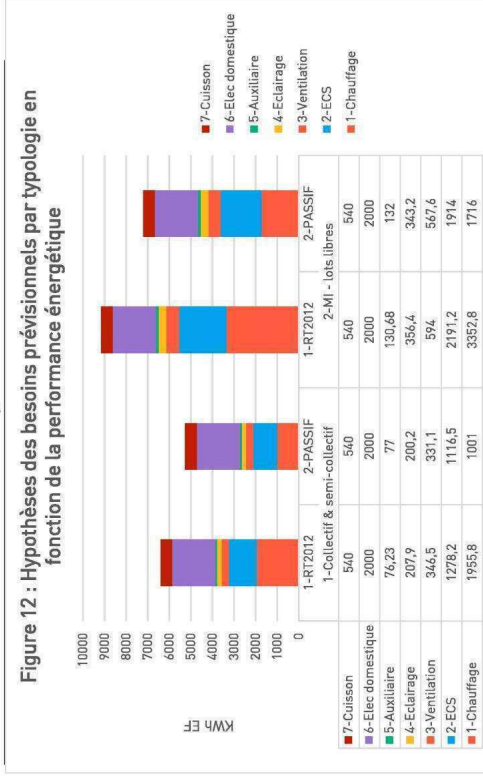


Figure 29 : Hypothèses de consommations prévisionnelles en fonction de la performance énergétique

7.6. Calcul des besoins énergétiques de l'ilot en fin d'opération

A partir des hypothèses de programmation et de besoins énergétiques par typologie, nous avons réalisé une évaluation des besoins d'énergie à l'échelle du projet. Le graphique suivant présente la consommation prévisionnelle d'énergie finale par scénario de performance énergétique :

7-

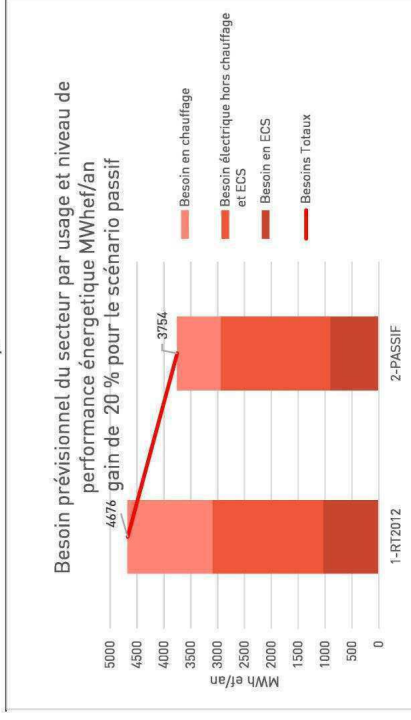


Figure 30 : Evaluation des besoins énergétiques à l'échelle du projet par scénario de performance énergétique

Ainsi, la consommation énergétique attendue sur le projet serait de 4676 MWh/An pour le scénario RT2012 et 3754 MWh/An pour le scénario passif.

Le niveau passif permet de réduire de 20% les consommations grâce à une diminution des consommations de chauffage et d'électricité technique, domestique et des pertes communes.

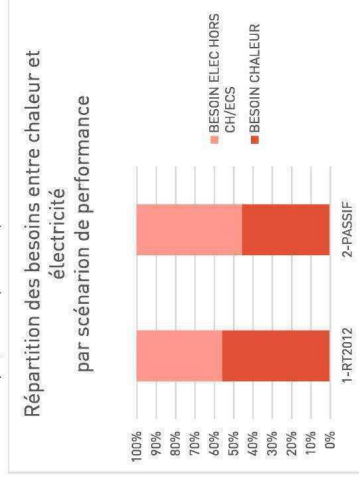


Figure 31 : répartition des consommations entre chaleur et électricité (logements collectifs)

- En RT 2012, les besoins électriques sont presque équivalents aux besoins thermiques.
- En passif, les besoins électriques sont supérieurs aux besoins thermiques.
- Les réglementations thermiques ont permis d'améliorer la conception énergétique des bâtiments. Les besoins en électricité sont du même ordre que les besoins thermiques. Ainsi, L'expérimentation E-C- [qui préfigure la future réglementation énergétique] considère l'ensemble des besoins énergétiques du bâtiment et de la parcelle.

8-

8. Phase 3 : Taux de Couverture des besoins de la zone par les ENR

En considérant les hypothèses de consommations énergétiques déterminées précédemment, nous allons déterminer le taux de couverture théorique de chaque énergie renouvelable, pour répondre aux consommations énergétiques du futur projet.

8.1. Production d'électricité par micro-éoliennes

Le relief ne présente pas d'obstacle majeur au vent (Cf. Figure 10).

Ordre de grandeur :

Ordre de grandeur :

Selon L'ADEME (Fiche Technique, LE PETIT EOLIEN- Février 2015) Une petite éolienne peu produire entre 1000 et 3000kW/ kW installé. A titre indicatif, le productible pour les grands parcs éoliens dont la hauteur du mat (>50m) et l'emplacement (hors zone boisée et urbaine générant des turbulences) permet de capter des vents plus puissants et régulier est de 2200 kWh/kW. Dans cette étude nous retiendrons un productible de 750 kWh/kW.

La mise en place d'une petite éolienne (3kW) permettra donc de produire environ 3 000 kWh. Pour un investissement de l'ordre de 15 000€ (hors Génie civil).

Les mâts doivent être d'environ H+10 m (H : hauteur de l'éolienne, pâles incluses), soit pour une éolienne de 12m : 22m.

En zone construite, il est préférable de positionner des petites éoliennes en toiture pour minimiser les turbulences liées aux constructions.

Compte tenu de la configuration du projet et des surfaces de toiture, on considère qu'il serait possible d'en planter environ 16 à l'échelle de l'ilot, soit une production annuelle potentielle de 31 MWh.

8.2. Production de chaleur et/ou d'électricité par énergie solaire

La pose de panneaux solaires pourra se faire en toiture des bâtiments.

La surface de toiture exploitable est évaluée sur la base ratio moyens/typologie de bâtiment issus de l'observatoire BEPOS-Effergie.

Ainsi on considère :

- 0,29m² de panneaux/ m² SHONRT pour les maisons individuelles
- 0,17m² de panneaux/ m² SHONRT pour les logements collectifs

→ La surface exploitable en toiture est estimée à 14 942 m² pour l'ensemble de l'opération.

La possibilité de pose en brises soleil sur les bâtiments est techniquement possible mais devra être étudiée au cas par cas pour prendre en compte les ombres portées.

Le tableau suivant donne la productibilité annuelle des différentes implantations :

8-

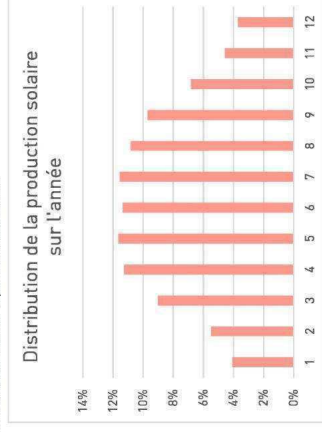
Productibilité annuelle	Electricité (MWh/An)	Chaleur (kWh/m ²)
Capteurs en toiture	1 100	350
Capteurs en brise soleil	1 000	350
Membrane en toiture	950	

La production photovoltaïque (maximale théorique en toiture) est estimée à 2 321 MWh/an.

Point de vigilance :

Le stockage inter saisonnier de l'énergie thermique pour des logements n'est pas encore viable sur le plan technico-économique. Si la production journalière excède la consommation journalière de chaleur, il y a un risque de surchauffe du fluide caloporteur et donc de dégradation de l'installation.

La production solaire annuelle suit la répartition suivante. :



La production solaire est maximale en juillet. En supposant que l'installation soit dimensionnée afin d'obtenir un taux de couverture de 100% des besoins ECS en juillet, le taux de couverture global annuel serait de 60%.

Dans nos calculs, nous plafonnons donc la production solaire à 60% des besoins en ECS soit 621 MWh/an à l'échelle de la ZAC.

8.3. Production de chaleur par géothermie

Pour avoir des données précises sur le potentiel géothermique du site, la réalisation de forages est nécessaire.

L'exploitation de l'énergie géothermique fait appel à une pompe à chaleur (PAC) sur sol ou sur nappe. Le coefficient de performance de ce type de système est d'environ 3,5 c'est-à-dire que pour 1 kWh consommé, 3,5 sont restitués.

8.4. Production de chaleur par Aérothermie

L'aérothermie exploite la chaleur contenue dans l'air et implique le recours à une pompe à chaleur air/eau. Le coefficient de performance de ce type de système est d'environ 2,7 c'est-à-dire que pour 1 kWh consommé, 2,7 sont restitués.

8-

8.5. Production de chaleur par Bois énergie

Suivant la technologie utilisée (poêle à bois, chaudière) et le type de combustible la couverture des besoins varie.

En moyenne on peut considérer qu'une chaudière bois (granulé ou plaquette) dimensionnée en cascade (répartition de la puissance maximale nécessaire sur plusieurs générateurs) permet de couvrir 100% des besoins.

8.6. Synthèse

Le tableau suivant présente les taux de couverture atteignables par les ENR étudiées pour le niveau RT 2012 :

Technologie	Caractéristiques	Taux de couverture moyen par les ENR RT 2012					Taux de couverture moyen par les ENR PASSIF				
		Productible MWh/m	Chaleur	Électricité	Total Énergie	Promoteur	Chaleur	Électricité	Total Énergie	Électrifié	Total Énergie
Panneaux Solaires Thermique	Indication 3D Orientation: S-E Inclinaison: 30° Surface: 500 m²	621	24%	0%	13%	542	0%	0%	0%	0%	14%
Panneaux Solaires photovoltaïques	Indication 3D Orientation: S-E Inclinaison: 30° Surface: 350 m²	2322	0%	113%	50%	2322	0%	113%	50%	113%	67%
Chaudière bois granulés	Surface bois	2419	100%	0%	56%	1715	100%	0%	100%	0%	46%
Chaudière bois plaquette	Surface bois	2995	100%	0%	56%	3372	100%	0%	100%	0%	46%
PAC géothermique	Capacité	1859	71%	0%	40%	1217	71%	0%	71%	0%	24%
Pompe à chaleur eau/air	Capacité	1859	62%	0%	23%	1080	62%	0%	62%	0%	19%
Rechargeur d'énergie électrique	Capacité	311	12%	0%	7%	271	12%	0%	12%	0%	2%
Micro éolien	Capacité	32	0%	2%	1%	32	0%	2%	1%	2%	1%

→ Aucune source d'énergie renouvelable ne permet à elle seule de couvrir la consommation totale d'énergie des bâtiments. La création d'un quartier à énergie positive au sein (énergie consommée < énergie produite) ne pourra donc se faire qu'à partir d'un mixte énergétique ou en réduisant de manière drastique les consommations du projet.

→ Les solutions solaires et photovoltaïques considèrent que tous les capteurs sont orientés Sud avec une inclinaison de 30° ce qui ne sera probablement pas le cas à l'échelle de la ZAC en fonction du découpage parcellaire et de l'implantation des maisons.

Pour réduire considérablement les consommations, il faudra fixer un cahier des charges contraignant pour les concepteurs, généraliser et accompagner des habitants.