

8-

### 8.5. Production de chaleur par Bois énergie

Suivant la technologie utilisée (poêle à bois, chaudière) et le type de combustible la couverture de 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	ENR	Taux de couverture moyen par les ENR RT 2012				Taux de couverture moyen par les ENR PASSIF				
		Caractéristiques	Produitible MWh/m	Chaleur	Electricité	Total Energie	Produitible	Chaleur	Electricité	Total Energie
Panorama Solaire thermique	Inclinaison 30° Orientation: S-E Surface: 950 m²		621	24%	0%	13%	542	32%	0%	14%
Panorama Solaire photovoltaïque	Inclinaison 30° Orientation: S-E Surface: 950 m²		232	0%	31%	50%	232	0%	31%	52%
Chaudière bois granulés			2619	100%	0%	56%	1715	100%	0%	46%
Chaudière bois plaquette			2995	100%	0%	56%	1372	100%	0%	46%
PAC géothermique	Capacité 3.5		1859	73%	0%	40%	1217	73%	0%	32%
Pompe à chaleur eau air froid			2851	85%	0%	33%	2080	79%	0%	34%
Récupération d'énergie d'immeuble 30%			511	12%	0%	7%	271	10%	0%	3%
Micro ballon	P3500 N24		32	0%	2%	1%	32	0%	2%	2%

→ 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 sans l'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 fonctions solaires et hydro-thermiques 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, sensibiliser et accompagner des habitants.

## 9. Phase 4 : Etude de l'impact de la mobilisation des énergies renouvelables

Après avoir estimé les consommations énergétiques attendues sur l'ensemble du périmètre du projet, il convient d'étudier l'approvisionnement en énergie qui permettrait de répondre à ces besoins. Nous avons donc étudié 5 scénarios, pour chaque scénario de performance énergétique. Ces scénarios sont pragmatiques et s'appuient sur des solutions techniques éprouvées.

Le tableau suivant décrit les scénarios étudiés :

	Chauffage	Production d'ECS	Remarque
S0 : Gaz	Gaz naturel	Solaire/Gaz Naturel	Afin de satisfaire les exigences de la RT2012, les maisons sont équipées d'un mini kit PV permettant de produire 5kwh EP/m².an
S1 : Gaz thermique	* solaire Gaz naturel	Solaire (couvrant 40% des besoins)	
S3 : Bois granulé	Bois	Bois (collectifs)	Chaufferie collective granulé
S3 : Géothermie	Géothermie	Géothermie	
S4 : PAC air/eau	Pompe à chaleur air/eau	Pompe à chaleur air/eau	

NB : pour les bâtiments de logements collectifs, les solutions 1 à 4 sont en chauffage collective.

GROUPE	Scénario	Logement collectif			
		0-GAZ	1-Bois solaire thermique	2-Bois granulé	3-Géothermie
CH	Chauffage base	Chauffage gaz particulier	Chauffage gaz collective	Chauffage bois granulé collective	PAC Géothermie collective / PAC Aérothermie collective
	Chauffage appoint	Sans appoint	Sans appoint	Sans appoint	Sans appoint
ECS	Taux Base	100%	100%	100%	100%
	ECS base	Chauffage gaz collective	Chauffage gaz collective	Chauffage bois granulé collective	PAC Géothermie collective / Ballon ECS Thermodynamique
ECS appoint	ECS appoint	Sans appoint	Sans appoint	Sans appoint	Sans appoint
	Taux appoint	100%	80%	100%	100%

Figure 32: détails des scénarios énergétiques pour les logements collectifs

GROUPE	Scénario	Maisons individuelles			
		0-GAZ	1-Gaz solaire thermique	2-Pac à bois	3-Géothermie
CH	Chauffage base	Chauffage gaz particulier	Chauffage gaz particulier	14-Pac à bois	AC géothermie particulier / AC aérothermie particulier
	Chauffage appoint	Sans appoint	Sans appoint	Radiateur à inertie	Sans appoint
ECS	ECS base	100%	100%	100%	100%
	ECS appoint	Chauffage gaz particulier	Chauffage gaz particulier	13-Ballon ECS Thermodynamique	AC géothermie particulier / Ballon ECS Thermodynamique
ECS appoint	ECS appoint	Sans appoint	14-Solaire thermique	Sans appoint	Sans appoint
	Taux appoint	100%	80%	100%	100%

Figure 33 détails des scénarios énergétiques pour les maisons individuelles

L'étude de ces scénarios à l'échelle du périmètre projet va permettre de les comparer sous l'angle :

- Des consommations en énergie finale
- De l'impact environnemental (émissions de CO<sub>2</sub>)
- Du coût de fonctionnement la première année : les coûts sont globalisés à l'échelle du projet et intègrent les abonnements.

## 9.1. Comparaison des consommations en énergie finale

Les graphiques suivants permettent de comparer, pour chaque scénario, la consommation en énergie finale attendue sur le projet :

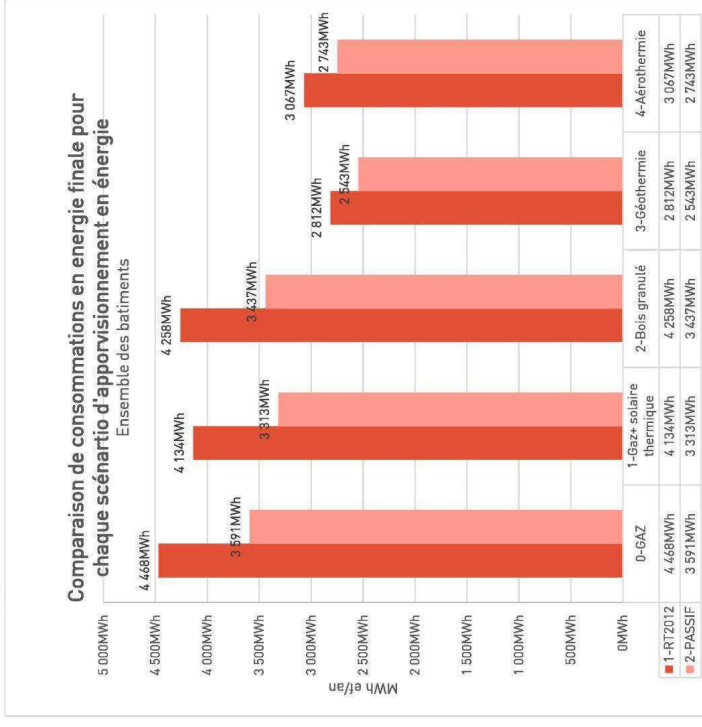


Figure 34 : Comparaison de la consommation d'énergie finale du projet par scénario d'approvisionnement énergétique

Cette consommation d'énergie est modulée par rapport aux besoins 4 676MWh/an (RT2012) et 3 754MWh/an (Passif) calculées en Phase 1. En effet, ces scénarios d'approvisionnement en énergie intègrent de l'énergie gratuite (solaire, énergie du sol), des notions de rendement ou d'appoint.

Le scénario S3-PAC géothermique et S4-Pac air/eau présentent les meilleurs bilans de consommation en énergie finale car ils utilisent l'énergie gratuite du sol ou de l'air pour la production de chauffage et d'ECS. Le scénario 1 utilise le solaire à hauteur de 40% des besoins pour la production d'ECS mais le chauffage ne bénéficie d'aucune contribution gratuite. Ce bilan est meilleur que le scénario de base 100% gaz (-7%).

Bien que les chaufferies bois granulé et poêle à bois aient un rendement inférieur aux chaufferies gaz, on considère que les lots individuels sont équipés de ballon thermodynamiques qui bénéficient d'apports gratuits pour la production d'ECS. Ainsi le bilan de ce scénario est meilleur que pour le gaz.

Ces comparaisons montrent qu'à niveau de besoin identique, les bilan énergétiques annuels peuvent varier jusqu'à moins 50% en fonction des systèmes énergétiques installés.

Au-delà des consommations d'énergie finale, il importe de s'intéresser à d'autres facteurs qui vont avoir un impact dans les choix stratégiques d'approvisionnement énergétique : les coûts de fonctionnement, l'impact environnemental et la cohérence avec la politique énergétique bretonne.

## 9.2. Comparaison des coûts de fonctionnement actualisés sur 20 ans

L'étude des coûts de fonctionnement la première année ne reflète pas les évolutions futures du prix des énergies, notamment la forte inflation des énergies fossiles. C'est pourquoi nous étudions les coûts de fonctionnement sur 20 ans (durée de vie moyenne des systèmes de production de chauffage et d'ECS) en intégrant les coûts de maintenance annuels et en appliquant des taux d'inflation.

Les différents systèmes énergétiques présentés ci-dessus se caractérisent par des coûts d'investissement, de maintenance et d'énergie très hétérogènes. Il convient donc d'avoir une approche économique en coût global.

*Avertissement : l'objet de ce paragraphe n'est pas de permettre d'obtenir une indication précise du coût réel mais de faciliter l'appréhension d'un ordre de grandeur de l'écart de coût entre chaque scénario d'approvisionnement en amont d'un projet. Le coût réel dépend de nombreux paramètres propres à chaque situation. Les résultats sont à interpréter avec la plus grande prudence.*

Hypothèses de coût de l'énergie prises en compte :

	PRIX	Source
Electricité	0,1547 €TTC/kWh	developpement-durable.bsocom.fr
Gaz naturel	0,56 € TTC /kWh	developpement-durable.bsocom.fr
Bois granulé	0,055 €TTC/kWh	Fournisseurs pour Saint-Gilles

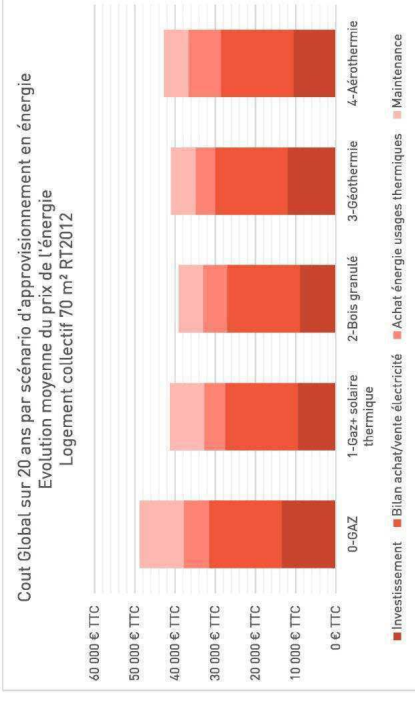
Le prix de vente considéré fait référence à un prix fixe dans le cadre d'un contrat sur 20 ans.

- Hypothèse de taux d'inflation :

Taux d'inflation	
Énergie fossile	6%
Électricité	6%
Bois	4%
Maintenance	2%

- Logement collectif

Le graphique suivant présente les résultats de l'analyse en coût global, incluant l'investissement initial, sur 20 ans des différents scénarios d'approvisionnement en énergie pour un logement collectif de 70 m<sup>2</sup> SDP en moyenne :



L'électricité représente la part la plus importante des coûts des fonctionnements.

Le scénario GAZ en chaudière individuelle présente le bilan économique le moins favorable. En effet, cette solution ne permet pas de mutualiser les coûts d'investissement, de maintenance et d'abonnement au réseau.

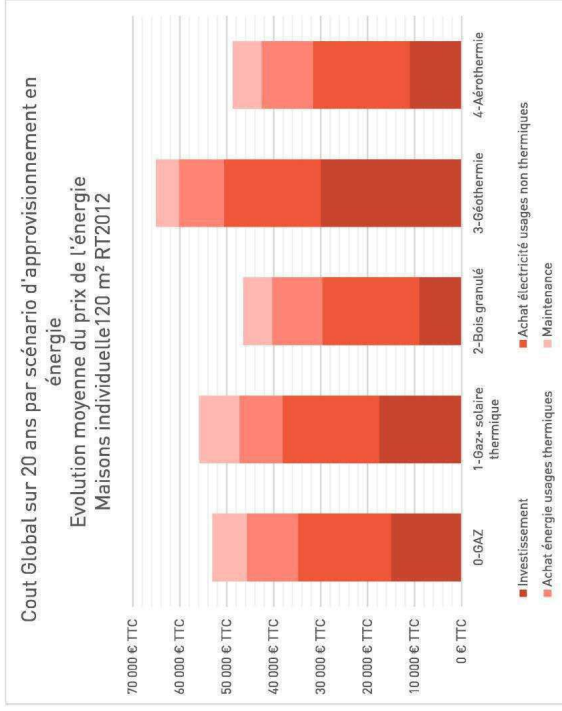
Le scénario bois granulé présente ensuite le deuxième meilleur bilan économique. Son investissement est légèrement inférieur aux solutions pompe à chaleur (S3 et S4) l'augmentation considérée du prix du combustible bois est plus modérée que l'électricité.

Le scénario gaz-solaire thermique présente un bilan économique plus favorables que l'aérothermie mais moins favorable que la géothermie.

NB: les taux d'inflation considérés peuvent changer les conclusions. Un taux d'inflation plus important de l'électricité pénaliserait les scénarios 100% électriques des PAC.

- Maison individuelles.

Le graphique suivant présente les résultats de l'analyse en coût global, incluant l'investissement, sur 20 ans des différents scénarios d'approvisionnement en énergie pour une maison de 120 m<sup>2</sup> SDP :



- La solution bois granulé présente le meilleur bilan en raison d'un investissement plus faible et combustible moins onéreux.
- La solution Aérothermie présente le 2eme meilleur bilan économique.
- La solution géothermie est la moins pertinente. Bien que les performances du système soient bonnes, le coût du forage et de la pompe à chaleur pénalise cette solution.

### 9.3. Comparaison des émissions de gaz à effet de serre

L'impact sur l'effet de serre de l'opération peut être déterminé en calculant les quantités équivalentes de CO<sub>2</sub> émises par les bâtiments en fonction des énergies utilisées. Les hypothèses permettant de calculer les émissions de CO<sub>2</sub> sont détaillées en Annexe.

Le graphique suivant compare par usage et pour chaque scénario les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> évaluées selon nos hypothèses pour l'ensemble des logements de l'ilot :

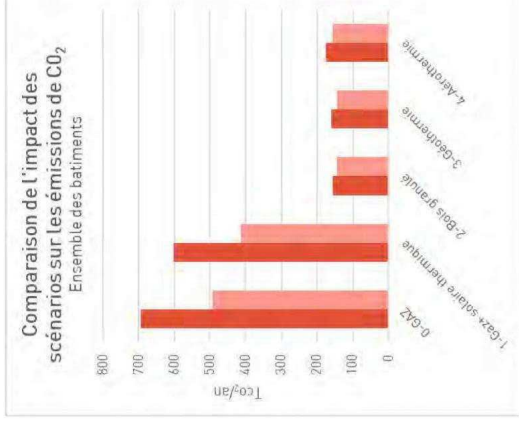


Figure 35: Emissions de CO<sub>2</sub> du projet

Le scénario de référence au gaz émettrait 694t de CO<sub>2</sub>/an pour un niveau RT 2012 et 492 t de CO<sub>2</sub>/an pour un niveau passif.

Les scénarios S2, S3 et S4 sont très performants du point de vue de la réduction des émissions de gaz à effet de serre en permettant de réduire les émissions jusqu'à 80%, par rapport à la référence.

*Il est important de préciser que cette approche n'inclut pas l'impact sur l'effet de serre des éventuelles fuites de fluide frigorigène des pompes à chaleur pour les scénarios 3 et 4. Certains fluides frigorigènes ont un pouvoir de réchauffement climatique plus de 4.000 fois supérieure à celui du CO<sub>2</sub> !*

### 9.4. Compatibilité avec la dépendance électrique de la Bretagne

Le dernier élément de comparaison concerne la compatibilité de systèmes étudiés avec la situation de péninsule électrique de la Bretagne.

Le contexte a été décrit dans la première partie de ce rapport.

Le pacte électrique breton fait une recommandation sur l'utilisation de l'électricité :

Extrait du Pacte électrique Breton :

#### L'orientation des choix d'investissements et d'équipements

Les signataires s'engagent à assurer une information sur les avantages et inconvénients au regard du système électrique de la région en termes de chaleur ou en connecteurs au fin de privilégier d'autres systèmes de chauffage moins consommateurs d'électricité. Les collectivités seront sollicitées pour moduler les critères d'attribution de leurs aides (éco-conditionnalité).

Il convient donc d'éviter de promouvoir le recours à des systèmes énergétiques mobilisant fortement l'électricité pour les besoins en chauffage et en production d'ECS pour éviter les phénomènes de pointe en hiver.

Cette exigence de cohérence avec le Pacte électrique breton invite à écarter les solutions utilisant les pompes à chaleur, sauf si elles sont installées avec des précautions spécifiques : en relève de chaudière pour couvrir les besoins en mi-saison par exemple.

### 9.5. Synthèse de l'analyse des scénarios d'approvisionnement en énergie

Les résultats des approches énergétiques, économiques environnementales et en lien avec le contexte régional sont synthétisés de manière qualitative dans le tableau ci-dessous.

Le code couleur traduit la réponse du scénario aux critères proposés

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

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

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

Figure 36 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critères environnementaux et économiques

LEGENDE Scénario

Réponse Favorable	Réponse mitigée ou adaptée partiellement au critère	Réponse Défavorable ou inadaptée
-------------------	---	----------------------------------

### 10. Phase 5 : Etude d'opportunité de création d'un réseau de chaleur alimenté par les ENR

L'un des objectifs de l'étude est de vérifier la possibilité de création ou de raccordement à un réseau de chaleur ou de froid.

Dans le cas où aucun réseau de chaleur ou de froid n'existe à proximité du site d'étude, nous remplaçons systématiquement ce volet par une étude d'opportunité sur la création de réseaux de chaleur-biomasse, à l'échelle de l'opération ou en micro-réseaux localisés.

Aucun réseau n'existe actuellement sur le site, il ne s'agira donc pas d'un potentiel de raccordement mais d'une création. De même, les besoins de froid étant inexistant, aucun réseau de froid ne sera intégré dans l'étude.

La fiche réseau de chaleur en annexe rappelle la définition du réseau de chaleur, ses avantages et sa prise en compte dans le calcul thermique réglementaire (RT 2012).

Un réseau de chaleur est un ensemble d'installations qui produisent et distribuent de la chaleur à plusieurs bâtiments pour répondre aux besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire.

#### Intérêts en milieu rural et en milieu urbain peu dense :

De plus en plus de collectivités souhaitent développer ces réseaux de chaleur, même dans un contexte urbain peu dense.

L'optimisation énergétique n'est alors pas le premier facteur décisionnel.

L'aménagement du territoire, la mobilisation de ressources locales comme le bois énergie, la mise en place de filières économiques locales créatrices d'emploi de proximité et non délocalisables sont quelques-uns de ces facteurs.

Outre la mobilisation d'énergies renouvelables, un autre avantage technique peut être identifié : la mise en place d'un système centralisé évite la dispersion de générateurs de chaleur dont l'entretien, la fiabilité, et donc l'impact environnemental sont toujours moins maîtrisés qu'un système centralisé.

La mise en œuvre de systèmes centralisés permet également d'envisager plus sereinement une mutation énergétique.

### 10.1. Etude d'opportunité d'un réseau de chaleur sur le secteur

L'un des objectifs de l'étude d'opportunité est de vérifier la possibilité de création ou de raccordement à un réseau de chaleur ou de froid, notamment bois.

Les objectifs de cette étude d'opportunité sont donc les suivants :

- ✓ définir les zones où une étude de faisabilité technico-économique serait à mettre en œuvre pour confirmer l'opportunité identifiée ;
- ✓ définir d'éventuelles incitations ou obligations de mise en œuvre de l'énergie bois dans le règlement de la ZAC

Pour cette étude, nous n'avons considéré que l'opportunité d'un réseau de chaleur fonctionnant au bois car cette filière est bien structurée en Bretagne.

## 10.2. Notion de densité énergétique pour un réseau de chaleur

Cette étude d'opportunité repose sur l'analyse de la densité énergétique des scénarios.

Elle correspond à la quantité d'énergie consommée par les bâtiments par unité de longueur du réseau (longueur de tranchée).

Le critère généralement admis pour évaluer en première approche l'intérêt d'un réseau de chaleur bois est le coefficient qui représente la quantité d'énergie transportée par un mètre de réseau sur une année, exprimé en kWh/m de réseau de chaleur. En milieu rural, on considère généralement qu'un réseau de chaleur peut avoir de l'intérêt à partir de 1 500 kWh/m de réseau et par an. Par comparaison, la densité minimum des réseaux urbains se situe autour de 8 000 kWh/m et par an.

L'implantation d'un réseau est principalement liée à cette densité énergétique : les zones proches de « gros consommateurs » seront susceptibles d'être plus adaptées à un réseau de chaleur et donc à une chaufferie centralisée que les zones peu consommatrices et diffuses. L'implantation d'une éventuelle chaufferie n'étant pas définie, nous étudions ce réseau non pas à partir de la chaufferie, mais à partir de chaque bâtiment.

### 10.2.1. Hypothèses de consommations énergétiques considérées

Les hypothèses de consommations énergétiques sont issues de l'étude d'approvisionnement en énergie réalisée au paragraphe 7.4 p. 43.

## 10.3. Etude d'opportunité

### 10.3.1. Analyse qualitative

La figure suivante représente la valeur seuil des 1 500 kWh/m/an pour un exemple d'implantation de bâtiments. Les bâtiments potentiellement « raccordables » au réseau sont ceux dont les cercles se chevauchent.

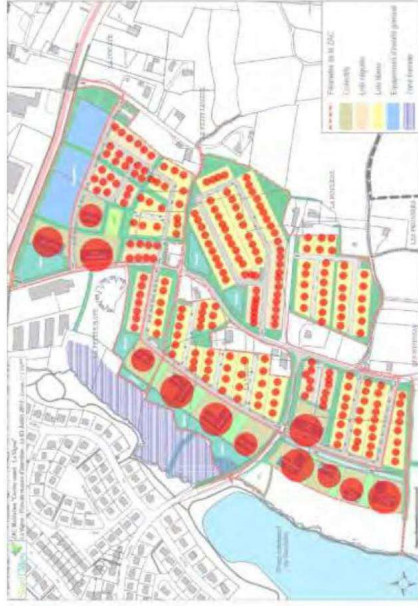


Figure 37: Analyse qualitative de la densité énergétique secteur vigne (source : H3C Energies)

- Ce site ne présente pas de densité thermique suffisante pour la création de micro-réseaux de chaleur



Figure 38: Analyse qualitative de la densité énergétique secteur « Centre » (source : H3C Energies)

→ Ce site ne présente pas de densité thermique suffisante pour la création de micro-réseaux de chaleur

### 10.3.2. Conclusion

La pertinence de création de micro-réseaux de chaleur est incertaine en raison des faibles besoins liés aux exigences de performances énergétique et à la densité des habitations. Toutefois pour les logements collectifs, la pertinence économique d'une production centralisée de chaleur se vérifie et permet une évolutivité de la gestion énergétique (smartgrid/évolution vers des solutions plus performantes...) à l'échelle des secteurs. A contrario, l'installation de chaufferies gaz individuelles enferme les logements dans cette logique de production de chaleur

## 11. Phase 6 : Pistes de mesures compensatoires

### 11.1. Principe de la compensation carbone

L'usage des énergies renouvelables en substitution des énergies fossiles, parallèlement à l'effort collectif de réduction de la consommation énergétique, contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le recours aux énergies renouvelables est une des solutions permettant de réduire l'impact sur l'effet de serre des besoins en énergie : la réduction drastique de ces besoins en énergie reste néanmoins prioritaire.

H3C propose ici une démarche parallèle à la réduction des consommations énergétiques et au développement des énergies renouvelables : le principe de compensation. Ces pistes ont vocation à faire avancer la réflexion et ne doivent pas être considérées comme des prescriptions.

Cette démarche est présentée ici comme une piste permettant de compenser partiellement une pollution résultante d'une nouvelle opération urbaine : elle ne doit pas être considérée comme un droit à polluer ni comme une compensation permettant de se « donner bonne conscience ».

Cette démarche, peut s'envisager de deux manières :

- Compensation via un mécanisme financier
- Compensation via des actions locales

### 11.2. Compensation carbone volontaire

Une démarche parallèle à la réduction des consommations énergétiques et au développement des énergies renouvelables est la compensation carbone volontaire.

L'Ademe a mis en place un site internet qui développe de manière complète le mécanisme de compensation carbone volontaire <http://www.compensationco2.fr>. La définition suivante est extraite de ce site :

*La compensation volontaire est un mécanisme de financement par lequel une entité (administration, entreprise, particulier) substitue, de manière partielle ou totale, une réduction à la source de ses propres émissions de gaz à effet de serre une quantité équivalente de « crédits carbone », en les achetant auprès d'un tiers.*

*Concrètement, la compensation consiste à mesurer les émissions de gaz à effet de serre générées par une activité (transport, chauffage, etc.) puis, après avoir cherché à réduire ces émissions, à financer un projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de séquestration du carbone : énergie renouvelable, efficacité énergétique ou de reboisement, qui permettra de réduire, dans un autre lieu, un même volume de gaz à effet de serre. Le principe sous-jacent étant qu'une quantité donnée de CO<sub>2</sub> émise dans un endroit peut être « compensée » par la réduction ou la séquestration d'une quantité équivalente de CO<sub>2</sub> en un autre lieu. Ce principe de « neutralité géographique » est au cœur des mécanismes mis en place par le Protocole de Kyoto.*

*Il est important de souligner que la compensation volontaire doit s'inscrire dans une logique de neutralité carbone : elle doit toujours accompagner ou suivre la mise en œuvre de solutions énergétiques alternatives ou d'efforts de réduction des émissions.*

Ainsi, la municipalité, l'aménageur, les promoteurs et maîtres d'ouvrages des opérations prévues, pourraient entrer dans ce processus.

### 11.3. Compensation carbone par des actions locales

Une piste complémentaire est d'envisager la mise en œuvre d'actions locales, permettant de prendre conscience du poids de mesures compensatoires locales telles que l'implantation de nouveaux boisements ou la mise en œuvre de capteurs photovoltaïques.

Ce sont ces actions que nous nous proposons de développer dans la partie suivante.

### 11.4. Proposition de mesures compensatoires :

#### 11.4.1. Production locale d'électricité

La consommation prévisionnelle d'électricité a été calculée dans la partie « Estimations des consommations d'énergie des bâtiments en fin d'opération ». Nous avons vu que l'énergie relative à l'électricité représente une part importante des consommations prévisionnelles en énergie finale.

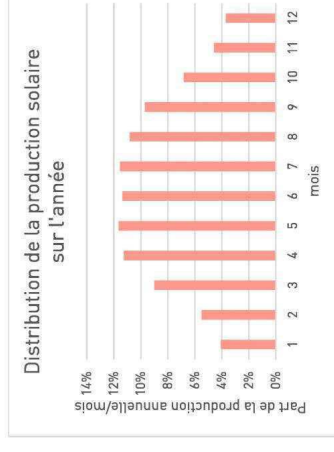
De fait, envisager une production locale d'électricité est cohérent avec l'objectif de compenser les impacts environnementaux de l'opération.

La production locale d'électricité est envisageable en ayant recours à l'installation de capteurs solaires photovoltaïques.

Les besoins en électricité (hors chaleurs) sont estimés à 2057 MWh/an.

La surface de panneaux à installer pour que la production annuelle compense la consommation annuelle d'électricité (hors chaleur) est de 15 151 m<sup>2</sup> pour une réduction de 19% des émissions de CO<sub>2</sub> des bâtiments (scénario GAZ)

On rappelle que la production solaire varie en fonction de la date selon la répartition typique suivante :



Périmètre du bilan	Unité	% de la surface de toiture estimée	T CO2 EVTEE	% EGES BATIMENT (scénario gaz)
Surface panneaux PV pour Bilan électrique annuel >0	15 151 m <sup>2</sup>	42%	133	19%
Surface panneaux PV pour Bilan électrique décembre > 0	50 300 m <sup>2</sup>	139%	442	64%

Pour que la production locale d'électricité en décembre excède la consommation en décembre et ainsi soulager le réseau électrique en hiver, il faudrait installer de l'ordre de 50 300 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques (réduction de 64% des émissions de CO2 des bâtiments). Soit près de 1,5 fois la surface de toiture estimée. Il faudrait alors installer des panneaux photovoltaïques en ombrières de parking, en façade et en brise-soleil.



Figure 39: Ombrière photovoltaïque

## 11.4.2. Stockage de carbone : plantation de biomasse

### 11.4.2.1) Préambule

Le cycle du carbone implique la biomasse comme capteur de carbone par excellence : en effet, la photosynthèse permet aux plantes de capter du CO<sub>2</sub> le jour pour assurer leur croissance. De fait, la plantation de biomasse et notamment d'arbres est une piste permettant de stocker du carbone :

- à long terme à l'échelle d'une vie humaine puisque les arbres ont une durée de vie d'environ 80 ans dans le cadre d'une exploitation forestière ;
- à très court terme à l'échelle de la planète puisque la décomposition de la biomasse réalimente le cycle du carbone en libérant le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ou en le restockant dans le sol.

Cette piste de réflexion, mise en avant par bon nombre d'organisations est même à l'origine d'une nouvelle activité économique : les entreprises de compensation carbone.

De nombreuses questions restent en suspens concernant le réel impact de telles solutions sur l'effet de serre :

- incertitudes sur les valeurs considérées pour le stockage de carbone en fonction des latitudes, des types de peuplement, des circonstances climatiques ;
- risque de stockage de CO<sub>2</sub> en cas de canicule par exemple ;
- adéquation des essences d'arbres à planter avec le contexte local (pas d'arbres très demandeurs en eau en Afrique par exemple).

Nous proposons donc une piste de compensation locale : plantation de biomasse géographiquement proche de l'opération concernée.

### 11.4.2.2) Hypothèses de calcul

Comme précisé plus haut, les données concernant la capacité de stockage de carbone diffèrent de manière importante en fonction des sources.

Nous nous sommes donc appuyés sur le projet CARBOFOR – Séquestration de carbone dans les écosystèmes forestiers en France-Quantification, spatiation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles- publié en 2004.

Nous considérerons 1 ha de forêt à croissance normale comme unité de référence sur sa durée de vie avec un objectif de valorisation en bois d'œuvre et bois énergie. Le nombre de tiges à l'hectare est donc variable en fonction des opérations d'éclaircie que les forestiers sont amenés à réaliser pour conduire le peuplement dans de bonnes conditions.

La quantité de carbone stockable par un ha de forêt décrit ci-dessus s'échelonne de 1 à 10 tC/ha/an, soit de 3,6 à 36 tCO<sub>2</sub>/ha/an.

Nous avons considéré dans cette étude un potentiel de stockage de 5 tC/ha/an soit 18,5 tCO<sub>2</sub>/ha/an.

### 11.4.2.3) Simulation de la surface boisée correspondante

Le graphique ci-dessous présente, pour chacun des trois scénarios, la surface boisée permettant de compenser les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> générées par les logements de l'opération.



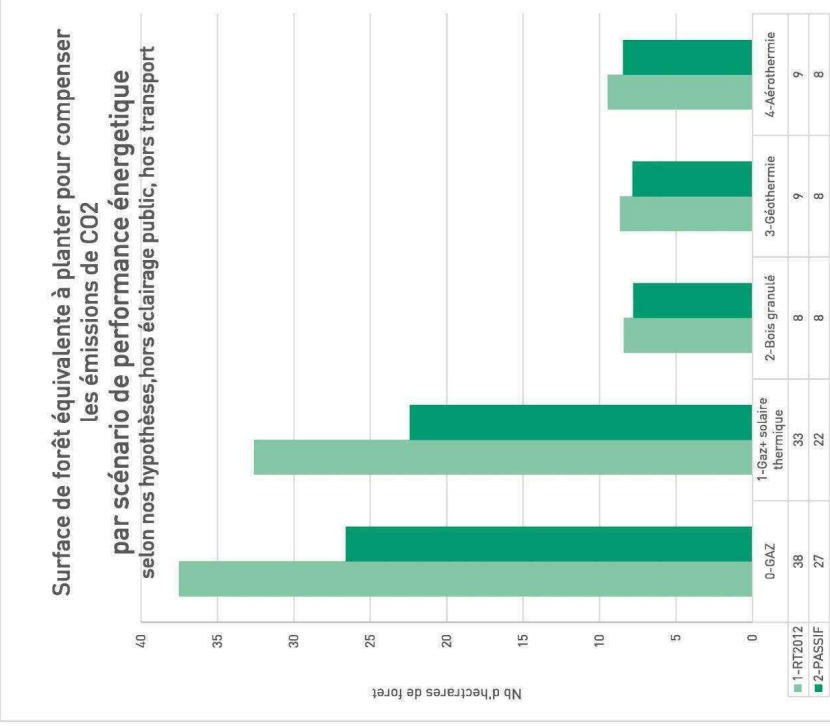


Figure 40 : Calcul de la surface boisée nécessaire en mesure compensatoire

Le scénario de référence nécessiterait donc, selon nos hypothèses, environ 38 ha de forêt en mesure compensatoire pour le niveau RT 2012, 27 ha pour le niveau PASSIF.  
 Les scénarios 2 intégrant le bois nécessiterait la plantation de 8 ha, soit une diminution par 4 à 5.

## 12. L'éclairage public

### 12.1. Rôles de l'éclairage public

En milieu urbain, l'éclairage public a plusieurs rôles :

- Paysager : perception de l'espace, continuité visuelle, esthétique, mise en valeur du patrimoine ;
- Ambiance lumineuse ;
- Guidage et confort visuel ;
- Sécurité des piétons, des automobilistes, des cyclistes et des biens

D'une manière plus générale, l'amélioration de la visibilité nocturne permet :

- de favoriser la sécurité des déplacements (piétons, cyclistes, véhicules à moteur) ;
- de diminuer l'éblouissement dû aux feux de véhicules ;
- d'améliorer l'estimation des distances ;
- de favoriser la sécurité des personnes et des biens ;
- de valoriser les espaces publics.

L'annexe 6 répertorie les textes qui régissent l'éclairage public ainsi que les grandeurs caractéristiques de l'éclairage et les différents types de lampe.

### 12.2. Enjeux pour un projet d'aménagement

Quatre grands enjeux peuvent être dégagés pour l'éclairage public :

- Sécurité et confort des usagers
- Réduction des consommations électriques
- Préservation de l'environnement et du ciel nocturne
- Réduction de la facture énergétique

En effet, l'utilisation excessive de la lumière artificielle pourra d'une part être importune (gêne visuelle à laquelle on ne peut se soustraire, halos lumineux, lumière intrusive dans les propriétés privées), d'autre part représenter une perte d'énergie que l'on peut facilement traduire en termes d'équivalents CO<sub>2</sub> consommés, et donc d'impact sur l'effet de serre.

L'éclairage public constitue un poste important dans le budget énergie d'une commune. En effet, selon l'ADEME, il représente, en moyenne :

- 48 % des kWh d'électricité consommés,
- 38 % de la facture totale d'électricité,
- 23 % de l'ensemble des dépenses énergétiques.

**De plus, les charges de fonctionnement, de maintenance et d'entretien seront assurées par la collectivité.**

Il importe donc d'anticiper les besoins et de réfléchir aux modalités d'éclairage public en amont du projet : cela contribuera également à limiter les coûts de fonctionnement pour les collectivités.

Faire le choix de matériels performants, respectueux de l'environnement (une consommation énergétique et un flux lumineux maîtrisés) tout en apportant le niveau de service attendu, est devenu un enjeu majeur pour les communes.

### 12.3. Quelques préconisations

La qualité d'éclairage dépend plus de l'homogénéité (uniformité) que du niveau d'éclairage. Ainsi, une mauvaise uniformité de l'éclairage entraîne de l'inconfort visuel (zones d'ombres, moindre éclairage).

Les préconisations qui suivent n'ont pas vocation à être exhaustives mais à donner des pistes de réflexion que l'aménageur devra intégrer à son projet urbain afin que l'impact environnemental de l'opération relatif à l'éclairage public (impact visuel et impact énergétique) soit le plus faible possible.

L'objectif est d'éclairer juste, en maîtrisant la consommation d'énergie et limitant la pollution lumineuse.

#### 1. Etat des lieux

Clarifier les besoins en matière d'éclairage des rues. Toutes les voies ne doivent pas forcément être éclairées selon les mêmes modalités.

- Définir la nécessité d'éclairer ou non les différents types de voies
- Repérer les secteurs sensibles à la pollution lumineuse (fort impact sur la biodiversité)
- Hiérarchiser les voies en fonction du besoin d'éclairage
- Définir le niveau d'éclairage nécessaire par type de voie
- Définir les horaires d'allumage et/ou de réduction de puissance

#### 2. Points lumineux

Déterminer le nombre de points lumineux et la hauteur de mat adaptés au classement des voies et au contexte urbain

Augmenter de l'interdistance entre les mâts grâce à des optiques adaptées tout en conservant une bonne uniformité d'éclairage.

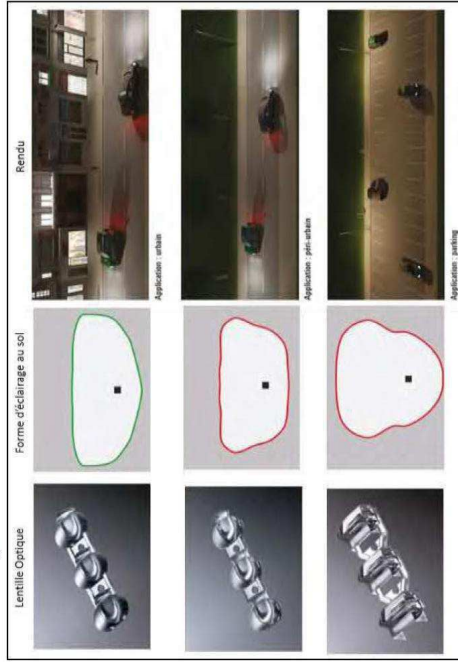


Figure 41: Exemple d'optiques (Source We-ef)

- NB : le choix de l'optique permet également de limiter la lumière intrusive dans les propriétés privées
3. Type de lampe

Choisir des lampes adaptées au besoin (indice de rendu couleur, rendement, etc.). Utiliser des lampes basse consommation (à vapeur de sodium – de type Sodium HP ou d'autres lampes ayant un rendement d'éclairage aussi performant) ou des LED.

4. Luminaire  
 Utiliser des réflecteurs à haut rendement. Éviter toute émission lumineuse au-dessus de l'horizon (pollution lumineuse).

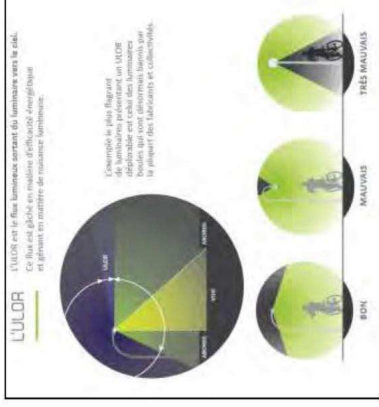


Figure 42: Illustration de l'ULOR (Source: Charte EP SDE39)

5. Lanternes  
 Choisir des type de lanterne qui facilité la maintenance (accessibilité) et préférer des lanternes recyclables
6. Ballasts d'allumage

Préférer les ballasts électroniques à longue durée de vie.

7. Puissance électrique spécifique  
 Définir des puissances limitées en fonction de la largeur des rues et de leur importance, par exemple (à titre indicatif) :

- pour les rues d'une largeur de < 10 mètres : valeur cible: 2 W/m valeur limite : 3 W/m ;
- pour les rues d'une largeur de > 10 mètres : valeur cible: 4 W/m valeur limite: 6 W/m.

8. Heures de fonctionnement  
 Pose d'horloges astronomiques permettant l'extinction au cœur de la nuit (23h-6h) et l'allumage automatiques en fonction du lever et coucher du soleil.

Allumage le soir: quand la luminosité descend au-dessous de 40 lux pendant plus de 5 minutes.

Etude de dispositifs permettant la réduction de puissance de 22h-23h et 6h-7h : réduction de l'intensité lumineuse la nuit si une extinction n'est pas possible (variation de la puissance lumineuse ou extinction partielle).

9. Consommation d'énergie  
 Définir une valeur cible, par exemple : 8 kWh/m/an et une valeur limite haute, par exemple 12 kWh/m/an (kWh par mètres de rue et par an).

Couvrir avec de l'écoacourant certifié une part à définir du besoin en électricité pour l'éclairage public. Assurer avec des lampadaires solaires l'éclairage de rues non électrifiées ou difficilement électrifiables.

11. Etablir un plan de maintenance
12. Faire réaliser une étude d'éclairage

12.4. Consommation énergétique attendue pour l'éclairage public

Deux hypothèses sont étudiées par rapport à l'éclairage public, la première avec un éclairage permanent (nuit complète) et la seconde avec une extinction nocturne de 22h30 à 6h.

Les tableaux ci-dessous détaillent les consommations énergétiques d'éclairage public attendues ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub> qui y sont liées pour chaque hypothèse :

	Eclairage nuit complète	Extinction nocturne 22h30/6h
ml de voirie	1000	1000
Puissance KW	2	2
Temps de fonctionnement/an	4100	1700
Consommation électrique kWh	8200	3400
Coût	1013,4	595,8
Emission kg CO2	148,3698	87,8826

L'extinction nocturne permet à la collectivité d'économiser environ 400 euros/an par km de voirie éclairé et de réduire de 41% la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>.

*NB : l'approche économique est délicate. Les systèmes évoluent très rapidement et il y a encore assez peu de retour d'expérience. Aujourd'hui, il est raisonnable de considérer une durée de vie supérieure à 50 000 heures, les opérations de remplacement sont donc moins fréquentes qu'avec des lampes traditionnelles. De plus, les nouvelles technologies de lampadaires à LED permettent d'espacer d'avantage les mâts par rapport aux systèmes classiques.*

Pour plus d'informations :

Eclairons les villes : Accélérer le déploiement de l'éclairage innovant dans les villes européennes ; rapport de la commission Européenne téléchargeable sur le site <http://www.clustertumiere.com>

## 13. 1ère approche sur les transports et l'énergie grise des matériaux

### 13.1. Transports

Les véhicules motorisés sont sources d'émissions polluantes telles que des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CO...), du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), des oxydes d'azote, des hydrocarbures et des particules.

Ces émissions entraînent des effets nocifs sur la qualité de l'air (pollution, effet de serre) et sur la santé (maladies respiratoires, allergies etc.).

Les caractéristiques des principaux polluants et quelques-uns de leurs effets sur la santé sont décrits en annexe.

De plus, les transports motorisés sont responsables de nuisances sonores et de danger qu'il est également important de réduire pour le confort des futurs habitants et des riverains.

#### 13.1.1.1) Propositions pour limiter l'impact des transports

L'impact des transports peut être limité grâce aux mesures suivantes :

- Favoriser les liaisons douces pour permettre un usage de la marche à pied et du vélo dans les trajets quotidiens
- Favoriser la desserte du projet par les transports en commun : position des arrêts, fréquence de passage adaptée aux besoins quotidiens
- Favoriser le co-voiturage ou l'acquisition de véhicules partagés
- Rapprocher les lieux d'habitat des lieux de travail
- Rapprocher les commerces et les services des lieux d'habitat
- Planter les zones de stationnement collectif en périphérie du projet de manière à limiter la circulation à l'intérieur du secteur.
- Limiter la circulation : zone piétons prioritaires, limiter les places de stationnement, création d'axes non traversants afin de ne pas inciter les non riverains à circuler dans la zone, limiter la vitesse.

#### 13.1.1.2) Estimation des émissions annuelles domicile-travail

Le nombre de véhicule par logement collectif à été fixé à 1,5 et à 2 pour les maisons individuelles soit un total de 880 véhicules.

Les hypothèses de distances parcourues domicile-travail, issues de Bretagne environnement, sont estimées à 12 kms.

(<http://www.bretagne-environnement.org/Media/Atlas/Cartes/Distance-domicile-travail-en-Bretagne>).

Dans ces conditions, les émissions annuelles polluantes du parc automobile seraient les suivantes :

Hypothèses		
	Hypothèse	Unité
Nombre de voitures	1054	Voitures
Distance moyenne domicile travail	12	Km
Jours travaillés/an	220	Jours
Part des trajets en voiture individuelle	80%	1
Emission CO2 du parc	130	gCO2/km
Consommation moyenne du parc	5,5	l/100km
<b>Résultats</b>		
Km parcourus /an	4.452.096	km
Emission CO2	579	Tonnes
Consommation d'énergie MWh	2.228	MWh

Figure 63. Emissions CO2 du parc automobile de l'opération

Pour un nombre total de 1054 véhicules particuliers, les émissions annuelles dues aux trajets domicile/travail seraient de 579 tonnes de CO2.

### 13.2. Energie grise des matériaux

L'énergie grise des matériaux représente l'énergie nécessaire à leur production, à leur transport, à leur mise en place et à leur recyclage ou destruction en fin de vie.  
Les analyses de cycle de vie (ACV) permettent de travailler sur ce paramètre. Ce chapitre a pour objectif de donner des pistes de réflexion au maître d'ouvrage pour favoriser l'usage de matériaux ou de procédés à faible énergie grise.

#### 13.2.1. Matériaux de voirie

Il est difficile d'envisager de réduire l'énergie grise des matériaux de voirie puisque les solutions techniques font généralement appel à des liants :

- Hydrauliques, à base de ciment (nécessitant de la cuisson à haute température)
- Hydrocarbonés, issus du pétrole

Deux stratégies complémentaires peuvent néanmoins être engagées :

- **Réduire les surfaces de voirie** : en réalisant des voiries plus étroites, en réduisant le linéaire toute en favorisant les cheminements piétons moins exigeants en termes de matériaux (profondeur, densité)
- **Opter pour le traitement en place** : ce procédé permet, grâce à l'adjonction de chaux et de ciment suivis d'un compactage et de nivelage, de donner au sol existant des caractéristiques de voirie « classique ». Ce procédé permet d'éviter de terrasser et d'apporter des matériaux de carrière : ainsi, les déplacements des engins de chantier sont considérablement réduits, et par voie de conséquence la consommation de carburant fossile du chantier est fortement diminuée. Les sols limoneux et argileux se prêtent particulièrement bien à ces procédés. Une étude de sol pourrait permettre de confirmer l'intérêt pour le site.

Ces solutions sont à mettre en lien avec les préconisations relatives à la perméabilité des revêtements de sol pour favoriser l'infiltration des eaux pluviales.

#### 13.2.2. Matériaux de construction

Les matériaux de construction à faible énergie grise ou bio-sourcés pourraient être privilégiés : cela implique la mise en place de prescriptions particulières dans le Cahier de Prescriptions architecturales, paysagères et environnementales. La provenance des matériaux peut également être un critère avec l'objectif de privilégier des matériaux locaux (nécessitant un moindre transport) ou d'éviter la déforestation des forêts primaires.

Lots de construction	Propositions
Couverture	Ardoises naturelles produites en France
Bois de charpente	Bois européen (pas de bois exotiques)
Isolant	Fibre de bois, fibres de chanvre, ouate de cellulose, fibres textiles recyclées, liège
Gros œuvre	Ossature bois ou maçonnerie à faible énergie grise, terre crue, paille
Menuiseries extérieures	Bois ou mixte bois/alu
Revêtements de sol	Caoutchouc, linoléum naturel, terre cuite

Figure 44 : Propositions pour le recours à des matériaux à faible énergie grise dans les bâtiments

Ces préconisations permettent généralement d'aller dans le sens d'une meilleure qualité de l'air intérieur si des prescriptions sur les niveaux de COV pour les colles, les solvants, les peintures y sont associées.

Il est possible de faire des choix objectifs grâce aux indications contenues dans les fiches FDES des matériaux disponibles sur la base de l'INIES ([www.inies.fr](http://www.inies.fr)).

### 14. Synthèse des avantages et contraintes des énergies renouvelables étudiées

Préconisations	Avantages	Contraintes	Impact environnemental
0- Solaire passif	Faible coût car intégré à la conception du bâtiment.	Favoriser une orientation nord/sud et prendre en compte les ombres portées.	Impact environnemental le plus faible : pas de technique, simplicité des principes, durabilité optimale car directement liée au bâti.
1- Solaire thermique	Permet de réduire la consommation d'énergie fossile de manière efficace. Positionnement clair du projet vis-à-vis de l'extérieur (le solaire thermique se voit !).	Investissement précis et élevé, notamment sur les lots individuels. Etude spécifique sur les collectifs pour assurer un dimensionnement optimal.	Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (au sens où l'utilisation de solaire « neutre » du carbone – le bilan environnemental est donc positif). Impact négatif sur la production de composants du système, durée de vie importante, proche de la durée de vie du bâtiment.
2- Récupération d'énergie sur les eaux usées	Faible coût, installation simple	Production d'ECS collective	Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (au sens où la récupération est donc positive).
3- Chauffage bois collectif	Chauffage collectif par bâtiment : fonctionnement et gestion mutualisés. Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz. <a href="http://adobulation.dulapromax.de">adobulation.dulapromax.de</a>	Surface nécessaire pour une chauffe collective. Frais de maintenance plus élevés que le gaz.	Bilan comptable « neutre » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (la combustion du bois n'ajoute pas de carbone lorsque les forêts sont replantées, ce qui est le cas en France).
4- Réseau de chaleur bois	Surfacteur qui permet de produire la quasi-totalité des besoins en chauffage et ECS des bâtiments collectifs à partir d'énergies renouvelables. Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz. <a href="http://adobulation.dulapromax.de">adobulation.dulapromax.de</a>	Investissement plus élevé, organisation juridique à mettre en œuvre pour la répartition ou la vente de chaleur. Rentabilité à évaluer dans le cadre d'une étude d'appropriation en énergie.	Bilan comptable « neutre » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (la combustion du bois n'ajoute pas de carbone lorsque les forêts sont replantées, ce qui est le cas en France).
5 - Solaire photovoltaïque	Production d'énergie verte locale. Positionnement clair du projet vis-à-vis de l'extérieur (le solaire photovoltaïque se voit !).	Investissement important. Attention à ne pas négliger la performance énergétique des	Réduction de l'impact environnemental de l'ensemble de l'opération par la production d'électricité verte.

4- PAC Géothermie	Remboursement par leachat de l'énergie. Récupération d'énergie dans la sol.	bâtiments au profit de l'investissement en photovoltaïque. Investissement important, forages	Réduction de l'impact environnemental de l'ensemble de l'opération par la récupération d'énergie. Impact négatif des fuites de fluides frigorigènes sur l'effet de serre
7- PAC eau	Récupération d'énergie dans l'eau		Réduction de l'impact environnemental de l'ensemble de l'opération par la récupération d'énergie. Impact négatif des fuites de fluides frigorigènes sur l'effet de serre
8- Micro éolien	Production d'électricité verte. Visibilité	Investissement important. productivité dépendante du régime de vent et de l'exposition au vent, souvent faible en milieu urbanisé	Réduction de l'impact environnemental lié à la consommation d'électricité. Diminution du Pic électrique

### 15. Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Ce paragraphe propose des actions spécifiques liées à l'énergie. Elles pourront par exemple être intégrées aux critères de sélection de l'aménageur ou des promoteurs, au cahier des prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales. Le niveau de réalisation du projet ne normal pas ceux des prescriptions associées sur tous les points. De plus, le projet s'étendra sur un certain nombre d'années et devra de ce fait s'adapter aux évolutions du contexte, notamment réglementaire par rapport à l'énergie.

Le Tableau suivant décrit l'ensemble des mesures par degré de volontarisme croissant qui pourraient être mise en œuvre et détaillé celles mise en place (en vert) ou prévues (en bleu) sur le projet :

Objectif BÂTIMENTS	Mesure proposée	Volontarisme	Modalité de suivi
	Information et sensibilisation des acteurs du projet pour aboutir à un plan d'aménagement en cohérence avec les objectifs énergétiques	+	Vérification du plan d'aménagement
1. Réaliser des bâtiments sobres en énergie	Principes définis en annexe 5 (SUD 17-27) et limitant les ouvertures Plan de composition favorable aux experts solaires : permettre que les ouvertures d'aménagement en cohérence avec les objectifs énergétiques Définir un niveau de performance énergétique, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> <li>Niveau RT 2012-XXX progressif par phase de l'opération</li> <li>Niveau passif sur les collectifs et intermédiaires</li> <li>Niveau passif sur tous les bâtiments collectifs</li> <li>Niveau positif sur un îlot</li> </ul>	+	Accompagnement de la collectivité par un bureau d'étude spécialisé en énergie Accompagnement de la collectivité (nombre de lots orientés Nord-Sud) et cahier des prescriptions Etudes RT 2012 Etudes RT 2022 Etudes spécifiques (PEPP, etc.) Labels (Effergie, BEPOS, etc.) Thermiques réglementaires des bâtiments construits
2. Encourager l'usage des énergies renouvelables	Recours à une énergie renouvelable obligatoire pour la production du chauffage ou de l'eau chaude sanitaire, individuelle ou collective (cf RT 2013) Étude d'approvisionnement en énergie qui devra au minimum étudier la production d'eau ou de chaleur centralisée et la production centralisée du chauffage ou de l'énergie Logements collectifs : imposer une ENR, solaire ou bois. Développer l'autoconsommation électrique renouvelable Mettre en place un smart grid ou réseau intelligent	++ ++ +++ +++	Vérification à l'instruction du PC Étude de faisabilité Cahier des prescriptions Suivi énergétique (consommation et production)

3. Minimiser les appels de puissance en hiver pour le chauffage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informez sur le type électrique brenon</li> <li>Intégrer les PAC air/air et air/eau conventionnelle en étiquette finale et inférieure à 15 kWh/m<sup>2</sup>/an</li> <li>Mise en place d'un smart grid</li> </ul>	+	Vérification du cahier d'aménagement et cahier des prescriptions Vérification à l'instruction du PC
4. Réduire la consommation d'énergie utile	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximiser les apports solaires</li> <li>Maximiser l'usage de matériaux biosourcés</li> <li>Imposer l'usage de matériaux biosourcés pour l'isolation/les menuiseries</li> <li>Considérer l'usage de matériaux biosourcés</li> </ul>	++ ++ +++	Vérification du plan d'aménagement et cahier des prescriptions ++ +++
5. Faciliter l'usage des transports en commun et des vélos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faciliter l'usage des transports en commun et des vélos</li> <li>Faciliter la circulation des vélos</li> <li>Faciliter l'usage des vélos électriques</li> <li>Faciliter l'usage des vélos électriques</li> </ul>	++ ++ ++	Vérification du plan d'aménagement Réalisation ou actualisation d'un plan des déplacements sous l'échelle de la réalisation d'une enquête sur le mode de transports des habitants du quartier, quelques années après la fin de son aménagement Vérification du plan d'aménagement
7. Anticiper la transition vers les véhicules électriques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Donner la possibilité d'installation de bornes de recharge pour véhicules électriques : <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans les parkings de stationnements collectifs</li> <li>- sur les emplacements photovoltaïques</li> </ul> </li> </ul>	++	Recensement des bornes de recharge Étude sur le type d'installation des bornes
8. Optimiser l'éclairage public	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réaliser une étude d'éclairage public/secteur par secteur en phase de réalisation</li> <li>- Faire réaliser une étude de faisabilité éclairage LED</li> <li>- Éviter l'installation de bornes de recharge par bornes astronomiques</li> <li>- Éviter l'éclairage des ornements piétons plutôt que celui des routes</li> </ul>	- ++ ++	Bilan énergétique de l'éclairage
9. Accompagner les habitants dans la démarche de sobriété énergétique	<p><b>ADAPTATION A LA TRANSITION ENERGETIQUE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Accompagner les habitants dans la démarche de sobriété énergétique</li> <li>Informez les futurs habitants des objectifs liés sur l'opération au travers de réunions d'information et de supports de communication, en amont de leur acquisition</li> </ul>	+	Mise en place d'un plan d'actions Compte rendu des actions menées et prévues à la fin Etc.
10. Créer les conditions d'une conception performante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informations spécifiques des futurs acquéreurs sur les enjeux énergétiques, les objectifs à atteindre et les modalités de suivi</li> <li>Accompagner les maîtres d'ouvrage dans leur démarche de conception grâce à un conseil spécifique pendant la conception</li> </ul>	++ +++	Mise en place d'un plan d'actions Compte rendu des actions menées et prévues à la fin Etc.

<p>14-Évaluer le financement de la construction performante</p> <p>Réaliser le prix de location pour les projets qui s'inscrivent dans une démarche de performance énergétique élevée.</p> <p>Participer au financement de l'habitation des bâtiments et/ou de la production locale</p> <p>Proposer des aides financières sur des bâtiments passifs. Par exemple, passer des accords avec une banque afin que la fabrique des charges de chauffage sur un bâtiment passif soit prise en compte pour obtenir une mensualité de remboursement de prêt plus élevée.</p>	<p>+++</p> <p>+++</p> <p>+++</p>
--	----------------------------------

### 16. Prescriptions réglementaires

#### 16.1. Prescriptions techniques liées à la RT 2012

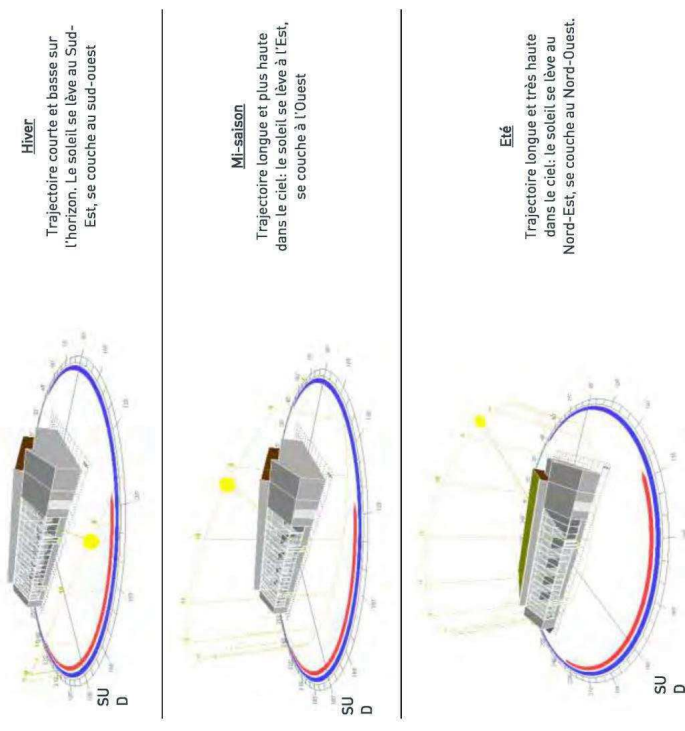
Bâtiment concerné	Orientation	Prescriptions de la RT 2012	Décret issu de l'arrêté du 26 octobre 2010
Maisons individuelles et maisons accolées	Recours à une énergie renouvelable obligatoire	<p>Recours au solaire thermique pour la production d'ECS</p> <p>OU contribution des énergies renouvelables &gt; 5 kWh/m<sup>2</sup>/an</p> <p>OU raccordement à un réseau de chaleur urbain à des conditions d'énergie renouvelable</p> <p>OU recours à une production d'eau chaude sanitaire</p> <p>OU recours à un système de micro-cogénération</p>	<p>Produire l'eau chaude sanitaire à partir d'un système de production d'eau chaude sanitaire permettant d'assurer la production d'eau chaude sanitaire, d'orientation sud et d'inclinaison entre 20° et 60°.</p> <p>OU la contribution des énergies renouvelables au Cap du bâtiment [...] est supérieure ou égale à 5 kWh/m<sup>2</sup>.an.</p> <p>OU être raccordé à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50 % par une énergie renouvelable ou de récupération ;</p> <p>OU recourir à une production d'eau chaude sanitaire assurée par un appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique, ayant un coefficient de performance supérieur à 2, selon le référentiel de la norme d'essai prEN 15147</p> <p>OU recourir à une production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire assurée par une chaudière à micro-cogénération à combustible liquide ou gazeux, dont le rendement thermique à pleine charge est supérieur à 90 % sur PCI. Le rendement thermique à charge partielle est supérieur à 90 % sur PCI et dont le rendement électrique est supérieur à 10 % sur PCI.</p>
Maisons individuelles, maisons accolées et bâtiments collectifs	Garantir l'accès à l'éclairage naturel	Garantir l'accès à l'éclairage naturel	Pour les maisons individuelles ou accolées et les bâtiments collectifs d'habitation, la surface totale des baies, mesurée en tableau, est supérieure ou égale à 1/6 de la surface habitable.

## 17. ANNEXES : FICHES TECHNIQUES sur les énergies renouvelables

### 17.1. FICHE Energie solaire généralités

#### (a) Trajectoire du soleil au cours de l'année

La démarche d'optimisation des apports solaires nécessite la compréhension de la trajectoire du soleil dans le ciel, en fonction des saisons. Les figures suivantes illustrent 3 trajectoires correspondant à l'hiver à la mi-saison et l'été.



#### (b) Conséquences pour les apports solaires

Ces conséquences sont étudiées du point de vue d'un exemple très simple de bâtiment parallélépipédique, pour illustrer l'impact de l'orientation des façades principales sur les apports solaires dont va bénéficier le bâtiment.

Il est évident que la réalité est toujours plus nuancée car l'architecte ne conçoit pas des bâtiments uniquement parallélépipédiques, ni orientés strictement Nord-Sud ou Est-Ouest.

### 16.2. Prescriptions relatives à la justification des performances

Bâtiment concerné	Orientación	Prescriptions de la RT 2012	Décret n°2011-544 du 19 mai 2011 relatif aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs ou les parties nouvelles de bâtiments
Bâtiments soumis à la RT 2012	Justifier de la prise en compte des prescriptions de la RT 2012 en phase de conception	Dépôt d'une attestation au permis de construire	Le maître d'ouvrage de tout bâtiment neuf ou de partie nouvelle de bâtiment existant [...] établit une attestation de prise en compte de la réglementation thermique en compte par le maître d'œuvre [...] la réglementation thermique [...] et en particulier : « - la prescription concernant le besoin conventionnel en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage [...] » « - les prescriptions sur les caractéristiques thermiques intervenant dans la performance énergétique du bâtiment [...] » « Cette attestation est établie sur un formulaire conforme à des prescriptions fixées par arrêté. Elle est jointe à la demande de permis de construire [...] »
Bâtiments soumis à la RT 2012 en phase de réalisation	Justifier de la prise en compte des prescriptions de la RT 2012 à l'achèvement du chantier	Dépôt d'une attestation à l'achèvement du chantier	A l'achèvement des travaux portant sur des bâtiments neufs ou des parties nouvelles de bâtiment existant soumis à permis de construire [...] le maître d'ouvrage [...] établit une attestation attestant la prise en compte par le maître d'œuvre de la réglementation thermique ou réglementaire applicable [...] un document attestant qu'il a pris en compte la réglementation thermique. « Le document ainsi établi doit attester la prise en compte : « - de la prescription relative à la prise en compte de la réglementation thermique pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation [...] » « - de la prescription concernant le besoin conventionnel en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage [...] » « - de la prescription relative à la prise en compte de la réglementation thermique pour les caractéristiques thermiques intervenant dans la performance énergétique du bâtiment [...] » « Cette attestation est établie sur un formulaire conforme à des prescriptions fixées par arrêté. Elle est jointe à la déclaration d'achèvement des travaux [...] »

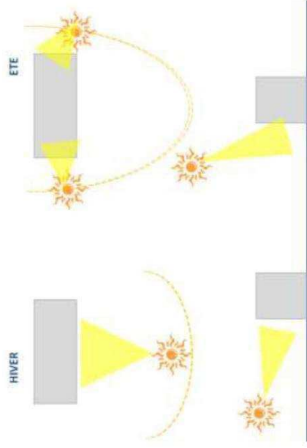


Mais il est important de garder à l'esprit les grands principes présentés ci-dessous dès la phase de conception d'une opération d'aménagement.

**BATIMENT DONT LES FAÇADES PRINCIPALES SONT ORIENTEES AU SUD**

Les schémas ci-dessous montrent qu'avec des façades principales orientées au Sud :

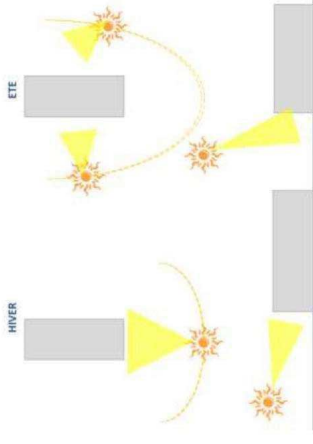
- en hiver : le bâtiment profite d'apports solaires gratuits, car le soleil est bas sur l'horizon avec un rayonnement incident proche de l'horizontal, qui pénètre donc facilement par les vitrages ;
- en été : les apports solaires directs au Sud sont limités car le soleil est très haut dans le ciel, une simple casquette horizontale permet de s'en protéger complètement ;
- en été : le bâtiment évite les apports solaires trop importants par les façades Ouest et Est, lorsque le développement de ces façades n'est pas trop important, ce qui limite les risques de surchauffe.



**BATIMENT DONT LES FAÇADES PRINCIPALES SONT ORIENTEES EST OU OUEST**

Les schémas ci-dessous montrent qu'avec des façades principales orientées à l'Est ou à l'Ouest

- en hiver : le bâtiment ne profite pas d'apports solaires gratuits, car le rayonnement solaire provient d'un cadran Sud-Est à Sud-Ouest, les façades principales ne sont donc pas impactées ;
- en été : le bâtiment bénéficie d'apports solaires importants le matin à l'est (de 6h à 12h) et l'après-midi à l'Ouest (de 14h à 21h) ce qui favorise les risques de surchauffes.



**(c) Préconisations d'ordre général.**

La démarche d'optimisation énergétique peut donc être décrite en plusieurs étapes.

**ORIENTATION DES BATIMENTS**

**A l'échelle du bâtiment :**

- prévoir les façades principales au Sud : une orientation Sud-Ouest à Sud-Est 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) ;
- Prévoir des protections solaires adaptées pour éviter le risque de surchauffe et donc les consommations énergétiques liées à la climatisation.

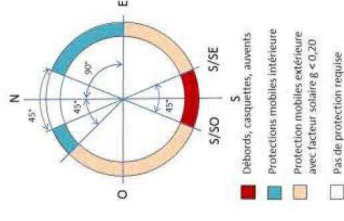


Figure 45: Protections solaires adaptées selon l'orientation [Source : La conception bioclimatique, Terre vivante]

Cette démarche mise en œuvre à l'échelle du Plan Masse permet également de favoriser l'implantation de capteurs solaires, qu'ils soient thermiques ou photovoltaïques.

Dans une optique uniquement axée sur l'accès au soleil pour la production d'énergie solaire thermique ou photovoltaïque, il convient donc de respecter au mieux ce recul pour optimiser la production.

#### A. L'échelle des logements :

- Préférer une orientation des logements Nord-Sud : espaces tampons au Nord, espaces de vie au Sud
- Éviter les logements mono-orientés à l'Est ou à l'Ouest : des logements traversants permettent de minimiser l'impact d'une orientation défavorable
- Proscrire les logements mono-orientés au Nord, qui ne bénéficieront d'apports solaires que tôt le matin et tard le soir en été.

#### IMPACT DU RELIEF

Le relief a un impact fort sur les apports solaires. En effet, en terrain plat (pente=0%), l'optimisation des apports solaires devrait permettre, dans l'idéal, aux façades principales de bénéficier d'apports solaires gratuits en hiver, lorsque :

- le soleil est bas sur l'horizon
- les besoins en chauffage sont les plus importants

Dans ces conditions, la hauteur angulaire du soleil, le 21 décembre à midi (solstice d'hiver) est de 18°. Aucun obstacle ne devrait donc se trouver dans le champ de cette hauteur angulaire pour éviter les masques et les ombres résultantes. *Sur une surface plane, cet angle impose ainsi un recul de 3.1 fois la hauteur des bâtiments situés juste au sud du bâtiment étudié.*

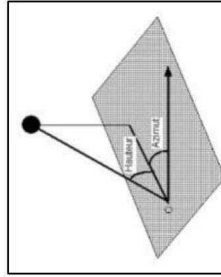


Figure 46: hauteur angulaire (source ENSTIB)

Sur un secteur accidenté, plus la pente est forte vers le Nord, plus les marges de recul devront augmenter. Le schéma suivant présente les paramètres à prendre en compte pour le calcul des marges de recul entre 2 bâtiments :

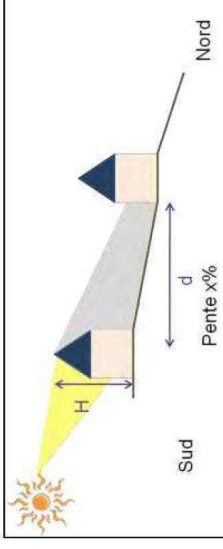


Figure 47: Paramètres à prendre en compte pour le calcul des marges de recul.

Le tableau suivant présente un exemple de calcul de marge de recul entre un bâtiment de hauteur H= 9 m situé au Sud d'un bâtiment à créer pour des pentes allant de 0 à 6%. La ratio d/H peut être utilisé dans tous les cas de figure.

pente du terrain		ratio d/H	Avec H= 9m	
<b>6.0%</b>	d= 4.33	xH	d=	39.0 m
<b>5.5%</b>	d= 4.24	xH	d=	38.2 m
<b>5.0%</b>	d= 4.15	xH	d=	37.4 m
<b>4.5%</b>	d= 4.05	xH	d=	36.5 m
<b>4.0%</b>	d= 3.96	xH	d=	35.6 m
<b>3.5%</b>	d= 3.86	xH	d=	34.7 m
<b>3.0%</b>	d= 3.76	xH	d=	33.8 m
<b>2.0%</b>	d= 3.54	xH	d=	31.9 m
<b>0.0%</b>	d= 3.08	xH	d=	27.7 m

Ces marges de recul ne peuvent pas toujours être mises en œuvre, car elles rentrent en interaction avec d'autres enjeux (densité, voirie, formes urbaines etc.). Cependant, plus elles seront optimisées, plus les bâtiments pourront profiter d'apports solaires gratuits.

#### MASQUES SOLAIRES

Le maintien de haies bocagères est important puisqu'elles ont un rôle à jouer sur le maintien de la qualité de l'eau, peuvent servir de corridor écologique lorsque qu'un réel maillage existe ou a été reconstruit. Il conviendra donc de prendre en compte les arbres qui seront conservés dans le projet de manière à ce que leur ombre portée ne limite pas trop les apports solaires. Dans l'ombre d'une halle de grande taille, un espace de jeux ou un parking collectif pourrait être aménagé par exemple.

#### FORMES URBAINES

En ce qui concerne les formes urbaines, la prise en compte de la performance énergétique peut se traduire par les priorités suivantes :

- privilégier la densité des logements : des maisons groupées avec deux parois moyennées sont moins déperditives que des maisons isolées ;
- privilégier des formes architecturales compactes : des logements semi-collectifs (en R+1 ou R+2) permettent souvent d'aboutir à une meilleure compacité que des maisons groupées ;
- privilégier des logements transversants : les maisons individuelles sont généralement transversantes. Pour des petits collectifs, cet objectif permet souvent d'organiser les espaces de vie au Sud et les espaces fonctionnels (entrées, buanderie, coursives d'accès extérieur) au Nord. Les logements transversants ont l'avantage de permettre une ventilation naturelle estivale pour éviter les surchauffes. Cette organisation permet aussi d'éviter la plupart du temps les logements défavorisés d'un point de vue de l'orientation (orientation principale au Nord ou Nord-Est par exemple).

## 17.2. FICHE Energie solaire thermique

### 17.2.1. Rappel sur le solaire thermique

L'énergie solaire est une énergie gratuite, abondante et renouvelable. C'est l'énergie renouvelable de prédilection pour la production d'eau chaude, notamment celle à basse température.

Un rayonnement global d'environ 1500 kWh/m<sup>2</sup> « tombe » par an sur les départements de l'Ouest de la France, cela correspond à peu près à 150 litres de foin par m<sup>2</sup>.

Cette énergie arrive sous deux formes, le rayonnement direct provenant directement du soleil et le rayonnement diffus lorsque le ciel est nuageux. Le rayonnement diffus représente plus de la moitié du rayonnement annuel dans nos régions.

Une installation solaire thermique permet de récupérer environ 40 à 60% du rayonnement global provenant du soleil pour chauffer de l'eau, destinée à la production d'eau chaude sanitaire ou à du chauffage.

Le schéma suivant présente une installation simplifiée de type solaire collectif pour la production d'eau chaude sanitaire.

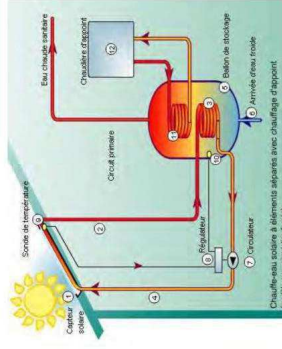


Figure 48 : principe de fonctionnement d'un installation solaire thermique

- Une installation solaire comprend les éléments suivants :
- un réseau de capteurs solaires qui permet de transférer l'énergie solaire au fluide qui le traverse au moyen de l'absorbeur ;
  - le circuit primaire qui permet de transporter et de transférer l'énergie solaire vers l'eau à travers un échangeur externe ou interne ;
  - le ballon de stockage solaire qui permet d'accumuler l'eau chaude pour une utilisation ultérieure ;
  - une source d'énergie d'appoint, instantanée ou couplée à un stockage d'eau chaude ;
  - différents organes en fonction des systèmes : circulateurs primaires et secondaires, régulateurs, sondes, etc.

### 17.2.2. Types d'utilisation

L'énergie solaire thermique peut être utilisée dans l'Ouest de la France sans restriction particulière, autant dans les logements individuels que les logements collectifs.

Les établissements recevant des personnes âgées de type EHPAD sont eux aussi de bon candidats à l'utilisation du solaire thermique car les besoins en eau chaude sanitaire sont importants toute l'année.

En revanche, les locaux tertiaires et les commerces ont généralement de faibles besoins en eau chaude. Il n'est donc pas judicieux de le prévoir pour ces bâtiments (en dehors de commerces spécifiques avec des forts besoins d'eau chaude).

Le solaire thermique est généralement utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire. Il est important de rappeler que les systèmes solaires thermiques peuvent également participer à réduire de manière globale les besoins thermiques des bâtiments en produisant également une partie du chauffage.

- Les installations solaires thermiques permettent de faire des économies d'énergie qui représentent environ :
- 40 à 50% des besoins d'eau chaude sanitaire lorsque le solaire est uniquement dimensionné pour la production d'eau chaude,

- 30% environ sur le chauffage et 60 à 65% sur l'eau chaude lorsque le système est dimensionné pour assurer une part des besoins de chauffage en complément de l'eau chaude.

### 17.2.3. Les schémas possibles et ceux qu'il convient d'éviter absolument

Plusieurs éléments sont à retenir pour l'installation d'énergie solaire pour la production d'eau chaude :

- environ 4 à 5 m<sup>2</sup> pour les maisons individuelles ;
  - environ 1 à 1,5 m<sup>2</sup> pour les logements collectifs ;
  - éviter tout surdimensionnement : en effet, il est toujours préférable de sous dimensionner une installation solaire :
    - o l'investissement d'une installation solaire « sous dimensionnée » sera toujours mieux rentabilisé ;
    - o les risques de surchauffe (en mi-saison et en été) du liquide caloporteur de l'installation seront réduits ce qui augmentera la pérennité de l'installation (pas de risque de corrosion des tuyaux) ;
    - o les subventions de l'Ademe (logements collectifs notamment) sont liées à un rendement minimum de 400 kWh/m<sup>2</sup>/an ce qui conduit à limiter le nombre de capteurs ;
  - incliner les panneaux solaires à 45° environ ;
  - maintenir une orientation au sud à plus ou moins 25° maximum ;
  - limiter les ombres et les masques (bâiments proches, végétation) ;
  - ne pas installer autant d'installations solaires que de logements dans un bâtiment collectif. Ce principe est parfois préconisé mais il n'est jamais rentable d'un point de vue technique ou économique ;
  - dans une installation solaire collective, il convient de limiter au mieux la longueur de tuyauterie de distribution et d'isoler ces tuyauteries au maximum. En effet, afin de réduire les risques de légionelles, l'eau chaude devra généralement circuler en continu dans l'ensemble des logements (notion de bouclage), 24h/24 7j/7 toute l'année. Les pertes de bouclage peuvent ainsi être très importantes et limiter d'autant le gain des installations solaires.
- L'utilisation du solaire en combinaison chauffage + eau chaude, est généralement privilégiée pour les maisons individuelles avec un plancher chauffant de type PSD (plancher solaire direct). Ce principe peut néanmoins être étudié dans le cas de bâtiments collectifs, une étude spécifique doit permettre de dimensionner au mieux les composants pour limiter les surchauffes et optimiser économiquement l'ensemble.

### 17.2.4. Préconisations

L'intégration d'énergie solaire a été prise en compte lors de la modélisation initiale (niveau BBC). Sans cette utilisation, les consommations en énergie pour l'eau chaude pourraient se trouver doublées.

Nous vous conseillons donc de préconiser l'utilisation de ce type d'énergie pour tous les bâtiments dont les besoins d'eau chaude sont importants en imposant une étude de faisabilité au minimum pour les bâtiments collectifs.

Il est nécessaire de rappeler que la réglementation thermique (RT2012), en vigueur dans les bâtiments d'habitation impose, pour les logements individuels et assimilés, l'utilisation d'énergie renouvelable pour la production d'eau chaude sanitaire. Le solaire est, à ce titre, l'une des sources privilégiées pour répondre à ce principe.

### 17.3. FICHE Energie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est une solution de production d'énergie électrique décentralisée qui peut être avantageusement étudiée lors de la construction de bâtiments neufs, par exemple.

En revanche, même si l'intégration de tels systèmes doit être réfléchie le plus en amont dans les projets de construction, notamment pour assurer une intégration réussie, il est toujours préférable de considérer le photovoltaïque en dehors de la phase d'optimisation énergétique du bâtiment. Un bâtiment doit d'abord être performant à l'aide d'une bonne orientation (démarche bio-climatique), d'une bonne enveloppe (isolation, vitrage), avant d'être performant par l'intégration de systèmes énergétiques complexes.

L'installation de panneaux photovoltaïques pourrait être envisagée afin de produire de l'énergie électrique localement et de revendre la production à EDF.

Ce type de production décentralisée est actuellement aidé, il est donc intéressant d'en étudier l'opportunité. Cependant, afin de bénéficier d'un tarif de rachat optimal, il est nécessaire d'intégrer le générateur photovoltaïque au bâtiment : remplacement de bardage vertical, membrane d'étanchéité, casquettes solaires, etc. En effet, dans le cas d'une production à partir d'un système intégré, le tarif de rachat est majoré.

Plusieurs solutions pourraient être envisagées sur les bâtiments, en fonction de la configuration et de l'architecture des constructions.

#### 17.3.1. Membranes d'étanchéité photovoltaïques

Pour les bâtiments collectifs par exemple, il pourrait être envisagé d'intégrer des panneaux tout en assurant l'étanchéité des toitures. Des modules photovoltaïques sont directement intégrés, en usine, sur une membrane d'étanchéité, ainsi que l'ensemble des connectiques.



Figure 49 : exemple de membranes d'étanchéité installées sur un bâtiment industriel

Pour une surface équivalente, ces modules sont moins performants que des modules classiques mais le coût de ces solutions et l'intérêt technique de mutualiser l'étanchéité avec une production photovoltaïque rendent ce produit aujourd'hui adapté à certains projets.

#### 17.3.2. Panneaux de silicium

La seconde solution repose sur des modules plus classiques à base de silicium polycristallin. Généralement adaptés pour la maison individuelle, ces systèmes peuvent être posés sur quasiment tous les types de support.



Figure 50 : modules Photowatt

Les modules polycristallins offrent une puissance située autour de 130 W à 140 W par m<sup>2</sup>. La performance de ces capteurs est donc supérieure à celle des membranes. En revanche, l'intégration dans les bâtiments nécessite des structures spécifiques plus difficiles et coûteuses à mettre en œuvre que les modules membranes.

## 17.4. FICHE Pompes à chaleur

Les pompes à chaleur sont souvent également considérées comme utilisant de l'énergie renouvelable. Ces équipements spécifiques utilisés en effet généralement de l'énergie solaire (« aérothermie », « géothermie » horizontales ou verticales) car elles puisent une partie de l'énergie de l'atmosphère ou du sol, eux-mêmes chauffés par le soleil. En revanche, nous considérons que ces équipements ne peuvent être classés parmi les énergies renouvelables au même titre que les précédentes car :

- les pompes à chaleur fonctionnent grâce à l'électricité, une énergie qui nécessite pour sa production environ 3 fois plus d'énergie fossile (gaz, uranium, fioul, etc.) ;
- le rendement de ces équipements (COP : coefficient de performance, ratio entre l'énergie produite et l'énergie utilisée) atteint pour le moment des niveaux généralement inférieurs à 3 (en moyenne annuelle). Un rapide calcul au regard du bilan de l'énergie électrique, permet ainsi de montrer que ces équipements, malgré l'utilisation technique d'énergie solaire, consomment autant d'énergie fossile qu'une chaudière traditionnelle ;
- leur fonctionnement nécessite l'usage d'un fluide frigorigène dont l'impact sur l'effet de serre est important (équivalent de 1300 à 1900 kg de CO<sub>2</sub> par kg de fluide frigorigène) : en effet, toutes les pompes à chaleur ont un taux de fuite qui va de 3% à 10% par an ;
- les pompes à chaleur sont donc plutôt de bons systèmes de chauffage électrique. Elles deviendront des énergies renouvelables lorsque le COP dépassera en moyenne annuelle le rendement des centrales électriques actuelles et/ou lorsque l'énergie électrique utilisée sera d'origine renouvelable.

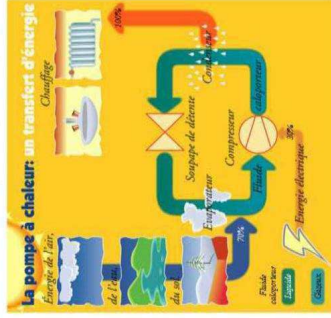


Figure 51 : principe de fonctionnement des pompes à chaleur (source [www.airclim-concept.com/](http://www.airclim-concept.com/))

Il est important de noter que les pompes à chaleurs Air-Eau, couramment appelées « aérothermie », nécessitent l'implantation d'un groupe extérieur muni d'un ventilateur qui peut générer des nuisances acoustiques non négligeables, surtout dans le cas d'un habitat dense.

Enfin, il est important de préciser que l'installation massive de pompes à chaleur contribue à affaiblir le réseau de distribution d'électricité à cause des appels de puissance importants les jours de grand froid.  
Extrait du Pacte électrique breton :

### L'orientation des choix d'investissements et d'équipements

Les signalaires s'engagent à assurer une information sur les avantages et inconvénients au regard du système électrique de l'équipement en pompes à chaleur ou en convecteurs aux fins de privilégier d'autres systèmes de chauffage moins consommateurs d'électricité. Les collectivités seront sollicitées pour moduler les critères d'attribution de leurs aides (éco-conditionnalité).

## 17.5. FICHE Energie éolienne

### 17.5.1. Présentation

L'énergie éolienne est en fort développement en France depuis plusieurs années maintenant.

L'ensemble de l'électricité produite par les sites d'éoliennes est généralement revendu à EDF. En revanche, de par la nature même de l'électricité, elle profite principalement aux consommateurs proches du site éolien. Cette production décentralisée a ainsi plusieurs avantages :

- produire une partie de l'énergie électrique à partir d'énergies renouvelables et donc limiter le recours aux énergies fossiles ;
- limiter les pertes sur le réseau de transport et de distribution en assurant une production locale ;
- permettre aux utilisateurs proches de limiter leur impact sur l'environnement par l'utilisation de cette électricité ;
- participer à la vie locale et au rayonnement de la commune.

L'une des spécificités de l'énergie éolienne est son caractère variable, lié aux variations de l'intensité du vent.

### 17.5.2. Grand éolien

#### 17.5.2.1) Définition

On distingue les types d'éoliennes en fonction de leur puissance et de leur taille :

- le "moyen éolien", pour les machines entre 36 kW et 350 kW
- le "grand éolien" (puissance supérieure à 350 kW), pour lequel on utilise des machines à axe horizontal immuées, dans la plupart des applications, d'un rotor tripalé.



Figure 52: Schéma éolien terrestre en Bretagne

#### 17.5.2.2) Restrictions

L'obligation réglementaire d'éloignement de plus de 500 m des zones d'habitation des éoliennes de plus de 50 mètres de haut et les restrictions dues au plafond aérien militaire réduisent à néant le potentiel de développement du grand éolien sur la plupart des projets d'aménagement. Le développement de tel projet se fait à l'échelle départementale voir régionale.

### 17.5.3. Petit éolien

#### 17.5.3.1) Définition

Selon l'Ademe, le « petit éolien » désigne les éoliennes dont la hauteur du mât est inférieure à 35 mètres et dont la puissance varie de 0,1 à 36 kW.

En France, le petit éolien reste peu développé : notamment car il n'y a pas d'obligation de rachat de l'électricité produite.

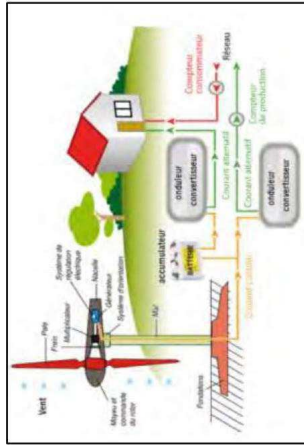


Figure 54: Schéma de principe d'une installation éolienne [Source: Fiche pratique DDTM43]

17.5.3.2) Productivité

La figure suivante extraite de la fiche technique éolien réalisée par la DDTM 35 donne un ordre d'idée de l'énergie produite en fonction du type d'éolienne :

Type	Utilisation	Puissance (KW)	Hauteur (mètres)	Production annuelle (MWh)	Nombre de méga-watts (MWh/an)
Micro	Domestique	0,5 – 5	< 12m	1 – 10	0,25 – 2
Petit	Domestique/agriculteurs	5 – 50	12 – 30	10 – 100	2 – 20
Moyenne	PNE/industrie	50 – 250	30 – 50	100 – 500	20 – 100
Grande	Production en masse	> 250	> 50	> 500	> 100
Valeurs pour les grandes éoliennes		1 000 KW (1 MW)	60–80	1 200–2 300	240–460
		2 000 KW (2 MW)	80–120	2 900–5 500	580–1 100

Données EDF Eolien et DDTM35

⚠ : Les valeurs indicatives du tableau ci-dessus sont dans l'hypothèse de production de 1000 à 2000 heures/an de production. La viabilité économique de l'éolienne impose une production minimum de 1000 heures. Pour plus d'informations, consultez le site de l'ADEME qui propose une étude détaillée de la recherche de l'éolienne la plus adaptée (type, puissance, hauteurs).



Figure 53: Source Synagri

17.5.3.3) Réglementation

(a) Occupation du sol  
Le tableau suivant présente les exigences réglementaires relatives à l'occupation du sol et aux obligations d'études d'impact.

Hauteur d'éolienne	Exigences réglementaire	Référence Réglementaire
< 12 m	Aucune exigence	Aucune
> 12 m	Permis de construire	Article R.421-2 du code de l'urbanisme
> 50 m	Étiquette publique Assujetties à la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) ✓ Elles doivent être situées à plus de 500 mètres des zones destinées à l'habitation : ✓ - Elles doivent se conformer à de nouvelles prescriptions réglementaires concernant leur implantation et leur exploitation	Articles L. 553-2 et R. 122-9 du code de l'environnement Le décret de nomenclature et les arrêtés de prescription seront établis dans le cadre de la réglementation des installations classées (au plus tard le 12 juillet 2017). Sauf pour les installations dont la demande de permis de construire a été déposée avant la publication de la loi Grenelle 2, et pour celles constituées d'une éolienne dont la puissance est inférieure ou égale à 250 kilowatts et dont la hauteur est inférieure à 30 mètres.
Parc éolien	Évaluation préalable des conséquences sur l'environnement Les installations éoliennes doivent comporter plus de 5 mâts Sauf pour les installations dont la demande de permis de construire a été déposée avant la publication de la loi Grenelle 2, et pour celles constituées d'une éolienne dont la puissance est inférieure ou égale à 250 kilowatts et dont la hauteur est inférieure à 30 mètres.	Etude d'impact pour les éoliennes de plus de 50 mètres, notice d'impact pour les éoliennes de moins de 50 mètres.

Figure 55: Exigences et références réglementaires relatives à l'éolien [Source : www.developpement-durable.gouv.fr]

(b) Suppression des Zones de développement éolien

La loi Brottes (n° 2013-312), promulguée par le président de la république le 15 Avril 2013 prévoit plusieurs mesures de simplification :

- suppression des ZDE [Zones de Développement de l'Eolien] qui se superposaient avec les Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE),
- suppression de la règle des cinq mâts minimum,
- dérogation à la Loi Littoral pour les territoires ultramarins facilitant l'implantation de parcs éoliens en bord de mer,
- Enfin, le texte va permettre le raccordement à terre des énergies marines renouvelables qui, jusqu'alors, s'avérait complexe, voire impossible à réaliser.

Plus d'information : la DDTM 35 a réalisé une fiche pratique éolien téléchargeable sur le site suivant : <https://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/petit-et-moyen-eolien-9279.html>

## 17.6. FICHE Géothermie

### 17.6.1. LA GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE (TEMPERATURE INFÉRIEURE A 30°C)

Elle concerne les aquifères peu profonds d'une température inférieure à 30°C, température très basse, qui peut cependant être utilisée pour le chauffage et la climatisation si l'on adjoint une pompe à chaleur.

Elle concerne également la captation d'énergie solaire stockée dans sous-sol superficiel à l'aide de PAC sur sondes géothermiques.

Ce type de géothermie est exploitable en Bretagne, la nature du sol et la profondeur de l'aquifère influenceront l'efficacité du système mis en place.

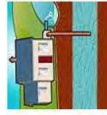


Figure 56 : © ADEME - BRGM

### 17.6.2. La géothermie basse énergie (30 à 90°C)

Appelée également basse température ou basse enthalpie, elle consiste en l'extraction d'une eau à moins de 90°C dans des gisements situés entre 1 500 et 2 500 mètres de profondeur.

L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires de la plaine car ces bassins recèlent généralement des roches poreuses (grès, conglomérats, sables) imprégnées d'eau.

Le niveau de chaleur est insuffisant pour produire de l'électricité mais parfait pour le chauffage des habitations et certaines applications industrielles.



Figure 57 : © ADEME - BRGM

### 17.6.3. La géothermie moyenne énergie (90 à 150°C)

La géothermie de moyenne température ou moyenne enthalpie se présente sous forme d'eau chaude ou de vapeur humide à une température comprise entre 90 et 150°C.

Elle se retrouve dans les zones propices à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1 000 m.

Elle se situe également dans les bassins sédimentaires, à des profondeurs allant de 2 000 à 4 000 mètres. Pour produire de l'électricité, une technologie nécessitant l'utilisation d'un fluide intermédiaire est nécessaire.

### 17.6.4. La géothermie haute énergie (température supérieure à 150°C)

La géothermie haute enthalpie ou haute température concerne les fluides qui atteignent des températures supérieures à 150°C.

Les réservoirs, généralement localisés entre 1 500 et 3 000 mètres de profondeur, se situent dans des zones de gradient géothermal anormalement élevé.

Lorsqu'il existe un réservoir, le fluide peut être capté sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.

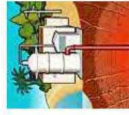


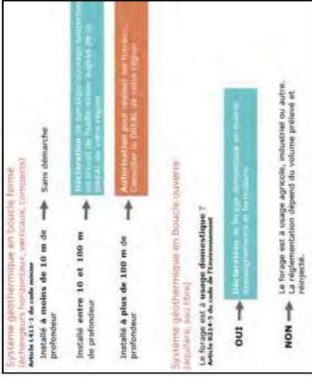
Figure 58 : © ADEME - BRGM

### 17.6.4.1 La géothermie profonde des roches chaudes fracturées (hot dry rock)

Elle s'apparente à la création artificielle d'un gisement géothermique dans un massif cristallin. A trois, quatre ou cinq kilomètres de profondeur, de l'eau est injectée sous pression dans la roche. Elle se réchauffe en circulant dans les failles et la vapeur qui s'en dégage est pompée jusqu'à un échangeur de chaleur permettant

la production d'électricité. Plusieurs expérimentations de cette technique sont en cours dans le monde, notamment sur le site de Soultz-sous-Forêts en Alsace.

17.6.4.2) Réglementation



Le code minier, le code de la santé publique, le code général des collectivités territoriales peuvent régir les opérations de géothermie. La géothermie est régie par le code minier en vertu de son article L.112-2 (ancien article 3) qui donne une définition de la géothermie et du régime juridique qui lui est applicable. Ainsi, « les gîtes renfermés dans le sein de la terre dont on peut extraire de l'énergie sous forme thermique, notamment par l'intermédiaire des eaux chaudes et des vapeurs souterraines qu'ils contiennent », sont considérés comme des mines. Une substance minière appartient à l'Etat et non au propriétaire du sol. L'exploitation d'une ressource minière nécessite donc des autorisations accordées par l'Etat. Outre le code minier, les opérations de géothermie entrent dans le champ d'application du code de l'environnement pour les prélèvements et les réinjections en nappe, le code de la santé publique et le code général des collectivités territoriales qui peuvent s'appliquer dans certains cas particuliers.

Les opérations géothermiques peuvent être soumises à différents régimes d'autorisation ou de déclaration qui supposent le montage de dossier administratifs plus ou moins approfondis selon les cas et des circuits d'approbation administrative plus ou moins long. Les opérations de moins de 100 m de profondeur et de moins de 232 KW de puissance thermique sont considérées comme des opérations de moindre importance et ne sont soumises qu'à déclaration. Dans les autres cas, elles sont soumises à autorisation. A cette réglementation nationale, s'appliquent des réglementations territorialisées et spécifiques. En effet, certaines portions du territoire, du fait de particularités naturelles, font l'objet de mesures de protection susceptibles d'impacter le dimensionnement d'un projet de géothermie, voire de l'interdire.

Source BRGM

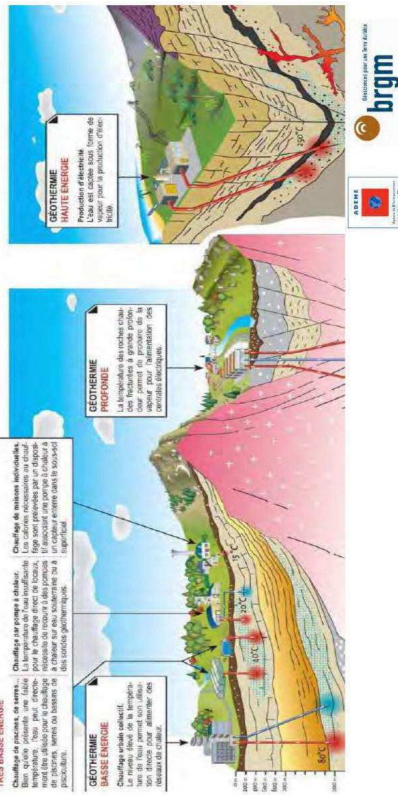
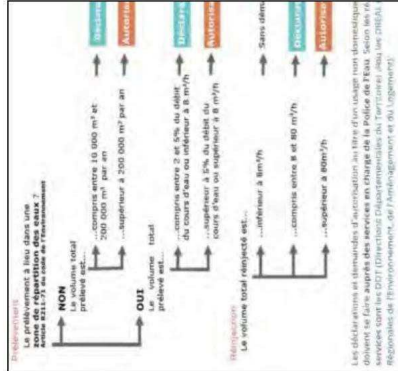


Figure 39 - Symboles des techniques de géothermie © ADEME - BRGM



## 17.7. FICHE : Récupération d'énergie sur les eaux usées

Il existe différentes techniques de récupération d'énergie sur les eaux usées :

- Dans les collecteurs du réseau d'assainissement (ouvrages assurant la collecte et le transport des eaux usées : canalisations, conduites, ...)  
Cette solution utilise la chaleur des effluents que l'on soit le type (eaux vannes et eaux grises), sans prétraitement nécessaire. Elle met en œuvre des échangeurs spécifiques qui sont :
  - soit directement intégrés dans des canalisations neuves lors de leur fabrication
  - soit rapportés et posés en partie basse des canalisations d'eaux usées existantes ou construites spécifiquement.Elle nécessite des collecteurs de taille adaptée, non coulés sur une longueur suffisante et disposant d'un débit d'eaux usées minimum d'environ 15 l/s. En fonctionnement, cette solution comporte des contraintes d'exploitation liées à l'encreusement des échangeurs par ensablement et formation de biofilm dans le collecteur et à une limitation de baisse de la température des eaux usées à 5 K maximum après passage dans l'échangeur, pour ne pas perturber le processus d'épuration en aval.  
Ce système a l'avantage de pouvoir se situer proche des preneurs de chaleur. Couplé à une chaudière et une pompe à chaleur, un tel dispositif permet éventuellement d'alimenter un chauffage à distance.

### • Dans les stations d'épuration (STEP),

Cette solution utilise la chaleur des eaux épurées (après traitement) et peut être mise en place dans l'enceinte de la STEP de capacité supérieure à 5000 équivalents logements, en amont du rejet des eaux épurées vers le milieu naturel. Elle peut théoriquement autoriser une liaison directe vers la pompe à chaleur et éviter ainsi la présence d'échangeur intermédiaire. La récupération de chaleur sur les eaux épurées en sortie de STEP peut être réalisée grâce à différents types d'installations et d'échangeurs : échangeurs à plaques, échangeurs multibutubulaires (faisceau de tubes), échangeurs coaxiaux.

### • Dans les stations (ou postes) de relevage

La solution de récupération de chaleur des eaux usées au niveau des stations de pompage (ou postes de relevage) peut être aussi intéressante car ces stations sont situées en ville et donc proches des preneurs de chaleur. Le système utilise une fosse de relevage existante. Une partie des eaux usées est pompée de la fosse de la station de pompage avant STEP vers des échangeurs.

### • Au pied de bâtiments ayant une forte consommation d'eau (dans ce dernier cas, on parlera plutôt de récupération d'énergie thermique sur les eaux grises)

Cette solution nécessite obligatoirement une évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes. Elle peut permettre l'utilisation de matériel non spécifique aux eaux usées (échangeurs standards, PAC) et nécessite généralement des systèmes sophistiqués de filtrations et d'auto nettoyage des échangeurs sur eaux usées.

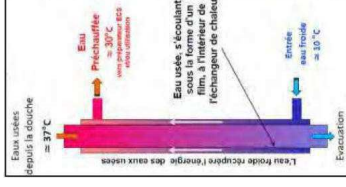
Cette solution capte la chaleur des eaux usées directement à la sortie de l'immeuble, grâce à un échangeur de chaleur installé dans une fosse dédiée à cette utilisation.

Les eaux usées arrivent dans une cuve centrale. Le filtre retient les plus grosses particules dans la cuve et une pompe déverse quotidiennement les résidus accumulés dans la cuve vers le collecteur. Le niveau d'eau dans la fosse est maintenu suffisamment haut pour qu'il y ait déversement du trop-plein dans le tube intermédiaire puis vers le collecteur.

Cette solution se différencie des autres précédemment citées car son domaine d'application privilégié est la production d'eau chaude sanitaire de l'immeuble. L'application au chauffage (et/ou à la climatisation) d'une installation de récupération de chaleur en sortie de bâtiments peut également être envisagée avec l'intégration au dispositif d'une pompe à chaleur.

### • Echangeur de chaleur sur l'eau des douches




Cette solution peut être mise en œuvre individuellement ou à l'échelle d'un bâtiment d'habitat collectif. Un échangeur de chaleur est posé directement sur la canalisation d'évacuation des eaux de douche et permet de récupérer environ 60% de la chaleur.



### 17.8. FICHE énergie marines renouvelables en Bretagne

Avec ses 2 730 km de côtes, la Bretagne dispose d'atouts naturels favorables au développement des énergies marines renouvelables à partir de différentes sources : les courants, les marées, les vagues, la houle, la différence de salinité et le vent.

La région Bretagne ainsi que de grands acteurs industriels sont engagés dans le développement des énergies renouvelables marines. Avec, 50% des compétences R&D maritimes françaises concentrées en Bretagne, la filière est en plein essor. C'est le premier pilier du pacte électrique breton.

<p><b>Hydrolien</b></p>  	<p>Cette énergie nécessite la mise en place d'une turbine sous-marine qui utilise l'énergie cinétique des courants marins pour créer une énergie mécanique transformée ensuite en électricité par un alternateur.</p> <p>Un courant de marée de 5 nœuds, soit 9,25 km/h, renferme plus d'énergie qu'un vent soufflant à 80 km/h.</p> <p>Relativement peu encombrante (en comparaison avec une éolienne), l'hydrolienne tire parti du caractère renouvelable et surtout prédictible de sa source.</p>
<p><b>Eolien offshore</b></p> 	<p>Cette technologie reprend le système de l'éolienne terrestre par la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis électrique, à l'aide de turbines. Cette technologie est la plus mature des EMR.</p> <p>Les éoliennes posées, regroupées en parcs en pleine mer (offshore), sont implantées sur des fondations directement fixées au plateau continental à une profondeur maximum de 40 m.</p> <p>La mer est un emplacement n'offrant aucun obstacle aux vents. Ainsi, même à basse altitude, ceux-ci ont une vitesse plus importante et sont moins turbulents.</p> <p>La partie « marine » du parc comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les aérogénérateurs (fondations + mâts + turbines). Les mâts peuvent atteindre une centaine de mètres au-dessus du niveau de la mer et chaque pale peut dépasser 50 m de long ;</li> <li>- un module pour les équipes d'intervention ;</li> <li>- un transformateur ;</li> </ul>




<p><b>Eolien Flottant Offshore</b></p> 	<p>- les câbles sous-marins assurant la collecte et le transport de l'énergie jusqu'à la côte.</p> <p>L'éolien maritime flottant utilise la force des vents en pleine mer, sur des sites qui peuvent - contrairement à l'éolien posé - dépasser 40m de profondeur.</p> <p>La mer est un emplacement de choix pour l'énergie éolienne: il n'y a aucun obstacle aux vents. Ainsi, même à basse altitude, les vents ont une vitesse plus importante et sont moins turbulents. En repoussant la limite maximum de la profondeur de 40m à 300m, les éoliennes flottantes peuvent être installées plus loin des côtes que les éoliennes posées, limitant ainsi les conflits d'usage et permettant de tirer parti d'une ressource en vent plus importante et plus stable.</p>
<p><b>Marée moteur</b></p>  <p style="text-align: center;">Barrage de la Rance</p>	<p>A la différence des hydrolennes posées au fond de la mer et utilisant l'énergie cinétique (mouvement) de l'eau, les usines marémotrices utilisent l'énergie potentielle (différence de niveau entre les masses d'eau).</p> <p>Le phénomène de marée est dû au différentiel de temps de rotation entre la Terre (24 heures) et la Lune (28 jours). Il s'ensuit que le globe terrestre tourne à l'intérieur d'une "coque" d'eau de mer déformée par l'attraction lunaire.</p> <p>Par rapport à la plupart des autres énergies naturelles, l'énergie marémotrice présente l'avantage d'être parfaitement prédictible : en un point donné, l'énergie disponible ne dépend que de la position relative des astres et de la Terre.</p>
<p><b>Houlomoteur</b></p> 	<p>Cette technologie s'apparente à un dispositif mécanique qui utilise le mouvement des vagues - la houle - pour articuler un ensemble de cylindres et produire de l'électricité via un vérin hydraulique et une turbine.</p> <p>L'intérêt de l'énergie houlomotrice repose sur sa simplicité d'installation ne nécessitant pas de fondation.</p>

Figure 60: Panorama des technologies d'exploitation des EMR | <http://energies-marines.bretagne.fr/>

La figure suivante présente les énergies marines renouvelables en Bretagne :

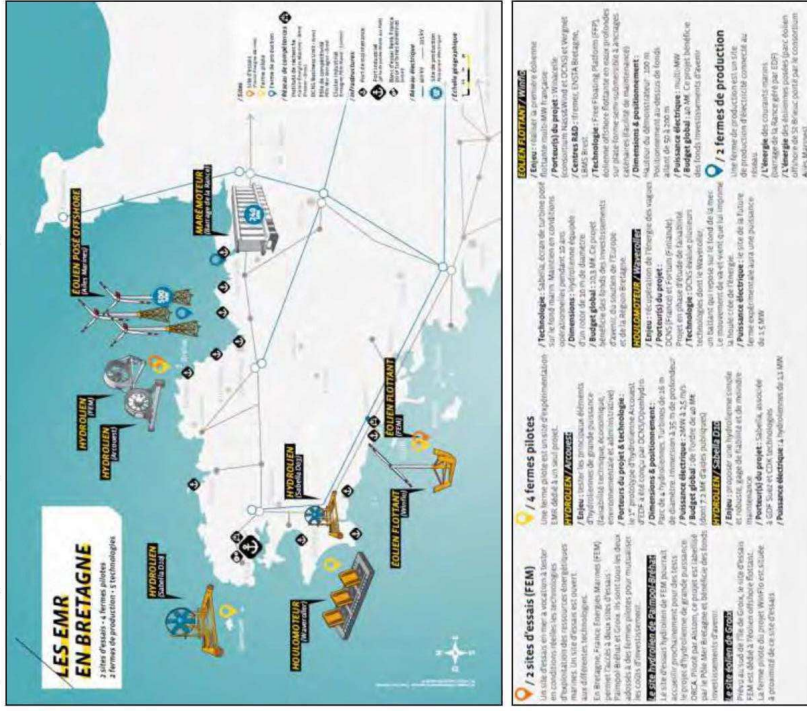


Figure 41: Carte des EMR en Bretagne (Bretagne développement Innovation)

## 17.9. FICHE Réglementation pour l'installation d'une petite centrale hydroélectrique

### 17.9.1. Droit d'eau

Avant d'engager des démarches pour une petite centrale hydroélectrique, il est nécessaire d'être détenteur du droit d'eau.

- Droit fondé en titre

Un droit d'usage de l'eau exomère d'une demande d'autorisation ou de renouvellement. Sur les cours d'eau domaniaux (appartenant à l'Etat) ce droit doit être acquis avant l'édit royal de Moulins de 1566. Sur les cours d'eau non domaniaux, ce droit doit être acquis avant l'abandon du régime féodal, le 4 août 1789. Il est impératif d'être en mesure d'apporter la preuve de ce droit !

- Absence de droit

Il est nécessaire de formuler une demande pour produire de l'électricité. L'installation d'une petite centrale hydroélectrique est soumise à la loi du 16 octobre 1919 relative à l'énergie hydraulique. Selon la réglementation en vigueur, une petite centrale hydroélectrique dont la puissance maximale brute est inférieure à 4 500 kW nécessite une autorisation délivrée en préfecture. Cette autorisation est renouvelable une seule fois pour 30 ans.

Les projets de plus de 4 500 kW nécessitent une concession délivrée par le Conseil d'Etat. Le concessionnaire doit présenter sa demande de renouvellement onze ans au moins avant l'expiration de la concession.

### 17.9.2. Droit de l'environnement

L'installation d'une petite centrale hydroélectrique est soumise au respect de la législation sur l'eau détaillée dans le code de l'environnement et la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006

- Une étude d'impact est nécessaire pour les centrales supérieures à 500 kW,
- Il est nécessaire de maintenir un débit minimum de 10% du débit moyen annuel pour la vie et la circulation des poissons,
- Il existe des contraintes potentielles liées aux zones Natura 2000, non présente sur le site, ou au (projet de) classement projeté ou en cours sur la rivière, ou à d'éventuelles servitudes.

### 17.9.3. Enquête publique

Une enquête publique est demandée pour les installations dont la puissance sera supérieure à 500 kW.

### 17.9.4. Raccordement au réseau

Un dossier est à déposer en préfecture au titre de la demande de raccordement. La Loi du 10 février 2000 et ses arrêtés sur l'obligation d'achat pour centrale d'une puissance maximale brute inférieure à 12 MW, oblige EDF, ou les Entreprises Locales de Distributions (ELD) appelée également Distributeurs Non Nationalisés, à acheter l'électricité produite par certaines installations de production raccordées au réseau dont l'Etat souhaite encourager le développement.

## 17.10. FICHE Bois énergie : solutions individuelles

Par biomasse, nous entendons dans cette étude l'ensemble de la filière « bois énergie ».

L'utilisation du bois dans les logements individuels ou intermédiaires se développe assez fortement depuis quelques années. Les solutions disponibles permettent généralement de chauffer l'ensemble du logement avec un système simple et performant.



Celui-ci pourrait être de quatre types :

Type	Avantages	Inconvénients	Remarque
Foyer fermé	Facilité d'installation Alimentation à partir de bûches Possibilité de récupération de chaleur pour l'éclairage Rendement moyen	Faible autonomie Impossibilité de régler finement la diffusion de chaleur Temps d'entretien moyen	Pas de dispositif de chauffage central
Poêle à bois bûche	Facilité d'installation Alimentation à partir de bûches Coût de la bûche	Faible autonomie Impossibilité de régler la diffusion de chaleur Rendement supérieur à celui du foyer fermé Temps d'entretien important Bruit généré (parfois) Coût du granulé Nécessite un branchement électrique	Pas de dispositif de chauffage central
Poêle à granulés	Autonomie pouvant être importante Possibilité de régulation Bûche en format sac ou vrac Temps d'entretien limité	Faible autonomie Impossibilité de régler finement la diffusion de chaleur Temps d'entretien important Bruit généré (parfois) Coût du granulé Nécessite un branchement électrique	Pas de dispositif de chauffage central
Chaudière granulés	Automatisation équivalente à une chaudière fioul ou gaz Rendement très bon Autonomie très importante Temps d'entretien limité	Installation nécessitant une chaudière et de l'espace de stockage Coût de la chaudière au regard de besoins faibles en BBC	Chauffage central, couplage possible avec du solaire Vigilance sur la puissance à installer

Toutes ces solutions sont envisageables.

En maison individuelle, les systèmes de chauffage divisé type poêles, ou foyer fermé sont très bien adaptés : le logement doit être conçu de manière à ce que la chaleur puisse facilement desservir toutes les pièces. Les particuliers feront leur choix en fonction de leurs volontés de passer du temps à la manipulation du bois bûche et du débardage. L'automatisation des poêles à granulés permet d'améliorer le niveau de confort des usagers en limitant la manutention et en offrant la possibilité de programmer des plages de chauffage.

Les chaudières à granulés sont adaptées en maison individuelle à condition :

- d'avoir de la place pour la chaudière : chaudière+silos de stockage, environ 10 m<sup>2</sup> ;
- d'installer un système de chauffage central ;
- d'adapter la puissance à installer aux besoins de la maison.

En effet, la réglementation thermique 2012 imposera un standard BBC en termes de besoins : le coût d'un système de chauffage central pourra apparaître trop important au vu de faibles besoins en chaleur. La puissance nécessaire sera elle aussi assez faible, il est donc important que les chaudières installées présentent des petites puissances (4-8-10 kW). C'est dans cette optique que de plus en plus de constructeurs se penchent sur des matériels de faible puissance adaptés aux maisons performantes.

## 17.11. FICHE Bois énergie : solutions collectives

Comme pour le chauffage collectif au fioul ou au gaz, il est possible d'installer une chaudière granulés pour desservir des logements collectifs. Il s'agit de réaliser une chaudière collective qui dessert les logements avec comptage de chaleur ou non (tout dépend des modalités de gestion du bâtiment) : une étude de faisabilité peut être imposée pour préciser l'intérêt de cette solution dans les logements collectifs.

Il est dans ce cas nécessaire de prévoir une chaudière dédiée avec un silo de stockage dimensionné en fonction des besoins, un accès pour le camion de livraison. En termes de maintenance, le contrat de maintenance doit prévoir le passage régulier d'un agent pour le débardage et l'entretien annuel de la chaudière. La valorisation des cendres doit également être prévue.

### 17.11.1. Principe de fonctionnement des chaudières automatiques

Les chaudières automatiques à bois sont des générateurs de chaleur qui sont très différents des chaudières bûches traditionnelles. Elles utilisent du bois déchiqueté (ou des granulés de bois).

Le combustible est convoyé automatiquement dans le foyer grâce à un système de convoyage (vis sans fin ou tapis convoyeur), ce qui supprime complètement les manipulations quotidiennes de bois nécessaires avec une chaudière à bûches. La combustion est complètement maîtrisée grâce à la maîtrise des arrivées d'air comburant et de la quantité de combustible apportée au foyer. Le rendement atteint 80 à 90% ce qui a plusieurs conséquences : températures de fumées très basses (110°C), cendres très fines produites en faible quantité (1 à 2% en volume), peu de dégagements de poussières et de produits de combustion incomplète dans les fumées.

Le bois est stocké dans un silo attenant à la chaudière, dimensionné en fonction de la consommation prévisionnelle de l'installation.

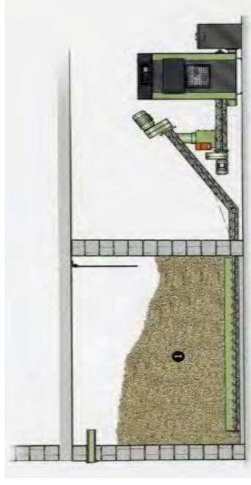


Schéma de principe d'une chaudière bois.

### 17.11.2. Combustible

#### A Origine du bois

Le bois déchiqueté consommé par les chaudières bretonnes peut être d'origine industrielle ou agricole.

Le bois déchiqueté d'origine industrielle provient :

- de DIB<sup>2</sup> ;
- de bois

Ces différentes et calibrées sur des conditionnement qui assurent l'approvisionnement des chaufferies.



palettes ou cageots en fin de vie d'éclaircies forestières

ressources sont regroupées, mélangées et stockées sur des plateformes de stockage et de

Le bois déchiqueté d'origine agricole provient de la valorisation des branchages issus de l'entretien des haies et des talus : il est produit et vendu par des groupes d'agriculteurs structurés localement.

Les **granulés de bois** sont fabriqués avec de la sciure issue de l'industrie du bois : ces sciures sont transformées en granulés par pressage si elles sont sèches, 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.

#### 17.11.2.1) Conditions de production et de stockage

Quelle que soit l'origine du bois, le maître d'ouvrage devra être vigilant sur les caractéristiques techniques suivantes :

- **granulométrie** maximale tolérée par la chaudière ;
- **taux d'humidité** maximum toléré par la chaudière ;
- **taux de poussières** (ou taux de « fines ») ;
- **absence de terre ou de sable** (produit du mûchefer dans la chaudière) ;
- **absence de corps étrangers** (morceaux de métal, plastique ou autres d'origines diverses).

Ces caractéristiques étant variables en fonction des gammes de puissance et des constructeurs de chaudière, le maître d'ouvrage devra exiger un **engagement du fournisseur** sur la base de la qualité du bois préconisée par le constructeur de la chaudière.

Une attention particulière devra être portée à la **production de bois d'origine agricole** :

- **Chantier de déchiquetage** : éviter le déchiquetage de branches terreuses. La terre reste dans le bois déchiqueté et provoque la production de mûchefer. De la même manière, le déchiquetage de branches vertes avec feuilles provoque au séchage la production de poussière en grande quantité. Il est donc préférable de déchiqueter du bois d'hiver, sans feuilles ; ou de laisser sécher les feuilles avant le chantier de déchiquetage en cas d'abatage estival obligatoire (prairies humides).
- **Stockage du bois** : le bois déchiqueté doit être stocké sur dalle, sous hangar couvert et aéré, au moins 6 mois après déchiquetage, pour permettre le séchage. L'aération du hangar ne nécessite pas forcément de ventilation mécanique : des ouvertures latérales ou zénithales doivent permettre l'évacuation de la vapeur d'eau produite par la fermentation du bois.
- **Corps étrangers** : le lieu de stockage et la manutention du bois doivent permettre de limiter au maximum l'introduction accidentelle de corps étrangers (outils, pièces métalliques, ficelles etc.) susceptibles de bloquer les vis de convoyage du bois dans la chaudière.

<sup>2</sup> DIB : déchets industriels banals

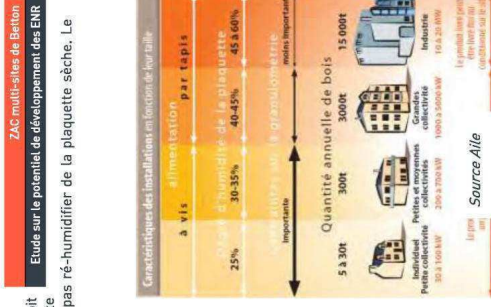
**gestion des stocks** : le bois déchiqueté en hiver doit sécher 6 mois à 1 an. La production de l'année suivante devra donc être stockée séparément de manière à ne pas ré-humidifier de la plaquette sèche. Le hangar devra se prêter à ce type de gestion des stocks.

#### 17.11.3. Gamme de puissance

La gamme de puissance couverte par les chaudières automatiques est très étendue : de 20 kW (chauffage d'une maison), à plusieurs MW pour les usages industriels.

A chaque gamme de puissance correspond un système de convoyage de bois déchiqueté. Plus la puissance augmente, plus la granulométrie du bois peut être grossière et plus le taux d'humidité acceptable est élevé.

Le granulé est plus adapté aux chaudières de petites à moyennes puissances : de 8 kW à 300 kW lorsque plusieurs chaudières sont installées « en cascade ».



#### 17.11.4. Chaudières bois et qualité de l'air

Une note de synthèse ADEME-MEEDDAT "Le bois-énergie et la qualité de l'air" a été rendue publique en mars 2009.

##### Principaux enseignements :

- 1-le bois énergie contribue pour une très faible part aux émissions nationales de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) (2% environ) et contribue à hauteur de 10% environ aux émissions de dioxines et de poussières totales ;
  - 2-le bois énergie contribue de manière significative aux émissions nationales de :
    - composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) : 22%,
    - de monoxyde de carbone (CO) : 31%,
    - d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (77% pour la somme des 4 HAP),
    - de particules : 27% pour les PM10 et 40% pour particules les plus fines (PM2,5).
- En résumé, le bois-énergie ne constitue pas actuellement au niveau national et en termes de bilan d'émissions, une source majeure de pollution par le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les dioxines. Par contre sa contribution, en l'état actuel des technologies ou des pratiques, est notable vis-à-vis des poussières fines, des composés organiques volatils, du monoxyde de carbone, et des hydrocarbures aromatiques polycycliques, et en raison surtout de la combustion du bois en maison individuelle dans de mauvaises conditions.

Le secteur domestique est responsable en grande partie des émissions de polluants atmosphériques liés à la combustion du bois :

- 81% du bois consommé en France l'est par le secteur domestique ;

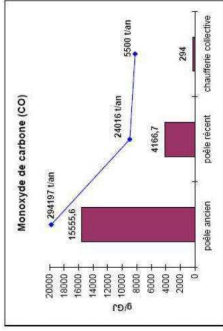
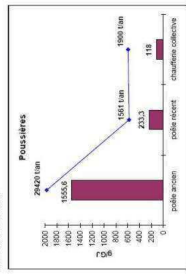
**H3C** Le service  
 d'évaluation  
 énergétique

**ENERGIES** combustible utilisé est de qualité très variable ce qui impact considérablement la qualité de la combustion ;

- Le parc d'appareils de chauffage au bois est ancien et la combustion y est mal maîtrisée.

Les graphiques suivants (source note Ademe-MEEDDAT, 2009) illustrent les différences d'émissions de polluants entre des appareils anciens, des appareils récents et des chaudières collectives, par unité d'énergie produite (pour 1 GJoule produit).

Comme le montre la figure 4, pour une même quantité d'énergie produite, les polluants émis sont 20 fois plus par les chaudières collectives à bois que la moyenne des appareils pour les autres appareils. Les émissions de polluants sont 10 fois plus élevées par les appareils anciens que par les appareils récents pour un même volume d'énergie produite.



Ainsi, la combustion du bois dans des appareils neufs et *a fortiori* dans des chaudières automatiques permet de réduire considérablement l'impact de la combustion sur la qualité de l'air.

**Principe d'implantation du silo**

L'un des points clés de la réussite d'une installation de chaudière bois est l'implantation du silo d'approvisionnement en bois. Ce silo doit être facilement accessible pour les livraisons de combustible : il doit permettre un remplissage aisé au moment de la livraison et dimensionné pour assurer une autonomie suffisante en chauffage.

La chaudière pourra être installée au même niveau que le silo. Si ce n'est pas le cas, un système de convoyage spécifique devra être prévu pour amener le combustible au niveau du corps de chauffe.

**Silo pour bois déchiqueté**

La livraison de bois déchiqueté en vrac s'effectue grâce à des camions de livraison ou des atelages tracteurs remorque : ce type de livraison par bannage nécessite une réflexion en amont sur l'accès à la parcelle et les manœuvres réalisables sur le site (rayon de courbure du véhicule).



Livraison par camion benne (source Ailet)



Livraison par tracteur+remorque agricole (source Ailet)

**H3C** Le service  
 d'évaluation  
 énergétique

**ENERGIES** Présenté un dénivelé naturel, le silo pourra être conçu en aérien ou semi-enterré afin de limiter les frais de génie civil.

Dans le cas contraire, un silo enterré est incontournable (sauf dans le cas de chaudières de grosse puissance avec désilage par échelles carrossables).

Les silos doivent être étanchés à l'eau et disposer d'un système d'aération du bois, souvent raccordé à la chaudière

Le dispositif de fermeture du silo peut prendre plusieurs formes : trappes carrossables, trappe coulissante latéralement, trappe à ouverture verticale. Dans tous les cas, le dispositif devra être adapté aux dimensions du véhicule de livraison des plaquettes, et assurer la sécurité des intervenants autour de la livraison ainsi que l'étanchéité du silo.



Trappe coulissante



Trappe sur vérins hydrauliques (source ComptelR)



Trappe coulissante latéralement

**Silo pour granulés**

L'approvisionnement en granulés étant plus simple à assurer que l'approvisionnement en plaquettes, la conception des silos est plus facile. La livraison du granulé est réalisée par camion souffleur. Cet approvisionnement se fait en aérien grâce à l'utilisation d'un tuyau flexible de soufflage, raccordé au silo par un raccord pompier. De fait, la chaudière et le silo peuvent être :

- de plain-pied avec raccord pompier à hauteur accessible ;
- en sous-sol, avec raccord pompier rapporté au niveau du Rdc.



Pièce de réserve avec alimentation par vis (sources ÖtiefEN)



Livraison par camion souffleur

### 17.12.1. Définition

Un réseau de chaleur est un ensemble d'installations qui produisent et distribuent de la chaleur à plusieurs bâtiments pour répondre aux besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire.

Cette définition technique doit être complétée par une définition juridique qui distingue deux types de réseaux :

- Chaudière dédiée qui utilise un réseau pour distribuer de la chaleur à des bâtiments appartenant au même maître d'ouvrage :

*ex1 : chaudière communale qui dessert les écoles publiques, la mairie, la cantine et la médiathèque.*

- Le producteur de chaleur qui exploite la chaudière est juridiquement distinct des usagers consommateurs de la chaleur (au moins 2 usagers distincts) : c'est le réseau de chaleur au sens juridique.

*ex2 : réseau qui dessert les écoles, le collège, le lycée et son internat, des logements sociaux.*

### 17.12.2. Bouquet énergétique

Les réseaux de chaleur ont l'avantage de pouvoir mettre en œuvre un « bouquet énergétique » en tête de réseau : il est donc possible de mobiliser différentes ressources énergétiques permettant de garantir une stabilité des prix, une sécurité d'approvisionnement et d'assurer une certaine flexibilité (saisonnière notamment).

Les possibilités d'approvisionnement sont décrites dans le tableau suivant, surtout valable pour les « grands » réseaux urbains :

		Définition	Intérêt environnemental
Energies renouvelables et de récupération	Bois énergie	Valorisation par combustion de produits bois	Impact neutre sur l'effet de serre
	Biogaz	Produit à partir de matières organiques ou de digesteurs de stations d'épuration	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
	Chaleur issue de cogénération	Production simultanée de chaleur et d'électricité	Amélioration du rendement et réduction des émissions de CO <sub>2</sub> par rapport à la production dissociée
	Géothermie profonde	Exploitations d'aquifères profonds, adaptée à de grosses installations, concentrées aujourd'hui dans le Bassin Parisien	Récupération de chaleur
	Usines d'incinération des ordures ménagères (UOIM)	Valorisation de la chaleur produite par la combustion des déchets	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
Energies fossiles	Valorisation de chaleur produite par un site, un processus non valorisé sur le site	Utilisation d'une ressource existante	
	Énergie fossile	Énergies fossiles valorisées par combustion	Aucun en dehors de la cogénération Impact fort sur l'effet de serre

Les avantages des réseaux de chaleur sont de plusieurs types et résumés dans le tableau suivant :

<b>Environnementaux</b>	Réduction des émissions de polluants par la plus grande maîtrise de la combustion de systèmes centralisés et performants. Mobilisation des énergies renouvelables et notamment la biomasse : réduction de l'utilisation d'énergies fossiles et donc des émissions de gaz à effet de serre.
<b>Optimisation énergétique</b>	Les réseaux permettent d'utiliser de la chaleur non valorisée et optimisent donc le bilan énergétique de sites.
<b>Service aux usagers</b>	Distribution d'une chaleur dont le prix et la disponibilité sont attractifs par rapport à des systèmes indépendants peu maîtrisés ; exploitation centralisée indépendante des usagers.
<b>Aménagement urbain</b>	Dans le cadre d'aménagements de nouveaux quartiers ou de réhabilitations de quartiers existants, ce type d'installation apparaît comme un outil pertinent face à l'augmentation des prix des énergies fossiles et à la nécessaire démarche d'optimisation énergétique des territoires pour réduire l'impact environnemental et la dépendance liée aux énergies fossiles.

Figure 62 : Avantages des réseaux de chaleur

Les principales difficultés relèvent :

- de l'investissement : un investissement spécifique au réseau, à la chaudière et au stockage du combustible ;
- de la difficulté de dimensionnement, notamment lié au phasage d'opérations de construction.

### 17.12.3. Valorisation des réseaux de chaleur ENR dans la RT 2012

La RT 2012 valorise les réseaux de chaleur vertueux c'est-à-dire, entre autres, émettant peu de CO<sub>2</sub> par kWh distribué. Ces réseaux doivent pour ce faire mobiliser des énergies renouvelables et de récupération dans leur mix énergétique.

Le tableau suivant présente les coefficients applicables pour moduler le Cepmax en fonction du contenu CO<sub>2</sub> du réseau, dans le cas de bâtiments raccordés à un réseau de chaleur :

Contenu CO <sub>2</sub> du réseau en g/kWh	<50	Entre 50 et 100	Entre 100 et 150	> 150
<b>Modulation du Cepmax</b>	+30%	+20%	+10%	0%

Figure 63 : Modulations applicables au Cepmax en fonction du contenu CO<sub>2</sub> du réseau.

La conséquence directe est une modulation favorable de la limite haute de consommation d'énergie primaire pour les bâtiments raccordés à un réseau. Le tableau suivant présente un exemple de modulation :



**Etude sur le potentiel de développement des ENR**  
 ZAC multi-sites de Belton

Cep max modulé en fonction du contenu CO<sub>2</sub> du réseau de chaleur

	Cepmax avec bois énergie	<50 g/kWh	Entre 50 et 100 g/kWh	Entre 100 et 150 g/kWh	>150 g/kWh
Bretagne	55	70	65	60	55
Maisons individuelles	55	70	65	60	55
Logements collectifs jusqu'au 31/12/2014	63.25	80.5	74.75	69	63.25

Figure 64 : Impact de la modulation du Cep max pour un bâtiment.



ANNEXE 5 : Etude de trafic, ZAC Multisite de Saint-Gilles, Rapport Version 3, 31/01/2022



# ETUDE DE TRAFIC

# ZAC MULTI-SITES DE SAINT-GILLES

Rapport  
Version 3



# SOMMAIRE DU RAPPORT

- Objet de l'étude
- Situation actuelle
- Situation projet 2031
- Étude de l'échangeur Est
- Préconisations & synthèse
- Annexes



Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

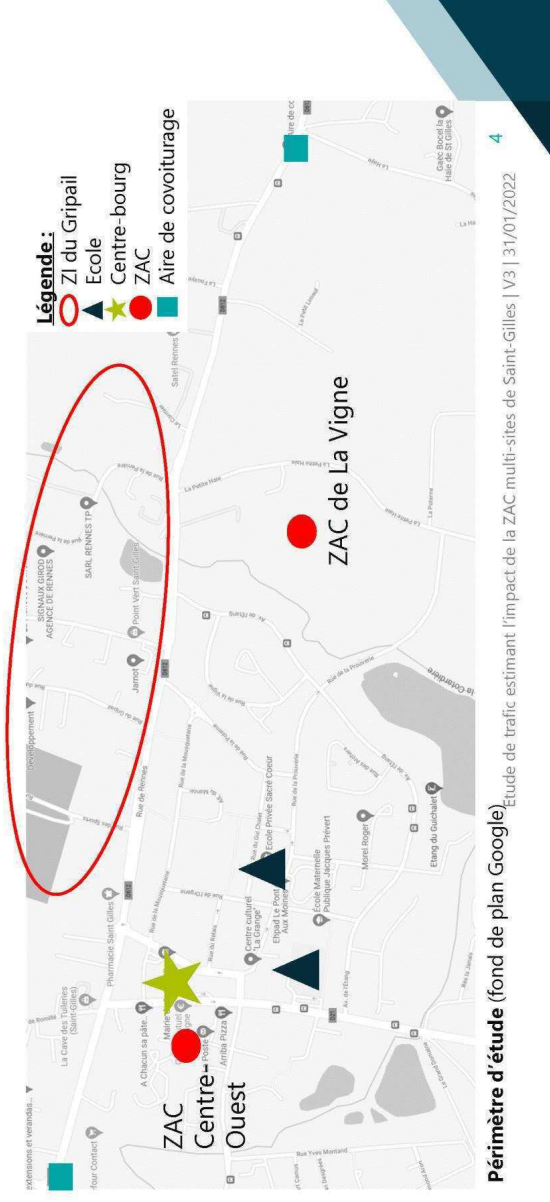
2



# OBJET DE L'ÉTUDE

# PRÉSENTATION DU PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE

- Ce document présente l'étude de trafic du projet de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles.
- Saint-Gilles :
  - 5177 habitants au 1<sup>er</sup> janvier 2021 ;
  - ZI du Gripail ;
  - 2 écoles publiques (maternelle et élémentaire) et 1 école privée pour environ 700 élèves ;
  - Centre-bourg ;
- Projet de ZAC multi-sites :
  - ZAC Centre-Ouest ;
  - ZAC de La Vigne.



Périmètre d'étude (fond de plan Google) | Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

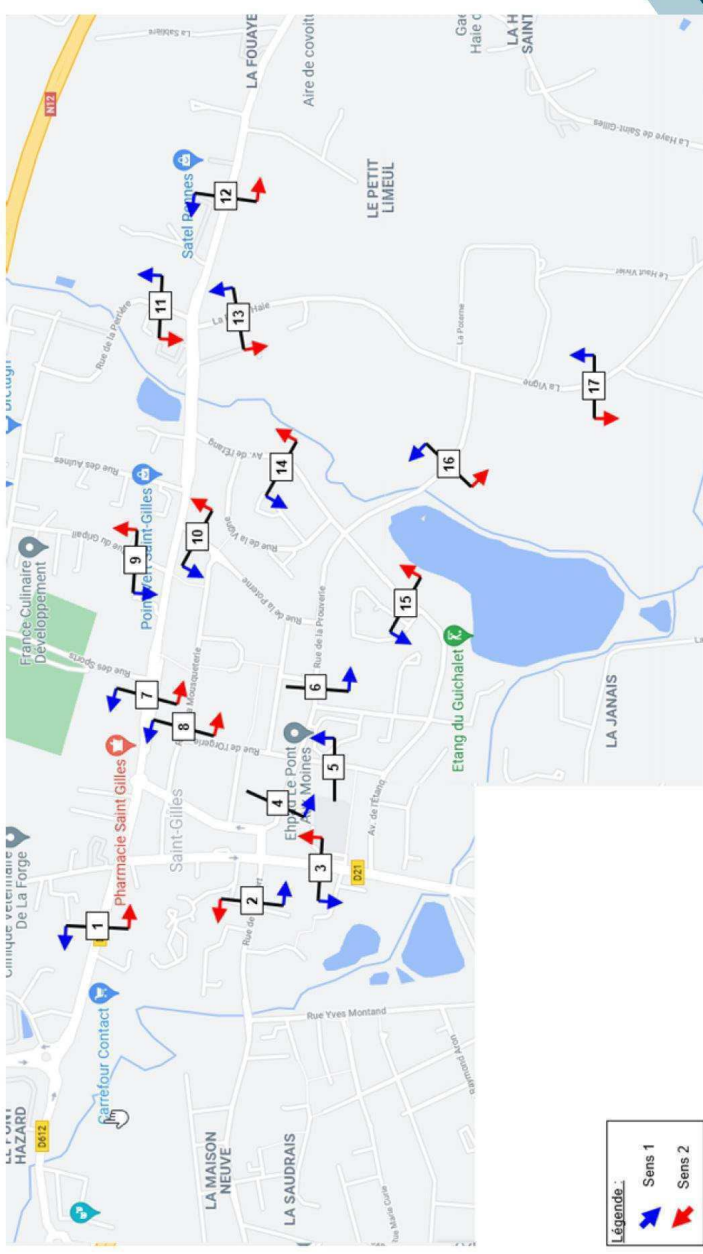


# SITUATION ACTUELLE

Bourg de Saint-Gilles

# CAMPAGNE DE COMPTAGES

- Comptages réalisés sur la semaine du 29 septembre au 5 octobre 2021 ;
- Flux augmentés de +10% sur Saint-Gilles pour prendre en compte le contexte sanitaire.



Plan de comptages (fond de plan © Google Maps)

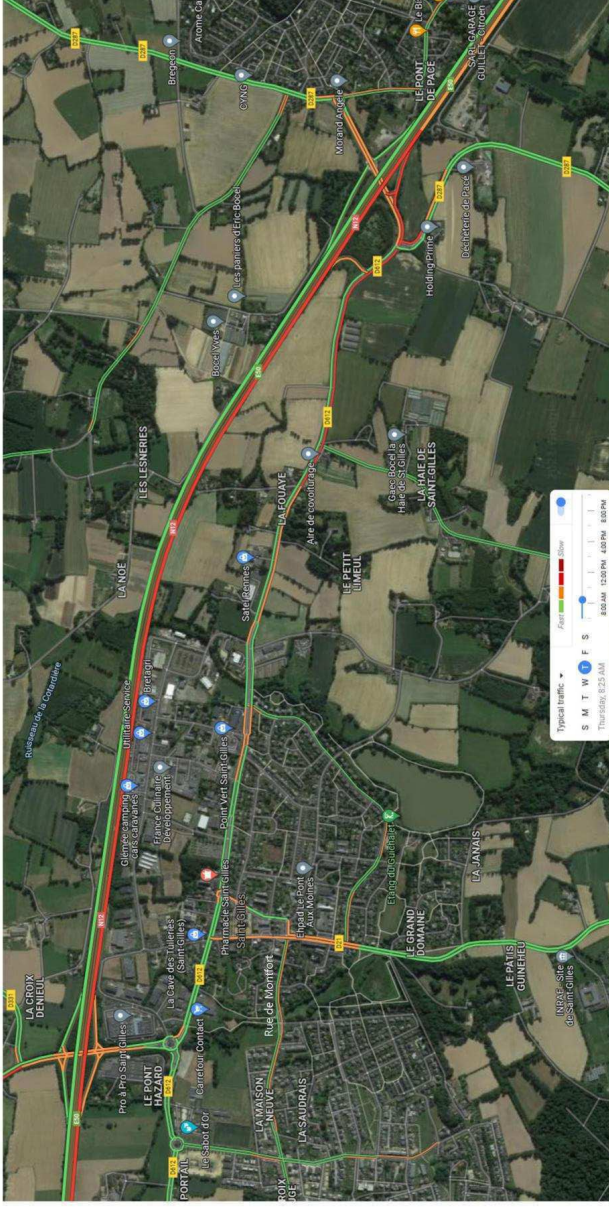
Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022



# CONDITIONS DE CIRCULATION

## HPM

- En heure de pointe du matin, la RN 12 est saturée vers Rennes. Son accès est difficile depuis Saint-Gilles, avec des remontées de files qui atteignent l'aire de covoiturage ;
- Dans le bourg de Saint-Gilles, la circulation est dense sur la RD21 et la rue de Montfort.



Traficor Google HPM (jeudi typique à 8h25)



Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

# FLUX ACTUELS

## HPM

- Dans le bourg de Saint-Gilles, les flux les plus importants se trouvent sur la rue de Rennes vers l'Est (jusqu'à 610 uvp/h) ;
- Les rues de Montfort et du Parc accueillent jusqu'à 300 uvp/h dans le sens sortant ;
- Les accès à la ZI du Gripail par les rues de la Perrière et du Gripail accueillent des flux entrants qui ne dépassent pas la soixantaine de véhicules par sens.



Moyenne des flux du mardi et du jeudi à l'HPM (8h à 9h) en UVP (fond de plan © Contributeurs de OpenStreetMap)



Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

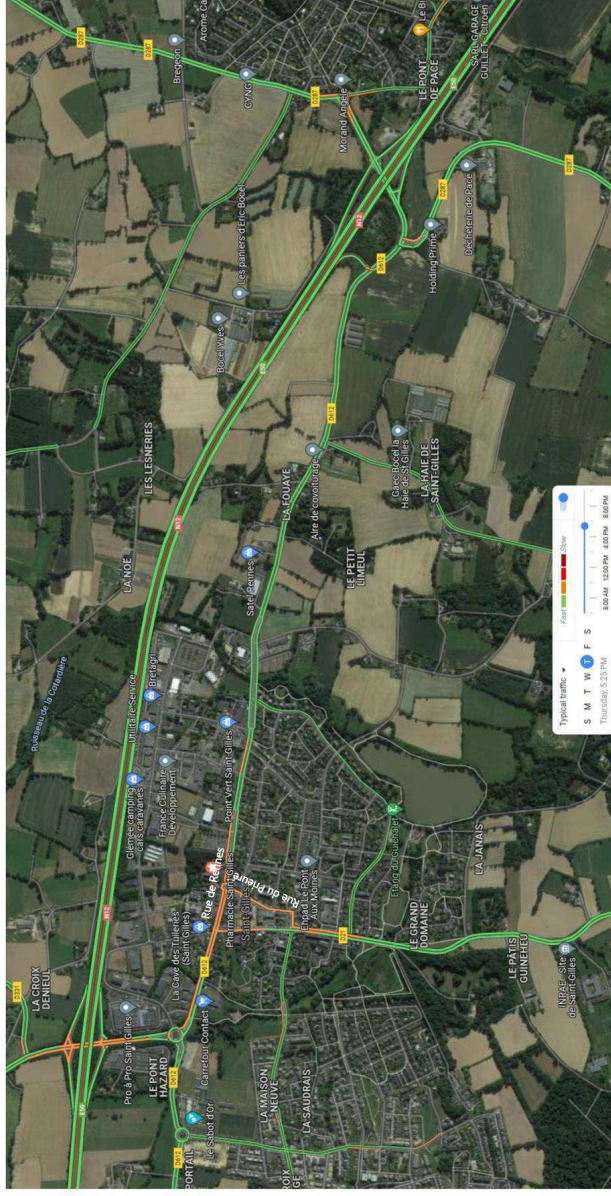
8



# CONDITIONS DE CIRCULATION

## HPS

- En heure de pointe du soir, la circulation sur la RN12 est fluide ;
- Dans le bourg de Saint-Gilles, la circulation est dense sur la RD21, la rue du Prieuré et la rue de Rennes.



Traficor Google HPS (jeudi typique à 17h25)



Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

# FLUX ACTUELS

## HPS

- De manière générale, les flux sont moins importants à l'HPS qu'à l'HPM ;
- Dans le bourg de Saint-Gilles, les flux les plus importants se trouvent sur la rue de Rennes (jusqu'à 430 uvp/h vers l'Ouest et 300 uvp/h vers l'Est) ;
- La rue du Parc, devant l'école, accueille 230 uvp/h vers le Nord et 135 vers le Sud ;
- Les accès à la ZI du Gripail par les rues de la Perrière et du Gripail accueillent des flux qui ne dépassent pas la cinquantaine de véhicules par sens.



Moyenne des flux du mardi et du jeudi à l'HPM (17h à 18h) en UVP (fond de plan © Contributeurs de OpenStreetMap)



Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

# FLUX ACTUELS

## TMJA

- Les trafics journaliers indiquent que l'axe prépondérant de la commune de Saint-Gilles est la rue de Rennes (plus de 6700 uvp/jour deux sens confondus) ;
- Les autres axes structurants sont la rue du Parc (3300 uvp/jour deux sens confondus) et la rue de Montfort (3100 uvp/jour deux sens confondus) ;
- En comparaison avec l'étude de 2015, les flux ont de manière générale subi une hausse d'environ 15% (comparable à la croissance de la population sur la même période).



Moyenne des flux du mardi et du jeudi en TMJA en UVP (fond de plan © Contributeurs de OpenStreetMap)

Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

## STATIONNEMENT

- Présence d'une zone bleue sur le centre-bourg ;
- Offre et besoins actuels en stationnement :
  - On dénombre environ 930 places de stationnement public sur le périmètre d'étude ;
- Lors de la visite terrain, des taux d'occupation variables observés, et une offre de stationnement adaptée en journée ;
  - Saturé sur le parking de l'école à l'heure de sortie des classes ou sur le parking du cabinet médical notamment ;
  - Elevés (plus de 75%) sur la rue de Saint-Brieuc et la rue du Prieuré ;
  - Moyens (environ 50%) à élevés sur les espaces de stationnement résidentiels au Nord de la rue de Montfort, sur les parkings de l'église et du marché, sur la rue du Pont aux Moines et quelques emplacements au cœur de lotissements ;
  - Moyens à faibles sur le reste de la commune ;
  - Quelques véhicules garés hors des emplacements prévus ;
- Stationnement résidents :
  - Estimation d'un déficit d'une centaine de places sur le centre-bourg (étude 2016, avant mise en place de la zone bleue), une cinquantaine de places de stationnement déjà créées.



Périmètre de la zone bleue



Stationnement centre-bourg et parking de l'église (visite de terrain)



Périmètre d'étude (fond de plan Google)

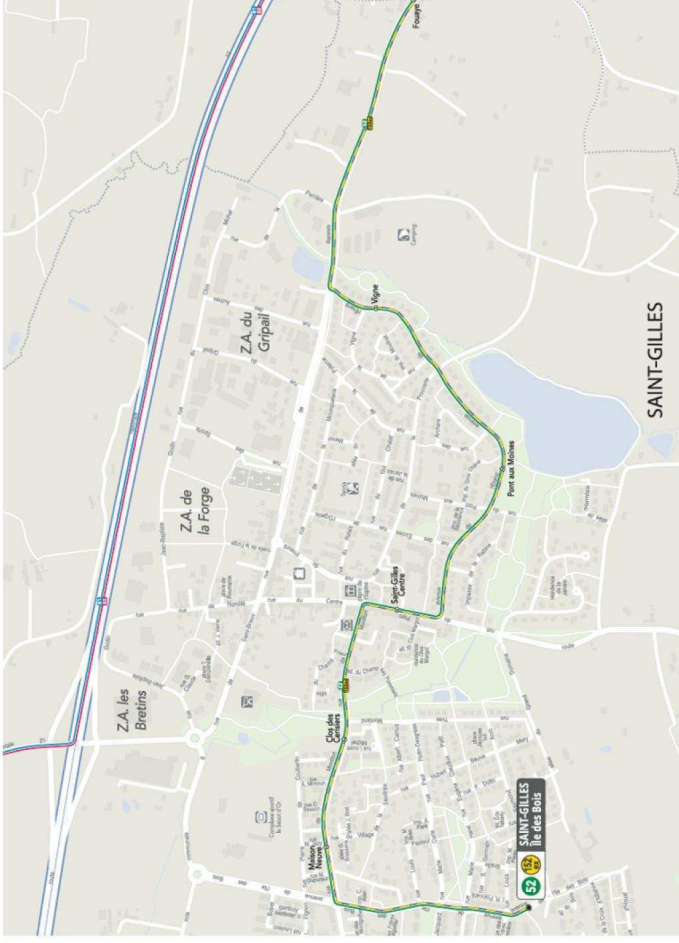


12

Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

## TRANSPORTS EN COMMUN

- Le réseau STAR dessert Saint-Gilles avec notamment la ligne 52/152ex (jusqu'à Rennes Villejean-Université) et des services spéciaux proposés aux élèves.



Plan de secteur : Saint-Gilles (source : STAR)

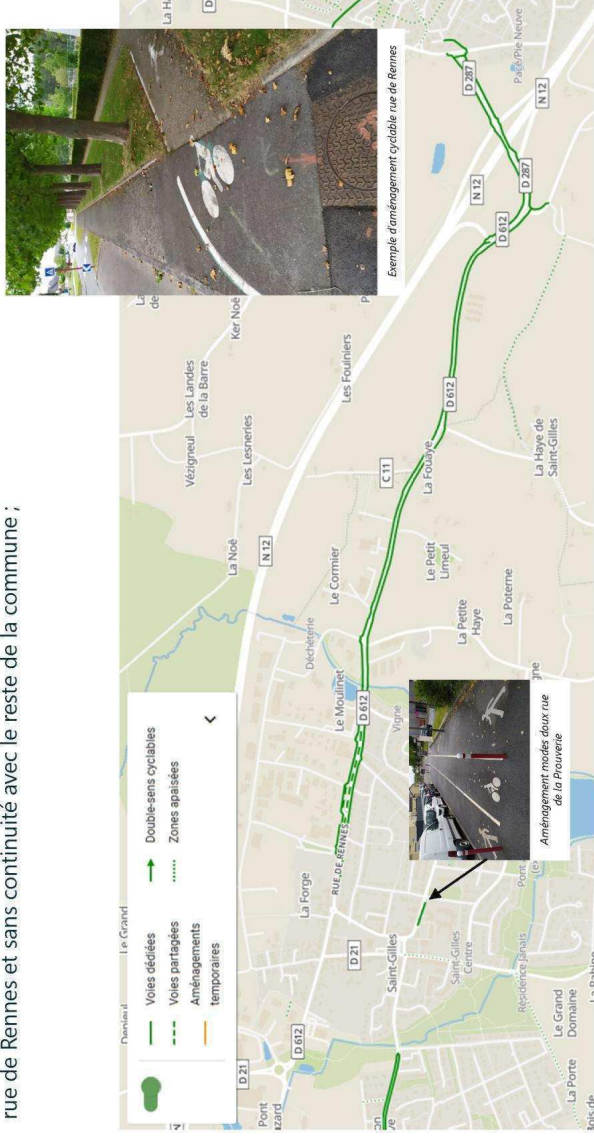


Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

13

## CONTINUITÉS DOUCES

- Des aménagements cyclables existent, mais principalement le long de la rue de Rennes et sans continuité avec le reste de la commune ;



**Aménagements cyclables existants**  
(source : geovelo.fr, fond de plan © Contributeurs de OpenStreetMap, photos visite de terrain)



**Emplacements vélo devant la mairie**  
(source : Google Street View)





# ETUDE DE TRAFIC

Situation projet 2031

# PRÉSENTATION DE LA ZAC

## Secteur Centre-Ouest

89 logements

1 secteur d'équipements (non défini)

- Accès voiture par :
  - La rue de Saint-Brieuc ;
  - La rue de Montfort.



ZAC secteur Centre-Ouest

Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

16



# PRÉSENTATION DE LA ZAC

## Secteur de La Vigne

520 logements

1 secteur d'équipements (non défini)

- Accès voiture par :
  - La rue de Rennes ;
  - La rue de la Prouverie ;
  - La Vigne.



### ZAC secteur de La Vigne

Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

# PRÉSENTATION DE LA ZAC

**Un projet qui s'inscrit dans la tendance de développement linéaire de la commune de Saint-Gilles, sans évolution brutale :**

- Evolution annuelle de la population de Saint-Gilles entre 2015 et 2021 : +2,6%
- Evolution globale des flux TMJO entre 2015 et l'actuel : environ +2,4%
- Evolution de la population de Saint-Gilles due à la ZAC multi-sites : +29% soit +2,6% annuel sur 10 ans
- **Soit des prévisions d'évolution de flux et de population comparables aux évolutions de ces dernières années.**



Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022

18



# ETUDE DE TRAFIC

## Volumes générés

- Les flux générés par la ZAC sont estimés sur la base de ratios de génération standards et d'une analyse de l'EMC2, puis sont affectés sur le réseau selon les flux INSEE domicile-travail :
  - Principales hypothèses :
    - ▶ Environ 2,4 personnes / logement (données INSEE 2018), 4 déplacements quotidiens par habitant (données EMD), part modale VP estimée à environ 70% ;
    - ▶ Répartition des origines/destinations de chacun des flux générés par la ZAC selon les flux INSEE domicile-travail (cf figure 2) ;
    - ▶ Affectation sur le réseau routier selon le temps de trajet estimé le plus court.
- Les flux tiennent compte de l'atteinte, ou non, des objectifs du PDU de Rennes Métropole :
  - Un développement des modes alternatifs (vélo, TC et marche) ;
  - Une baisse d'usage de l'automobile de -18% :
    - ▶ Part modale automobile passant de 48,5% à 40%.
- On estime que la ZAC va générer :
  - 370 uvp/h en HPM sans atteinte des objectifs du PDU ;
  - 365 uvp/h en HPS sans atteinte des objectifs du PDU ;
  - 300 uvp/h en HPM et en HPS si les objectifs du PDU sont atteints ;
  - Soit entre 0,5 et 0,6 véh/h/logement à l'heure de pointe seulement.



En première approche, le projet revient à faire croître la population de la commune de +29%, ainsi la hausse de trafic sur les différentes voies devrait être comprise entre +6% et +29% selon les niveaux d'atteinte des objectifs du PDU.

	HPM		HPS	
	émis	attiré	émis	attiré
ZAC Centre Ouest	50	20	25	40
ZAC de La Vigne	235	65	105	195

### Flux émis et attirés par la ZAC multi-sites sans atteintes des objectifs du PDU

Commune du lieu de travail	Flux journalier
Rennes	820
Saint-Gilles	320
Parcé	100
Cesson-Sévigné	90
Saint-Jacques-de-la-Lande	80
Saint-Grégoire	75
L'Hermitage	60
Montfort-sur-Meu	60
Le Rheu	60
Bruz	50

### Principaux lieux de travail des habitants de Saint-Gilles (source flux domicile-travail INSEE)