

## 12.3. Quelques préconisations

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

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'éclairement 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.

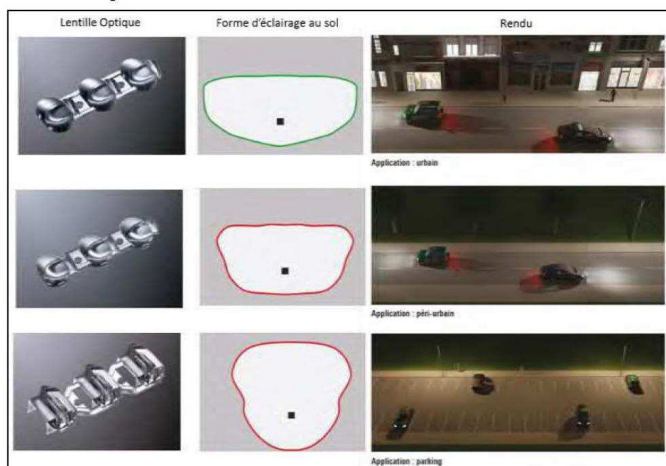


Figure 41: Exemple d'optiques (Source We-ef)

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. Eviter toute émission lumineuse au-dessus de l'horizon (pollution lumineuse).

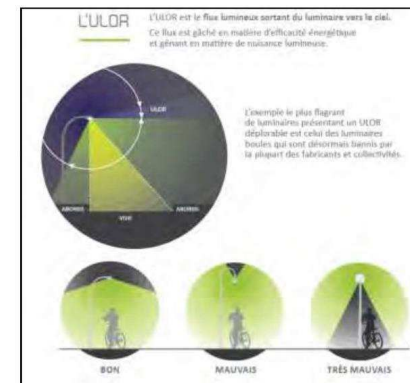


Figure 42: Illustration de l'ULOR (Source: Charte EP SDE35)

### 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 limites 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 mètre de rue et par an).

### 10. Electricité renouvelable

Couvrir avec de l'écocourant 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	148,9698	87,5826

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.clusterlumiere.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 décrit 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
- Implanter 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
Emision CO2 du parc	130	gCO2/km
Consommation moyenne du parc	5,5	l/100km
Résultats		
Km parcours /an	4 452 096	km
Emision CO2	579	Tonnes
Consommation d'énergie MWh	2 228	MWh

Figure 43: 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.  Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (au sens où l'utilisation de solaire « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
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 parfois élevé, notamment sur les lots individuels. Etude spécifique sur les collectifs pour assurer un dimensionnement optimal.	Impact environnemental très faible de cette solution. Peu de consommation énergétique pour son fonctionnement, peu d'impact lié à la production des composants du système, durée de vie importante, proche de la durée de vie du bâtiment.  Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (au sens où l'utilisation de solaire « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
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 de chaleur « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
3- Chaufferie bois collective	Chaufferie collective par bâtiment : fonctionnement et gestion mutualisés. Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz. <u>Modulation du Capmax de la RT 2012</u>	Surface nécessaire pour une chaufferie 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	Solution 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. <u>Modulation du Capmax de la RT 2012</u>	Investissement plus lourd, organisation juridique à mettre en œuvre pour la répartition ou la revente de chaleur. Rentabilité à calculer dans le cadre d'une étude d'approvisionnement 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.

	Rentabilisation par le rachat de l'énergie.	bâtiments au profit de l'investissement en photovoltaïque.	
6- PAC Géothermie	Récupération d'énergie dans le sol	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 Impact négatif sur la pointe de puissance électrique
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 Impact négatif sur la pointe de puissance électrique
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.

Au stade création, le niveau de précision du projet ne permet pas encore de se positionner concrètement sur tous les points. De plus, le projet s'étalera 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 détaille celles mise en place (en vert) ou prévues (en bleu) sur le projet :

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Modalité de suivi
<b>BATIMENTS</b>			
1-Réaliser des Bâtiments économes en énergie	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 Accompagnement de la collectivité par un bureau d'étude spécialisé en énergie
	Plan de composition favorable aux apports solaires : permettant que les ouvertures principales soient orientées au Sud (1/1-20°) et limitant les ombres portées	+	Accompagnement de la collectivité par un bureau d'étude spécialisé en énergie Vérification du plan d'aménagement (nombre de lots orientés Nord-Sud) et cahier des prescriptions
	Définir un niveau de performance énergétique, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> <li>Exigence réglementaire : la RT 2012 l'impose</li> <li>Niveau RT 2012-XX% progressif par phase de l'opération</li> <li>Niveau passif sur les collectifs et intermédiaires</li> <li>Niveau passif sur un lot</li> <li>Niveau passif sur tous les bâtiments collectifs</li> <li>Niveau positif sur un lot</li> </ul>	- - ++ ++ +++	Accompagnement de la collectivité par un bureau d'étude spécialisé en énergie Attestation RT 2012 Etude RT 2012 Etudes spécifiques (PHPP, etc.) Labels (Effinergie, BEPOS, etc.) Réaliser un bilan énergétique conventionnel de la ZAC à partir des études 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 : -pour les maisons individuelles ou accolées (cf RT 2012) -pour les logements collectifs : étude d'approvisionnement en énergie qui devra au minimum étudier la production d'eau chaude solaire centralisée et la production centralisée du chauffage au bois énergie ou -Logements collectifs: imposer une ENR, solaire ou bois. -Développer l'autoconsommation électricité renouvelable -Mettre en place un smart-grid ou réseau intelligent	- - + ++ +++	Vérification à l'instruction du PC Etude de faisabilité Cahier des prescriptions Suivi énergétique (consommation et production)

3-Minimiser les appels de puissance sur le réseau électrique en hiver pour le chauffage	- Informer sur le Pacte électrique breton - Pompes à chaleur autorisées uniquement en relève de chaudière. - Interdire les PAC air/air et air/eau - Chauffage électrique comme solution de chauffage interdit sauf si la consommation conventionnelle en énergie finale est inférieure à 15 kWh/m²/an - Mise en place d'un smart grid	- + ++ +++	Vérification du plan d'aménagement et cahier des prescriptions Vérification à l'instruction du PC
4- Réduire l'énergie grise des matériaux utilisés	- Energie grise: recommander sans imposer ou interdire - Conseiller l'usage de matériaux biosourcés - Interdire l'usage du PVC pour les menuiseries - Imposer l'usage de matériaux biosourcés pour l'isolation/les menuiseries - Imposer un label bas carbone (BBCA, E+C)	- + ++ +++	Vérification du plan d'aménagement et cahier des prescriptions
<b>TRANSPORTS ET VOIRIES</b>			
5-Faciliter l'usage des transports en commun et transport doux	Prévoir des arrêts de bus au cœur ou à proximité immédiate projet, sur les voies principales Prévoir des cheminements doux (piétons et vélos) identifiés, accessibles et en trajets directs pour relier les points entre eux et au centre-ville		Vérification du plan d'aménagement Réalisation ou actualisation d'un plan des déplacements doux à l'échelle de la commune Réalisation d'une enquête sur le mode de transports des habitants du quartier, quelques années après la fin de son aménagement
6-Limiter la circulation des véhicules à moteur dans le nouveau quartier	Concevoir des voies partagées Créer des poches de stationnement regroupées en périphérie.		Vérification du plan d'aménagement
7-Anticiper la transition vers les véhicules électriques	Donner la possibilité d'installation de bornes de recharges pour véhicules électriques : -dans les parkings de stationnements collectifs -sur les ombrières photovoltaïques		Recensement des bornes de recharge Etude sur le taux d'utilisation des bornes
8-Optimiser l'éclairage public	-Réaliser une étude d'éclairage public secteur par secteur en phase réalisation -Faire réaliser une étude de faisabilité éclairage LED -Extinction nocturne de l'éclairage public et pilotage par horloges astronomiques -Favoriser l'éclairage des cheminements piétons plutôt que celui des routes	- + + ++	Bilan énergétique de l'éclairage
<b>ADAPTATION A LA TRANSITION ENERGETIQUE</b>			
9-Accompagner les futurs habitants dans la démarche de sobriété énergétique	Informez les futurs habitants des objectifs fixés sur l'opération au travers de réunions d'information et de supports de communication, en amont de leur acquisition	+	Mise en place d'un plan d'action Compte rendu des actions menées et synthèse à la fin Etc.
10-Créer les conditions d'une conception performante	Informations spécifiques des futurs acquéreurs sur les enjeux énergétiques, les objectifs à atteindre et comment y arriver. Mettre en place de démarches d'accompagnement aux projets individuels et collectifs Accompagner les maîtres d'ouvrage dans leur démarche de conception grâce à un conseil spécifique pendant la conception	+ ++ +++	Mise en place d'un plan d'action Compte rendu des actions menées et synthèse à la fin Etc.

	Réserver un lot à de l'autopromotion performante (logement individuel ou intermédiaire)		
11-Faciliter le financement de la construction performante	Réduire le prix du foncier pour les projets qui s'inscrivent dans une démarche de performance énergétique élevée	+++	
	Participer au financement de l'isolation des bâtiments et/ou de la production locale d'énergie	+++	
	Proposer des aides financières sur des bâtiments passifs. Par exemple, passer des accords avec une banque afin que la faiblesse des charges de chauffage sur un bâtiment passif soit prise en compte pour obtenir une mensualité de remboursement de prêt plus élevée	++++	

## 16. Prescriptions réglementaires

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

Bâtiment concerné	Orientation	Prescriptions de la RT 2012	Détail issu de l'arrêté du 26 octobre 2010
Maisons individuelles et maisons accolées	Recours à une énergie renouvelable obligatoire	Recours au solaire thermique pour la production d'ECS  OU contribution des énergies renouvelables > 5 kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> /an OU raccordement à un réseau de chaleur alimenté à + de 50% par une énergie renouvelable OU recours à une production d'eau chaude sanitaire thermodynamique OU recours à un système de micro-cogénération	Produire l'eau chaude sanitaire à partir d'un système de production d'eau chaude sanitaire solaire thermique [...] Le logement est équipé a minima de 2 m <sup>2</sup> de capteurs solaires permettant d'assurer la production d'eau chaude sanitaire, d'orientation sud et d'inclinaison entre 20° et 60°. OU démontrer que la contribution des énergies renouvelables au Cep du bâtiment [...] est supérieure ou égale à 5 kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> .an.  OU être raccordé à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50 % par une énergie renouvelable ou de récupération ;  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 16147
Maisons individuelles, accolées et bâtiments de logements collectifs	Garantir l'accès à l'éclairage naturel	Garantir une surface de parois vitrées minimale	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

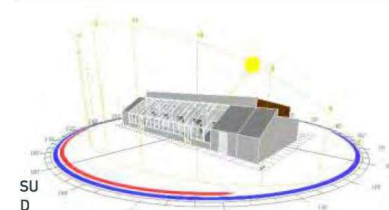
### 17.1. FICHE Energie solaire généralités

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

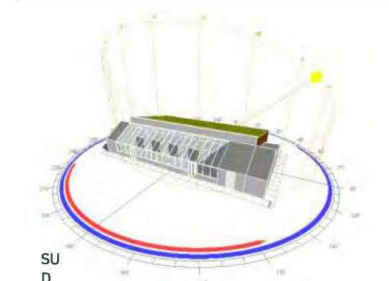
La démarche d'optimisation des apports solaires nécessite la compréhension de la trajectoire du soleil dans le ciel, en fonction des saisons. Les figures suivantes illustrent 3 trajectoires correspondant à l'hiver à la mi-saison et l'été.



**Hiver**  
 Trajectoire courte et basse sur l'horizon. Le soleil se lève au Sud-Est, se couche au sud-ouest



**Mi-saison**  
 Trajectoire longue et plus haute dans le ciel: le soleil se lève à l'Est, se couche à l'Ouest



**Été**  
 Trajectoire longue et très haute dans le ciel: le soleil se lève au Nord-Est, se couche au Nord-Ouest.

#### (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	Orientation	Prescriptions de la RT 2012	Décret n°2011-544 du 18 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 conception	Dépôt d'une attestation au dépôt du permis de construire	Le maître d'ouvrage de tout bâtiment neuf ou de partie nouvelle de bâtiment existant [...] établit [...] un document attestant qu'il a pris en compte ou fait prendre 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 [...] »
	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	À 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 fournit [...] un document attestant la prise en compte par le maître d'œuvre de la réglementation thermique OU « - [...] le maître d'ouvrage fournit [...] 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 concernant la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment 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 [...] » « - pour certains types de bâtiments, de la prescription concernant la température intérieure conventionnelle atteinte en été [...] » « - des 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 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 :

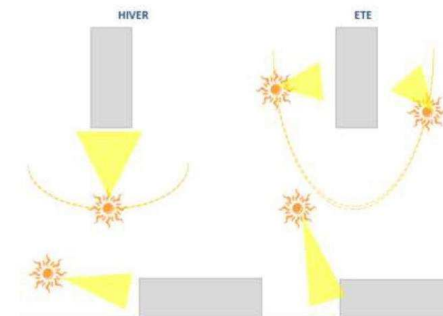
- en hiver : le bâtiment profite d'apports solaires gratuits, car le soleil est bas sur l'horizon avec un rayonnement incident proche de l'horizontal, qui pénètre donc facilement par les vitrages ;
- en été : les apports solaires directs au Sud sont limités car le soleil est très haut dans le ciel, une 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 développé 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 le risque 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.

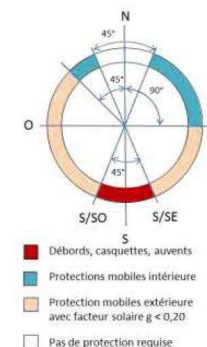


Figure 45: Protections solaires adaptées selon l'orientation (Source : La conception bioclimatique, Terre vivante)



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
- Eviter 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.*

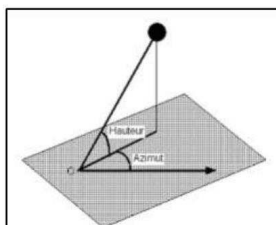


Figure 44: hauteur angulaire (source ENSTIB)

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 :

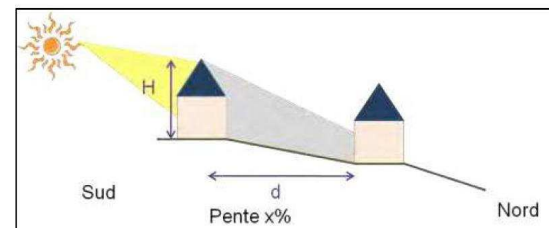


Figure 47: Paramètres à prendre en compte pour le calcul des marges de recul

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
6.0%	d= 4.33 xH	d= 39.0 m
5.5%	d= 4.24 xH	d= 38.2 m
5.0%	d= 4.15 xH	d= 37.4 m
4.5%	d= 4.05 xH	d= 36.5 m
4.0%	d= 3.96 xH	d= 35.6 m
3.5%	d= 3.86 xH	d= 34.7 m
3.0%	d= 3.76 xH	d= 33.8 m
2.0%	d= 3.54 xH	d= 31.9 m
0.0%	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 reconstitué.

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 haie 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 mitoyennes 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 traversants : les maisons individuelles sont généralement traversantes. Pour des petits collectifs, cet objectif permet souvent d'organiser les espaces de vie au Sud et les espaces fonctionnels (entrée, buanderie, coursives d'accès extérieur) au Nord. Les logements traversants 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 fioul 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.

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.

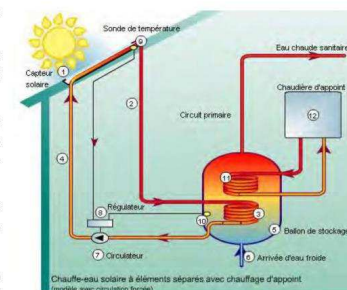


Figure 48 : principe de fonctionnement d'un installation solaire thermique

### 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 (bâtiments 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 légionnelles, 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 réfléchi 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 utilisent 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 signataires 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 munies, dans la plupart des applications, d'un rotor tripale.

#### 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.



Figure 52: Source Schéma éolien terrestre en Bretagne

### 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.

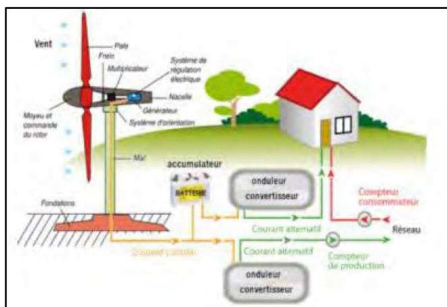


Figure 54: Schéma de principe d'une installation éolienne [Source: Fiche pratique DDTM35]



Figure 53: Source Synagri

### 17.5.3.2) Productibilité

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 (nacelle) (m)	Production annuelle (MWh)	Nombre de ménages (5 MWh/an)
Micro	Domestique	0,5 – 5	< 12m	1 – 10	0,25 – 2
Petite	Domestique/ agriculteurs	5 – 50	12 – 30	10 – 100	2 – 20
Moyenne	PME/industrie	50 – 250	30 – 50	100 – 500	20 – 100
Grande	Production en masse	> 250	> 50	> 500	> 100
Valeurs pour les grandes éoliennes actuelles		1 000 kW (1 MW)	60–80	1 200–2 300	240–460
		2 000 kW (2 MW) (évolution 3MW)	80–120	2 900– 5 500	580–1 100

Données EDF Enbrin 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. Elles nécessitent une étude détaillée du site et de la recherche de l'éolienne la plus adaptée (type, puissance, hauteurs).

### 17.5.3.3) Réglementation

#### [a] Occupation du sol

Le tableau suivant présente les exigences et références 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	Enquête 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 encadrant 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 2011). 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	Evaluation préalable des conséquences sur l'environnement  Les installations éoliennes doivent comporter plus de 5 mâts	Etude d'impact pour les éoliennes de plus de 50 mètres, notice d'impact pour les éoliennes de moins de 50 mètres.  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.

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 : <http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/petit-et-moyen-eolien-a22797.html>

## 17.6. FICHE Géothermie

### 17.6.1. LA GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE (TEMPERATURE INFERIEURE 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 adjoit 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 planète 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

La figure suivante résume les différents types de géothermie présentés ci-dessus :

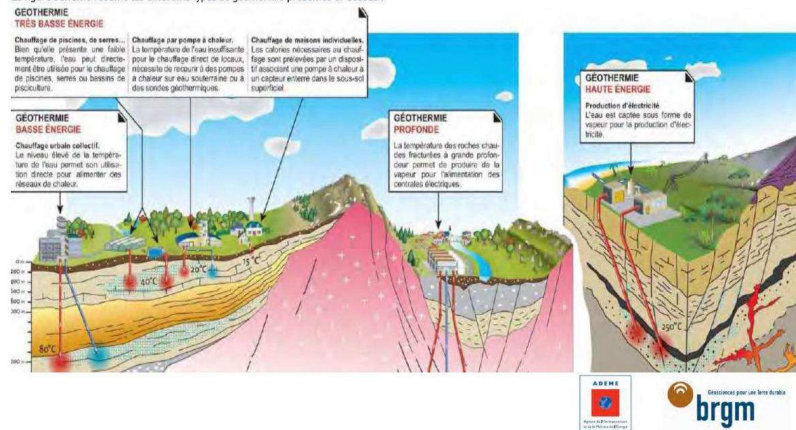
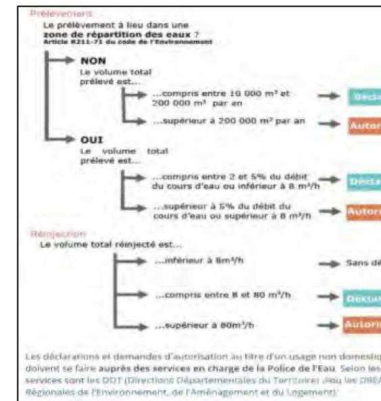


Figure 59 : Synthèse des techniques de géothermie © ADEME - BRGM



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 minime 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

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

Ils existent 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 quel qu'en 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 coudés 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'encrassement 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 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 multitubulaires (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)

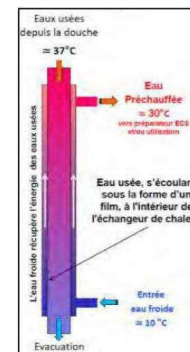
Cette solution nécessite obligatoirement une évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes. Elle peut permettre l'utilisation de matériel non spécifique aux eaux usées (échangeurs standards, PAC) et nécessite généralement des systèmes sophistiqués de filtrations 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>- les câbles sous-marins assurant la collecte et le transport de l'énergie jusqu'à la côte.</p>
<p><b>Eolien Flottant Offshore</b></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><b>Barrage de la Rance</b></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 61: 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 exonère 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'abolition 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'étage Coût de la bûche	Faible autonomie Impossibilité de réguler finement la diffusion de chaleur Rendement moyen Temps d'entretien important	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 réguler la diffusion de chaleur Rendement supérieur à celui du foyer fermé Temps d'entretien important	Pas de dispositif de chauffage central
Poêle à granulés	Autonomie pouvant être importante Possibilité de régulation Stockage en format sac ou vrac Bon rendement Temps d'entretien limité	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 chaufferie et de l'espace de stockage Coût de la chaufferie 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 décendrage. 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 chaufferie : chaudière+silo 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 (6-8-10 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 chaufferie 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 chaufferie 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 décendrage et l'entretien annuel de la chaufferie. 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 fumée 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 chaufferie, dimensionné en fonction de la consommation prévisionnelle de l'installation.

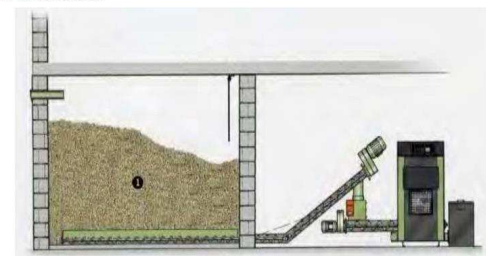


Schéma de principe d'une chaufferie bois.

### 17.11.2. Combustible

#### A Origine du bois

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

Le bois déchiqueté d'origine industrielle provient :



- Les énergies connexes d'industrie du bois
- de DIB<sup>2</sup> ;
  - de bois

Ces différents et calibrés sur des conditionnement qui assurent l'approvisionnement des chaufferies.



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

palettes ou cageots en fin de vie d'éclaircies forestières

ressources sont regroupées, mélangées plateformes de stockage et de

Le bois décheté 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 mâchefer 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 déchetage** : éviter le déchetage de branches terreuses. La terre reste dans le bois décheté et provoque la production de mâchefer. De la même manière, le déchetage de branches vertes avec feuilles provoque au séchage la production de poussière en grande quantité. Il est donc préférable de décheté le bois d'hiver, sans feuilles ; ou de laisser sécher les feuilles avant le chantier de déchetage en cas d'abatage estival obligatoire (prairies humides).
- **Stockage du bois** : le bois décheté doit être stocké sur dalle, sous hangar couvert et aéré, au moins 6 mois après déchetage, 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



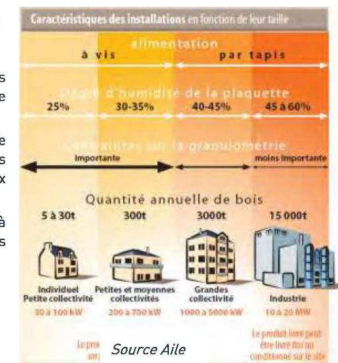
Le bois décheté en hiver doit sécher 6 mois à 1 an. La production de l'année suivante devra être stockée séparément de manière à ne pas ré-humidifier de la plaquette sèche. Le hangar devra se prêter à ce type de gestion des stocks.

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 décheté. 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 ;



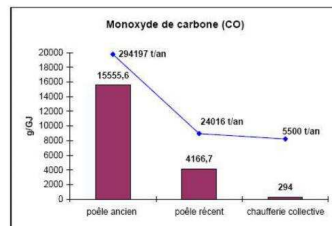
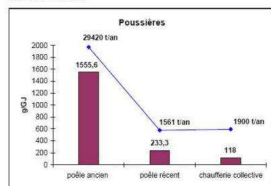
Le combustible utilisé est de qualité très variable ce qui impacte considérablement la qualité de la combustion ;

- 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 chaufferies collectives, par unité d'énergie produite (pour 1 GJoule produit).

Comme le montre la figure 4, pour une même quantité d'énergie produite, les poêles anciens émettent environ 4 à 7 fois plus de polluants atmosphériques (poussières, CO) que les poêles récents et 13 à 53 fois plus que les chaufferies collectives (à noter que la tendance est similaire pour les autres polluants).

Figure 4. Facteurs d'émission de poussières et de monoxyde de carbone, corrigés du rendement (en g/GJ sortant) pour un poêle ancien, un poêle récent et une chaufferie collective (Sources : ADEME, 2005 et CITEPA, 2003).



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 clé de la réussite d'une installation de chaufferie 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 attelages tracteurs remorque : ce type de livraison par bennage 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 Aile)



Livraison par tracteur-remorque agricole (source Aile)



Le silo présente 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 étanches à l'eau et disposer d'un système d'aération du bois, souvent raccordé à la chaufferie

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



Trappe coulissante latéralement

(source Compte.R)

### 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 chaufferie 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 (source ÖkoFEN)



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 :

- **Chaufferie 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 chaufferie 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 (saisonniers 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 (UIOM)	Valorisation de la chaleur produite par la combustion des déchets	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
	Valorisation de chaleur fatale	Chaleur produite par un site, un process et non valorisée sur le site	Utilisation d'une ressource existante
Energies fossiles	Gaz naturel, fioul, charbon	Energies 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 chaufferie et au stockage du combustible ;
- de la difficulté du 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 :



		ZAC multi-sites de Betton				
		Etude sur le potentiel de développement des ENR				
Cep max modulé en fonction du contenu CO <sub>2</sub> du réseau de chaleur						
Bretagne	Cepmax	Cepmax avec bois énergie	<50 g/kWh	Entre 50 et 100 g/kWh	Entre 100 et 150 g/kWh	>150 g/kWh
Maisons individuelles	55	70	70	65	60	55
Logements collectifs	55	70	70	65	60	55
Logements collectifs jusqu'au 31/12/2014	63.25	80.5	80.5	74.75	69	63.25

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



## ETUDE DE TRAFIC

# ZAC MULTI-SITES DE SAINT-GILLES

Rapport  
Version 3



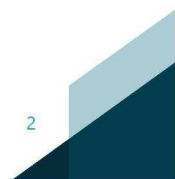


# SOMMAIRE DU RAPPORT

- Objet de l'étude
- Situation actuelle
- Situation projet 2031
- Etude 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





# 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

4

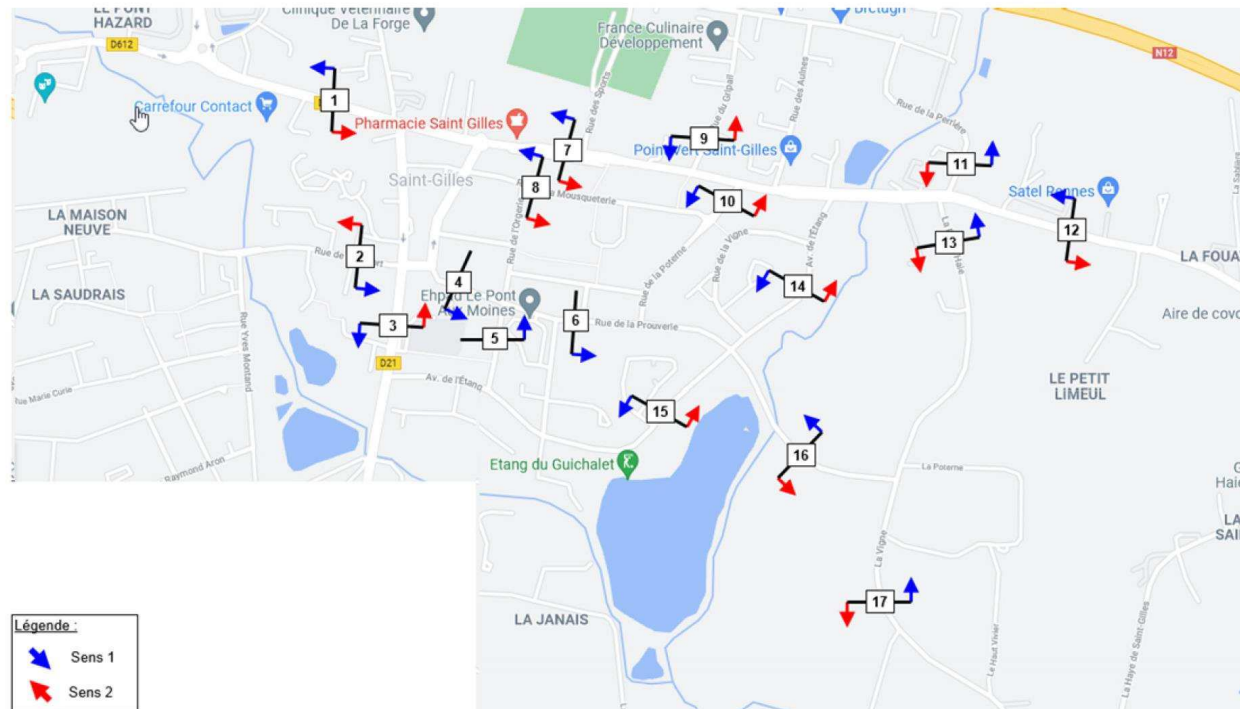


# SITUATION ACTUELLE

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.



Légende :  
➡ Sens 1  
➡ Sens 2

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

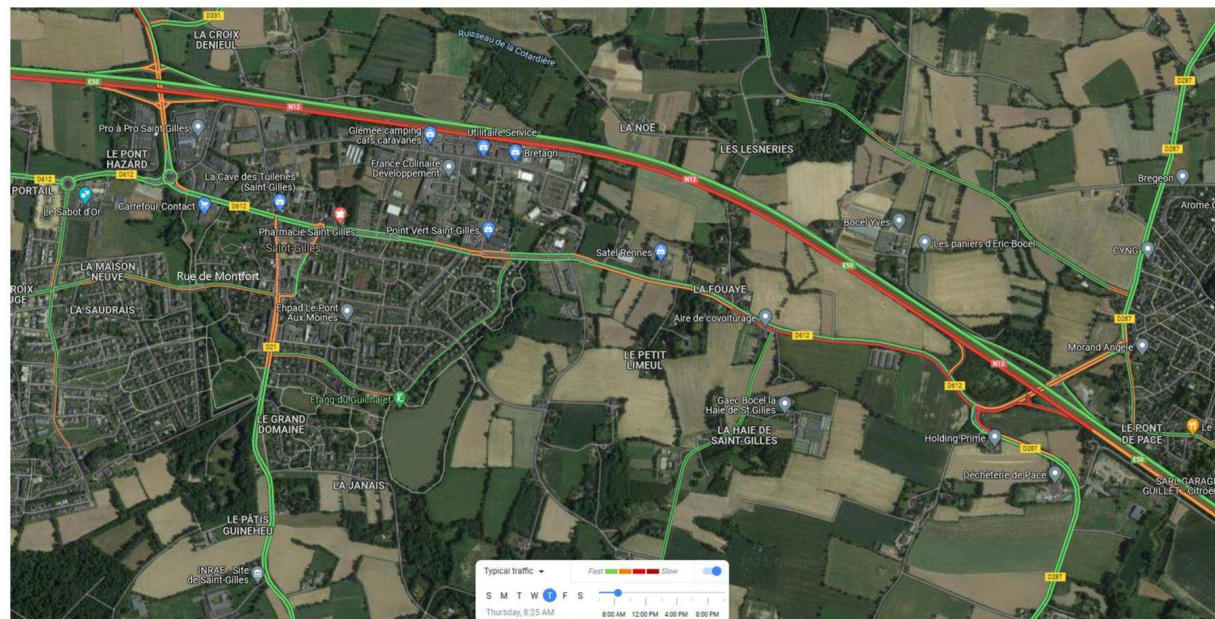
6



# CONDITIONS DE CIRCULATION

## HPM

- En heure de pointe du matin, la RN12 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.



Trafic 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)

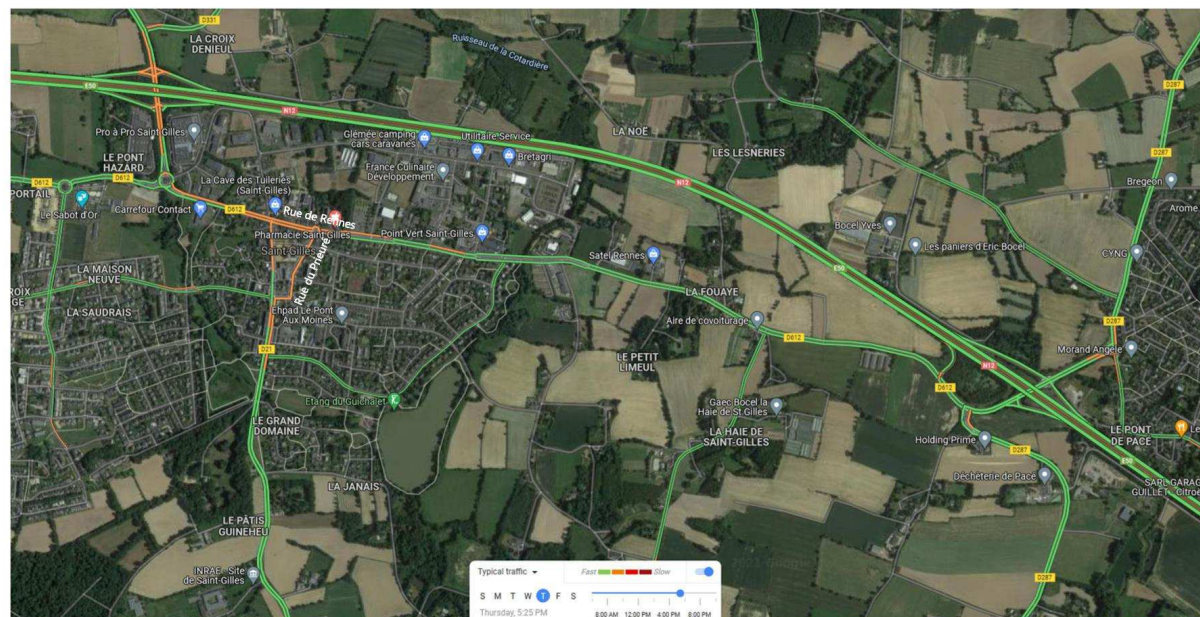
Etude de trafic estimant l'impact de la ZAC multi-sites de Saint-Gilles | V3 | 31/01/2022



## 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

10



## 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

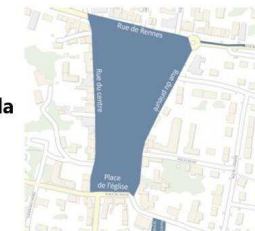
11



# 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)

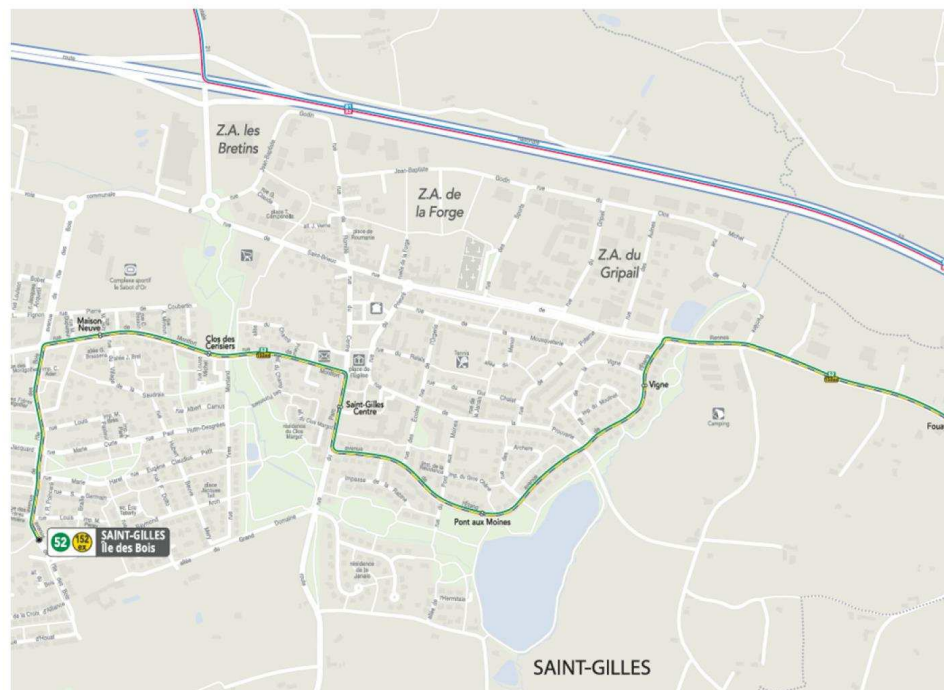


Périmètre d'étude (fond de plan Google)



## 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.



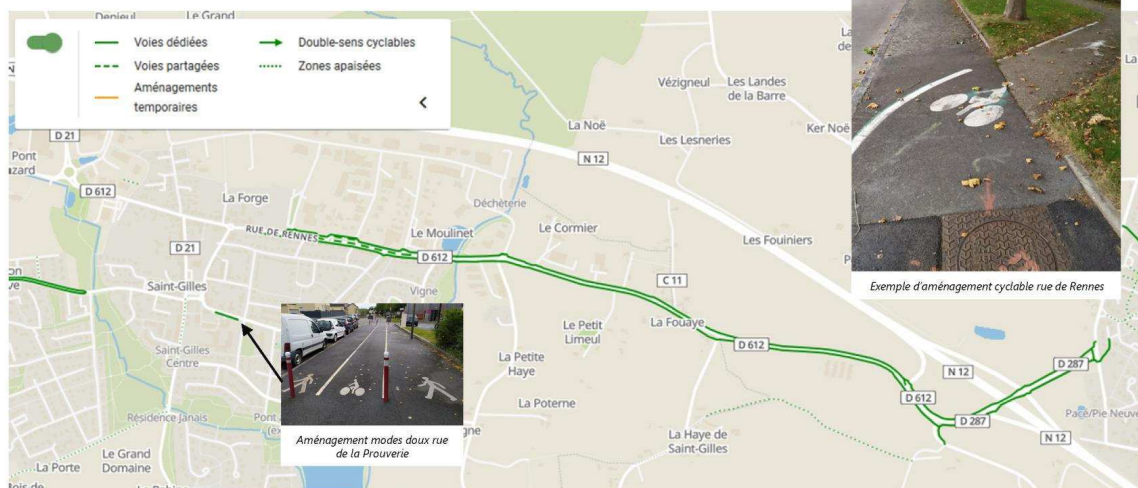
Plan de secteur : Saint-Gilles (source : STAR)

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



# 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)



Exemple d'aménagement cyclable rue de Rennes



**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



# 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



# 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.**
  
- ② ■ 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
Pacé	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)

# ETUDE DE TRAFIC

## Affectation HPM

### Sans PDU :

- Les hausses de flux se concentrent sur la RD612 en sortie de Saint-Gilles ;
- On ne note pas d'évolution dans le centre-bourg ;
- Aggravation des difficultés d'accès à la RN12 à partir de l'échangeur Est.



Flux projet à l'HPM – Sans PDU (fond de plan © Contributeurs de OpenStreetMap)

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



# ETUDE DE TRAFIC

## Affectation HPS

### Sans PDU :

- Les hausses de flux se concentrent sur la RD612 en sortie de Saint-Gilles ;
- On ne note pas d'évolution dans le centre-bourg ;
- Pour mémoire, le trafic est fluide sur la RD612 en HPS.



Flux projet à l'HPS – Sans PDU (fond de plan © Contributeurs de OpenStreetMap)

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









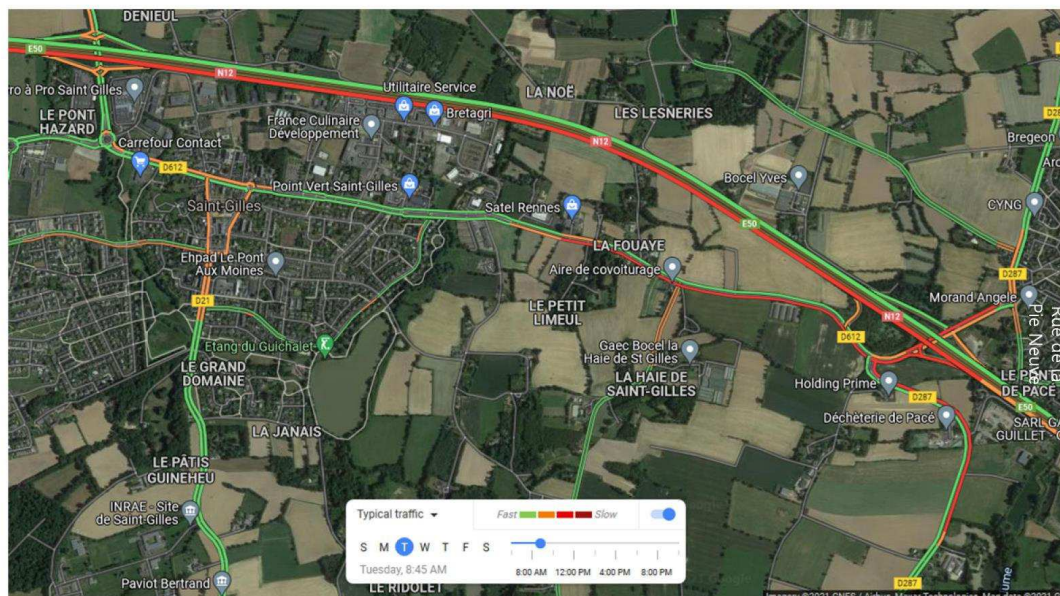
# ETUDE DE L'ÉCHANGEUR EST

# ETUDE DE L'ÉCHANGEUR EST

## Conditions de circulation

### HPM

- En heure de pointe du matin, la RN12 est saturée à partir de l'insertion de la RD287 sur la RN12.



Trafficolor Google HPM (mardi typique à 8h45)

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



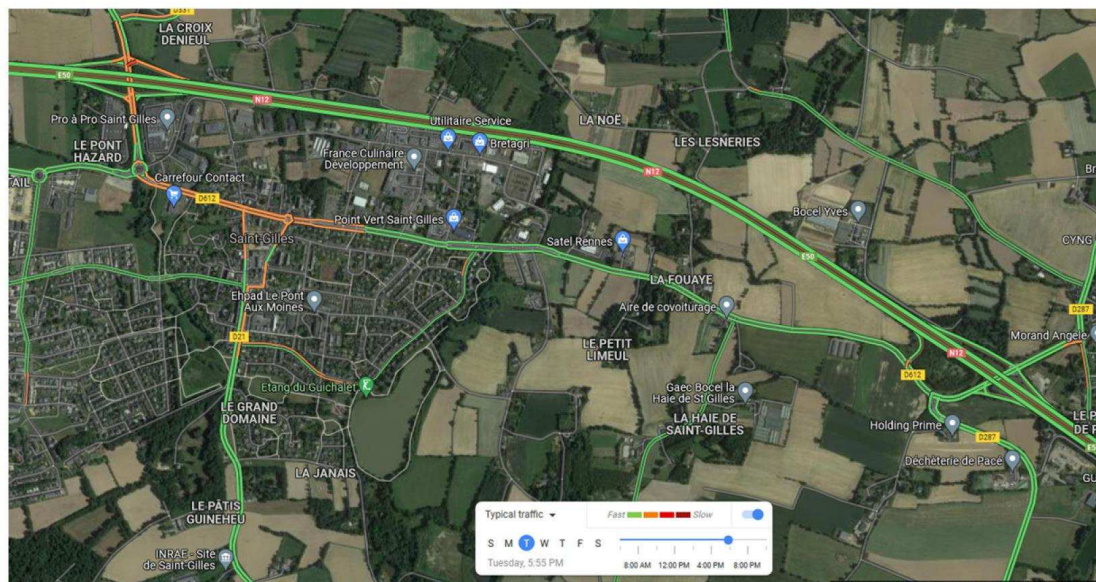


# ETUDE DE L'ÉCHANGEUR EST

## Conditions de circulation

### HPS

- En heure de pointe du soir, la circulation sur la RN12 et son échangeur Est est fluide.



Traficolor Google HPM (mardi typique à 17h55)

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

# ETUDE DE L'ÉCHANGEUR EST

## Synthèse

- A l'HPS, pas de difficulté de circulation.
- A l'HPM, les difficultés viennent en grande partie de l'insertion de la RD287 sur la RN12.
- Si la part modale automobile reste comparable à ce qu'elle est aujourd'hui, le projet va augmenter le trafic sur la bretelle et renforcer les difficultés de circulation.
- Si les comportements de déplacements évoluent conformément aux objectifs du PDU, alors est estimée sur la bretelle d'accès une baisse de 7% du trafic avec le projet (cf annexes). Les conditions de circulation auront tendance à s'améliorer.



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





# SYNTHÈSE & PRÉCONISATIONS

# SYNTHÈSE & PRÉCONISATIONS

## Une ZAC qui s'inscrit dans un développement linéaire de la commune de Saint-Gilles, sans évolution brusque.

- Si les comportements de déplacements évoluent conformément aux objectifs du PDU :
  - Le trafic à terme sur la commune de Saint-Gilles sera globalement comparable à aujourd'hui sur la rue de Rennes et plus faible sur les autres voies, et les conditions de circulation seront relativement inchangées.
  
- Si la part modale automobile reste comparable à ce qu'elle est aujourd'hui :
  - Le trafic à terme sera en hausse sur la RD612 en direction de l'échangeur d'accès à la RN12 Est, dégradant encore plus les conditions de circulations.
  
- L'accès à l'échangeur Est de la RN12 est difficile le matin. Le levier d'amélioration des conditions de circulation est la baisse des flux sur la RN12 (réalisation des objectifs du PDU + voie de covoiturage).
  
- Le projet de ZAC va faire augmenter la population de 29%, ce qui nécessite d'être vigilant sur les thèmes suivants :
  - Déplacement d'un arrêt de bus au plus proche de la ZAC de La Vigne, et sécurisation des traversées piétonnes à proximité ;
  - Mise en place de continuités douces au sein des ZAC et en interface avec le centre-bourg ;
  - Accès principal à la ZAC de La Vigne à retraiter (cf slides suivantes) ;
  - Sécurisation des traversées au niveau des accès secondaires à la ZAC (cf slides suivantes) ;
  - Mise en place d'une offre de stationnement des résidents adaptée dans le centre-bourg.



# SYNTHÈSE & PRÉCONISATIONS

## Interface ZAC de La Vigne – RD612

### Carrefour Petite Haie : principal accès à la ZAC par le Nord

- Manque de visibilité depuis la ZAC sur la droite ;
- La ZAC va générer une hausse de trafic non négligeable sur la RD612 ;
- D'un point de vue trafic un giratoire n'est pas nécessaire ;
- **Nous préconisons un retraitement de ce carrefour qui permettra de requalifier l'entrée de ville tout en sécurisant les traversées piétonnes.**



Visibilité depuis la Petite Haie



Interface ZAC de La Vigne – RD612



# SYNTHÈSE & PRÉCONISATIONS

## Interface ZAC de La Vigne – RD612

### Carrefour la Fouaye : accès secondaire à la ZAC par le Nord

- Il s'agit d'un accès secondaire à la ZAC de La Vigne. Le trafic attendu y est peu significatif (quelques dizaines de véhicules).
- **Nous préconisons d'adapter ce carrefour pour sécuriser les insertions et les traversées piétonnes notamment en cas de présence d'arrêt de bus.**



Accès depuis la Fouaye



Interface ZAC de La Vigne – RD612



# SYNTHÈSE & PRÉCONISATIONS

## Interface ZAC Centre-Ouest – RD612

### 2 accès à environ 70 mètres de distance

- Ces carrefours sont des carrefours secondaires de la ZAC. Le trafic attendu y est peu significatif (quelques dizaines de véhicules).
- Pas de préconisation particulière en termes de gestion du trafic, simplement veiller à la **sécurisation des traversées**.



Interface ZAC de La Vigne – RD612



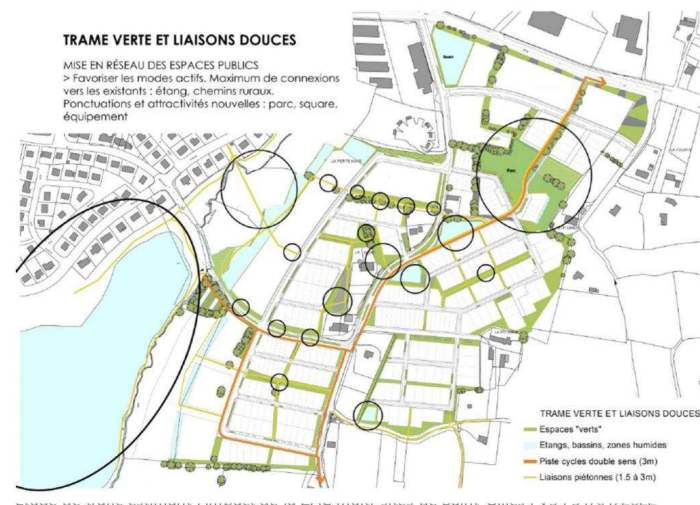
# SYNTHÈSE & PRÉCONISATIONS

## Continuités douces

- **ZAC Centre-Ouest :**
  - Cheminements piétons/cycles vers les rues entourant le projet ;
- **ZAC de La Vigne :**
  - Pistes cyclables traversant la ZAC de la rue de Rennes à La Vigne, permettant une connexion à la rue de la Prouverie et à la piste cyclable rue de Rennes ;
- **Présence de liaisons douces au sein des ZAC ainsi qu'en interface avec les voies adjacentes au projet ;**
  - Des ZAC bien pourvues en liaisons douces, une opportunité pour équiper le reste de la commune (cheminements vers le centre-bourg depuis la rue de la Prouverie par exemple).



ZAC Centre-Ouest



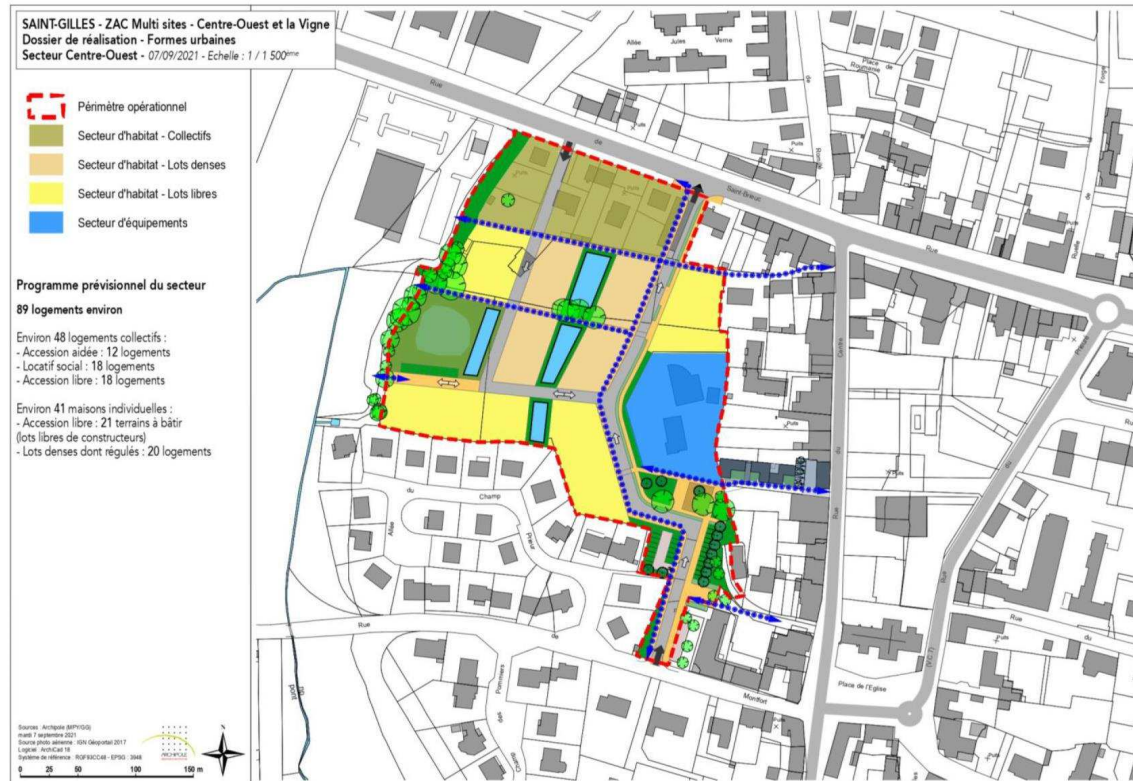
ZAC de La Vigne



# ANNEXES

---

# PRÉSENTATION DE LA ZAC – SECTEUR CENTRE-OUEST



ZAC secteur Centre-Ouest

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

# PRÉSENTATION DE LA ZAC – SECTEUR DE LA VIGNE



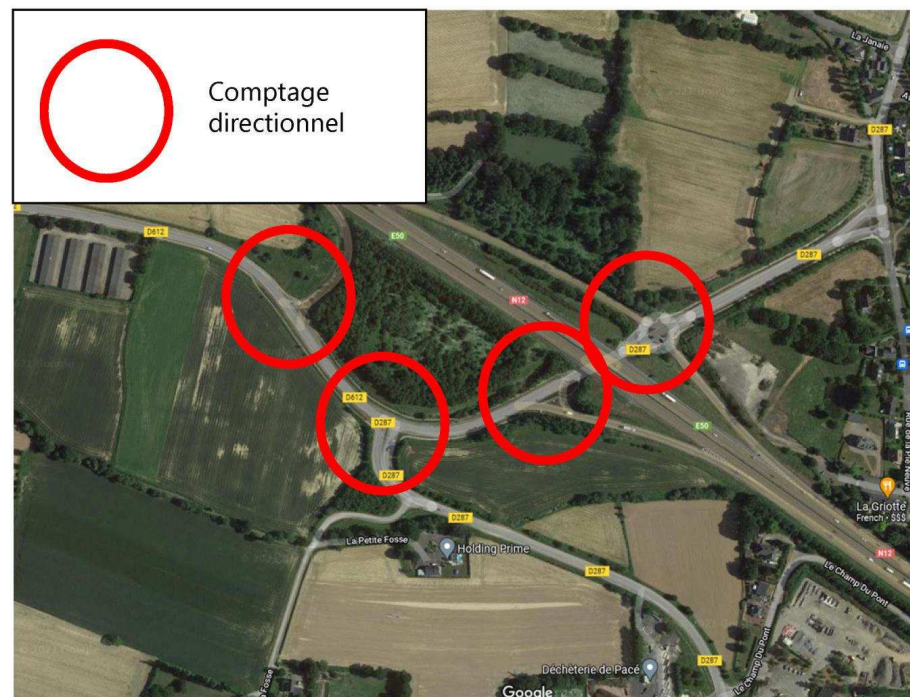
ZAC secteur de la Vigne

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

# ETUDE DE L'ÉCHANGEUR EST

## Comptages

- Comptages directionnels réalisés le mardi 5 octobre 2021 ;



Plan de comptages (vue satellite © Google Maps)

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



# ETUDE DE L'ÉCHANGEUR EST

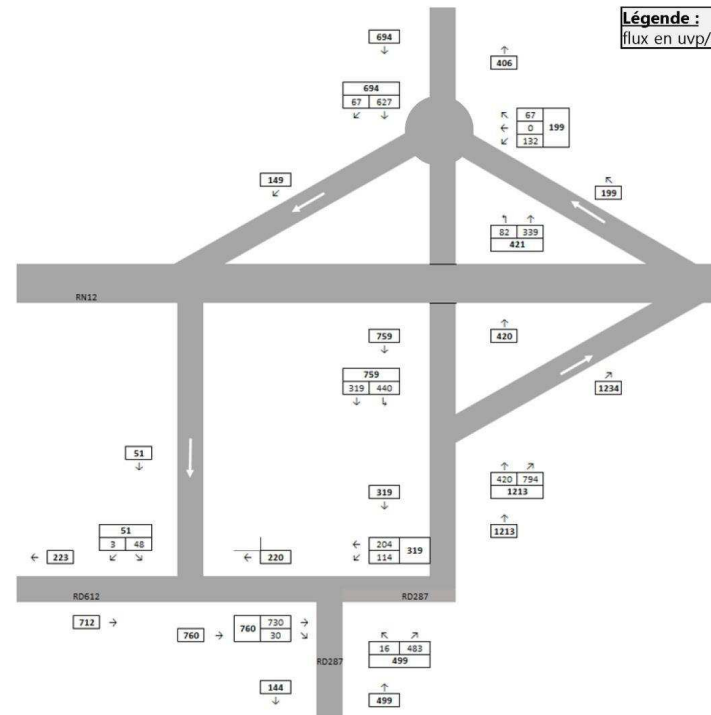
## Flux actuels

### HPM

- En HPM, les flux les plus importants sont en direction de Rennes :
- Environ 1250 uvp sur le bretelle d'accès Est, dont 800 uvp depuis le Sud et 450 uvp depuis le Nord en tourne-à-gauche.



Plan de situation



Flux directionnels à l'HPM (8h à 9h) en UVP

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