



## ZAC DU FOUR À CHAUX À SORIGNY

*Etude de faisabilité sur  
le potentiel de développement  
en énergies renouvelables*



Avril 2022





## SOMMAIRE

<b>1. PREAMBULE.....</b>	<b>4</b>
<b>2. PRESENTATION DU PROJET ET DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS LOCAUX.....</b>	<b>7</b>
2.1. DESCRIPTION DU PROJET .....	10
2.1.1. Principes généraux d'aménagement .....	10
2.1.2. Caractéristiques techniques du projet .....	16
2.2. PRESENTATION DES ENJEUX ET DU CADRE LOCAL CONNU EN MATIERE D'ENERGIE – CLIMAT.....	22
2.2.1. Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET)22	
2.2.2. L'Atlas transversal Climat Air Energie d'Indre-et-Loire .....	22
2.2.3. Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) de l'Agglomération tourangelle.....	23
2.2.4. Le Plan de protection de l'atmosphère (PPA) de l'agglomération tourangelle.....	24
2.2.5. Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) des Communautés de communes Touraine Vallée de l'Indre 25	
<b>3. IDENTIFICATION DES OPPORTUNITES EN ENERGIES RENOUVELABLES .....</b>	<b>32</b>
3.1. EVALUATION DU POTENTIEL D'ENERGIE RENOUVELABLE DISPONIBLE.....	32
3.1.1. L'énergie solaire.....	32
3.1.2. L'énergie éolienne.....	43
3.1.3. La biomasse : le bois-énergie .....	48
3.1.4. La géothermie .....	51
3.1.5. L'aérothermie.....	56
3.1.6. L'énergie hydraulique.....	58
3.1.7. L'énergie des déchets méthanisables.....	60
3.2. ESTIMATION DES EXIGENCES ET BESOINS EN ENERGIE DU PROJET.....	64
3.3. OPPORTUNITE DE MISE EN PLACE D'UN SYSTEME ENERGETIQUE CENTRALISE (RESEAU DE CHALEUR OU DE FROID) .....	65
<b>4. IDENTIFICATION DES POTENTIALITES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES.....</b>	<b>68</b>
4.1. OPPORTUNITES ET CONTRAINTES DE MISE EN ŒUVRE ET D'EXPLOITATION.....	68
4.2. PRINCIPALES AIDES ET SUBVENTIONS POSSIBLES .....	69
4.2.1. Les aides nationales.....	69
4.2.2. Les aides financières locales.....	70

## FIGURES

Figure 1 : Localisation de la ZAC du Four à Chaux .....	9
Figure 2 : ZAC du Four à Chaux – Plan masse .....	11
Figure 3 : ZAC du Four à Chaux – Schéma d’aménagement .....	13
Figure 4 : Schéma d’implantation des ouvrages d’infiltration des eaux pluviales sur la ZAC.....	14
Figure 5 : Schéma d’aménagement de la voie primaire de la ZAC .....	17
Figure 6 : Schématisation du fonctionnement d’un chauffe-eau solaire.....	32
Figure 7 : Zones d’ensoleillement sur le territoire métropolitain .....	33
Figure 8 : Schématisation d’un Système Solaire Combiné .....	34
Figure 9 : Le gisement solaire en France .....	37
Figure 10 : Schématisation du fonctionnement de l’énergie solaire passive .....	40
Figure 11 : Gisement solaire moyen sur le territoire métropolitain.....	42
Figure 12 : Potentiel éolien en France.....	44
Figure 13 : Potentiel éolien en région Centre-Val de Loire .....	46
Figure 14 : Les zones potentiellement adaptées au développement de l’éolien en région Centre-Val de Loire .....	47
Figure 15 : Ressource en bois de la CCTVI.....	50
Figure 16 : Ressource géothermique de surface sur système ouvert (nappe) .....	55
Figure 17 : Potentiel de production de méthane par zone d’emploi dans la région Centre-Val de Loire....	63
Figure 18 : Répartition des besoins énergétiques de la ZAC du Four à Chaux .....	64

## 1. PREAMBULE

La présente étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables concernant l'aménagement de la ZAC du Four à Chaux sur la commune de Sorigny, au sud de Tours (Indre-et-Loire) est réalisée au titre de l'article L.128.4 du code de l'urbanisme introduit en 2009 par la loi Grenelle de l'Environnement 1 : « *Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération.* ».

En effet, pour répondre aux objectifs de maîtrise des consommations d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre, un recours plus important aux énergies renouvelables est nécessaire. La France s'est fortement engagée au plan international avec le protocole de Kyoto et surtout au plan européen à travers le paquet Energie/Climat dit « 3 fois 20 » et les directives pour un air pur en Europe. Concrètement, elle s'engage, pour 2020, à respecter au plus tôt des objectifs de qualité de l'air, à réduire de 20% ses émissions de gaz à effet de serre, à améliorer son efficacité énergétique de 20% et enfin à faire en sorte que 23% de sa consommation énergétique finale soit couverte par des énergies renouvelables. A l'horizon 2050, elle se fixe l'objectif ambitieux d'une division par 4 de ses émissions de gaz à effet de serre.

### L'engagement du Grenelle de l'Environnement

Le Grenelle de l'Environnement a, parmi ses ambitions, celle de renforcer les liens entre les questions de climat, air et énergie d'une part, et les questions de planification et d'urbanisme d'autre part. L'objectif, traduit par un certain nombre de disposition des lois dites Grenelle I et Grenelle II, est ainsi d'intégrer la problématique énergétique en amont des réflexions relatives à l'évolution des territoires, afin de permettre l'émergence de politiques locales de réduction des consommations d'énergie, de limitation des émissions de gaz à effet de serre et de développement de l'utilisation des énergies renouvelables et de récupération.

Un des enjeux majeurs de l'aménagement est en effet de répondre aux besoins des populations (en termes de logements, de services, d'activités économiques...) tout en s'efforçant de limiter les consommations d'énergie et d'espace, compte tenu de leurs impacts environnementaux (pression sur les ressources, émissions de polluants, déséquilibres des écosystèmes...) et socio-économiques (déséquilibres des territoires, indépendance énergétique, charges pour les habitants...).

Quelle que soit leur forme, les projets d'aménagement engagent les territoires sur de très longues périodes. Les choix qui sont réalisés au niveau des équipements publics, de l'organisation spatiale ou des constructions, ne pourront généralement pas être modifiés avant vingt, trente ou même cinquante ans.

### Du Grenelle de l'Environnement à la Réglementation Thermique (RT) 2012

Pour réduire durablement les dépenses énergétiques, le Grenelle Environnement a défini un programme de réduction des consommations énergétiques des bâtiments. Une nouvelle réglementation thermique dite RT2012 a de fait été mise en place. Elle s'applique aux constructions neuves, aux extensions et aux surélévations de bâtiments existants. A l'avenir, l'objectif sera de construire des bâtiments produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

### **La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)**

Publiée au journal officiel le 18 août 2015, la LTECV vise à permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et à la préservation de l'environnement, ainsi que de renforcer son indépendance énergétique tout en offrant à ses entreprises et ses citoyens l'accès à l'énergie à un coût compétitif. Elle décline au niveau national les engagements européens et donne un cadre à l'action conjointe des citoyens, des entreprises, des territoires et de l'État, en fixant des objectifs à moyen et long termes :

- horizon 2020 : 23% d'énergies renouvelables dans consommation finale d'énergie ;
- horizon 2025 : diversifier la production d'électricité et baisser à 50% la part du nucléaire ;
- horizon 2030 : énergies renouvelables représentant 32% de la consommation finale d'énergie et 40% de la production d'électricité.



## PRESENTATION DU PROJET ET DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS LOCAUX

## **2. PRESENTATION DU PROJET ET DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS LOCAUX**

Le projet de Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) à vocation résidentielle du Four à Chaux a pour objet l'ouverture à l'urbanisation d'un site localisé en continuité nord du bourg (lotissement des Acacias) et près de la RD 910 (ex-RN 10) axe principal de la commune, donnant accès à l'agglomération tourangelle (située à quelques kilomètres au nord).

La commune de Sorigny dispose d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) approuvé le 10 octobre 2006, dont la dernière mise à jour date du 21 novembre 2018. Par délibération en date du 3 mars 2015, le Conseil municipal de Sorigny a prescrit la révision allégée du PLU approuvé afin d'ouvrir à l'urbanisation le secteur 2AUh du Four à Chaux vers une destination à dominante logements. Cette révision allégée n°1 a été approuvée par délibération municipale en date du 14 décembre 2016 : elle a défini la délimitation de la nouvelle zone 1AUh3 du Four à Chaux et les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) de cette zone à urbaniser.

Au regard des prescriptions du Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de l'agglomération tourangelle, l'urbanisation du secteur du Four à Chaux à Sorigny doit permettre la réalisation d'environ 180 logements. Il s'agit notamment d'accompagner la création d'emplois sur la zone d'activité ISOPARC (situé au nord-ouest du bourg de Sorigny) par une production de logements suffisante au niveau du bourg. De manière à favoriser la mixité sociale et intergénérationnelle, il est proposé à travers la création de la ZAC du Four à Chaux de mettre en œuvre différentes typologies de logements (du logement individuel au petit collectif), permettant ainsi de préserver une relative diversité parcellaire. Le projet s'articule également autour du respect des enjeux urbains et paysagers de l'entrée de ville de Sorigny : une réflexion a ainsi été menée afin d'assurer la perméabilité de la trame paysagère et de la trame viaire entre le site du Four à Chaux et le bourg, mais également afin de proposer un projet qui viendra se greffer naturellement à la frange pavillonnaire existante.

Le périmètre de la ZAC s'étend sur environ 12 ha (grandes cultures), et est bordé :

- au sud par le bourg de Sorigny (lotissement des Acacias, rue des Peupliers) ;
- à l'ouest par la RD 910 (axe Tours – Saint-Maure-de-Touraine) ;
- au nord par la route de Crétinay (voie communale) ;
- à l'est par une petite zone artisanale du Crétinay et le nouveau quartier pavillonnaire de Genevray.

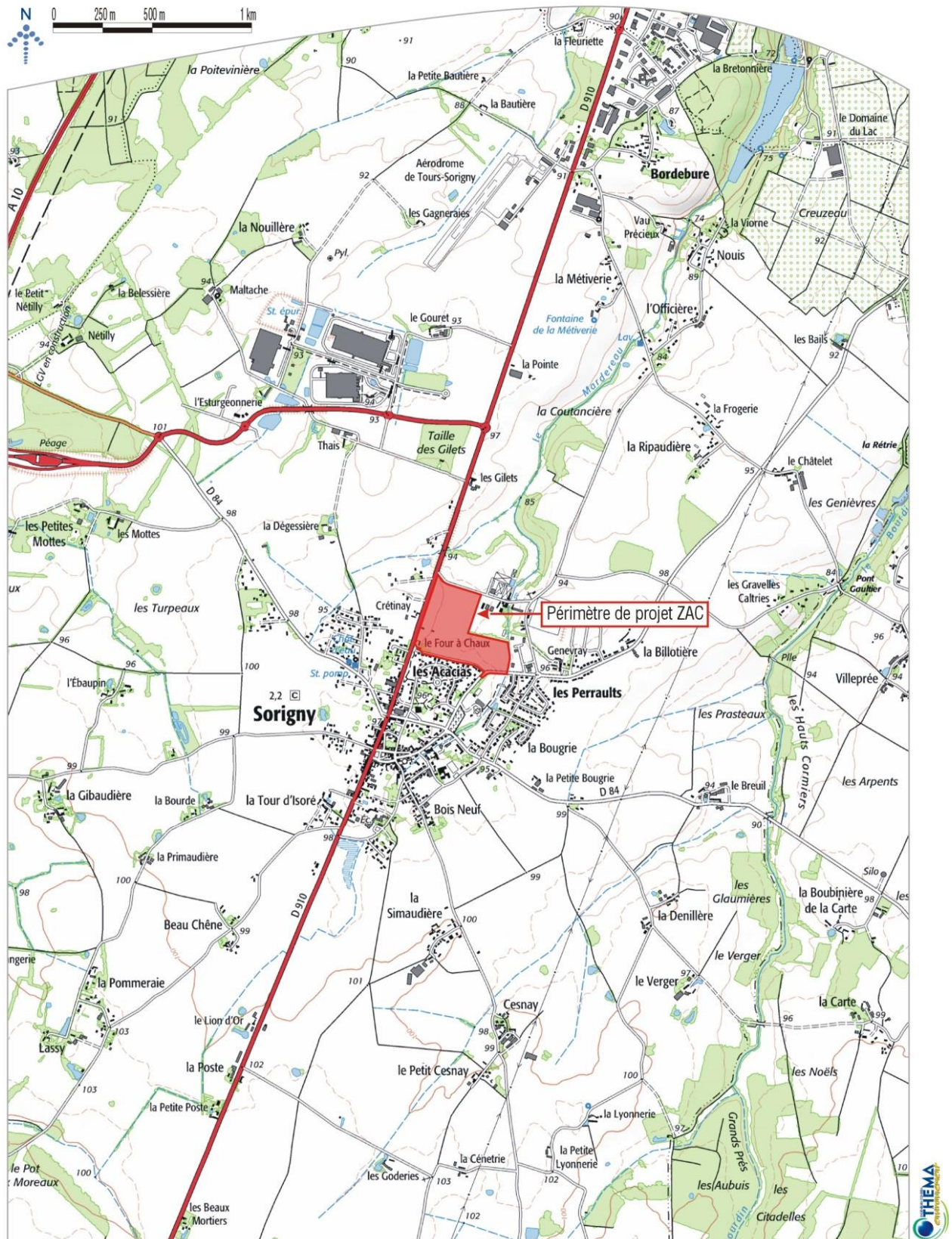


*Vue du site de la ZAC du Four à Chaux d'est en ouest (à gauche, le bourg de Sorigny).*



*Vue depuis le périmètre de projet vers le tissu urbain continu sorignois.*

## LOCALISATION DU PROJET



Fond cartographique : Scan 25

Figure 1 : Localisation de la ZAC du Four à Chaux

## **2.1. DESCRIPTION DU PROJET**

### **2.1.1. Principes généraux d'aménagement**

#### OBJECTIFS DU PROJET

La création de cette ZAC vise à réaliser une opération d'ensemble d'urbanisme à dominante de logements organisée autour de l'ancien Four à Chaux et réalisée en 2 phases.

L'objet de cette opération d'urbanisme est également d'aménager un quartier résidentiel respectueux des milieux naturels préexistants, vertueux sur les plans de la gestion des eaux pluviales, de la limitation de l'artificialisation des sols et des principes de mobilité.

#### PROJET D'AMENAGEMENT

Le projet de la ZAC du Four à Chaux (voir figure suivante) prévoit la construction de 186 logements en deux phases, dont 115 en phase 1, composés à 75 % de maisons individuelles en accession à la propriété et à 25 % de logements intermédiaires.

Il est également prévu de conserver et valoriser deux bâtiments existants en cœur de ZAC (le four à chaux et la maison « Vin Fou ») en les confiant à un (ou des) acteur(s) du territoire, dans le cadre d'un Appel à Manifestation d'Intérêt. La superficie totale de l'espace dédié à cet appel à projets est de 5 560 m<sup>2</sup>, dont 163 m<sup>2</sup> d'emprise bâtie.

L'aménagement des espaces publics de la ZAC comprend :

- la viabilisation du nouveau quartier au moyen de trois typologies de voies de desserte ;
- les aménagements paysagers des abords des voies ;
- les ouvrages de gestion aérienne des eaux pluviales de voirie sous forme de noues et de bassins de rétention ;
- un jardin de pluie accessible au public par temps sec en bordure du Mardereau ;
- un espace public central autour du four à chaux ;
- la préservation d'une mare ;
- un merlon paysager en bordure de la RD 910 à l'ouest de la ZAC ;
- la requalification de la rue des Peupliers.

# PLAN MASSE



Source : La Set

Figure 2 : ZAC du Four à Chaux – Plan masse

## PROGRAMMATION IMMOBILIERE

La ZAC est constituée de deux typologies de constructions :

- **des logements intermédiaires**, qui se concentrent dans la partie centre-ouest du quartier, autour du four à chaux. Ces gabarits, en R+2 forment un cœur urbain qui encadre la placette et le plateau partagé. Cette implantation permet également de concentrer les plus hauts gabarits dans la partie ouest, à proximité de la station essence et de la RD. Ils représentent **47 logements, soit 25 % du total des logements de l'opération** ;
- **des maisons individuelles groupées et/ou isolées**, qui sont réparties sur l'ensemble de l'opération. Les maisons mitoyennes se concentrent autour des voies principales et de la rue des Peupliers, pour permettre une transition entre les logements du lotissement des acacias et ceux de l'opération du Four à Chaux, ainsi qu'aux abords de la voie primaire qui traverse la ZAC du nord au sud.

Les maisons isolées sont réparties sur les lots à bâtir localisés à la périphérie du secteur, permettant ainsi que les jardins privés participent aux limites paysagères de l'opération, et forment une transition avec l'environnement agricole proche.

On dénombre **139 maisons individuelles qui représentent 75 % du total des constructions de la ZAC.**

Ces constructions seront réalisées selon 3 types d'opérations (voir figure suivante) :

- **des opérations de logement social inclus dans des macro-lots**, concentrées dans les lots A et D et réalisées à la fois dans des gabarits individuels et intermédiaires. Les logements sociaux représentent 14 % du total des logements ;
- **des opérations groupées sous forme de macro-lots à destination des constructeurs**, localisées dans les lots C1, C2 et E. Ces opérations représentent 32 % du total des logements ;
- **des opérations individuelles sur des terrains à bâtir**, qui représentent le reste des constructions de la ZAC, soit 54 % des logements totaux.

Le périmètre de la ZAC et son découpage foncier permettent d'envisager le programme suivant :

- environ 3 000 m<sup>2</sup> de surface de plancher (SDP) de logements intermédiaires au maximum ;
- environ 17 000 m<sup>2</sup> de SDP de maisons individuelles au maximum.

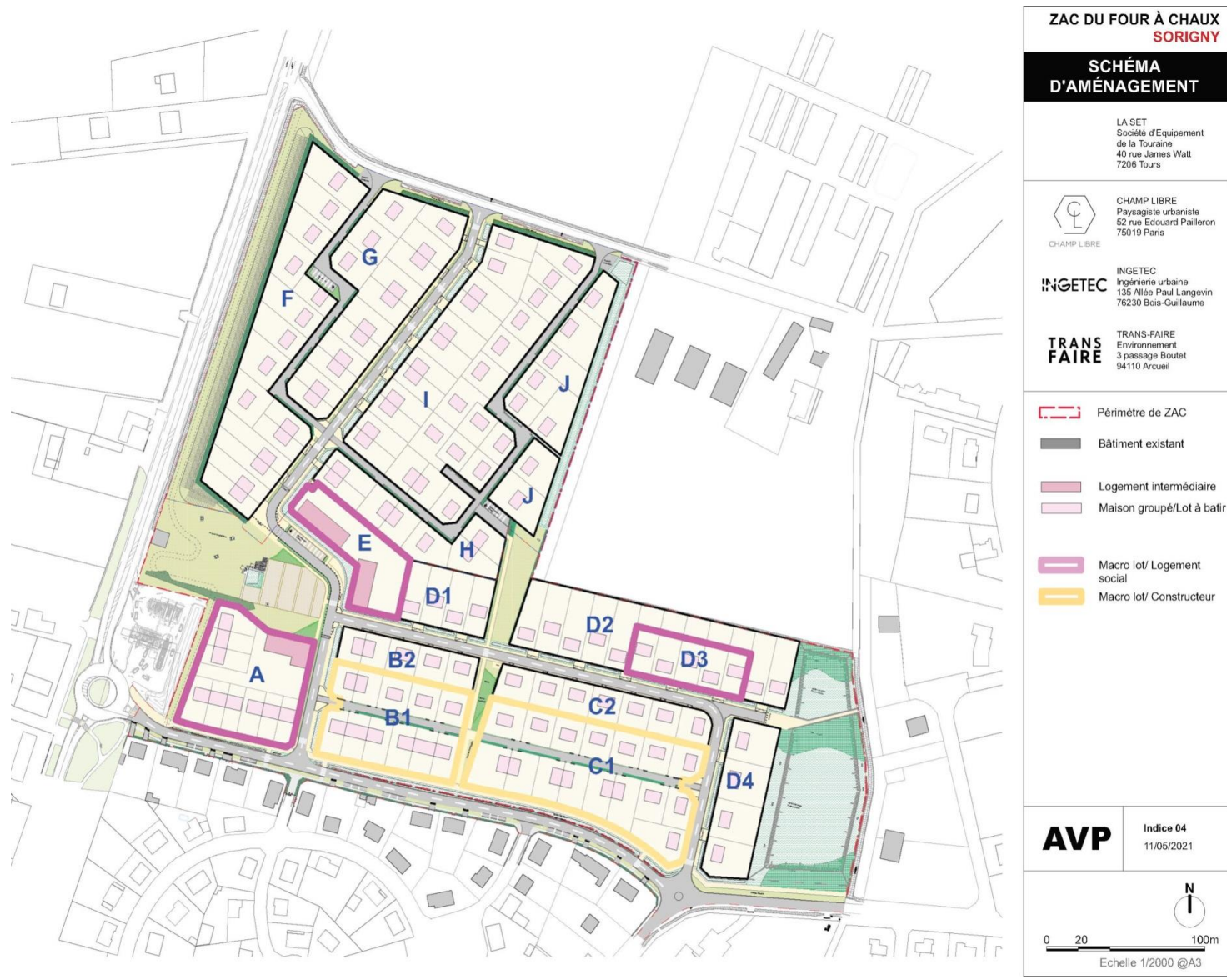


Figure 3 : ZAC du Four à Chaux – Schéma d'aménagement

## AMENAGEMENTS PAYSAGERS

### ***La zone humide***

La zone humide existante sur la partie orientale du projet (voir figure suivante) sera mise en valeur par l'aménagement d'un jardin de pluie, qui offrira une surface perméable conséquente pour infiltrer les eaux pluviales en période de fortes précipitations. En période sèche, le jardin de pluie deviendra un espace public accessible aux habitants, en bordure du Mardereau et en continuité du parc sportif existant au sud de la rue de la Voie Dieu et du gymnase.

### ***Les ouvrages d'infiltration des eaux pluviales***

Les voiries de la ZAC sont longées par des noues linéaires d'infiltration des eaux pluviales, qui seront végétalisées (mix d'espèces de fleurs sauvages et de graminées spécifiques aux conditions des noues et bassins à savoir une alternance de zones humides, inondées en cas de pluies, et sèches en été). Composé en grande partie d'espèces sauvages autochtones, ce mélange favorisera la biodiversité dans le respect des plantes environnantes. Ces espèces fleuries auront en outre une vocation mellifère (apport de pollen et de nectar pour les butineurs, notamment les abeilles), favorable à l'entomofaune.

A la transition entre ces espaces d'infiltration et les espaces paysagers plus secs, des massifs de plantes héliophytes (plantes semi-aquatiques) seront mis en place.

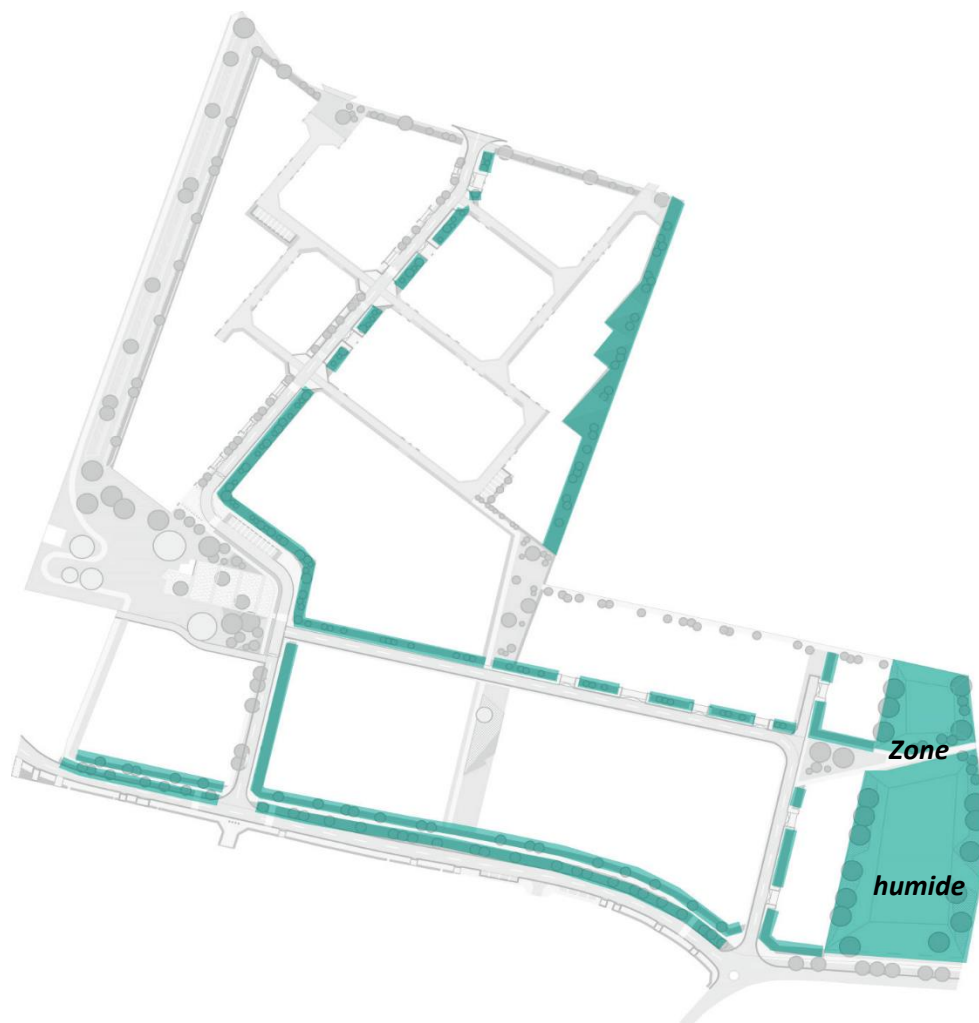


Figure 4 : Schéma d'implantation des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales sur la ZAC

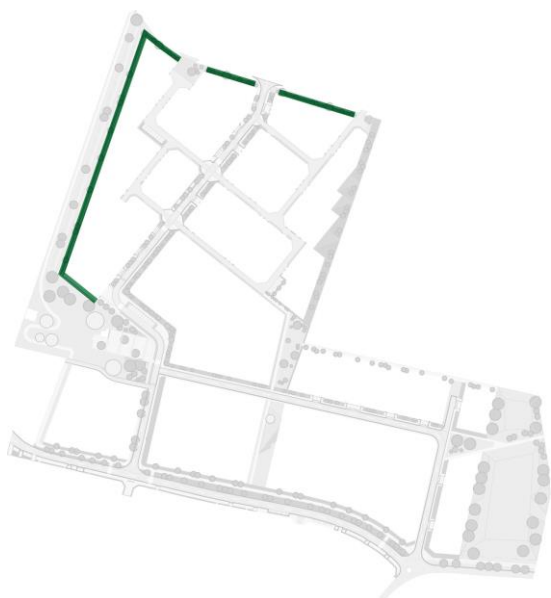
### ***Les alignements arbustifs et arborés***

Les plantations arbustives et arborées se concentrent le long des voiries structurantes et en limites de la ZAC. Elles seront composées d'arbres de haut développement qui correspondent au contexte local : prunus, chênes, érables, etc.

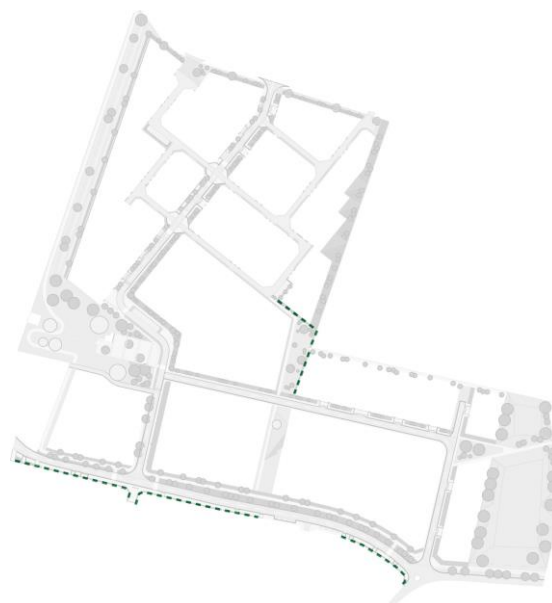
Les arbustes, haies et cépées arbustives permettront notamment d'accompagner le bâti et les cheminements piétons, et de traiter les limites paysagères.

On distingue deux types de compositions pour les haies, comme indiqué ci-dessous :

- des haies champêtres, composées de diverses espèces de type sauvage, plantées en limite ouest de la ZAC ;
- des haies de charmille monospécifiques au vocabulaire plus urbain, taillées régulièrement et plantées le long de la rue des Peupliers et au cœur de la ZAC.



*Haies champêtres*



*Haies de charmille monospécifiques*

### ***Les prairies libres***

Autour du four à chaux, dans la bande de recul par rapport à la RD 910 (bordure ouest de la ZAC) et dans la prairie champêtre centrale, un mélange autochtone de fleurs locales sera planté.

Ces espaces seront des prairies libres fauchées une à deux fois par an, qui permettront un développement libre de la biodiversité.



## 2.1.2. Caractéristiques techniques du projet

### VOIRIES ET PLAN DE CIRCULATION

#### **Requalification de la rue des Peupliers**

La rue des Peupliers, qui constitue la voie d'accès principale au futur quartier depuis la RD 910 et le bourg de Sorigny, sera requalifiée sur les plans esthétique et fonctionnel, afin d'en faire une voie plus accueillante et sécurisée pour les piétons et les cycles, et de dissuader au maximum le passage des véhicules artisanaux liés au fonctionnement des entreprises situées à proximité.

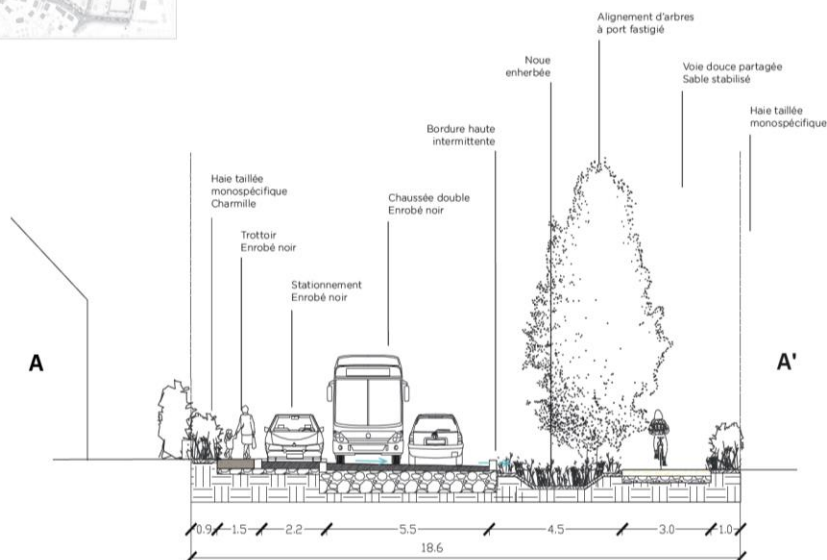
L'emprise publique, d'une largeur totale de 18,6 m, accueillera une nouvelle chaussée double en enrobé noir de 5,5 m de large. Deux plateaux surélevés permettront d'y limiter la vitesse des usagers et de sécuriser les abords du lotissement existant des Acacias.

Sur la rive sud de la rue, on prévoit une haie taillée monospécifique de charmille, un large trottoir 1,5 m) en enrobé noir, ainsi que 13 places de stationnement.

Sur la rive nord, seront aménagés une large noue (4,5 m) paysagère enherbée, un alignement d'arbres à port fastigié, une voie douce partagée en sable stabilisé de 3 m de large et une haie taillée de charmille.



### **Rue des Peupliers**



#### **Voie primaire**

La voie principale desservant le cœur de la ZAC du nord au sud sera aménagée selon une typologie similaire à celle de la rue des Peupliers, laissant une place généreuse aux déplacements doux et aux massifs paysagers et permettant le traitement des eaux pluviales (voir figure suivante). L'emprise de cet axe public est de 16 m au total, dont la chaussée double de 5,5 m.

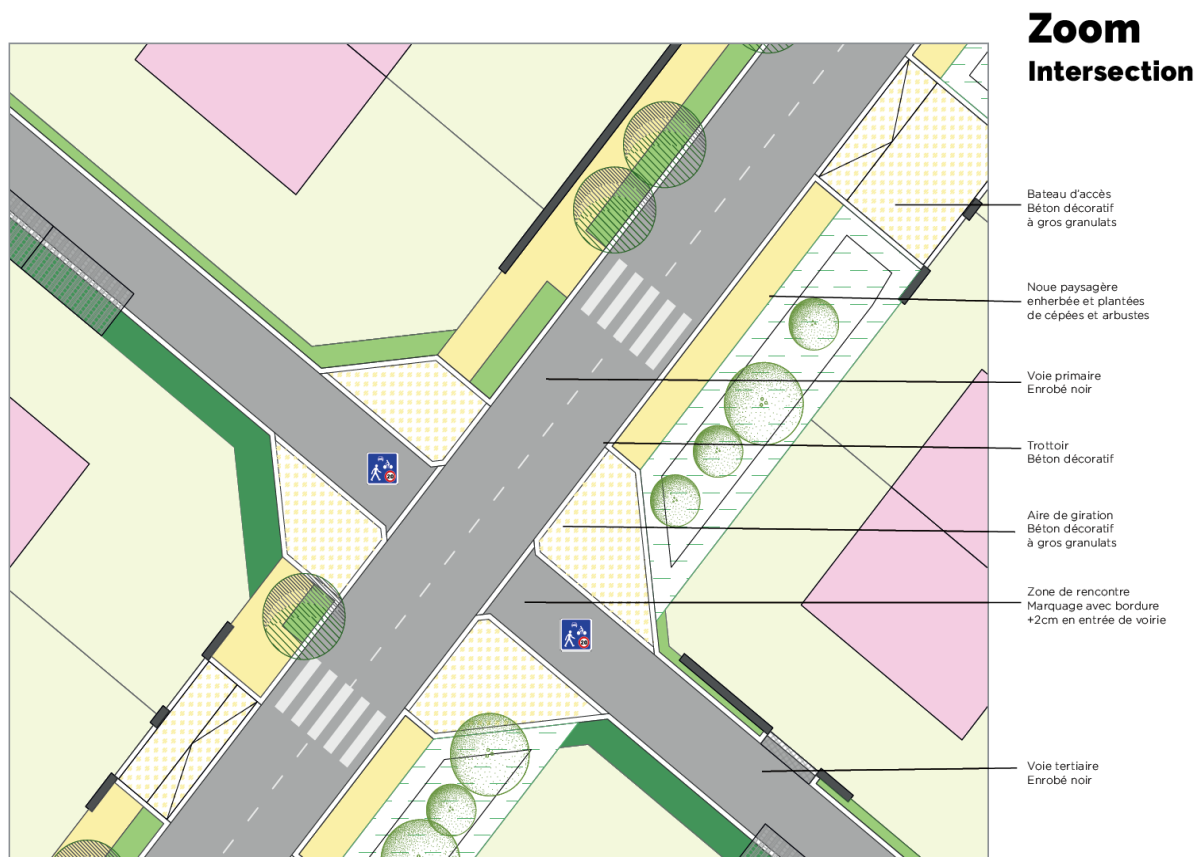


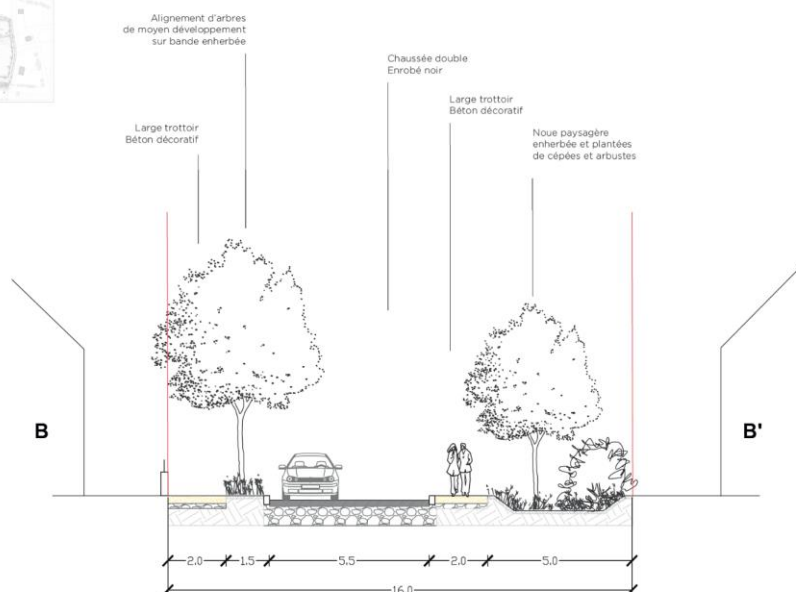
Figure 5 : Schéma d'aménagement de la voie primaire de la ZAC

Sur la rive est de la rue, on trouvera une noue paysagère enherbée et plantée de cépées et arbustes de 5 m de large et un large trottoir (2 m) en béton décoratif.

Sur la rive ouest de la rue seront aménagés un large trottoir (2,0 m) en béton décoratif et un alignement d'arbres de moyen développement sur bande enherbée.



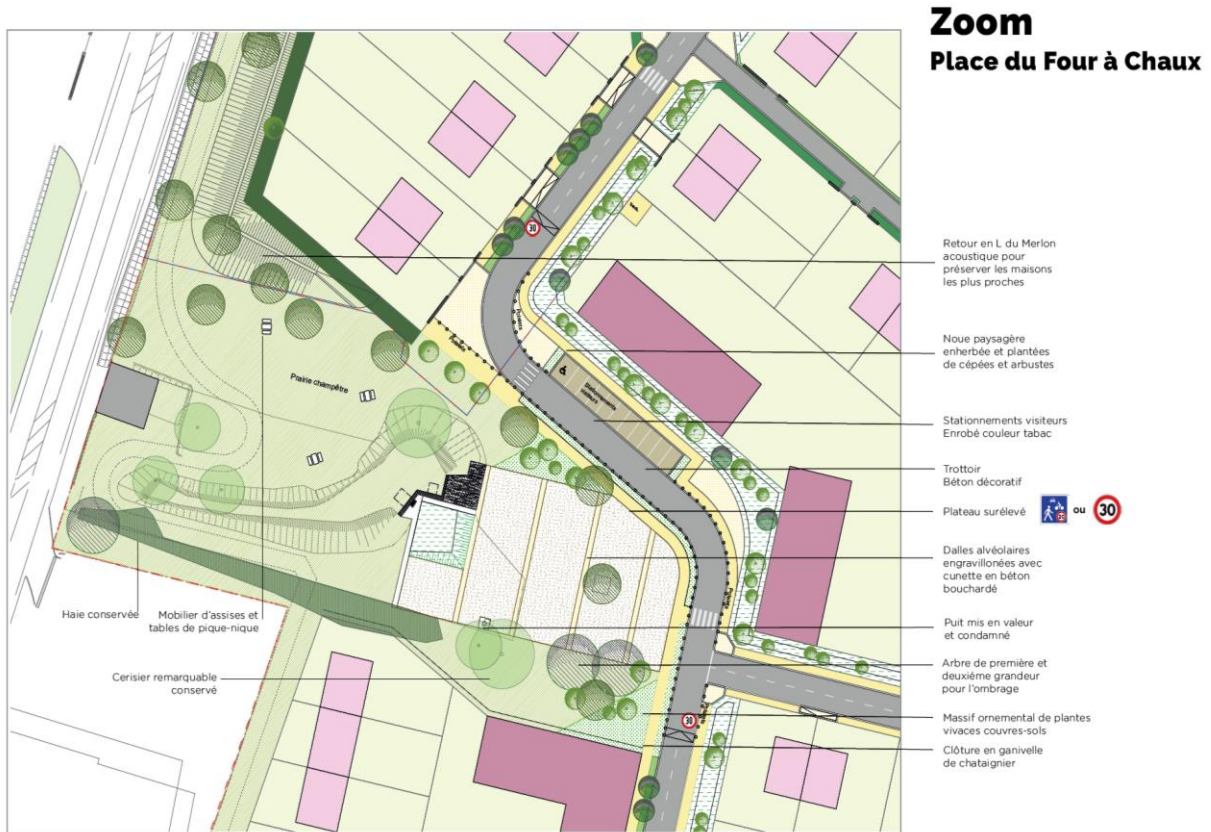
**Voie primaire**



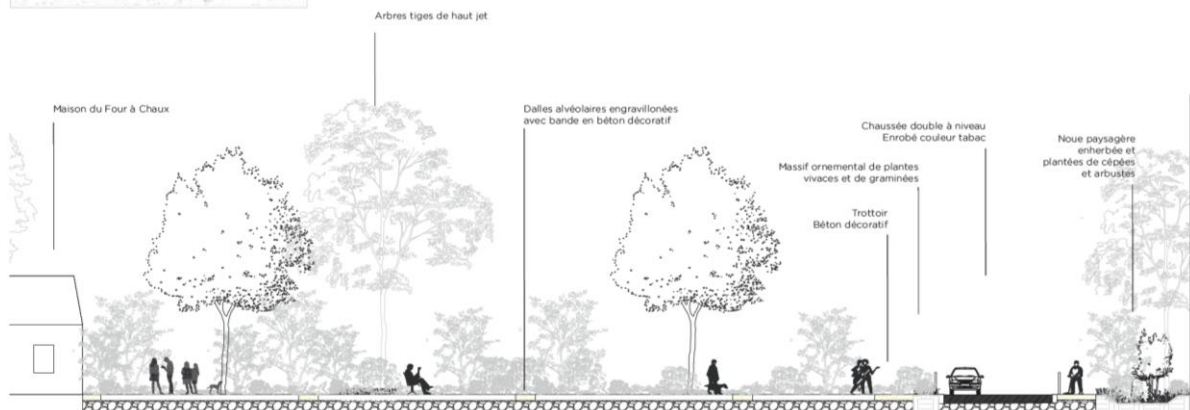
**Place du Four à Chaux**

Au centre ouest de la ZAC, la place du Four à Chaux sera composée :

- **du plateau surélevé** : chaussée de 5,5 m de large au centre du plateau, circulations piétonnes et vélos séparées par des potelets et places de stationnement à destination des visiteurs ;
- **du parvis de la maison du Four à Chaux** : dans la continuité du plateau surélevé, cette placette permettra d’articuler les différents espaces avec le four à chaux ; elle sera composée de dalles alvéolaires engravillonées, séparées à intervalles réguliers par des cunettes en béton bouchardé permettant de guider les eaux de ruissellement vers les massifs paysagers alentours.



**Four à Chaux**



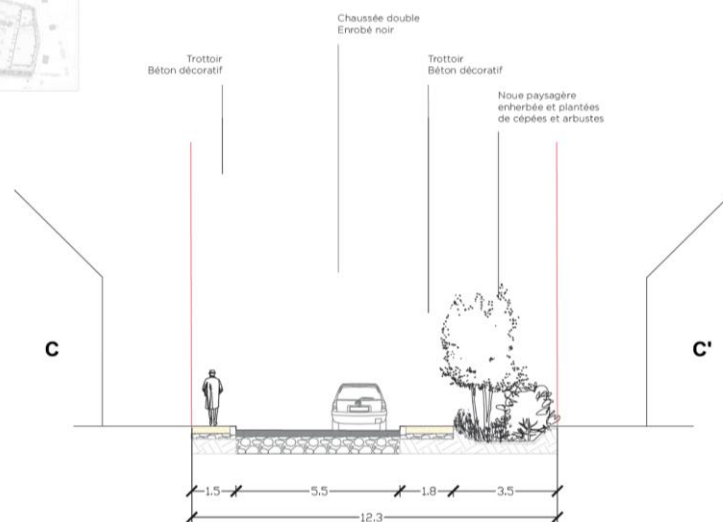
### **Voies secondaires**

Les voies secondaires occupent une emprise totale de 12,3 m de large, dont 5,5 m de chaussée carrossable.

Sur la rive sud de la rue, un trottoir en béton décoratif de 1,5 m de large est aménagé. La rive nord de la rue comprend un trottoir en béton décoratif de 1,8 m de large et une noue paysagère enherbée et plantée de cépées et arbustes de 3,5 m de large.



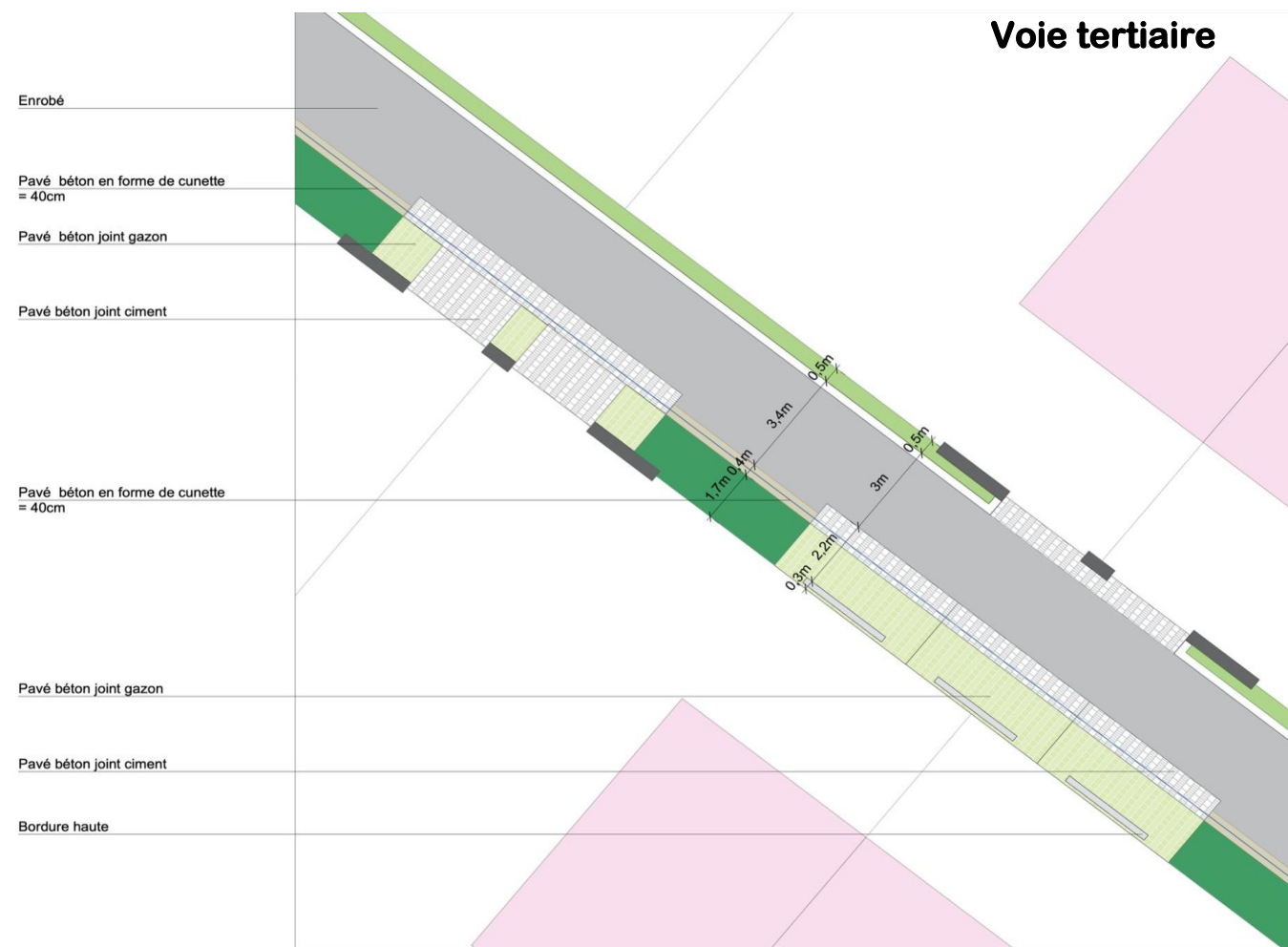
### **Voie secondaire**



### **Voies tertiaires**

Les voies tertiaires disposent d'une emprise limitée de 6 m, dont 3 m de chaussée carrossable (zone de rencontre à double-sens en enrobé noir).

Sur la rive sud de la rue, on trouve une alternance entre les bateaux d'accès des lots privés en pavés béton, des bandes enherbées et des places de stationnement en pavé béton joint gazon. Sur la rive nord de la rue, les bandes enherbées (de 0,5 m de large) seront interrompues par les bateaux d'accès aux lots privés en pavés béton (voir schéma suivant).



## CHEMINEMENTS ET SENTIERS PIETONNIERS ET CYCLABLES

Les piétons et cyclistes disposent de cheminements sécurisés sur l'ensemble de l'opération. Des continuités piétonnes individuelles permettent ainsi de traverser la ZAC du nord au sud et d'est en ouest. Pour se rendre dans les terrains situés sur les franges, les voies tertiaires disposent d'un emplacement réservé aux piétons.

La largeur des **voies piétonnes** varie entre 1,5 et 2 m. Les trottoirs en bordures des voiries principales de la ZAC seront aménagés en béton décoratif et les voies piétonnes indépendantes des voiries en sables stabilisés. Deux promenades piétonnes indépendantes seront aménagées au sein des massifs paysagers de l'opération : l'une au sein de la prairie champêtre centrale et l'autre en sortie est de la ZAC, afin de franchir la zone humide aménagée en jardin de pluie et le ruisseau du Mardereau.

Un emplacement réservé sera conservé pour l'**aménagement d'une voie cyclable de 3 m** de large en limite ouest du projet, le long de la RD 910.

Une voie piétons/cycles en sable stabilisé sera aménagée le long de la rue des Peupliers.

## DESSERTE DE LA ZAC EN RESEAUX

Les réseaux de la ZAC sont des réseaux entièrement projetés. Ils seront raccordés sur les réseaux existants les plus proches (situés rue des Peupliers, chemin de Crétinay et rue de la Voie Dieu).

Tous les réseaux seront réalisés en souterrain et les deux réseaux électriques aériens existants rue des Peupliers et chemin de Crétinay seront enfouis le long de la voie dans le premier cas et le long de la ZAC pour le chemin de Crétinay.

Les réseaux suivants sont prévus sur la ZAC :

- **Alimentation en eau potable et protection incendie** (2 bouches incendies prévue sur le nouveau quartier).
- **Assainissement des eaux usées**, réalisé en tenant compte le nivellement général de l'opération.
- **Assainissement des eaux pluviales, conforme au** règlement d'assainissement en vigueur sur la commune de Sorigny (régulateurs de débit avec regard et ouvrage de surverse de sécurité à chaque sortie de bassin projeté).

La gestion des eaux pluviales sur la ZAC du Four à Chaux a été pensée afin de limiter au maximum le linéaire de réseaux et les rejets dans les ouvrages existants.

Les ouvrages hydrauliques (noues, cunettes, bassins) et les réseaux de la ZAC permettent d'une part de récupérer les débits de fuite (non gérés à la parcelle) des lots libres de la phase 2 vers les noues et cunettes, et d'autre part de récupérer les eaux pluviales des espaces publics et des lots libres de la phase 1 vers les noues et cunettes également.

Ces noues et cunettes se rejettent ensuite via des caniveaux, dans les bassins paysagés projetés (1 bassin par phase).

Concernant la rue des Peupliers, une noue est implantée au nord de la rue afin de récupérer les eaux des espaces publics, d'infiltrer ces eaux et de les acheminer vers le bassin paysagé de la phase 1.

Le rejet de la phase 1 se fera dans le ruisseau du Mardereau, tandis que celui de la phase 2 se fera dans le fossé existant chemin de Crétinay (qui se rejette ensuite dans le Mardereau).

- **Electricité HT et BT**, avec des postes de transformation, projeté afin de raccorder l'ensemble des lots de la ZAC.
- **Eclairage public** (BT) sous toutes les voies créées (réseau interne à la ZAC non raccordé aux réseaux existants).
- **Télécommunications**, desservant l'ensemble des lots prévus sur la ZAC.

## NIVELLEMENT ET AMENAGEMENTS DES MERLONS

Le nivellement tient compte de la topographie existante et de la position des exutoires possibles (ruisseau existant le Mardereau), limite le nombre de points bas intermédiaires et favorise les pentes douces pour ralentir les écoulements.

## **2.2. PRESENTATION DES ENJEUX ET DU CADRE LOCAL CONNU EN MATIERE D'ENERGIE – CLIMAT**

### **2.2.1. Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET)**

Le SRADDET de la Région Centre-Val de Loire a été approuvé au printemps 2019. Il se substitue au Schéma Régional Climat-Air-Énergie (SRCAE) de la région Centre-Val de Loire adopté en juin 2012.

Il comporte une orientation n°4 « Intégrer l'urgence climatique et environnementale et atteindre l'excellence éco-responsable » qui opte pour un scénario de couverture de 100% des besoins énergétiques du territoire par des énergies renouvelables à l'horizon 2050.

Un des objectifs du schéma concerne la thématique climat, air et énergie et comprend la règle générale n°32 – « Favoriser sur le parc bâti les installations individuelles et collectives d'énergies renouvelables et de récupération. »

Le SRADDET Centre-Val de Loire prévoit les évolutions suivantes :

- bois-énergie : x 3,55 ;
- biogaz : x 109,36 ;
- éolien : x 7,54 ;
- géothermie : x 34,97 ;
- solaire thermique : x 47,55 ;
- solaire photovoltaïque : x 30,24 ;
- hydraulique : x 0,84 (baisse) ;

... soit une évolution globale de production d'énergie renouvelable multipliée par 7,22.

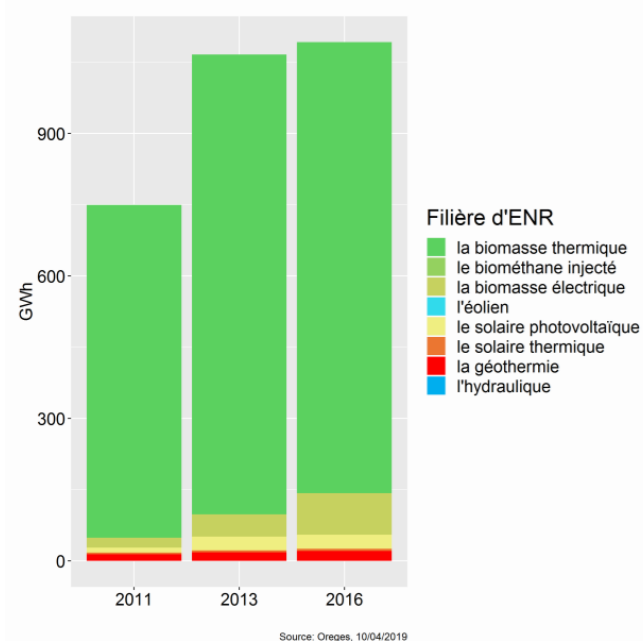
### **2.2.2. L'Atlas transversal Climat Air Energie d'Indre-et-Loire**

L'Atlas transversal Climat Air Energie du Loir-et-Cher a été réalisé par Lig'Air et la DREAL Centre-Val de Loire en avril 2021.

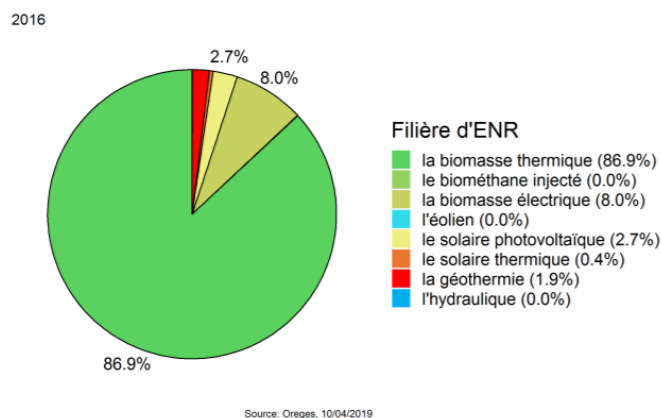
Comme le montre le graphique suivant, en 2016 sur le département d'Indre-et-Loire, la production d'énergie renouvelable totale (toutes filières confondues) du territoire était de 1 092 GWh. Cette production correspond à 14,2% de l'énergie produite au niveau régional (soit 7 696 GWh).

La filière de production ENR dominante du territoire est la biomasse thermique (86,9%), suivie par la biomasse électrique (8,0%) puis le solaire photovoltaïque (2,7%). En 2016, 10,7% de l'énergie renouvelable est produite sous forme d'électricité, 89,2% sous forme de chaleur et 0% sous forme de biogaz injecté. Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la production d'ENR sur la période 2011-2016 pour chaque filière ENR.

Évolution de la production d'ENR par filière



Détail de la répartition de la production entre les filières



### 2.2.3. Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) de l'Agglomération tourangelle

Le SCOT de l'agglomération tourangelle « Objectif 2030 » a été approuvé le 27 septembre 2013. Il regroupe 40 communes dont Sorigny (800 km<sup>2</sup>, 363 000 habitants). Ce SCOT est en cours de révision et le nouveau SCOT intégrera 54 communes (Tours Métropole Val de Loire, la CCTVI et la Communauté de Communes Touraine-Est Vallées).

L'axe 4 du Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du SCOT « lutter contre le changement climatique, s'y adapter et améliorer la qualité de l'air » prescrit de « renforcer l'autonomie énergétique du territoire en développant les énergies renouvelables :

*En lien avec les autres politiques publiques, il s'agit aussi pour le SCoT d'atteindre un objectif de production de plus de 20% d'énergie renouvelable à l'horizon 2020 (objectif Grenelle – 23%) et de renforcer ainsi l'autonomie énergétique du territoire en s'appuyant notamment sur le bois-énergie, le solaire thermique et photovoltaïque, la géothermie et l'éolien. »*

Le Document d'Orientation et d'Objectifs (DOO) reprend ces objectifs :

*La production d'énergie renouvelable est actuellement assez faible sur le territoire du SCoT puisqu'elle correspond à environ 2% des consommations. L'objectif du SCoT est de renforcer son autonomie énergétique en développant le recours aux énergies renouvelables : bois-énergie, solaire thermique et photovoltaïque, géothermie, éolien et récupération de chaleur à partir des réseaux urbains (eaux usées entre autres) notamment.*

**Objectifs :**

- *Étudier systématiquement les possibilités de recours aux énergies renouvelables dans la construction et la rénovation de maîtrise d’ouvrage publique.*  
(...)
- *Étudier dès la conception des opérations d’ensemble les possibilités de mutualisation des systèmes de production d’énergie.*  
*Après l’estimation des consommations de l’opération, les collectivités devront étudier les possibilités de mutualisation des systèmes de production d’énergie (réseaux de chaleur), sur le site et à proximité.*
- *Privilégier l’implantation de panneaux photovoltaïques soit en les intégrant au bâti, soit sur site orphelin (délaisse d’une activité humaine) sous réserve de réversibilité à l’issue de la période d’exploitation.*

**Recommandations :**

- *Développer les énergies renouvelables sous réserve de bonne intégration paysagère des dispositifs techniques.*
- *Encourager la mutation vers les énergies renouvelables des réseaux de chaleur alimentés à partir d’énergies fossiles.*
- *Favoriser le développement de l’éolien dans les secteurs identifiés dans le schéma régional éolien. Deux communes sont concernées : Saint-Branches et Sorigny.*  
(...)

#### **2.2.4. Le Plan de protection de l’atmosphère (PPA) de l’agglomération tourangelle**

La commune de Sorigny se trouve sur le territoire du PPA de l’agglomération tourangelle dont la dernière révision a été approuvée par arrêté préfectoral du 3 septembre 2014. Ce Plan concerne en effet les communes de la Communauté d’agglomération de Tours et des communautés de communes du Vouvrillon, de l’Est Tourangeau et du Val de l’Indre.

Un PPA définit les mesures préventives et correctives à mettre en œuvre pour atteindre les concentrations de polluants dans l’air ambiant qui respectent les valeurs réglementaires (décret du 21 octobre 2010). L’élaboration d’un PPA est obligatoire dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, et sur les zones où un dépassement des valeurs limites est observé ou risque de l’être. Il est élaboré pour une période de 5 ans.

Parmi les objectifs du PPA, on trouve notamment la réduction des émissions d’oxydes d’azote et de particules PM10, lesquelles sont notamment générées par le chauffage des maisons au moyen d’hydrocarbures ou de bois.

## 2.2.5. Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) des Communautés de communes Touraine Vallée de l'Indre

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 prévoit que les collectivités existantes au 1<sup>er</sup> janvier 2017 et regroupant de plus de 20 000 habitants réalisent un Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET).

La Communautés de communes Touraine Vallée de l'Indre (CCTVI) s'est engagée dans une démarche d'élaboration de son PCAET en 2018. Il s'agit ainsi de pouvoir répondre localement aux enjeux écologiques nationaux, à savoir :

- réduire la consommation énergétique finale de 50% en 2050 par rapport à 2012 ;
- porter la part des énergies renouvelables à 32% de la consommation finale d'énergie en 2030 et 40% de la production d'électricité ;
- réduire de 40% les émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990.

Les objectifs stratégiques et opérationnels du PCAET établis en décembre 2019 sont les suivants :

- atténuer le changement climatique, le combattre, s'y adapter ;
- **développer les énergies renouvelables (notamment le solaire thermique) ;**
- maîtriser les consommations énergétiques ;
- améliorer la qualité de l'air.

### Les énergies renouvelables dans le PCAET

Le diagnostic du PCAET réalisé en décembre 2019 par le bureau d'études Mosaïque Environnement consacre ses parties I.C et I.D aux énergies renouvelables :

#### I.C. LA PRODUCTION D'ENERGIE RENOUELABLE

Chiffres clés :

*Le bois énergie représente en 2016 89% des énergies renouvelables du territoire.*

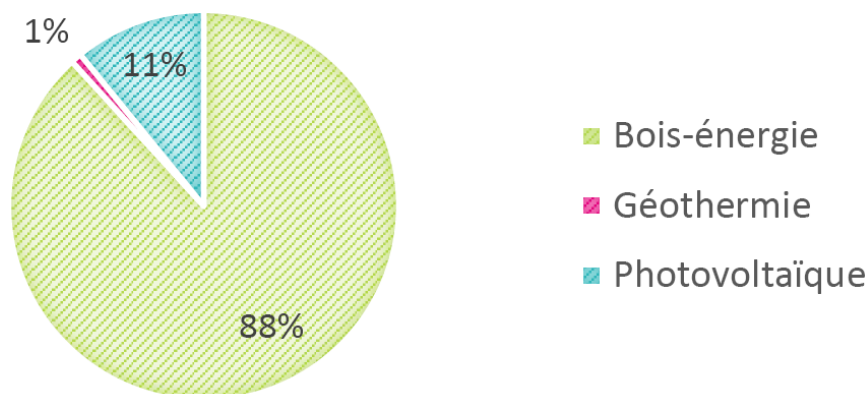
*20 installations ENR dans des bâtiments communaux.*

*Potentiel de production supplémentaire de 307 GWh.*

ATOUS	FAIBLESSES
Un potentiel de production d'énergies renouvelables important notamment les ressources bois, photovoltaïque et géothermie Un soutien local dans les projets (ALEC37)	Une capacité des réseaux trop faible pour accueillir la production électrique Des gisements parfois complexes à mobiliser
ENJEUX	
Développer les réseaux de distribution d'énergie pour ne pas contraindre le potentiel ENR Mobiliser les gisements les plus importants et les acteurs locaux (habitants, entreprises, etc.)	

La production d'énergie renouvelable sur le territoire représente 22,4 GWh par an (en 2016). Elle comprend le bois énergie, la géothermie (prise en compte ici comme une énergie renouvelable, bien que la pompe à chaleur fonctionne à l'électricité), et le photovoltaïque. Cela représente 2% de la consommation d'énergie locale.

La production de chaleur est estimée à 19,96 GWh avec le bois énergie et la géothermie, et la production d'électricité à 2,22 GWh avec le photovoltaïque.



**Production d'énergies renouvelables (ENR) en 2016**

Les installations solaires appartenant en général à des particuliers, celles-ci sont d'une dimension moindre et leur production plus faible. La faiblesse du développement du solaire sur le territoire, comme cela est également observé au niveau régional, explique également cette part moindre dans la production. On peut toutefois souligner le développement du photovoltaïque sur le territoire ces dernières années. Le bois énergie représente la source la plus importante de production, en raison du nombre de foyers chauffés au bois notamment. La géothermie représente également une part importante de la production d'énergie. Le territoire est en effet propice au développement de cette énergie.

### **Bois énergie**

Le bois énergie représente une production d'énergie de près de 19,76 GWh. Cela correspond à une exploitation forestière estimée à 9 297 m<sup>3</sup> par an de bois exploités à destination du bois de chauffage (estimation réalisée à partir des données Agreste en Indre-et-Loire). La production d'électricité à partir de bois (par pyro gazéification) étant encore très peu développée, il s'agit ici d'une production de chaleur. La part des ENR thermiques dans les consommations nous indique que le bois énergie est fortement consommé pour le chauffage des habitations.

### **Géothermie**

La production d'énergie par la géothermie est de 0,2 GWh en 2016 (source : BRGM). Le nombre de pompes à chaleur sur le territoire est estimé à 17 installations : 1 entreprise, 2 publics et 14 particuliers. Les projets communaux évoqués plus hauts n'étaient pas encore pris en compte dans ce calcul (projets plus récents).

## Photovoltaïque

La production photovoltaïque du territoire représente 2,4 GWh en 2016. Le nombre d'installation est de 391, ce qui représente une puissance installée d'en moyenne 5,6 kW par installation. Cependant, si une majorité des installations se trouve chez des particuliers, il est également fréquent que des installations photovoltaïques soient posées sur des bâtiments publics (écoles, mairies, gymnases), ou sur des toitures d'entreprises, disposant souvent d'une superficie de toit intéressante.

## I.C. POTENTIELS EN ENR

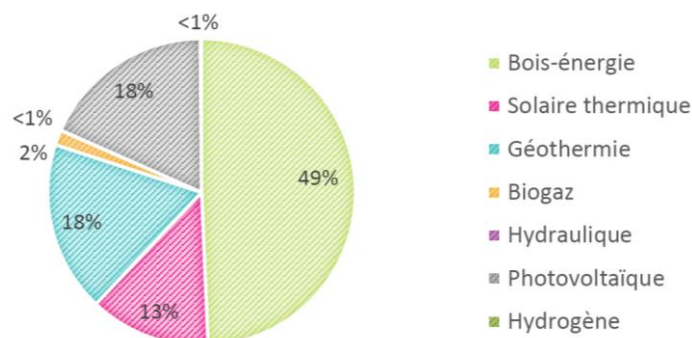
Les potentiels présentés ici sont calculés à partir des données disponibles.

En raison des fortes contraintes environnementales sur les cours d'eau du territoire, le potentiel de production d'hydroélectricité (en cours d'eau) n'a pas été estimé. Nous signalons toutefois que des systèmes de turbines hydroélectriques peuvent être mises en place dans le circuit d'eau potable.

Le potentiel total de production d'énergie renouvelable mobilisable sur le territoire est estimé à 413 GWh pour une mobilisation réaliste des gisements, soit 33% de la consommation d'énergie de 2015. Si l'on compare cette production (estimée pour l'horizon 2050) avec les consommations estimées de 2050 (au potentiel maximum de réduction des consommations), cela représente 74% des consommations d'énergie.

Le potentiel mobilisable a été estimé afin de proposer un potentiel de production plus proche de la réalité technique, économique et environnementale du territoire. Il permet par exemple de combiner les potentiels « solaire thermique » et « solaire photovoltaïque » sur les toitures (une tiers de thermique et deux tiers de photovoltaïque). Le gisement total pour chaque source d'énergie indépendamment n'est pas donc inatteignable mais pourra demander des efforts supplémentaires pour le mobiliser. Le potentiel en ENR se répartit comme suit :

En GWh	Potentiel total par source d'énergie	Potentiel mobilisable par source d'énergie
<b>Bois-énergie</b>	229,44	195,02
<b>Solaire thermique</b>	141,82	55,45
<b>Géothermie</b>	332,21	78,02
<b>Biogaz</b>	11,31	6,90
<b>Éolien</b>	0,00	0,00
<b>Photovoltaïque</b>	105,62	76,96
<b>Hydraulique</b>	0,13	0,13
<b>Hydrogène</b>	0,59	0,59



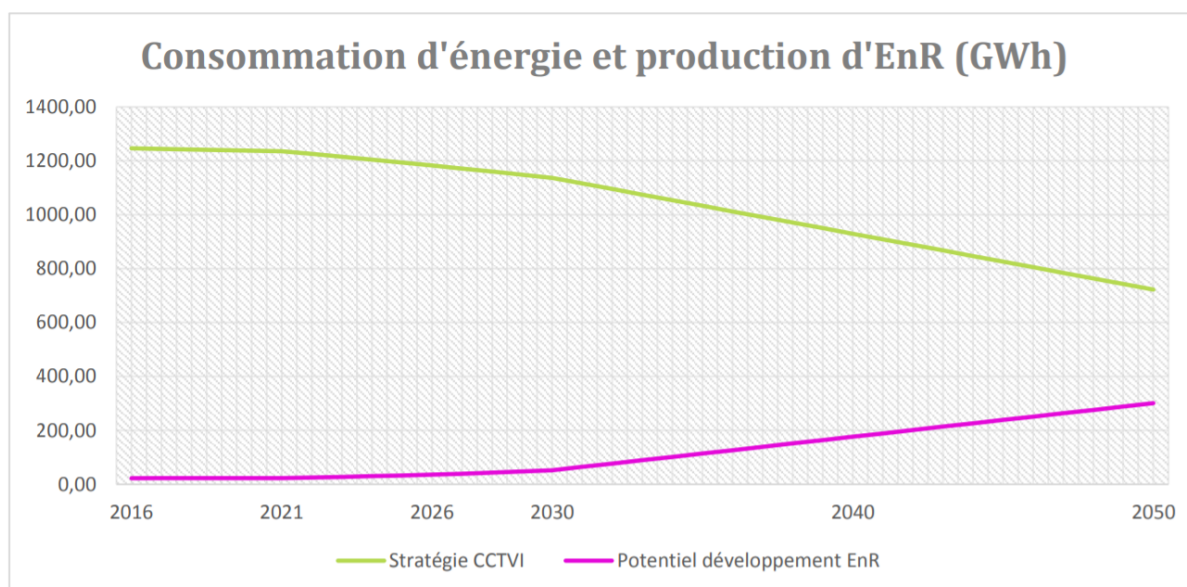
Potentiel de production d'ENR en 2050

L'orientation 2 du PCAET vise ainsi à développer les énergies renouvelables, notamment la filière bois énergie, les réseaux de chaleur, la géothermie le photovoltaïque (notamment pour la production d'hydrogène) et le solaire thermique.

La réglementation nationale fixe comme objectif à 2030 une couverture de 32% des consommations d'énergie et le SRADDET Centre-Val de Loire fixe des objectifs auquel le PCAET doit contribuer : un taux de couverture de 100% en 2050.

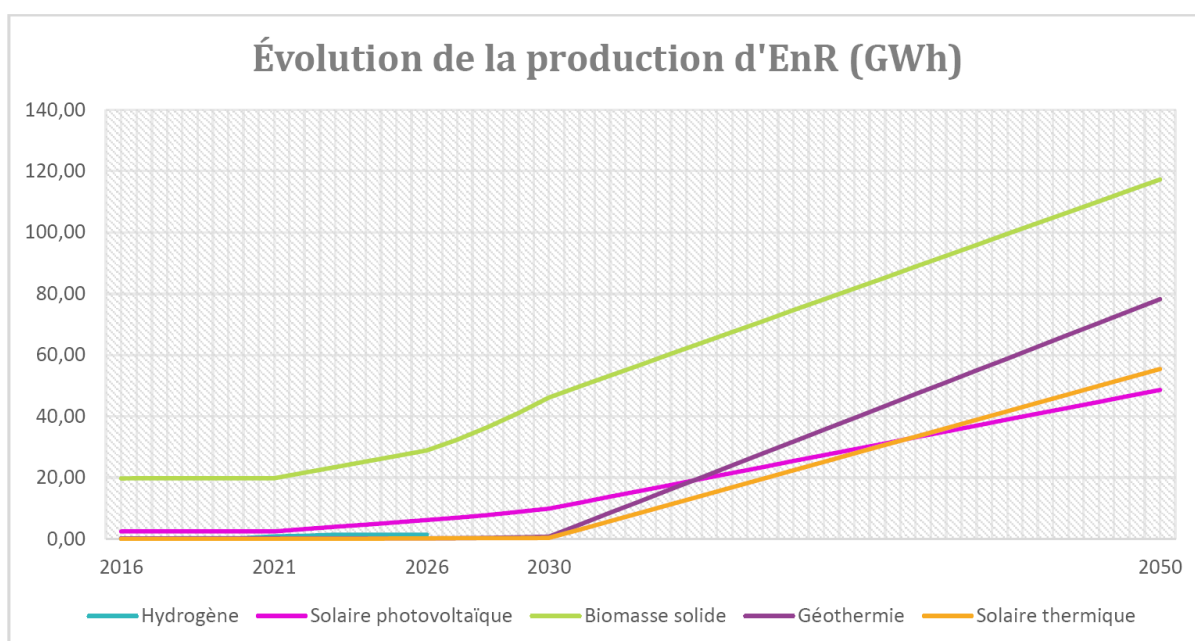
La stratégie de la CC Touraine Vallée de l'Indre fixe un objectif de production d'ENR de 279 GWh supplémentaires à horizon 2050 (voir graphique suivant), afin d'atteindre une production totale de 301 GWh. Les consommations énergétiques de 2050 seront alors couvertes par les ENR à hauteur de 42%.

La stratégie donne la priorité au développement du bois-énergie, de la géothermie (quelle que soit la forme, pompe à chaleur ou autre), ainsi qu'au solaire thermique, notamment pour les logements. En matière de photovoltaïque, la priorité est mise sur le développement de l'autoconsommation, dans les cas où celle-ci est plus avantageuse que la redistribution sur le réseau (consommation en même temps que la production, gisement exploité en grande partie ou en totalité, réseau trop faible et non adaptable, etc.), afin d'alléger le réseau électrique. Le photovoltaïque au sol ne sera envisagé que sur des terrains inexploitable d'un point de vue agricole et ne présentant pas d'enjeux environnementaux. Le développement de l'éolien étant assez contraint, des incitations au développement du petit éolien dans les zones favorables seront proposées, et la possibilité de mettre en place un champ de 4 éoliennes dans le secteur de Sorigny sera évaluée. Enfin une ambition forte est affirmée sur la question de la récupération de chaleur.



Il restera donc environ 420 GWh à importer où à trouver sur de nouveaux gisements. Il est en effet possible de venir récupérer à terme certains gisements non étudiés ici (études approfondies sur la géothermie, certains types de toitures, photovoltaïque au sol, etc.), mais également d'importer de l'énergie renouvelable de territoires voisins, notamment plus ruraux. Le tableau ci-après présente les objectifs de production aux différents pas de temps réglementaires.

	Estimation de la production d'ENR par source d'énergie, en GWh				
	2015	2021	2026	2030	2050
<b>Hydrogène</b>	0,00	0,82	1,41		
<b>Solaire photovoltaïque</b>	2,44	2,45	6,19	9,06	48,62
<b>Bois énergie</b>	19,76	19,86	28,83	42,21	117,27
<b>Géothermie</b>	0,20	0,20	0,20	0,29	78,22
<b>Solaire thermique</b>	0,00	0,00	0,20	0,29	55,45
<b>Biogaz</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38
<b>TOTAL</b>	22,40	23,33	36,83	57,18	301,53



Concernant la production d'hydrogène, la volonté de la CCTVI est d'utiliser uniquement des sources renouvelables (photovoltaïque), c'est donc l'hypothèse retenue dans la modélisation. Pour autant, comme cette énergie est en plein développement sur le territoire, aucune estimation n'a été faite pour sa progression après la fin de la mise en œuvre de ce premier PCAET.

Filière de production en GWh		Objectifs de production des ENR			
		2021	2026	2030	2050
<b>Électricité</b>	Solaire photovoltaïque	x 1	x 2.5	X 3.7	x 19.9
	Biomasse solide	x 1	x 1,5	x 2,1	x 5.9
<b>Chaleur</b>	Géothermie	x 1	x 1	x 3,8	x 391.1
	Solaire thermique	Pas de production initiale			
	Biogaz	Pas de production initiale			
	Hydrogène	Pas de production initiale			
<b>Carburant</b>	Hydrogène	Pas de production initiale			
<b>TOTAL EnR</b>		x 1	x 1,7	x 2,7	x 13.5



# IDENTIFICATION DES OPPORTUNITES EN ENERGIES RENOUVELABLES

## 3. IDENTIFICATION DES OPPORTUNITES EN ENERGIES RENOUVELABLES

### 3.1. EVALUATION DU POTENTIEL D'ENERGIE RENOUVELABLE DISPONIBLE

#### 3.1.1. L'énergie solaire

##### 3.1.1.1. L'énergie solaire active

###### 3.1.1.1.1. Chauffage et eau chaude solaires

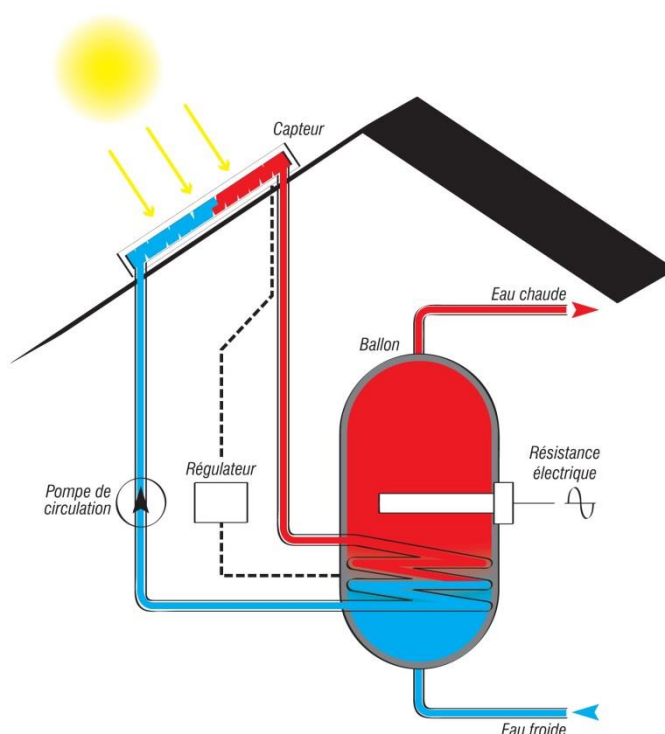


#### PRESENTATION

##### Les chauffe-eaux solaires individuels (CESI)

Le chauffe-eau solaire individuel permet de chauffer l'eau sanitaire via les rayonnements solaires en installant des capteurs solaires sur ou aux abords du bâtiment considéré : en toiture ou sur châssis au sol. Le fluide caloporteur chauffé dans le capteur solaire monte vers un ballon situé plus en hauteur et dans lequel le fluide cédera sa chaleur à l'eau à travers un échangeur simple. Le fluide caloporteur peut-être l'eau elle-même, auquel cas il n'existe pas d'échangeur dans l'installation.

Comme toute installation solaire, le chauffe-eau nécessite un chauffage électrique d'appoint du ballon lorsque le rayonnement n'est pas suffisant.



Réalisation : THEMA Environnement.

Figure 6 : Schématisation du fonctionnement d'un chauffe-eau solaire

Deux types de chauffe-eau solaire peuvent être envisagés :

- Le chauffe-eau solaire à éléments séparés, globalement recommandé,
- Le chauffe-eau solaire monobloc.

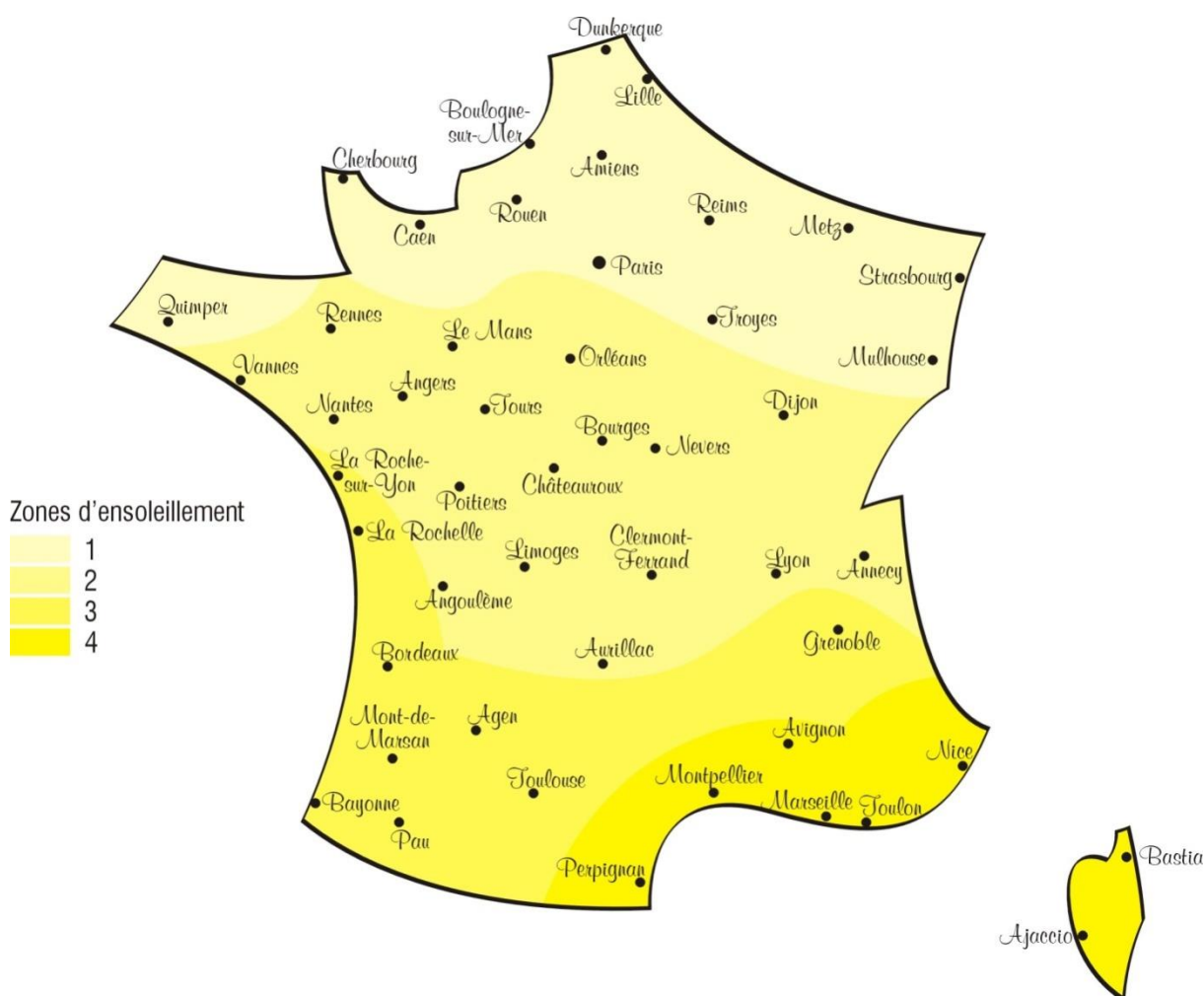
Le chauffe-eau solaire à éléments séparés peut se présenter sous deux formes :

- Un CESI en thermosiphon (l'appoint, dissocié du ballon solaire, sera placé en aval de celui-ci). Dans ce cas, le ballon solaire doit être installé plus haut que le niveau des capteurs ;

- Un chauffe-eau à circulation forcée (au choix, l'appoint sera incorporé au ballon solaire ou assuré en aval de celui-ci).

La superficie des capteurs solaires est déterminée en fonction du climat de la région concernée et du nombre d'utilisateurs. Plus les besoins en eau chaude sont importants, plus la surface de capteurs doit être grande. Le tableau suivant prend pour base de calcul une consommation journalière par personne de 50 à 60 litres d'eau chaude à 45°C.

Dimensionnement des chauffe-eau solaires individuels				
Nombre d'occupants	1 à 2	3 à 4	5 à 6	7 à 8
Volume du ballon solaire en litres (sans appoints)	100 à 150	100 à 250	250 à 350	350 à 500
Volume total du ballon en litres (avec appoint)	100 à 250	250 à 400	400 à 550	550 à 650
Surface des capteurs en m <sup>2</sup> selon la zone d'ensoleillement	<b>Zone 1-2 : 2 à 3</b> Zone 3-4 : 2 à 2,5	Zone 1 : 3 à 5,5 <b>Zone 2 : 2,5 à 4,5</b> Zone 3 : 2 à 4 Zone 4 : 2 à 3,5	Zone 1 : 4 à 7 <b>Zone 2 : 3,5 à 6,5</b> Zone 3 : 3 à 5,5 Zone 4 : 2,5 à 4,5	Zone 1 : 5 à 7 <b>Zone 2 : 4,5 à 7</b> Zone 3 : 3,5 à 7 Zone 4 : 3,5 à 6



Réalisation : THEMA Environnement, d'après ADEME.

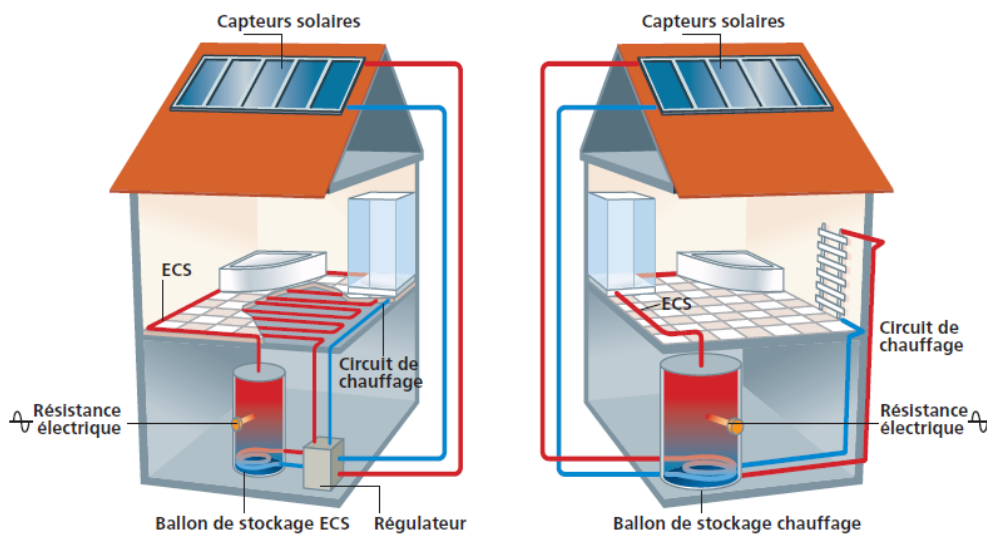
Figure 7 : Zones d'ensoleillement sur le territoire métropolitain

**Note :** un chauffe-eau solaire est généralement dimensionné pour assurer une couverture des besoins par le solaire comprise entre 40 et 60%. Le reste des besoins sera couvert par le système d'appoint.

Les systèmes solaires combinés

Il est possible d'associer le chauffage à la production d'eau chaude sanitaire (ECS) solaire : il s'agit dès lors d'installer un système solaire combiné (SSC), qui peut se présenter sous deux formes :

- Les SSC qui stockent l'énergie dans un ballon. L'énergie est ensuite distribuée vers le réseau d'eau chaude sanitaire (ECS) et dans un réseau de tubes à basse température noyé dans le plancher, ou vers des radiateurs basse température.
- Les SSC qui stockent l'énergie directement dans le plancher chauffant (plancher solaire direct dit PSD, marque déposée par la société CLIPSOL). Les planchers chauffants sont plutôt adaptés à la construction neuve ou à des réhabilitations lourdes.



Source : EDF, « L'énergie solaire thermique, production d'eau chaude sanitaire et chauffage des locaux ».

Figure 8 : Schématisation d'un Système Solaire Combiné



ATOUS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
Energie facilement mobilisable, sans besoins en termes de transports.	Nécessité d'un ensoleillement suffisant.



COÛTS

**Coût d'investissement**

En 2019, le prix d'un chauffe-eau solaire individuel standard équipé de 3 à 5 m<sup>2</sup> de capteurs et d'un ballon de 200 à 300 litres (3 à 5 personnes en fonction des régions d'implantation), selon les modèles concernés, était compris entre 4 500 et 7 000 € TTC, pose comprise, avant prise en

compte des soutiens publics (3 000 à 5 500 € après aides financières). Le coût d'entretien s'élève de 50 à 150 euros par an (hors chaudière d'appoint), soit un temps de retour de 15 à 25 ans.

Pour une petite installation de SSC (10 m<sup>2</sup> de capteurs, 70 m<sup>2</sup> de surface chauffée), il faut compter environ 10 000 € pour l'installation solaire, appoint compris.

Ce montant recouvre l'intégralité du poste chauffage et production d'eau chaude sanitaire (capteurs solaires, stockage, régulation, chaudière d'appoint, circuit de distribution et émetteurs de chaleur, système de production d'eau chaude sanitaire, montage).

Pour un projet plus important (20 m<sup>2</sup> de capteurs, 150 m<sup>2</sup> de surface chauffée), le coût peut atteindre 20 000 €.

A titre de comparaison, une installation conventionnelle (chauffage et production d'eau chaude domestique) au fioul haut de gamme, avec plancher chauffant ou radiateurs basse température, coûte environ 15 000 € pour une maison de 150 m<sup>2</sup>.

### 3.1.1.1.2. Centrales électriques thermiques solaires

Source : *jeunes.edf.com*

Ce type d'installation est surtout exploité aux Etats-Unis. Le fonctionnement des centrales solaires thermiques repose sur la technique suivante :

- 1/ des miroirs captent le rayonnement solaire en un point de façon à générer des températures très élevées (de 400 à 1 000°C) ;
- 2/ la chaleur obtenue transforme de l'eau en vapeur d'eau dans une chaudière ;
- 3/ la vapeur sous pression fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur ;
- 4/ l'alternateur produit un courant électrique alternatif.

### 3.1.1.1.3. Electricité solaire photovoltaïque

Source : *Guide de l'étude d'impact des installations photovoltaïques au sol, MEDDTL.*



## PRESENTATION

### Principe de l'effet photovoltaïque

Les particules de lumière ou photons heurtent la surface du matériau photovoltaïque disposé en cellules ou en couches minces puis transfèrent leur énergie aux électrons présents dans la matière qui se mettent alors en mouvement dans une direction particulière.

Le courant électrique continu créé par le déplacement des électrons est alors recueilli par des fils métalliques très fins connectés les uns aux autres, puis acheminé à la cellule photovoltaïque suivante. La tension des cellules s'additionne jusqu'aux bornes de connexion du panneau, puis la tension du panneau s'additionne à celle des autres panneaux raccordés en série au sein d'une même chaîne (ensemble de panneaux placés en série). Le courant des différentes chaînes, placées en parallèle, s'additionne au sein d'une installation.

### Caractéristiques d'une installation au sol

- Les différents types d'installations

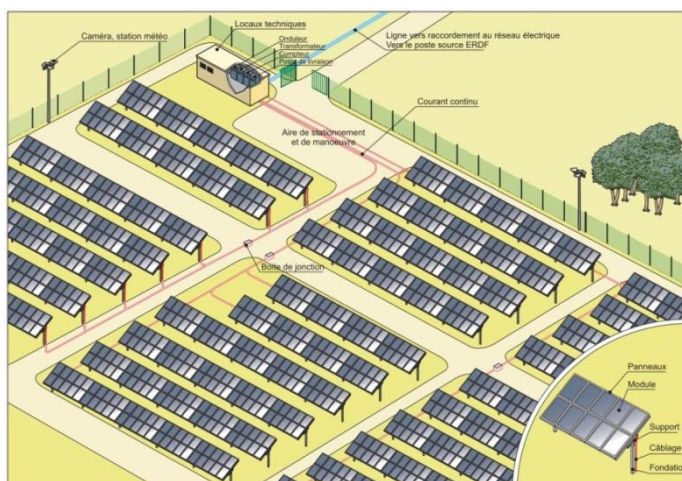
Les installations photovoltaïques sont constituées d'alignements de tables montées sur des supports en métal. Les tables sont des ensembles de panneaux fixés ensemble. Les installations fixes se distinguent des installations mobiles.

Les installations fixes sont orientées au sud selon un angle d'exposition pouvant varier de 20 à 30° en fonction de l'emplacement du site.

Les installations mobiles ou orientables sont également appelées suiveurs ou trackers. Elles sont équipées d'une motorisation leur permettant de suivre la course du soleil pour optimiser leur orientation et donc leur production. Il existe deux catégories de trackers : les trackers à rotation mono-axiale, qui orientent les capteurs en direction du soleil au cours de la journée selon un axe nord-sud, et les trackers à rotation bi-axiale, qui peuvent s'orienter à la fois est-ouest et nord-sud.

- Illustration d'une installation photovoltaïque au sol

Une installation photovoltaïque est constituée de plusieurs éléments : le système photovoltaïque, les câbles de raccordement, les locaux techniques, la clôture et les accès.



### Caractéristiques d'une installation individuelle

Les panneaux photovoltaïques peuvent être installés en toiture pour produire de l'électricité destinée à un usage propre ou à la revente.

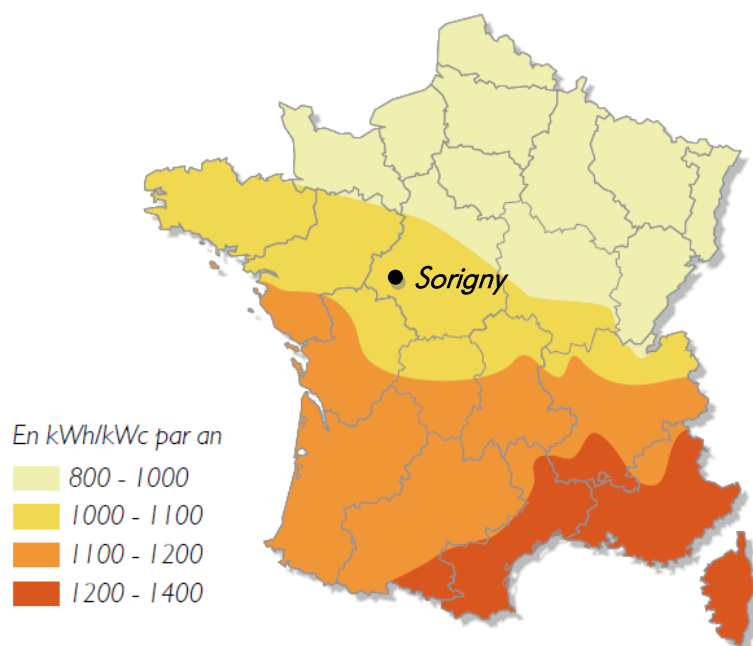
L'installation se compose de plusieurs modules photovoltaïques qui peuvent être fixés sur la toiture d'origine (installation non intégrée) ou intégrés en remplacement de la toiture d'origine (installation intégrée au bâti). La pose d'un onduleur est nécessaire. Il s'agit d'un petit boîtier fixé sur un mur au plus près des installations photovoltaïques. Il permet de convertir l'énergie en courant alternatif, c'est-à-dire identique à celui d'un réseau d'électricité classique.

Le plus souvent, l'installation photovoltaïque doit être raccordée au réseau public de distribution d'électricité.



© THEMA Environnement

Cette carte donne la production électrique moyenne attendue dans les conditions optimales d'implantation pour un système photovoltaïque d'une puissance maximale de 1 kW avec des modules multicristallins standards, en fonction de la localisation géographique de l'installation.



Source ADEME.

Figure 9 : Le gisement solaire en France

Plusieurs technologies de fabrication coexistent :

- les technologies cristallines qui utilisent des cellules peu épaisses (0,15 à 0,2 mm) connectées en série et collées sous un verre protecteur. Leur durée de vie est d'au moins 25 ans. Le silicium qui les compose peut être multicristallin ou monocristallin :
  - les modules de type « silicium multicristallin » sont les plus courants. Leur rendement est d'environ 13 à 15%,
  - les modules de type « silicium monocristallin » peuvent être les plus efficaces. Si le rendement de conversion atteint 18%, ils sont plus chers que les premiers.

Ces deux types de modules couvrent environ 85% du marché mondial.

- Les technologies « couches minces » dans lesquelles une couche très mince (quelques millièmes de mm) d'un ou plusieurs matériaux est déposée sur un support (verre, acier inoxydable, matière plastique...). Les modules de type « silicium amorphe » relèvent de cette technologie. Leur rendement de conversion se situe entre 6 et 9%. Le silicium amorphe sur feuille d'acier inoxydable est utilisé pour fabriquer des modules souples. Les modules inclus dans les matériaux de construction (tuiles, ardoises, éléments de façade...) sont plus faciles à intégrer d'un point de vue architectural.

A titre d'information, il est estimé que 10 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques peuvent fournir une puissance de 1 kW, un hectare de panneaux photovoltaïques peut fournir une puissance de 1 MW.



## ATOUTS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
<p>Production d'électricité sans émission de gaz à effet de serre, sans pollution atmosphérique, sans pollution des eaux et des sols.</p> <p>Systèmes photovoltaïques facilement modulables.</p> <p>Valorisation de la toiture.</p>	<p>Production d'électricité conditionnée par le gisement solaire.</p> <p>Energie fluctuante.</p> <p>L'empreinte carbone d'un système photovoltaïque dépend fortement du lieu de production des modules.</p>



## COÛTS

### Coût d'investissement

Les coûts d'investissement évoluent continuellement. Les coûts suivants, donnés à titre indicatif, s'entendent pose comprise (sans travaux autres de type étanchéité ou renforcement de charpente) :

Puissance totale	Intégration Simplifiée au Bâti (ISB)*	Intégration au Bâti (IAB)*
Moins de 3 kWc		3,5 €TTC/Wc
3-9 kWc		2,2 à 3,0 €HT/Wc
9-36 kWc	1,8 à 2,5 €HT/Wc	
36-100 kWc	1,5 à 2,0 €HT/Wc	
100-250 kWc	1,2 à 1,5 €HT/Wc	

Source : PhotoVoltaïque.info, mai 2019.

\* 1 : Une installation photovoltaïque sur toiture respecte les critères d'intégration au bâti (IAB) si elle remplit toutes les conditions suivantes :

- Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment clos (sur toutes les faces latérales) et couvert, assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités. L'installation photovoltaïque est installée dans le plan de la toiture au sens défini à l'annexe 5 de l'arrêté du 4 mars 2011 ;
- Le système photovoltaïque remplace des éléments du bâtiment qui assurent le clos et couvert, et assure la fonction d'étanchéité. Après installation, le démontage du module photovoltaïque ou du film photovoltaïque ne peut se faire sans nuire à la fonction d'étanchéité assurée par le système photovoltaïque ou rendre le bâtiment impropre à l'usage ;
- Pour les systèmes photovoltaïques composés de modules rigides, les modules constituent l'élément principal d'étanchéité du système ;
- Pour les systèmes photovoltaïques composés de films souples, l'assemblage est effectué en usine ou sur site. L'assemblage sur site est effectué dans le cadre d'un contrat de travaux unique.

\* 2 : Une installation photovoltaïque sur toiture respecte les critères d'intégration simplifiée au bâti (ISB) si elle remplit toutes les conditions suivantes :

- Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités. Il est parallèle au plan de ladite toiture ;
- Le système photovoltaïque remplace des éléments du bâtiment qui assurent le clos et couvert, et assure la fonction d'étanchéité.

Globalement, l'ordre de grandeur du coût d'un générateur photovoltaïque (matériel et pose) intégré au bâti et de son raccordement est d'environ 3 500 € TTC/kW. Ce coût est moins élevé pour une pose sur le sol ou sans intégration au bâti, ou si le surplus de production est injecté dans le réseau.

### Tarifs d'achat de l'électricité produite

L'acheteur, désigné par l'Etat (Electricité de France – EDF AOA ou une régie locale de distribution d'électricité), a l'obligation d'acheter l'électricité qui est injectée sur le réseau à un tarif fixé par l'État, appelé tarif d'achat photovoltaïque. Il est exprimé en centimes d'euros par kWh. Le tarif d'achat dépend principalement de la puissance de l'installation et des autres installations sur le même bâtiment ou la même parcelle et de l'intégration des panneaux dans la toiture (intégration au bâti, intégration simplifiée au bâti, surimposé). Pour bénéficier du tarif d'achat le plus élevé, la puissance totale doit être inférieure ou égale à 9 kW et le système intégré au bâti.

Le tarif d'achat baisse chaque trimestre à un rythme variable en fonction de la croissance du nombre de projets. À partir du moment où la demande complète de raccordement est déposée auprès du gestionnaire de réseau (ERDF ou ELD), le tarif d'achat initial est fixé. Il n'est effectif qu'après la mise en service de l'installation et la signature du contrat d'achat avec l'acheteur.

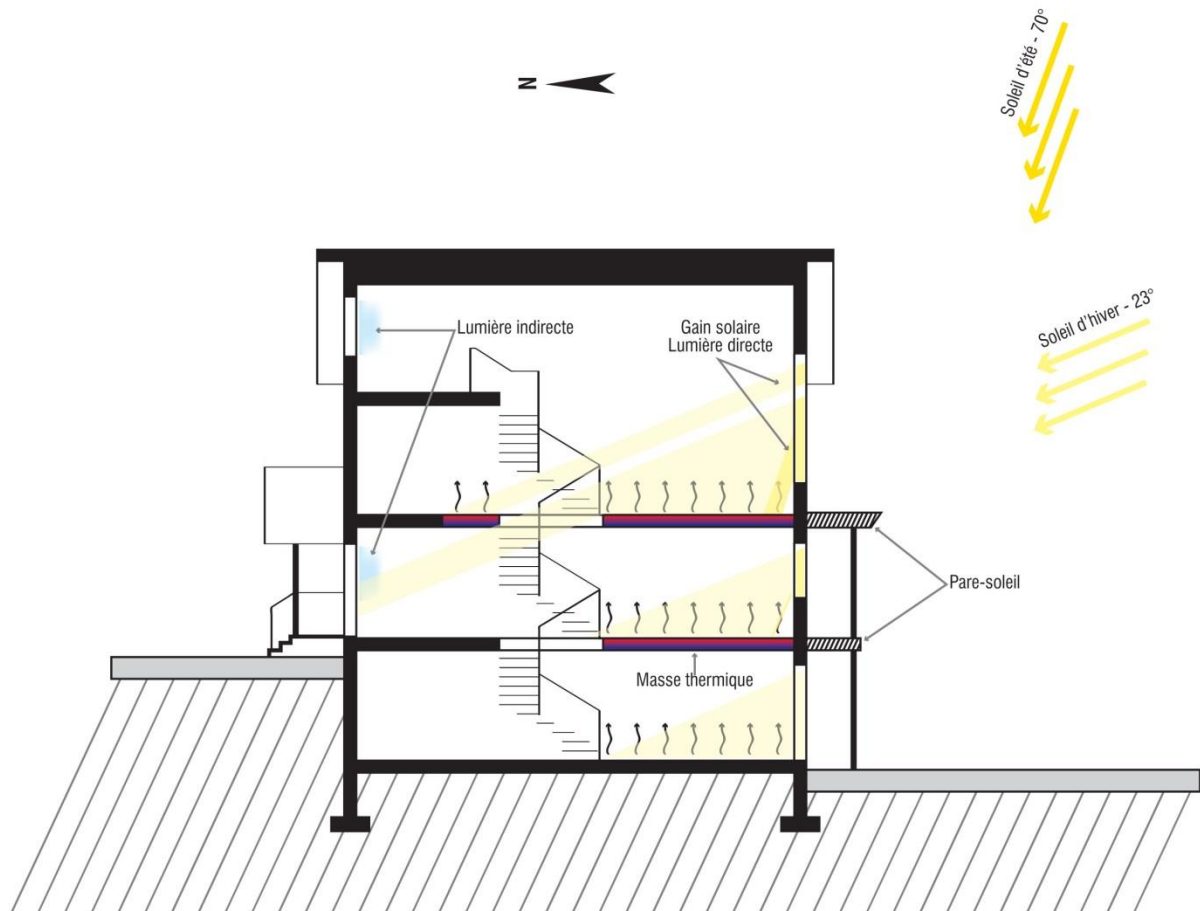
Type de tarif	Type d'installation	Puissance totale	Tarifs en vigueur début 2021
Tarif dit Ta	Sur bâtiment et respectant les critères généraux d'implantation	Moins de 3 kWc	17,89 c€/kWh
		3-9 kWc	15,21 c€/kWh
Tarif dit Tb		9-36 kWc	10,89 c€/kWh
		36-100 kWc	9,47 c€/kWh

Source : PhotoVoltaire.info, avril 2022.

#### 3.1.1.2. L'énergie solaire passive

La technique la plus efficace pour bénéficier de l'énergie solaire passive consiste à construire et à aménager les bâtiments considérés de façon à exploiter au maximum et naturellement les apports solaires (chauffage, éclairage naturel). Cette technique s'inscrit dans les principes de construction bioclimatique, via une conception architecturale solaire passive : il s'agit dès lors d'intégrer à l'aménagement de grandes baies vitrées orientées au sud et de limiter la taille des ouvertures orientées au nord. Afin de limiter les phénomènes de surchauffe en été, des protections fixes ou mobiles (pare-soleils, stores...) peuvent être intégrées à l'aménagement.

En outre, la conception bioclimatique, pour être optimale, doit également veiller à l'impact des ombres portées des éléments environnants (arbres, bâtis...).



Réalisation : THEMA Environnement.

Figure 10 : Schématisation du fonctionnement de l'énergie solaire passive

## LA ZAC DU FOUR A CHAUX ET L'ENERGIE SOLAIRE

---

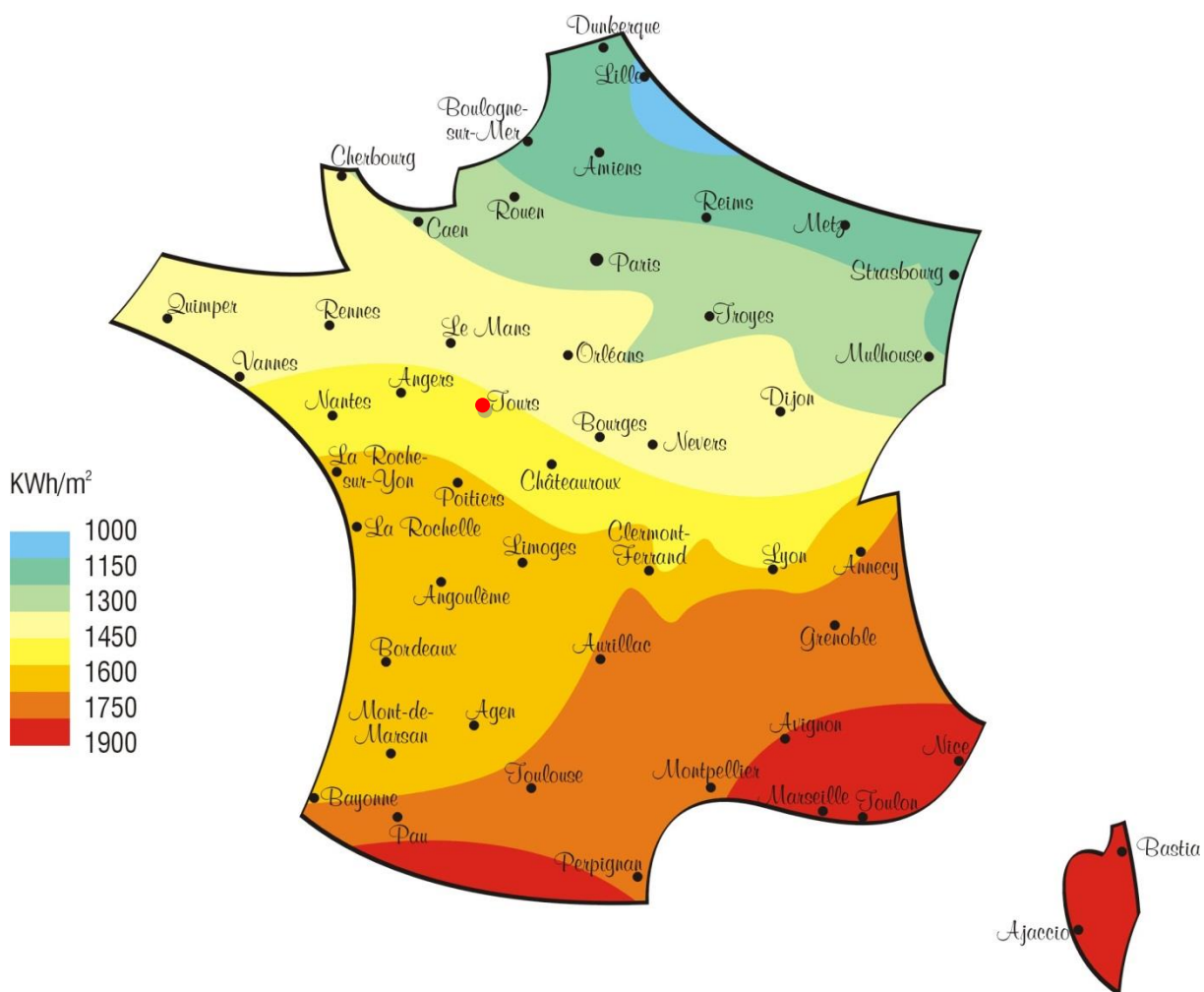
Le PCAET de la CCTVI considère le solaire photovoltaïque comme la troisième énergie renouvelable mobilisable sur le territoire (près de 77 GWh en 2050, soit 18% du potentiel, presque à égalité avec la géothermie), ce grâce notamment à la pose de panneaux sur les toitures résidentielles.

Le PCAET promeut aussi le solaire thermique (notamment en toiture résidentielles), avec un potentiel total mobilisable d'ici 2050 de plus de 55 GWh (13% du potentiel d'ENR).

**Sorigny s'inscrit dans un secteur où le gisement solaire disponible peut être estimé à environ 1 450 kWh/m<sup>2</sup>** (voir figure suivante). D'après les données Météo France des stations les plus proches (moyenne sur la période 1981 – 2010), on peut estimer l'ensoleillement à environ 1 833 heures par an en Touraine (station Météo-France de Parçay-Meslay). On y recense près de 65 jours par an avec un bon ensoleillement (soleil brillant plus de 80% des heures).

L'installation de panneaux photovoltaïques ou thermiques est donc tout à fait envisageable sur la ZAC du Four à Chaux, notamment en toiture de bâtiments voire sur des auvents de stationnement (photovoltaïque).

Le solaire passif peut également être étudié lors de l'implantation des différents logements.



Réalisation : THEMA Environnement, source : PVGIS Commission européenne.

Figure 11 : Gisement solaire moyen sur le territoire métropolitain

### 3.1.2. L'énergie éolienne



#### PRESENTATION

Une éolienne est une machine tournante permettant de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie cinétique de rotation, exploitable pour pomper l'eau ou produire de l'électricité. Dans ces pages, nous parlons uniquement de la production d'électricité.

Les éoliennes comprennent donc :

- le moyen de conversion mécanique : ce sont les pales attachées au moyeu qui utilisent un principe d'aérodynamique similaire à celui des ailes d'avion ;
- la conversion mécanique-électrique, grâce à un alternateur (plus généralement appelé génératrice) ;
- la mise en forme de l'électricité produite pour l'injecter sur le réseau, grâce à des composants d'électronique de puissance.

La quasi-totalité de la production des éoliennes actuelles est injectée sur le réseau électrique (éoliennes connectées au réseau), même si l'électricité peut être consommée localement dans le cas de sites isolés (non connectés au réseau électrique).

Il se distingue différentes familles d'éoliennes : les machines à axe vertical et les machines à axe horizontal :

- le « micro éolien », pour les machines de puissance inférieure à 1 kW,
- le « petit éolien », pour les machines de puissance comprise entre 1 kW et 36 kW,
- le « moyen éolien », pour les machines entre 36 kW et 250 kW,
- le « grand éolien » (puissance supérieure à 250 kW), pour lequel on utilise des machines à axe horizontal munies, dans la plupart des applications, d'un rotor tripale.

Certains particuliers souhaitent s'équiper d'éoliennes individuelles. Les petites éoliennes les plus courantes, à axe horizontal, fonctionnent mal dans les zones urbaines où les turbulences sont importantes. Elles peuvent convenir en revanche dans les secteurs ruraux, en particulier dans les sites isolés non raccordés au réseau, si le potentiel éolien y est intéressant. Leur potentiel de production unitaire et donc leur impact sur le système électrique français reste toutefois limité.

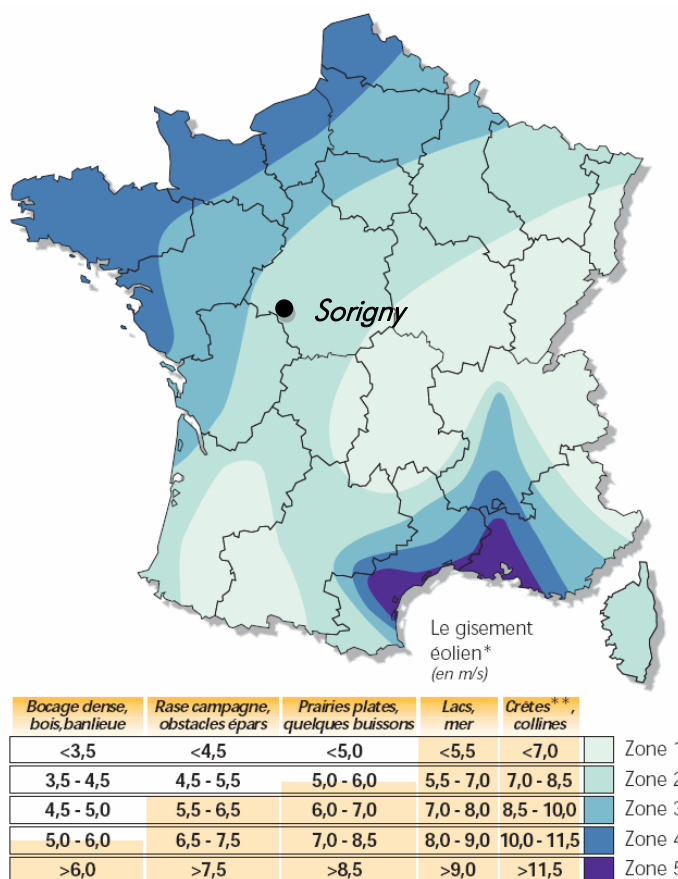


© THEMA Environnement

La force, la fréquence et la régularité des vents sont des facteurs essentiels pour que l'exploitation de la ressource éolienne soit intéressante, et cela quelle que soit la taille de l'éolienne. A moins de 20 km/h de moyenne annuelle (soit 5,5 m/seconde), l'installation d'une éolienne domestique n'est pas conseillée.

Les éoliennes domestiques peuvent être raccordées au réseau ou alimenter une habitation en site isolé.

Ce sont des machines de petite ou moyenne puissance (0,1 à 36 kW) montées sur des mâts de 10 à 35 m. En site non raccordé au réseau, pour les besoins individuels (hors chauffage), une éolienne de 3 à 5 kW convient généralement.



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

Source : ADEME.

Figure 12 : Potentiel éolien en France

L'arrêté du 17 juin 2014 fixe les tarifs de rachat de l'électricité par EDF pour des demandes effectuées à la date de l'arrêté : celui-ci s'élève à 8,2 centimes d'euro/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 centimes d'euro/kWh pendant 5 ans selon les sites.

### L'avis de l'ADEME

Dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain. Outre le fait que les éoliennes accrochées au pignon d'une habitation peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment, le vent est, en milieu urbain et périurbain, en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable.

Même si les enjeux énergétiques globaux restent limités, le petit éolien peut répondre à une demande dans le milieu rural ou en zones non connectées au réseau, en particulier en autoconsommation dans les exploitations agricoles. La ressource en vent y est souvent accessible. En outre, les machines utilisées dans le secteur agricole offrent souvent de meilleures performances techniques et économiques que celles destinées au marché des particuliers. Ainsi, une éolienne de 10 kW avec un facteur de charge de 17% a une production du même ordre de grandeur que les consommations des exploitations agricoles.



## ATOUTS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
<p>Production d'électricité sans émission de gaz à effet de serre, sans pollution atmosphérique, sans pollution des eaux et des sols.</p> <p>Pas de consommation d'énergie fossile.</p> <p>Compétitivité économique : l'autoconsommation est proche du seuil de rentabilité.</p> <p>Energie disponible localement.</p> <p>Faible emprise au sol.</p> <p>Démantèlement des éoliennes assurant la remise e état du site.</p>	<p>Impact visuel et nuisances sonores possibles.</p> <p>Variabilité de la ressource en fonction de la vitesse du vent.</p> <p>Impacts environnementaux potentiels (oiseaux et chauves-souris).</p>



## COÛTS

### Coûts d'investissement pour le grand éolien

1 300 à 1 600 €/kW installé en prenant en compte :

- le coût du matériel, du raccordement, de l'installation ;
- les études préalables ;
- le prix du démantèlement en fin de vie.

(Source : Avis de l'ADEME – Eolien)

Les coûts d'exploitation, d'entretien et de maintenance représentent 3% par an du coût d'investissement total.

### Coûts d'investissement pour le petit éolien

Le coût d'une éolienne pour une maison individuelle varie de 10 000 à 40 000 euros, selon les modèles proposés et les contraintes d'installation, le coût du raccordement au réseau électrique, les assurances et l'étude préalable de vent (Source : ADEME/Région Centre-Val de Loire).

### Tarif d'achat de l'énergie produite

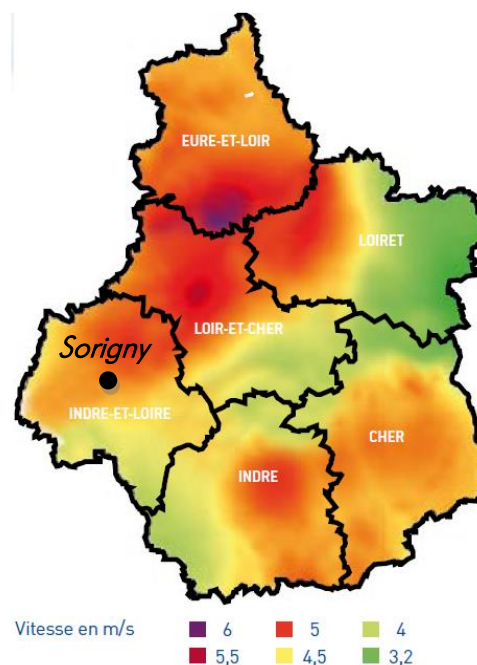
En zone de développement éolien (ZDE), EDF a l'obligation de racheter votre surplus d'électricité. Le prix de rachat de l'électricité produite par une éolienne domestique est actuellement de 8,2 centimes d'euros/kWh de la première à la dixième année et de 2,8 à 8,2 centimes d'euros de la dixième à la quinzième année. Le contrat de rachat par EDF est normalement garanti pendant 15 ans.

## LA ZAC DU FOUR A CHAUX ET L'ENERGIE EOLIENNE

Le potentiel éolien est moyen à Sorigny, la commune étant située en zone 2 (sur 5) sur la carte de France du potentiel éolien de l'ADEME présentée ci-avant (comme l'essentiel de la région Centre-Val de Loire).

A l'échelle de la région Centre-Val de Loire, l'Atlas du potentiel éolien a permis d'identifier deux zones particulièrement favorables aux installations éoliennes : la Beauce et la Champagne Berrichonne.

Dans le secteur de Sorigny, la vitesse moyenne des vents à 80 m de hauteur est de l'ordre de 4,5 à 5 m/s, contre 6 m/s en Beauce. Le potentiel éolien sur la commune est donc relativement intéressant pour la Région Centre-Val de Loire.



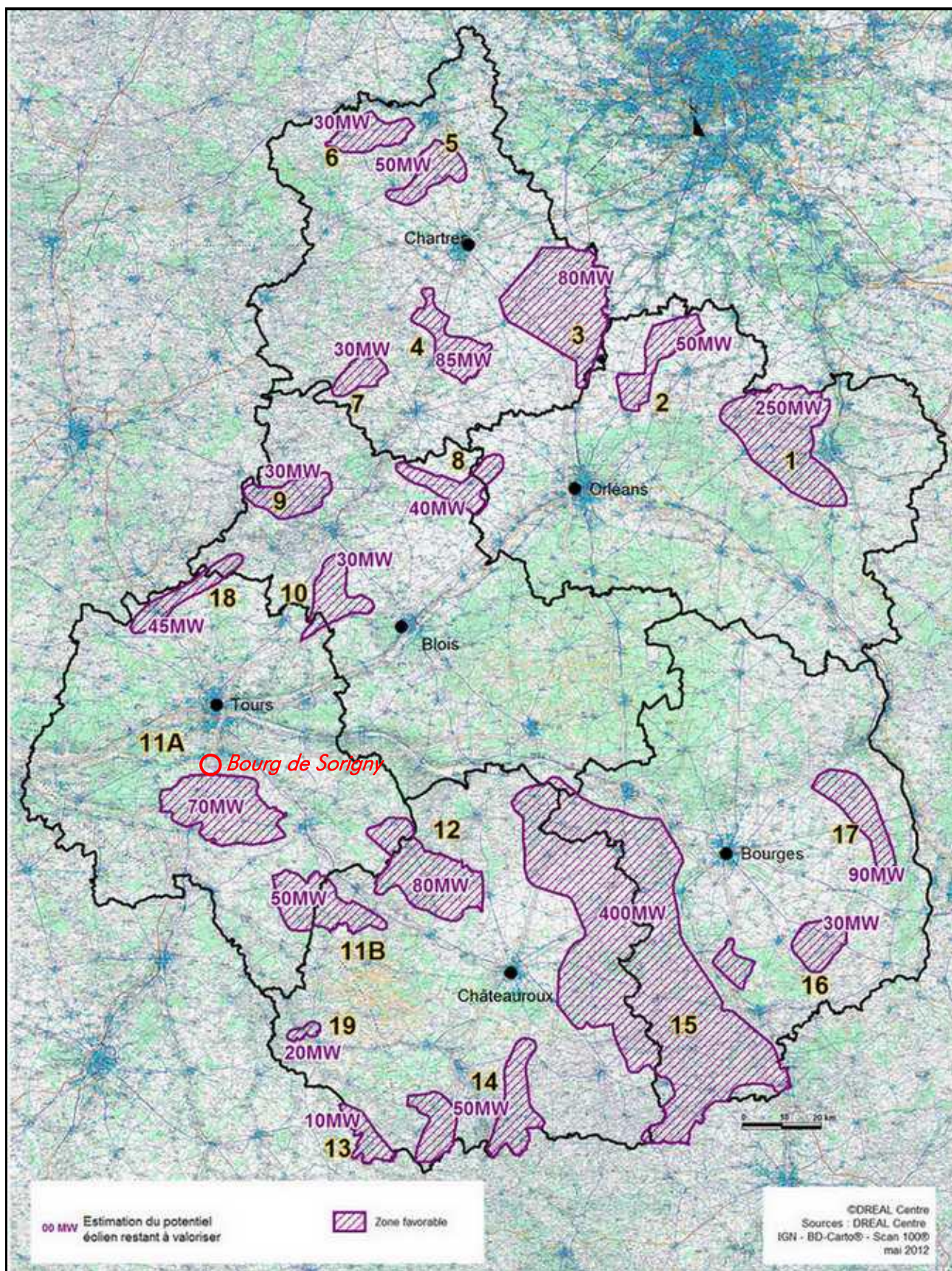
Source : ADEME/Région Centre-Val de Loire.

Figure 13 : Potentiel éolien en région Centre-Val de Loire

Au 31 mars 2020, le parc régional éolien génère une puissance cumulée raccordée au réseau de 1 281 MW. Toujours d'après les chiffres du Ministère de la Transition Ecologique (Stat Info Energie), cette puissance cumulée place la région Centre-Val de Loire en 4<sup>e</sup> position des 13 régions métropolitaines sur le marché de l'éolien.

A l'échelle de la Communauté de communes Touraine Val de l'Indre, le PCAET n'a estimé aucun potentiel pour l'éolien sur ce territoire. Le Schéma Régional Éolien (SRE) élaboré dans le cadre du SRCAE a pourtant défini une zone favorable au développement de l'énergie éolienne (Zone de Développement Eolien – ZDE) au centre de l'Indre-et-Loire, qui couvre notamment la partie sud de la commune de Sorigny (zone 11A, 70 MW envisagés, voir carte suivante).

Le site du Four à Chaux se trouve en dehors des ZDE, en bordure du bourg de Sorigny (zone urbaine) et en limite de la zone de coordination du radar de l'aéroport de Tours (constituant une contrainte forte pour le grand éolien). Aussi, seul le petit éolien est envisageable sur la ZAC du Four à Chaux, avec de petites éoliennes individuelles sur chaque bâtiment / terrain.



Source : Schéma Régional Éolien (SRE), SRCAE Centre-Val de Loire, juin 2012.

Figure 14 : Les zones potentiellement adaptées au développement de l'éolien en région Centre-Val de Loire

### 3.1.3. La biomasse : le bois-énergie



#### PRESENTATION

Le bois constitue le principal biocombustible végétal. Dès qu'il est chauffé, le bois sèche puis se décompose par phénomène de pyrolyse. Ce sont ensuite les produits issus de cette décomposition qui brûlent.

Avec 4% de ses besoins d'énergie fournis par le bois, la France est bien placée en Europe, mais loin derrière des pays comme la Lettonie, la Finlande ou la Suède, où le bois dépasse 15% des besoins d'énergie. Depuis plusieurs décennies en France, la consommation de bois-énergie oscille autour de 9 millions de tonnes d'équivalent pétrole ainsi réparties :

- 84% pour l'habitat individuel : près de 40% des maisons individuelles françaises sont chauffées au bois, soit en chauffage de base, soit en chauffage d'appoint.
- 3% pour l'habitat collectif ou les bâtiments tertiaires publics (bâtiments d'enseignement surtout, et hôpitaux). Certaines chaufferies collectives sont reliées à un réseau de chaleur urbain.
- 13% pour l'industrie, essentiellement pour fournir de l'énergie (thermique, ou électrique, ou les deux) aux papeteries, à l'industrie du bois et aux industries alimentaires.

Il existe aujourd'hui des appareils à combustible bois innovants et efficaces à disposition des particuliers comme des collectivités ou des industries. Les chaudières à biomasse brûlent différents biocombustibles : granulés de bois, bûches, plaquettes forestières, sciures ou copeaux.

Le bois bûche	Les plaquettes	Les granulés	La brique ou bûchette reconstituée
			
Ce type de combustible est principalement utilisé pour le chauffage domestique des ménages étant donné la manutention demandée. Une charge rarement compatible avec les applications privées ou publiques de grands bâtiments ou de logements collectifs.	Les plaquettes sont obtenues par le broyage du bois. Cette forme de combustible prend une part de plus en plus d'importance sur le marché, surtout pour les chaufferies de grandes puissances (chaufferie collective), mais également pour les particuliers.	Ce combustible se présente sous la forme d'un petit cylindre de sciure de bois très fortement compressé. Le granulé est fabriqué à partir de sciures issues des scieries ou de sous-produits de menuiseries.	Cette forme de combustible est fabriquée à partir de sciures ou d'écorces compressées. Elle a la forme d'un cylindre de 20 à 50 cm de longueur et de 30 à 50 mm de diamètre. C'est la forme la moins répandue des combustibles bois.

Source : [www.fibois-rhone.com](http://www.fibois-rhone.com)

Quelques équivalences indicatives : 100 litres de fioul = 1 000 kWh =  $\frac{3}{4}$  stère = 1 m<sup>3</sup> apparent de plaquette = 500 kg d'écorce = 220 kg de granulés.



#### ATOUTS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
Valorisation énergétique de la biomasse (sous-produits forestiers et industriels). Réduction des émissions de gaz à effet de serre.	Mobilisation de la ressource en biomasse dans le cadre d'une gestion durable. Dimensionnement de l'installation biomasse pour répondre aux besoins thermiques de base ; Demande d'une solution d'appoint.



#### COÛTS

Le bois bûche	Les plaquettes	Les granulés	La brique ou bûchette reconstituée
Coût moyen au kWh : 0,035 €	Coût moyen au kWh : 0,032 €	Coût moyen au kWh : 0,078 €	Coût moyen au kWh : 0,089 €

Source : [www.fibois-rhone.com](http://www.fibois-rhone.com)

### LA ZAC DU FOUR A CHAUX ET LE BOIS ENERGIE

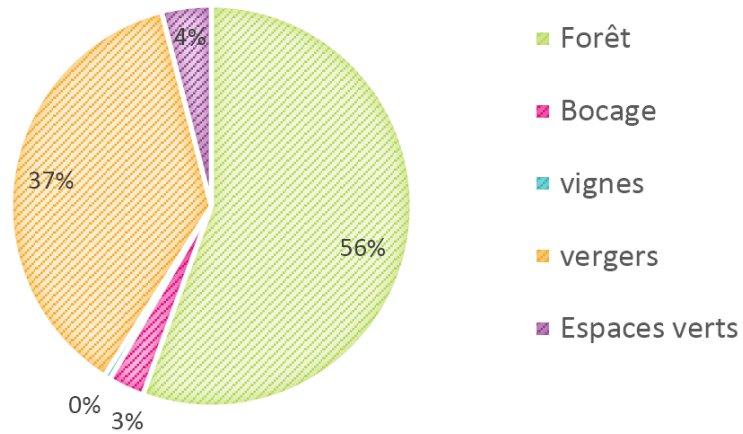
---

Le bois est la principale source d'énergie renouvelable dans la région Centre-Val de Loire. Selon Arbocentre, la région possède un important potentiel de développement avec une croissance d'environ 5 millions de m<sup>3</sup> de bois par an. Dans ce total, 2 millions de m<sup>3</sup> sont coupés chaque année et employés pour la construction, la transformation industrielle et le chauffage. Par conséquent, la ressource disponible est de 3 millions de m<sup>3</sup> chaque année. Il est par ailleurs nécessaire d'ajouter les déchets de bois des industries qui représentent 200 000 tonnes de bois directement utilisable.

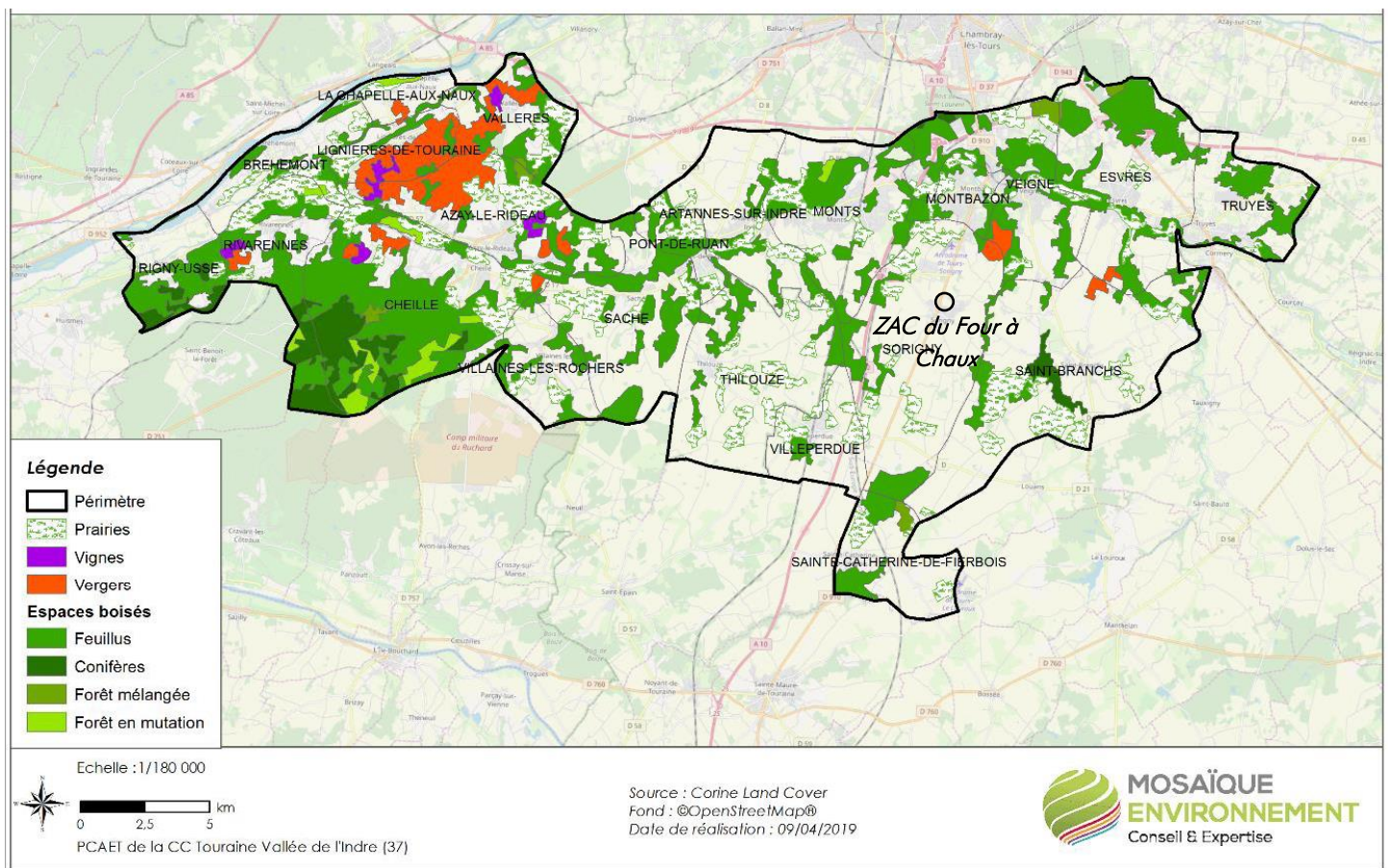
Selon le PCAET de la CCTVI, le bois énergie représente en 2016 89% des énergies renouvelables du territoire. Il existe déjà 20 installations ENR dans des bâtiments communaux (en 2019) et le potentiel de production supplémentaire de 307 GWh. Il s'agit également de la première ENR mobilisation d'ici 2050 sur la territoire communautaire, avec 49% du potentiel.

La ressource bois est importante sur la CCTVI et la forêt est la principale source mobilisable (plus de la moitié du bois, voir figure et carte suivantes) concernant la biomasse bois, suivi par le bois issu des vergers.

Sur la commune de Sorigny et autour, les bois sont présents, notamment autour de l'A 10 et le long des vallées (vallée du Bourdin à moins de 1,5 km à l'est du site du Four à Chaux) : voir carte suivante. La mise en œuvre de solutions individuelles de production de chaleur-bois (cheminée, chaudière bois, poêle...) peut donc être envisagée sur le projet de la ZAC du Four à Chaux, compte tenu notamment du type de logements prévus (pavillonnaire dominant avec terrain et en bordure de zone rurale).



Part des gisements dans le potentiel énergétique brut bois



Source : PCAET de la CCTVI, Mosaïque Environnement, décembre 2019.

Figure 15 : Ressource en bois de la CCTVI

### 3.1.4. La géothermie



#### PRESENTATION

La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Elle peut s'effectuer :

- soit par l'exploitation de la chaleur des nappes d'eau à diverses profondeurs (de la surface aux très grandes profondeurs, soit plusieurs centaines de mètres) ;
- soit par l'exploitation de la chaleur du sol proche de la surface (énergie solaire stockée) ou plus en profondeur (énergie du noyau).

Ce système permet, selon le type de ressource dont vous disposez, de produire de l'électricité et/ou de la chaleur avec des puissances électriques et/ou thermiques qui vont de quelques kilowatts à plusieurs dizaines de méga kilowatts.

Le chauffage de locaux tertiaires ou industriels peut être obtenu :

- par une géothermie de très basse énergie, avec exploitation de ressources à température inférieure à 30°C (sous-sol, nappes phréatiques).  
Des pompes à chaleur prélèvent alors l'énergie à basse température pour la porter à une température suffisante pour le chauffage de locaux, soit des températures allant de 30°C à 75°C (en fonction de la technologie de conversion (pompe à chaleur) et de l'émetteur pour le chauffage dans les locaux). Pour ce faire, il existe principalement deux solutions :
  - soit un réseau de sondes géothermiques verticales qui peuvent capter la chaleur du sous-sol à partir de 80 cm de profondeur jusqu'à une centaine de mètres en général ;
  - soit un forage permet de capter la chaleur de nappes phréatiques proches de la surface (0 – 100 m).
- par une géothermie de basse énergie, avec exploitation de ressources à température variant de 30 à 90°C. La chaleur est alors captée dans les aquifères profonds, par un doublet de puits (puits producteur – puits injecteur) et transmise au milieu à chauffer grâce à un échangeur. Elle peut être utilisée directement pour le chauffage, si la température de l'eau est suffisante, ou l'on doit utiliser une pompe à chaleur pour atteindre le niveau de température requis par l'application de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire (ECS). Cette solution est réservée aux bâtiments de grande taille ou pour distribution d'énergie via un réseau de chaleur urbain.

Tous les systèmes géothermiques (échangeurs horizontaux, verticaux, sur nappe...) peuvent :

- chauffer un bâtiment avec une pompe à chaleur géothermique classique ;
- rafraîchir un bâtiment avec une pompe à chaleur géothermique réversible ;
- produire l'eau chaude sanitaire avec une pompe à chaleur géothermique haute température ou un chauffe-eau thermodynamique géothermique.

Ces différents usages peuvent être réalisés par un seul et même appareil : la pompe à chaleur.

Les différents types d'installations géothermiques pour l'habitat individuel ou les petits locaux divers

Puits bioclimatique, également appelé puits canadien ou provençal	
	<p><b>Avantage</b> : préchauffage à coût très bas adapté à la maison individuelle possédant un terrain; bien adapté dans le cadre d'une construction.</p> <p><b>Inconvénient</b> : adapté au préchauffage, ne permet pas d'être couplé à une pompe à chaleur en raison du débit d'air incompatible entre les deux systèmes.</p>
Pompe à chaleur sur échangeur horizontaux	
	<p><b>Avantage</b> : investissement réduit, production possible de chauffage, eau chaude sanitaire et rafraîchissement ; bien adapté dans le cadre d'une construction.</p> <p><b>Inconvénient</b> : nécessite un terrain d'une superficie équivalente ou supérieure à la superficie du bâtiment à chauffer, libre de construction et d'arbres à racines.</p>
Pompe à chaleur sur échangeur compacts	
	<p><b>Avantage</b> : pas de coût de forage, emprise au sol de quelques mètres carrés, production possible de chauffage, eau chaude sanitaire et rafraîchissement; adapté à la rénovation.</p> <p><b>Inconvénient</b> : technologie émergente.</p>
Pompe à chaleur sur échangeur verticaux, également appelés sondes géothermiques	
	<p><b>Avantage</b> : emprise au sol de quelques dizaines de centimètres carrés, système le plus performant, parfaitement adapté à la rénovation et aux bâtiments classés ou similaires.</p> <p><b>Inconvénient</b> : coût de forage, soumis au code minier.</p>
Pompe à chaleur sur eaux grises	
	<p><b>Avantage</b> : réutilisation des calories perdues des eaux sanitaires (cuisine, salle de bains).</p> <p><b>Inconvénient</b> : compétences professionnelles émergentes.</p>

Source : [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr).



## ATOUTS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
<p>Ressource énergétique présente partout dans le sol. Les températures obtenues sont la plus souvent suffisamment élevées pour garantir le chauffage et l'obtention d'eau chaude.</p> <p>Installation présentant des coûts d'exploitation généralement moindre qu'un chauffage traditionnel.</p>	<p>La chaleur captée par géothermie ne peut être utilisée que sur site ou à une certaine distance distribuée par réseaux de chaleur.</p> <p>Installation complexe.</p> <p>Application (chauffage, ECS) conditionnée par la nature de la ressource (sous-sol, nappes), son accessibilité en profondeur et sur site et le type de bâtiment.</p>



## COUTS

### Coût d'investissement

La pompe à chaleur (PAC) géothermique est plus chère à l'achat qu'un système de chauffage classique (chaudières au gaz ou au fuel, chauffage électrique...).

À titre indicatif, voici un comparatif des coûts moyens entre les différentes technologies de la géothermie très basse énergie. Ces exemples d'installations correspondent aux coûts pour une maison récente de 130 m<sup>2</sup> occupée par quatre personnes.

### Coûts moyens de la géothermie en fonction des techniques de captage (en € TTC)

	Géothermie horizontale (0-10 m de profondeur)	Géothermie verticale (10-200 m de profondeur)	Géothermie sur eau de nappe (0-10 m de profondeur)
Captage	3 000 €	9 000 €	4 000 €
Pompe à chaleur	10 000 €	10 000 €	10 000 €
Total de l'opération	13 000 €	19 000 €	14 000 €
<b>Après déduction du crédit d'impôt (CITE)*</b>	<b>9 900 €</b>	<b>14 500 €</b>	<b>11 000 €</b>
<b>Consommation annuelle de chauffage</b>	<b>300 €</b>	<b>250 €</b>	<b>240 €</b>
<b>Consommation annuelle d'eau chaude</b>	<b>140 €</b>	<b>120 €</b>	<b>110 €</b>

\* 30% pour un plafond de 16 800 euros de dépenses éligibles.

Source : La géothermie pour chauffer ou rafraîchir sa maison, ADEME, mars 2019.

### **Coûts de fonctionnement**

Entre 2,3 et 3,5 € TTC par m<sup>2</sup> et par an.

L'ADEME peut apporter un soutien financier aux collectivités (et aux entreprises) qui souhaitent se lancer dans un projet de géothermie. Ce soutien peut être apporté à deux niveaux :

#### **Aide à la décision**

Les maîtres d'ouvrages souhaitant réaliser une étude de faisabilité géothermie (sur champs de sondes ou sur aquifères superficiels) ou une étude de récupération d'énergie sur eaux usées, peuvent bénéficier d'un soutien financier de l'ADEME si la prestation intellectuelle est réalisée conformément au cahier des charges de l'ADEME.

#### **Aides à l'investissement**

Les maîtres d'ouvrages souhaitant s'engager dans un investissement géothermie peuvent bénéficier d'un soutien financier de la part de l'ADEME.

Selon la taille du projet, celui-ci est susceptible d'être éligible à l'un ou l'autre des dispositifs. Les moyens financiers mobilisables pour les collectivités et les entreprises varient aussi selon la taille des projets.

Pour les technologies dont la maturité (en France) n'est pas encore très grande, un dispositif national existe et permet de soutenir dans certains cas des investissements géothermie. Il s'agit du fonds Nouvelles Technologies Emergentes (NTE).

Les technologies de géothermie éligibles sont les suivantes :

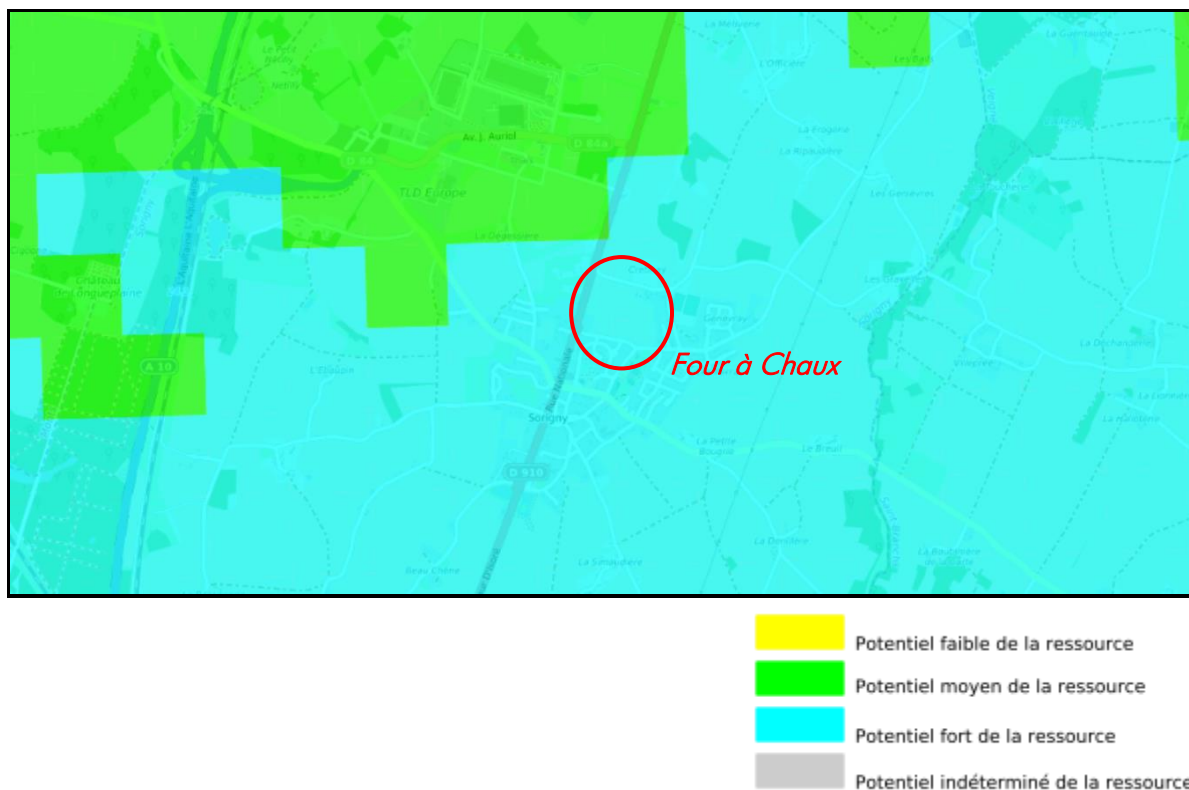
- installations de PAC décentralisées sur boucle d'eau tempérée sur champ de sondes géothermiques ;
- installations de fondations thermoactives ou « géostructures » (pieux, parois, parking souterrain d'un immeuble, tunnels de métro...).

### **LA ZAC DU FOUR A CHAUX ET LA GEOTHERMIE**

---

Le PCAET de la CCTVI (2019) considère que la géothermie est la seconde énergie renouvelable mobilisable sur le territoire (18% du potentiel, à presque égalité avec le photovoltaïque). Le potentiel de cette partie du bassin parisien est en effet important.

Sur la ZAC du Four à Chaux à Sorigny, les cartes du site [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr) (ADEME / BRGM), montrent un potentiel fort de la ressource géothermique de surface sur système ouvert (nappe) : voir figure suivante. De plus, les cartes de zones réglementaires GMI (géothermie de minime importance) montrent que l'emprise de la ZAC est éligible à la GMI tant avec échangeur ouvert qu'avec échangeur fermé, et quelle que soit la profondeur considérée (50, 100 ou 200 m). La conductivité thermique moyennée du sous-sol pour les sondes géothermiques verticales (système fermé) est quant à elle élevée (2,5 à 3 W/(K.m)) et cela quelle que soit la profondeur retenue (0 à 50 m, 0 à 100 m ou 0 à 200 m).



Source : <http://www.geothermies.fr> (ADEME / BRGM).

Figure 16 : Ressource géothermique de surface sur système ouvert (nappe)

Ce zonage suggère que l'exploitation de la géothermie de minime importance est envisageable sur la ZAC.

Cependant, le coût des installations géothermiques (captages horizontaux ou verticaux pour alimenter le chauffage ou la production d'eau chaude) est souvent prohibitif pour un habitat essentiellement individuel (comme prévu sur la ZAC du Four à Chaux) et les dispositifs de récupération de chaleur dans le sol sont plus adaptés dans le cadre d'une mutualisation des équipements pour de nombreux utilisateurs.

### 3.1.5. L'aérothermie



#### PRESENTATION

L'aérothermie permet de récupérer la chaleur contenue dans l'air extérieur et de la restituer pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire grâce à une installation électrique (pompe à chaleur) utilisant quatre fois moins d'électricité qu'une installation de chauffage électrique « classique » : la chaleur est prélevée dans l'air extérieur puis restituée dans de l'air ou de l'eau qui servent à chauffer l'habitat (pompes à chaleur air/air dans le premier cas, air/eau dans le deuxième cas). Cette technique est surtout utilisée pour les particuliers.

Une pompe à chaleur (PAC) aérothermique sur air extérieur transfère la chaleur de l'air extérieur, à un niveau de température plus élevé, aux applications de chauffage à l'intérieur des locaux et/ou de production d'eau chaude sanitaire (ECS).

Pour la partie chauffage des locaux, la chaleur captée est redistribuée, soit par l'intermédiaire d'un réseau de chauffage préexistant, soit par l'intermédiaire d'un système de ventilation. Pour la partie ECS, celle-ci est généralement stockée dans un ballon d'eau chaude avec appoint, si nécessaire.

Pour l'obtention exclusive d'eau chaude sanitaire, il est aussi possible d'utiliser un chauffe-eau thermodynamique. Ce système produit de l'ECS à partir de la chaleur en provenance de l'air ambiant à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment, grâce à une pompe à chaleur.

Le captage de la chaleur est réalisable à condition que la température du milieu à chauffer soit supérieure, avec un écart le plus faible possible, à celle du milieu d'où la chaleur est prélevée, pour une plus grande efficacité énergétique.

Le système peut dans certains cas nécessiter l'adaptation des émetteurs de chauffage : réseau de gaines de soufflage de l'air, par exemple, qui doivent rester accessibles pour les opérations d'entretien.

Le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur doit être au minimum de 3,5, pour que le système apporte une diminution réelle de consommation en énergie primaire. Par ailleurs, la pompe à chaleur doit faire l'objet d'une maintenance régulière.



#### ATOUTS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
Système adaptable à un système de chauffage central préexistant et à une VMC. Energie disponible partout (air ambiant).	Diminution des performances et du coefficient de performance en hiver lorsque la température extérieure devient trop basse. Nécessité d'un appoint (chauffage, ECS).



## COÛTS

### Coût d'investissement

Le coût des PAC varie dans une large fourchette en fonction du matériel installé, de la configuration retenue. Pour une maison individuelle de 110 m<sup>2</sup>, le prix est le suivant (chiffres 2012) :

- PAC aérothermique dédiée au chauffage : 11 000 € HT, pose comprise ;
- PAC géothermique dédiée au chauffage à capteurs verticaux : investissement supplémentaire de 2 500 à 4 000 € TTC (coût des capteurs et du forage), soit 13 500 à 15 500 € TTC au total ;
- PAC géothermique dédiée au chauffage à capteurs horizontaux : investissement supplémentaire de 1 800 à 3 000 € TTC pour une installation à capteurs horizontaux soit 12 800 à 14 000 € TTC au total ;
- chauffe-eau thermodynamique (CET, 60% des installations) : entre 3 000 et 4 000 € TTC posé.

### Coûts de fonctionnement

En fonctionnement, une PAC coûte entre 3 et 7 €/m<sup>2</sup> par an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire hors abonnement d'électricité.

*Source : Installer une pompe à chaleur, ADEME, mai 2016.*

## LA ZAC DU FOUR A CHAUX ET L'AEROTHERMIE

---

Compte tenu du climat océanique assez doux en hiver de la Touraine (et de plus en plus doux avec le réchauffement observé ces dernières années) et dans la mesure où les bâtiments (neufs) de la ZAC projetée seront très bien isolés, la mise en place de pompes à chaleur (PAC) aérothermiques individuelles (à l'échelle de chaque bâtiment) est tout à fait envisageable sur le nouveau quartier du Four à Chaux, notamment pour le chauffage voire la production d'eau chaude.

### 3.1.6. L'énergie hydraulique



#### PRESENTATION

L'énergie hydraulique permet de fabriquer de l'électricité, appelée hydroélectricité, dans les centrales hydroélectriques, grâce à la force des chutes d'eau d'origine naturelle ou créées artificiellement à partir des retenues de barrage.

On distingue :

- les pico-centrales d'une puissance inférieure à 20 kW ;
- les micro-centrales de puissance comprise entre 20 et 500 kW ;
- les mini-centrales de puissance comprise entre 500 et 2 000 kW ;
- les petites centrales de puissance comprise entre 2 000 et 10 000 kW ;
- les grandes centrales hydroélectriques ont des puissances supérieures à 10 000 kW (grands barrages, grands fleuves).

Les mini/micro/pico centrales hydrauliques permettent de produire de l'électricité à petite échelle, à partir de la force de l'eau. Le mini/micro/pico hydraulique est essentiellement utilisé pour alimenter des sites isolés (une ou deux habitations, un atelier d'artisan, une grange...) ou produire de l'électricité, vendue à plus petite échelle.

Ces centrales sont presque essentiellement des ouvrages au fil de l'eau : la turbine est positionnée dans le lit de la rivière ou en bas de la chute d'eau et la production d'électricité varie avec le débit de la rivière. Elles sont donc très tributaires du régime hydrologique de la rivière sur laquelle elles se trouvent.



#### ATOUS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
Faible besoin de maintenance. Pas de consommation d'énergie fossile. Energie disponible localement. Source d'énergie maîtrisée : débit prévisible des cours d'eau, débit contrôlé... Electricité produite rapidement mobilisable.	Usage conditionné par la localisation du site de production à proximité d'un cours d'eau. Fortes contraintes réglementaires. Impacts socio-économiques forts pour les projets de grands barrages. Impacts sur la continuité écologique des cours d'eau. Tarifs d'achat peu élevés. Nécessite des investissements importants.



## COÛTS

### Coût d'investissement des PCH (petites centrales hydrauliques) :

- Pour la basse chute : 1 800 €/kW à 3 500 €/kW environ pour des installations de puissance allant de 50 kW à 7 500 kW.
- Pour la haute chute : de 1 700 €/kW à 2 200 €/kW environ pour des installations de puissance allant de 1 000 kW à 7 500 kW.

Ce coût d'investissement comprend trois postes essentiels : les études et frais de dossier (environ 10%), le génie civil (55 à 60%), et les équipements hydromécaniques et électriques (30 à 35%), pour une durée moyenne de réalisation du projet de 3 ans.

### Coût complet de production des PCH :

- Pour la basse chute : de 62 €/MWh à 121 €/MWh environ pour des installations de puissance allant de 50 kW à 7 500 kW.
- Pour la haute chute : de 62 €/MWh à 81 €/MWh environ pour des installations de puissance allant de 1 000 kW à 7 500 kW.

Outre le coût d'investissement, le coût complet de production comprend les charges d'exploitation et les taxes, pour une durée de vie économique considérée de l'ouvrage de 30 ans (taux d'actualisation de 8%).

*Source : Synthèse publique de l'étude des coûts de référence de la production électrique, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, (DGEC), 2014.*

## LA ZAC DU FOUR A CHAUX ET L'ENERGIE HYDRAULIQUE

---

Au regard des contraintes environnementales sur les cours d'eau et de l'impact futur du changement climatique sur cette ressource, le PCAET de la CCTVI n'a estimé que le potentiel de production hydroélectrique sur de la micro-hydraulique dans les réseaux d'eau : ce potentiel est de de 0,13 GWh pour 2050.

Sur le site de la ZAC du Four à Chaux et à proximité, il n'existe aucun cours d'eau suffisamment puissant pour fournir une quantité significative d'énergie (l'Indre se trouve à 4 km au nord). Aussi, l'énergie hydraulique n'apparaît pas appropriée pour la fourniture d'énergie au nouveau quartier.

### 3.1.7. L'énergie des déchets méthanisables



#### PRESENTATION

Le biogaz est issu de la méthanisation des déchets organiques. Il peut être utilisé pour produire de la chaleur.

Les différentes sources de production du biogaz sont :

- les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) ;
- les unités de traitement par méthanisation des déchets ménagers, des boues d'épuration, des effluents agricoles ou industriels.

Le biogaz produit par méthanisation ou par les ISDND contient de 40 à 60% de méthane, auquel s'ajoutent d'autres éléments tels que l'eau et l'hydrogène sulfuré.

Ce dernier rend le biogaz corrosif et toxique en cas de fortes teneurs. Un processus d'épuration est nécessaire pour éliminer l'eau et l'hydrogène sulfuré.

Le biogaz est généralement valorisé sur le site soit par combustion directe (chaudière), soit par une production de chaleur et électricité par cogénération.

Pour faire de la méthanisation sur le site de l'entreprise, il faut veiller à une gestion spécifique des déchets, de façon à disposer de ressources constantes et durables pour produire du biogaz.

La nature des déchets méthanisables est multiple et peut varier selon le secteur et l'activité de l'entreprise :

- déchets d'industries agro-alimentaires ;
- biodéchets et déchets verts ;
- boues de stations d'épuration ;
- effluents d'élevage.



#### ATOUTS ET CONTRAINTES

Atouts	Contraintes
Valorisation et gestion durable des déchets organiques. Technique de combustion déjà maîtrisée. La combustion de biogaz assure une autonomie de chaleur.	Nécessité d'une bonne gestion de l'approvisionnement et de la quantité de biogaz nécessaire au chauffage des locaux.



## COUTS

### Coût de l'investissement

EN COGÉNERATION	
Fourchettes d'investissements	€/kWé
<b>Micro-méthanisation</b> 30-75 kWé	<b>7 000 ▶ 13 000</b>
<b>Méthanisation à la ferme et petit collectif</b> 80-500 kWé	<b>5 300 ▶ 10 000</b>
EN INJECTION	
Fourchettes d'investissements	€/Nm <sup>3</sup> .h
<b>À la ferme et petit collectif</b> 50-150 Nm <sup>3</sup> /h	<b>30 000 ▶ 50 000</b>

*Sources des données cogénération : Analyse des coûts d'investissement d'unités mises en service entre 2010 et 2016. Rapport de fin d'études de Yoann Courtois (ADEME 2016), Enquêtes PRODIGE (2018) et étude Elanor Consulting-Strategies (ADEME Bretagne, 2016).*

*Sources des données injection : analyse de 50 dossiers (stade projet) financés par l'ADEME entre 2014 et 2017.*

*Les ratios ont été établis en retirant les valeurs extrêmes (premier et dernier déciles).*

*Nm<sup>3</sup> : normo mètre cube, unité de mesure de quantité de gaz qui correspond au contenu d'un volume d'un mètre cube, pour un gaz se trouvant dans les conditions normales de température et de pression.*

*Source : Réaliser une unité de méthanisation à la ferme à la ferme, ADEME, 2019.*

### Coût de l'énergie produite

50 € par MWh thermique.

## LA ZAC DU FOUR A CHAUX ET L'ENERGIE DES DECHETS

---

En 2008, suite au constat de l'émergence de divers projets et initiatives dans le domaine de la méthanisation, un groupe de travail, piloté par la Région Centre, a été constitué avec les acteurs identifiés sur cette thématique notamment les Chambres d'agriculture, des fournisseurs de matériel, les partenaires financiers (Caisse des Dépôts et Consignations, Crédit Agricole) afin d'analyser les freins technico-économiques au développement de projets de méthaniseurs et les besoins en accompagnement financier.

Un programme d'actions articulé en trois axes a été proposé :

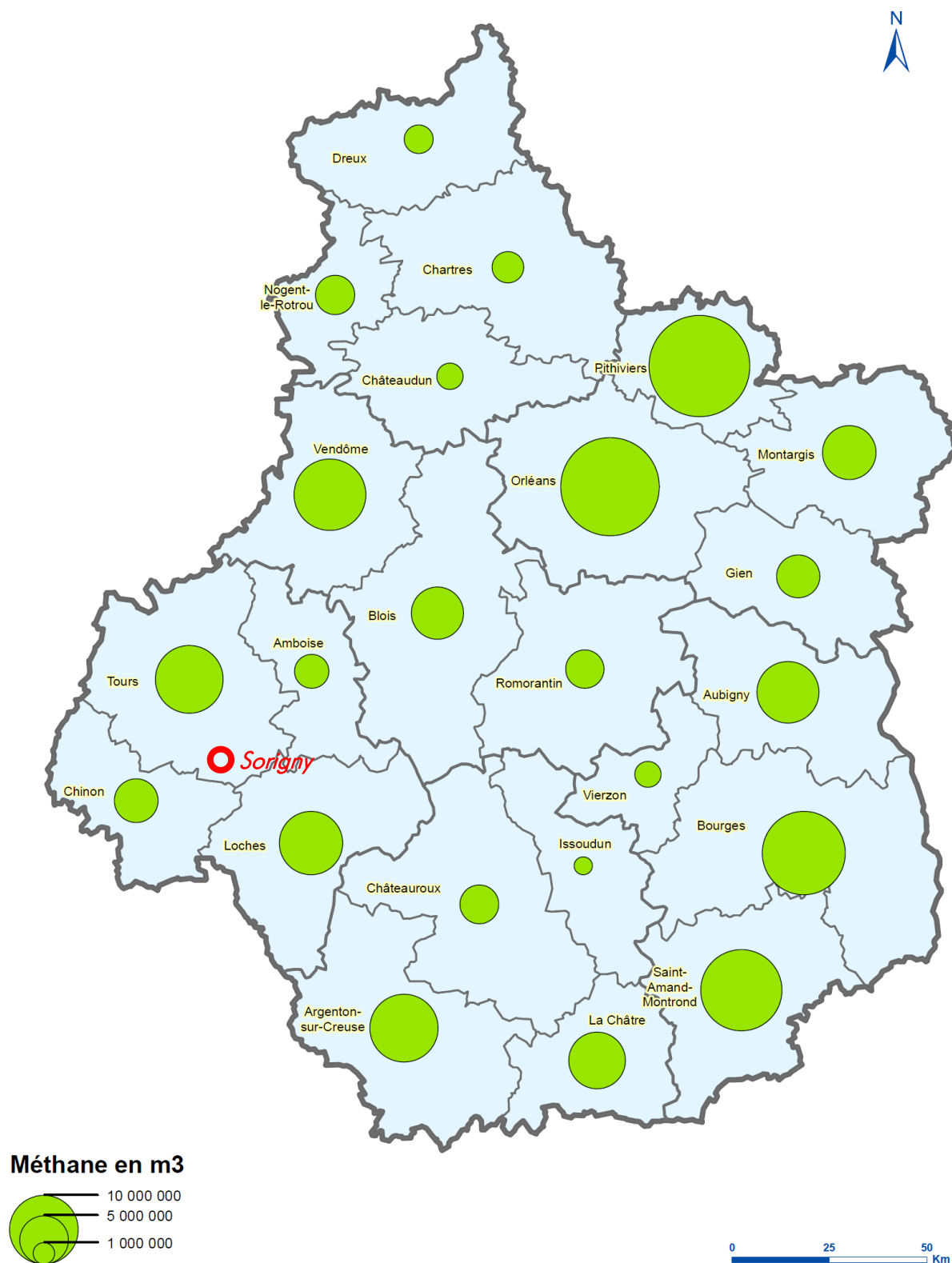
- la réalisation d'un atlas de la ressource fermentescible disponible sur le territoire régional visant à identifier qualitativement et quantitativement le potentiel existant issu de différentes activités (exploitations agricoles, entreprises agro-alimentaires, GMS, collectivités locales...) ;
- l'accompagnement financier des porteurs de projets pour la réalisation des études de faisabilités techniques d'unités de méthanisation ;
- la réalisation d'un appel à projet visant à identifier et à accompagner des démonstrateurs (avec une composante forte de valorisation de la chaleur).

L'objectif de l'atlas est de porter à connaissance la disponibilité en ressource fermentescible sur le territoire régional à l'échelle de la zone d'emploi et de communiquer auprès des investisseurs et des partenaires financiers sur l'opportunité de monter un projet sur un territoire de la région.

Selon cet atlas, le secteur de Tours dispose d'un bon potentiel de production de méthane pour la production de chaleur et d'électricité (voir figure suivante).

Le PCAET de la CCTVI indique que le biogaz pourrait fournir 6,9 GWc en 2050 sur le territoire communautaire (soit moins de 1% du potentiel mobilisable total ENR). Il s'agit de la biomasse agricole (effluents d'élevage et les pailles de céréales, oléagineux...) utilisable par méthanisation ou par combustion ou de la biomasse des déchets produits par des particuliers (part méthanisable des ordures ménagères...), des entreprises (industries agro-alimentaires, commerces...) ou des collectivités (boues des stations d'épuration...).

Grâce à l'importance de la biomasse mobilisable à Sorigny et aux alentours, l'exploitation de cette énergie renouvelable pourrait éventuellement être envisagée pour approvisionner la ZAC du Four à Chaux, le contexte encore assez rural du site s'y prêtant (compte tenu des nuisances générées par ce type de production). Toutefois, compte tenu de la taille relativement réduite du projet, une installation de méthanisation des déchets doit plutôt être envisagée à l'échelle de la totalité de la commune de Sorigny.



Source : chambres d'agriculture 2009 – Fond de carte sous licence IGN.

Réalisation : Conseil régional, 2011.

Figure 17 : Potentiel de production de méthane par zone d'emploi dans la région Centre-Val de Loire

### 3.2. ESTIMATION DES EXIGENCES ET BESOINS EN ENERGIE DU PROJET

Les consommations énergétiques de la ZAC du Four à Chaux correspondent aux consommations électriques pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire (ECS), l'éclairage et le fonctionnement des appareils domestiques divers (électroménager...).

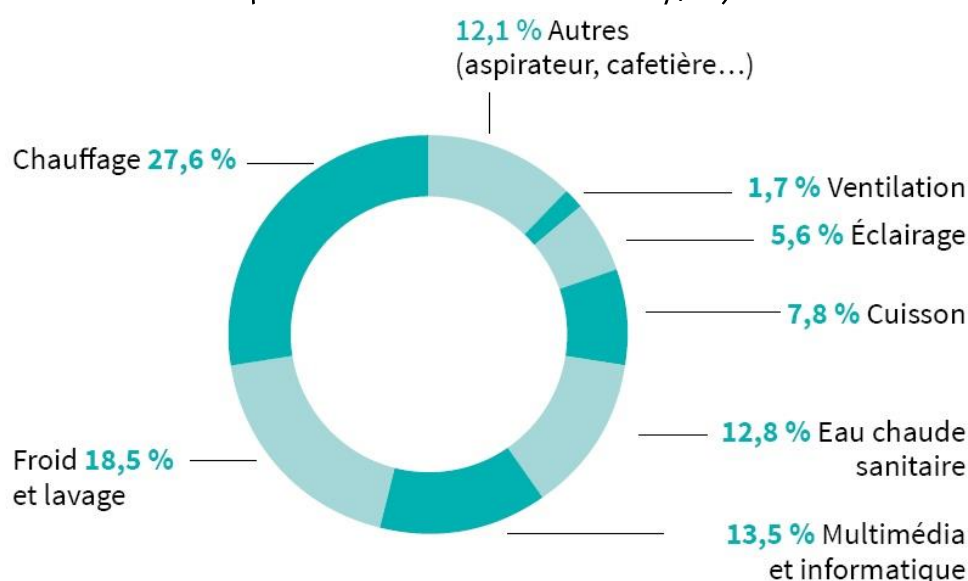
L'estimation des besoins énergétiques du nouveau quartier est basée sur un scénario d'aménagement permettant de réaliser une approche quantitative sommaire des besoins énergétiques à considérer.

On précisera que dans le cadre de l'étude, la consommation maximum retenue est de 50 kWh<sub>ep</sub> (Kilowatt par heure d'énergie primaire)/m<sup>2</sup> correspondant à la valeur de référence en Indre-et-Loire (zone climatique H2b) issue de la réglementation thermique (RT) 2012 simplifiée, seuil de performance énergétique retenu pour l'aménagement projeté.

*L'énergie primaire est la quantité d'énergie nécessaire pour produire une quantité d'énergie « utile » exploitable par l'utilisateur. Pour produire un kWh d'énergie utile, la quantité d'énergie primaire varie selon le type d'énergie. Ainsi, il faudra 2,58 kWh<sub>ep</sub> d'énergie au total pour produire 1 kWh d'électricité, mais uniquement 1 kWh<sub>ep</sub> pour produire 1 kWh utile issu du fioul ou gaz de ville. Dans le cas du bois, on considère qu'un kWh utile correspond à 0,6 kWh<sub>ep</sub>.*

Cette consommation de 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an intègre l'ensemble des dépenses énergétiques, y compris l'éclairage, la ventilation et les consommations annexes. A partir de ce ratio, la consommation totale nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques de la ZAC du Four à Chaux (environ 20 000 m<sup>2</sup> de surface de plancher au maximum) peut être évaluée à environ 1 000 MWh<sub>ep</sub>/an. La répartition des consommations énergétiques par poste est présentée dans le graphique suivant. La consommation énergétique dédiée uniquement au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire, estimée à 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an, peut ainsi être estimée à environ 400 MWh<sub>ep</sub>/an (pour 20 000 m<sup>2</sup> chauffés).

Figure 18 : Répartition des besoins énergétiques de la ZAC du Four à Chaux  
(besoins totaux : 1 000 MWh<sub>ep</sub>/an)



Source : Réduire sa facture d'électricité, ADEME, FAIRE, TRTE, juin 2019.

### **3.3. OPPORTUNITE DE MISE EN PLACE D'UN SYSTEME ENERGETIQUE CENTRALISE (RESEAU DE CHALEUR OU DE FROID)**

Un réseau de chaleur urbain fonctionne comme un grand chauffage central à l'échelle d'une agglomération ou d'un quartier. La chaleur produite (en partie localement) à partir de plusieurs sources d'énergies et notamment des énergies renouvelables et de récupération, est transportée vers les usagers sous forme d'eau chaude ou de vapeur grâce à des canalisations souterraines interconnectées. Confort et sécurité des usagers, respect de l'environnement, tarifs compétitifs, le réseau de chaleur répond aux défis de la mutation énergétique des villes : lutte contre la précarité énergétique et respect de l'environnement. Il est composé de quatre éléments : une unité de production de chaleur, un réseau de canalisations dit « primaire » qui achemine la chaleur vers des points de livraison et un réseau de canalisations dit « secondaire » qui achemine la chaleur depuis les points de livraison vers les logements ou autres locaux.

La mise en place du réseau ou de froid inclut la réalisation des infrastructures et la mise en place d'un mode d'exploitation. Plusieurs montages juridiques et financiers possibles pour créer un réseau :

- par la collectivité (service public de chauffage ou de froid urbain) ;
- par une association regroupant les usagers (exemple : association foncière urbaine libre) ;
- par un acteur privé.

Quel que soit le montage juridique retenu, le réseau de chaleur ou de froid peut être « classé », permettant ainsi à la collectivité de définir des périmètres de raccordement obligatoire et donc d'apporter une plus grande maîtrise du taux de raccordement des futurs bâtiments de la zone. Même si le réseau de chaleur n'est pas classé, il existe des mécanismes d'incitation au raccordement, qui s'appliquent également aux réseaux de chaleur dès lors qu'ils sont alimentés majoritairement par des énergies renouvelables et de récupération.

Le réseau de chaleur présente de nombreux avantages au niveau économique, social et environnemental mais il nécessite un important investissement. Cependant, grâce aux subventions publiques, le temps de retour peut se révéler intéressant comparé à la durée de vie de l'installation d'environ 30 ans. On peut imaginer que la collectivité équipe dans un premier temps les équipements publics ainsi que des logements individuels et collectifs. En alignant les tarifs sur ceux du gaz dans un souci d'égalité pour un même service, la collectivité pourra engranger des bénéfices qui lui permettront de développer le réseau et baisser ensuite les tarifs pour les usagers. L'avantage pour les usagers réside dans la stabilité des tarifs, fixés au départ, et ne variant pas comme ceux du gaz ou du fioul...

Selon l'étude « Réseaux de chaleur et nouveaux quartiers » réalisée en mai 2012 par le CETE de l'Ouest (pôle de compétence et d'innovation – PCI), les quartiers ou écoquartiers ayant installé un réseau de chaleur affichent des densités variant de 3 000 à 20 000 m<sup>2</sup> de surface de plancher (à chauffer) par hectare, donc nettement supérieures au ratio envisagé sur la ZAC du Four à Chaux (environ 1 600 m<sup>2</sup> par hectare).

De plus, un réseau de chaleur est d'autant moins pertinent que les bâtiments ont de faibles besoins thermiques (diminution de la densité thermique), ce qui est le cas des constructions les plus récentes (avec la RT 2012...) donc du projet de ZAC du Four à Chaux. Les ventes de chaleur sont alors insuffisantes (compte tenu des faibles consommations des bâtiments) pour permettre d'amortir les importants investissements que représente un réseau de chaleur comparativement à d'autres solutions.

Enfin, dans le cas de la fourniture d'énergie à un quartier ou à un ensemble de quartiers, la mixité d'usage est un élément essentielle à la pertinence énergétique d'un réseau de chaleur, car elle procure un effet de foisonnement, qui a pour effet de lisser les besoins (c'est-à-dire d'atténuer l'effet de « pics »), sur la journée, la semaine ou l'année. La proportion de logements, d'activités et d'équipements doit ainsi être suffisamment équilibrée pour assurer cette uniformité de la puissance demandée, ce qui, là encore, n'est pas le cas du projet de ZAC étudiée (zone uniquement résidentielle).

*Pour toutes ces raisons, la mise en place d'un réseau de chaleur (ou de froid) sur la ZAC du Four à Chaux ne semble pas pertinent. Elle ne l'est pas davantage à une plus grande échelle (bourg de Sorigny), compte tenu de la densité trop faible de logements et d'activités.*



# IDENTIFICATION DES POTENTIALITES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES

## 4. IDENTIFICATION DES POTENTIALITES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES

### 4.1. OPPORTUNITES ET CONTRAINTES DE MISE EN ŒUVRE ET D'EXPLOITATION

ENERGIE	INVESTISSEMENT	RETOUR SUR INVESTISSEMENT	RENDEMENT	ENTRETIEN	ATOUTS / CONTRAINTES	INTERET POUR LA ZAC DU FOUR A CHAUX	
						A L'ECHELLE DU QUARTIER	A L'ECHELLE DE LA PARCELLE
<b>Solaire</b> Chauffage et eau chaude solaire thermique	Moyen	Moyen	Selon installation des panneaux	++	Gisement solaire assez intéressant pour une production significative, à envisager à l'échelle individuelle (panneaux sur chaque maison). Implantation des bâtiments devant prendre en compte l'orientation des capteurs et des panneaux.	-	+++
Electricité solaire photovoltaïque						+	+++
Energie solaire passive	Faible	Court	Important	-	Facilité de mise en œuvre.	++	+++
<b>Energie éolienne</b>	Moyen	Moyen	Moyen	+	Bon potentiel local. Contexte ne favorisant pas l'insertion du grand éolien (bourg de Sorigny). Seul le petit éolien est envisageable.	-	+
<b>Bois-énergie</b>	Faible	Court	Important	+	Ressource (bois et vergers) bien présente à Sorigny et aux alentours.	-	++
<b>Géothermie</b>	Faible à moyen	Faible à moyen	Important	+	Bon potentiel sur le secteur mais coûts élevés pour un équipement individuel.	-	-
<b>Aérothermie</b>	Faible à moyen	Court	Moyen	+	A envisager à l'échelle de chaque bâtiment.	-	++
<b>Energie hydraulique</b>	Important	Long	Important	+++	Inadapté pour une telle opération.	--	--
<b>Energie des déchets</b>	Important	Long	Important	+++	Envisageable à une échelle beaucoup plus importante.	+	-

Globalement, le solaire passif constitue la solution la plus facilement mobilisable à moindre coût. L'exploitation du soleil par des panneaux photovoltaïques voire thermiques est aussi très intéressante. Le chauffage au bois est aussi pertinent compte tenu de la ressource locale importante et de la localisation relativement rurale de l'aménagement envisagé. Enfin, l'aérothermie (pompes à chaleur) constitue également une solution de production d'énergie pour la ZAC du Four à Chaux.

Le recours aux énergies renouvelables permettrait de réduire les besoins énergétiques du futur quartier, mais surtout de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

## **4.2. PRINCIPALES AIDES ET SUBVENTIONS POSSIBLES**

Source : *www.ademe.fr*.

### **4.2.1. Les aides nationales**

#### **4.2.1.1. Le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)**

Les contribuables domiciliés en France peuvent bénéficier d'un crédit d'impôt sur les revenus au titre des dépenses pour l'amélioration thermique et énergétique du logement dont ils sont propriétaires, locataires ou occupants à titre gratuit et qu'ils affectent à leur habitation principale.

Une liste exhaustive de travaux est définie (isolation, fenêtres, énergies renouvelables...) avec des taux de crédit d'impôt correspondant et des conditions techniques à respecter (travaux obligatoirement effectués par des professionnels). Le taux est généralement de 30% pour les installations utilisant les énergies renouvelables (pompes à chaleur, chauffe-eau solaire...) ; le montant est plafonné.

Les personnes non imposables sont également éligibles.

#### **4.2.1.2. La TVA à taux réduit**

Le taux de TVA appliqué aux travaux de rénovation est généralement de 10%. Cependant, pour les travaux d'amélioration de la performance énergétique, ce taux est réduit à 5,5%. Ce taux s'applique aux travaux visant l'installation (incluant la pose, la dépose et la mise en décharge des ouvrages, produits ou équipements existants) des matériaux et équipements éligibles au crédit d'impôt pour la transition énergétique listés dans la Loi de finances, sous réserve du respect des caractéristiques techniques et des critères de performances minimales qui déterminent son éligibilité.

#### **4.2.1.3. Les aides des fournisseurs d'énergie (dispositif CEE)**

Le dispositif a été introduit par la loi sur l'énergie du 13 juillet 2005 (loi POPE) avec pour objectif de réaliser des économies d'énergie dans les secteurs diffus : le bâtiment, la petite et moyenne industrie, l'agriculture ou encore les transports.

Les fournisseurs d'énergie depuis 2005 et de carburants depuis 2011, ont l'obligation réglementaire de réaliser des économies d'énergie ou bien d'inciter leurs clients à en faire. Cela s'est traduit par la mise en place du dispositif Certificats d'Economie d'Energie (CEE).

Afin d'encourager leurs clients à réaliser des travaux d'économie d'énergie, des stratégies d'incitation financière ont été mise en place : prêts bonifiés, subventions, primes, bons d'achat, « coup de pouce chauffage » pour les chaudières biomasse, les pompes à chaleur, les systèmes solaire combinés, les appareils de chauffage bois très performant...

Les aides proposées dépendent des performances de l'installation (économie d'énergie réalisée) et sont plus importantes pour les ménages les plus modestes.

Ces outils financiers peuvent venir en complément des autres dispositifs existants : crédit d'impôt, éco prêt à taux zéro...

#### **4.2.1.4. Le Fonds Chaleur de l'ADEME**

Lancé en 2009, le Fonds Chaleur Renouvelable permet de soutenir le développement des énergies renouvelables. Il est destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et à toutes les entreprises (agriculture, industrie, tertiaire) et finance des projets en garantissant un prix inférieur à celui de la chaleur produite à partir d'énergies conventionnelles.

Les ENR concernées sont le solaire thermique, la méthanisation, la géothermie et le bois-énergie. Sont aussi concernés les la création ou l'extension de réseaux de chaleur principalement alimentés par des sources renouvelables.

L'installation de solaire thermique permet de bénéficier des fonds chaleur : entre 45 et 55 €/MWh selon la zone pour les valeurs 2019.

La valorisation du biogaz par injection est actuellement valorisée via le Fonds Chaleur de l'ADEME à hauteur de 20 000 €/Nm<sup>3</sup>/h pour les débits jusqu'à 150 Nm<sup>3</sup>/h et 12 000 €/Nm<sup>3</sup>/h pour les débits supérieurs à 150 Nm<sup>3</sup>/h. La valorisation par cogénération est quant à elle soumise à un appel à projet quand l'efficacité énergétique de l'unité : énergie valorisée / énergie primaire du biogaz produit, est supérieure à 75%.

### **4.2.2. Les aides financières locales**

Source : [www.infoenergie-centre.org](http://www.infoenergie-centre.org).

#### **4.2.2.1. Les aides régionales**

La Région Centre-Val de Loire a mis en place un certain nombre d'outils afin de favoriser le passage à l'acte dans les travaux d'économie d'énergie. Les principaux outils (complémentaires) sont les suivants :

- Le prêt à taux zéro ISOLARIS, qui permet de financer des travaux d'isolation et/ou des installations solaires thermiques et géothermiques verticales.
- Le diagnostic ENERGETIS, qui est un dispositif d'audit énergétique pour aider à réduire les consommations d'énergie et à réaliser les bons choix de travaux (outil d'aide à la décision).
- Le concours MA MAISON ECO, réservé aux particuliers qui souhaitent construire ou rénover un logement très performant sur les plans énergétique et environnemental.
- Le concours MON CONFORT GEOTHERMIE, destiné aux particuliers (propriétaires occupants ou bailleurs du logement) souhaitant faire construire ou rénover une maison individuelle en y intégrant une solution géothermique : ils peuvent bénéficier d'une aide régionale sous les conditions définies par le présent règlement (jusqu'à 10 000 €).
- L'accompagnement des copropriétés : dans le cadre du Plan Climat-Energie, la Région et l'ADEME soutiennent les actions visant à favoriser l'amélioration de la performance énergétique dans les copropriétés, par un accompagnement et une aide aux audits énergétiques. Cet audit énergétique doit permettre à tout maître d'ouvrage d'être éclairé dans ses choix et ainsi de pouvoir passer à l'action par le vote de travaux d'amélioration de

la performance énergétique. Le soutien financier de la Région pour la réalisation d'un audit énergétique est de 40% du coût de l'étude plafonné à 30 000 € (soit une aide maximale de 12 000 €).

#### **4.2.2.2. L'ALEC37**

L'agence locale de l'énergie et du climat d'Indre-et-Loire (ALEC37) est une association à but non lucratif créée fin 2009 par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), la Région Centre-Val de Loire, le Syndicat Intercommunal d'Energie d'Indre-et-Loire, le Conseil Départemental d'Indre-et-Loire et Tours Métropole Val de Loire.

Elle abrite un Espace Info Energie, créé en 2001, qui renseigne gratuitement les particuliers sur les économies d'énergie et les énergies renouvelables. Elle s'adresse également aux copropriétés, aux collectivités et aux professionnels.

Le programme d'actions de l'ALEC 37 est structuré autour des 4 axes suivants :

- conseil et sensibilisation du grand public autour de l'énergie (Espace Info Energie) ;
- accompagnement des collectivités locales dans leur politique de maîtrise de l'énergie ;
- promotion des énergies renouvelables ;
- lutte contre la précarité énergétique.

L'ALEC 37 assure par ailleurs une veille technique et réglementaire. Elle constitue un centre de ressources et de formation. Elle diffuse de l'information consacrée aux matériaux d'isolation, à la régulation des systèmes de chauffage, aux aides financières... L'ALEC 37 met à disposition ses ouvrages, expositions et petits matériels de mesure.

**SOURCES :**

- Les énergies renouvelables, Jacques Vernier, Que sais-je, PUF, avril 2012.
- Construction d'une maison individuelle – Réduire vos dépenses énergétiques en respectant la réglementation thermique RT2012, Ministère de l'Egalité des territoires et du Logement, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, ADEME, novembre 2013.
- Etudes sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements – Conseils pour la mise en œuvre de l'article L128-4 du code de l'urbanisme, CETE de l'Ouest, CETE Méditerranée, CERTU, DREAL Rhône-Alpes, décembre 2011.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr).
- [www.geothermie-perspectives.fr](http://www.geothermie-perspectives.fr).
- [www.infoenergie-centre.org](http://www.infoenergie-centre.org).
- [Jeunes.edf.com](http://Jeunes.edf.com).
- [www.constructionmaisonrt2012.fr](http://www.constructionmaisonrt2012.fr).