

#### Cours:

## Transition énergétique et aménagements

## Etude de cas:

## Villeurbanne – ZAC Saint-Jean



Quelles possibilités d'alimentation en énergie solaire pour les besoins en électricité et en chaleur des bâtiments construits dans le cadre de la ZAC Saint-Jean ?

CARRIER Manon BAUDRAND Alexis EVAIN Yohann

MICHON Frédéric MUSSET Frédéric

#### **Promotion 63**

Étudiants de 2<sup>e</sup> année de la Voie d'Approfondissement « Environnement » et de la Voie d'Approfondissement « Aménagements et Politiques Urbaines ».

### Introduction

Notre étude va porter sur le projet de la Zone d'Aménagement Concertée (ZAC) Saint-Jean, à Villeurbanne.

Actuellement, on observe une répartition assez franche sur le quartier Saint-Jean. En effet, au Nord se trouvent des entreprises, alors que le Sud est davantage composé d'habitats et de services publics, avec par exemple un stade et un collège. Un réseau de chaleur privé, qui appartient à un bailleur social, existe déjà et alimente l'ensemble des immeubles d'habitations à l'extrême Sud de la zone.

Ce quartier est défini comme prioritaire dans le cadre du Nouveau Plan National de Renouvellement Urbain, et un projet de création de ZAC est d'ailleurs défini dans la moitié Sud du quartier.

Ce projet a pour objectif la construction de 3000 logements et comprend également la restructuration des voiries sur cette zone et la création d'axes Nord-Sud et Est-Ouest.

Ainsi, le rythme de construction prévu est d'environ 200 logements livrés par an de 2020 à 2035.

Nous allons nous intéresser aux possibilités d'alimentation en énergie solaire pour les besoins en électricité et en chaleur les bâtiments construits dans le cadre de la ZAC Saint-Jean. Nous nous interrogerons sur les intérêts techniques, environnementaux et financiers de ces différentes possibilités. Cette étude technico-économique nous permettra de déterminer quelle est la solution la plus envisageable dans le cadre de ce projet.

Nous verrons ainsi dans un premier temps les besoins et potentialités de la ZAC Saint-Jean en électricité et en chaleur, puis nous vous détaillerons différentes propositions pour permettre d'alimenter au mieux le quartier grâce à de l'énergie solaire, et nous vous expliquerons enfin le choix que nous avons retenu.

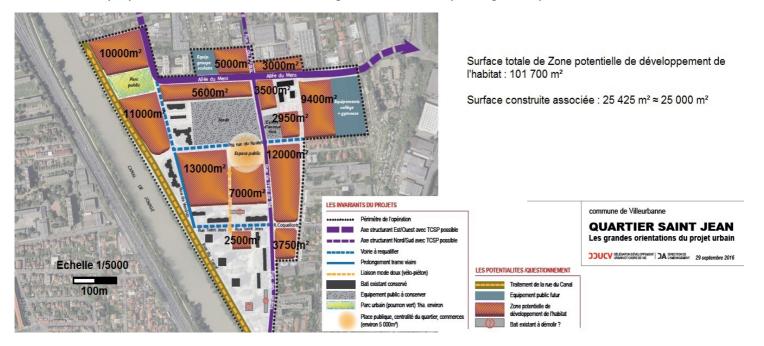
# **Table des matières**

Introduction2
1Les potentiels, besoins, acteurs et contraintes sur le périmètre de la ZAC St Jean
1.1Les potentiels de l'énergie solaire en région lyonnaise
1.2Les besoins en énergie des logements de la ZAC St Jean
1.3Les différents cas de maîtrise d'ouvrage5
1.4L'obligation d'achat de l'énergie renouvelable6
1.5Les autorisations administratives spécifiques aux installations solaires
2L'état des lieux des différentes technologies disponibles et la problématique de la revente d'électricité
2.1L'état des lieux des technologies disponibles
2.2Les panneaux solaires thermiques
2.3Les panneaux photovoltaïques11
2.4Les panneaux aérovoltaïques13
2.5La problématique du raccordement au réseau d'une installation de production d'électricité 14
2.6Les possibilités de distribution des bénéfices économiques d'une installation solaire15
3Notre proposition pour l'alimentation en énergie solaire des bâtiments de la ZAC St Jean. 17
3.1La synthèse des principaux avantages et inconvénients des différentes solutions étudiées
3.2L'intérêt d'un investissement pour l'installation de panneaux solaires thermiques18
Conclusion19
Bibliographie20

# 1 Les potentiels, besoins, acteurs et contraintes sur le périmètre de la ZAC St Jean

## 1.1 Les potentiels de l'énergie solaire en région lyonnaise

Afin de connaître les potentiels de production d'énergie solaire il convient d'estimer la surface de toit disponible après construction des nouveaux bâtiments. Sur les zones des futurs aménagements, on fait comme hypothèse qu'un quart seulement de la surface sera occupé par le bâti, le reste étant aménagé comme voirie, parking ou espace vert.



La surface totale du toit de chaque bâtiment ne peut pas être entièrement aménagée donc on applique un coefficient de 0.6 pour avoir la surface exploitable maximale de 15 000m².

Seule une partie de cette surface peut être exploitée à cause des ombres qui peuvent créées par les autres immeubles plus hauts.

De plus, exploiter toute la surface disponible ne constitue pas le meilleur choix financier. En effet, les pics de production d'énergie solaire d'une part et les pics de consommation d'autre part sont déphasés. Ainsi, la production annuelle moyenne d'une installation photovoltaïque est de 169 kWh/an/m² soit 2.54 GWh/an de production moyenne pour une surface maximale exploitable de 15 000 m². Toutefois, l'électricité produite sera revendue au réseau en grande partie puisque les immeubles sont rarement équipés de radiateurs électriques et que les pics de consommation d'électricité domestique surviennent à 20H, heure à laquelle le Soleil n'est plus présent pendant une grande partie de l'année. Ainsi malgré une production d'électricité intéressante à la revente (voir 2.3), l'immeuble consommera autant d'énergies non renouvelables qu'avant, ce qui peut paraître intéressant à court terme avec la stabilisation des prix du gaz et du pétrole. En revanche, à long terme, ces énergies se raréfieront et leur prix augmentera.

Pour ce qui est des installations solaires thermiques il n'est pas utile de recouvrir toute la surface du toit d'un immeuble avec des panneaux thermiques car, pour combler entre 40 et

70 % des besoins en eau chaude sanitaire de l'îlot 4 (5000m² de toit disponible), seuls 300 m² exploités suffisent à avoir ce résultat (voir 2.2). Il convient d'avoir un chauffage d'appoint de type classique mais la présence de panneaux thermiques permet de réduire cette consommation en énergies fossiles, ce qui est un avantage en termes d'émissions de CO² du bâtiment. Le dernier avantage du solaire thermique est sa conservation à court terme sous forme d'eau chaude dans des ballons.

### 1.2 Les besoins en énergie des logements de la ZAC St Jean



La surface à prendre en compte n'est pas la surface d'occupation des sols mais celle des planchers. Pour un R+4 comprenant un parking souterrain on comptera donc 1+1+4=6 m² de planchers pour 1 m² d'occupation des sols.

Ainsi, pour 25 000  $m^2$  occupés, on a 150 000  $m^2$  de planchers.

La norme fixe (pour les logements neufs) une consommation énergétique maximale de 50 kWhEP/m² de surface de plancher (Loi RT 2012) corrigée par un coefficient correspondant à la zone climatique étudiée ici de 1.2 correspondant à la zone H1c (voir la carte à gauche).

Ainsi le total de consommation annuelle de la surface construite ne devra pas dépasser 9 GWhEP/an soit 3.49 GWh/an d'électricité (1 kWh d'électricité = 2.58 kWhEP). La consommation variant d'une année à l'autre, on peut admettre des écarts maximaux de 20% (ce qui donne 4.2 GWh/an au maximum).

On constate que la production photovoltaïque maximale de la surface construite (2.54 GWh/an) est du même ordre de grandeur que les besoins en énergie recensés mais, en vérité, elle ne les couvre pas car elle ne peut pas être utilisée pour le chauffage.

### 1.3 Les différents cas de maîtrise d'ouvrage

Deux cas se présentent en fonction de la destination des logements qui seront construits :

S'il s'agit de logements sociaux, le maître d'ouvrage sera un bailleur social. C'est lui qui devra porter et financer l'installation solaire puis il sera ensuite chargé de sa gestion ultérieure (maintenance, suivi du contrat avec EDF Obligation d'Achat dans le cas d'une installation photovoltaïque avec vente de l'électricité produite).

S'il ne s'agit pas de logements sociaux, le maître d'ouvrage sera un promoteur privé. C'est lui qui devra porter et financer l'installation solaire. Une fois la construction de l'immeuble terminée, le syndicat des copropriétaires prendra le relais et assurera alors la gestion

ultérieure de l'installation solaire (maintenance, suivi du contrat avec EDF Obligation d'Achat dans le cas d'une installation photovoltaïque avec vente de l'électricité produite).

Dans le cas d'une installation photovoltaïque, il peut aussi exister d'autres montages juridiques plus compliqués avec la mise en concession de celle-ci par le bailleur social ou le promoteur privé à un opérateur tiers qui va la financer et la gérer sur la période de retour sur investissements. Au terme de cette période, la propriété est transférée au bailleur social ou au syndicat des copropriétaires qui en reprend la gestion. Cette solution peut être intéressante si les porteurs de projets souhaitent limiter leurs investissements.

### 1.4 L'obligation d'achat de l'énergie renouvelable.

Pour favoriser le développement des énergies renouvelables, l'Etat a choisi de mettre en place un dispositif d'obligation d'achat permettant la vente de l'électricité produite par les particuliers à des prix supérieurs à ceux du marché. Ainsi, il espère raccourcir la durée d'amortissement des investissements et inciter le maximum de personnes à se lancer dans la production d'électricité à partir des énergies renouvelables avec une multiplication des petites installations de particuliers.

EDF Obligation d'Achat, entité d'EDF SA, assure cette mission de service public de gestion de l'obligation d'achat en achetant l'énergie produite par les installations des particuliers, en l'injectant sur le réseau et en versant une rémunération conforme aux tarifs fixés par les pouvoirs publics. Le surcoût d'achat, c'est-à-dire la différence entre la rémunération versée au producteur et la valeur de l'énergie cédée, constitue une charge imputable à cette mission de service public qui est compensée au moyen d'une contribution due par les consommateurs finaux (la Contribution au Service Public de l'Electricité).

L'article 104 de la Loi de transition énergétique pour la croissance verte promulguée le 18 août 2015 met en place un nouveau dispositif de complément de rémunération qui remplacera l'obligation d'achat pour certaines filières renouvelables et pour les installations dépassant une certaine taille (puissance installée supérieure à 500 kW). Il s'agira alors d'une prime versée à un producteur d'énergie renouvelable en complément du produit de la vente sur le marché de l'électricité. Celle-ci sera proportionnelle à l'énergie produite. Elle permettra de donner au producteur un niveau de rémunération qui couvrira les coûts de son installation tout en assurant une rentabilité normale de son projet.

Par conséquent, on peut penser que les dispositifs d'incitations aux investissements dans les énergies renouvelables tels qu'ils existent aujourd'hui avec l'obligation d'achat ne sont pas pérennes et que leur intérêt va diminuer au fur et à mesure que la filière se développera.

Toutefois, pour éviter une trop grande prise de risque aux particuliers, l'Etat s'est engagé à garantir les tarifs d'achats de l'électricité photovoltaïque pendant 20 ans une fois l'investissement réalisé, avec une ré-évaluation annuelle pour tenir compte de l'inflation.

Les tarifs d'achat actuellement communiqués par le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer sont les suivants :

Type d'installation		Tarifs en vigueur pour les installations dont la demande complète de raccordement a été envoyée :	
		entre le 1er janvier 2016 et le 31 mars 2016	entre le 1er avril 2016 et le 30 juin 2016
Intégrée au bâti <sup>1</sup> [0-9kW]		25,01 c€/kWh	24,63 c€/kWh
Intégrée simplifiée au bâti <sup>1</sup>	[0-36kW]	13,82 c€/kWh	13,27 c€/kWh
	[36-100kW]	13,13 c€/kWh	12,61 c€/kWh
Tout type d'installation	[0-12MW]	5,96 c€/kWh	5,80 c€/kWh

Une modulation est effectuée chaque trimestre en fonction de l'écart par rapport aux objectifs de développement de l'énergie photovoltaïque. Celle-ci peut aller jusqu'à - 20 % par an. Selon le Ministère de l'Environnement, cette baisse des tarifs d'achat se justifie aussi par la baisse des coûts de fabrication des panneaux photovoltaïques.

#### 1.5 Les autorisations administratives spécifiques aux installations solaires.

L'installation de panneaux solaires sur les constructions doit être décrite dans les dossiers de demande de permis de construire qui seront déposés en mairie pour les besoins du projet.

Par ailleurs, les copropriétés ou les bailleurs sociaux dont les immeubles sont équipés de panneaux photovoltaïques doivent disposer d'une assurance responsabilité civile pour les risques liés à ces installations de production d'électricité.

# 2 L'état des lieux des différentes technologies disponibles et la problématique de la revente d'électricité

### 2.1 L'état des lieux des technologies disponibles

Les technologies en production d'énergie ne cessent de se développer avec des innovations qui sont très intéressantes et à la pointe.

Les panneaux solaires se sont démocratisés avec des entreprises comme des particuliers qui se dotent de panneaux thermiques ou photovoltaïques. Rappelons que les panneaux photovoltaïques sont des panneaux qui utilisent l'énergie solaire afin de créer de l'électricité alors que les panneaux solaires thermiques utilisent l'énergie solaire pour chauffer de l'eau. Ces panneaux nécessitent des durées d'ensoleillement, des orientations et des degrés d'inclinaison optimaux pour permettre à leur production d'être maximale. Ils peuvent cependant être installés dans des régions moyennement ensoleillées et rester rentables comme dans la région de Lyon.

Il existe également une nouvelle génération de panneaux solaires : les panneaux aérovoltaïques. Ces panneaux sont des panneaux photovoltaïques un peu particuliers. En effet, lorsqu'un panneau solaire photovoltaïque produit de l'électricité il émet de la chaleur. Cette chaleur est récupérée au sein d'un système de collecte du panneau et soufflée dans les pièces des logements. C'est un apport supplémentaire par rapport à un panneau solaire photovoltaïque conventionnel.

Enfin, une technologie encore peu connue et utilisée est le mur caloporteur. Ces murs sont en fait des murs en terre cuite ou crue qui absorbent très efficacement l'énergie solaire. Un mur caloporteur est constitué de deux rangées de briques au milieu desquelles circule un tuyau avec un fluide caloporteur (même type que dans un réfrigérateur) qui transporte la chaleur dans les murs, le plancher ou les radiateurs du logement. Malheureusement des murs de ce type ne peuvent sûrement pas supporter le poids d'un immeuble de plusieurs étages comme au sein de la ZAC. Une alternative est possible en utilisant des parements extérieurs mais l'efficacité du mur en est beaucoup réduite. De plus, les ombres portées par les bâtiments alentour amoindrissent l'efficacité de ces murs.

En complément de ces technologies, on pourrait penser à un stockage de l'énergie. En effet, nous avons l'habitude d'utiliser des piles, batteries ... mais ce sont des équipements qui stockent des quantités d'énergie assez réduites. Dans le cas des murs caloporteurs, le stockage de la chaleur se développe peu à peu mais ce n'est pas encore suffisamment efficace pour être installé dans le cas de la ZAC. De plus, dans le cas de l'électricité, le stockage est quasi-impossible puisque l'électricité ne peut être stockée que par l'intermédiaire de batteries ; or, ces batteries contiennent des produits chimiques et elles sont difficilement recyclables, ce qui n'est pas très favorable si on raisonne à l'échelle d'un bilan environnemental global.

Ainsi, dans la suite de notre étude, nous allons écarter les murs caloporteurs qui nous semblent moins efficaces et nous concentrer sur les panneaux solaires conventionnels et les panneaux solaires aérovoltaïques.

#### 2.2 Les panneaux solaires thermiques

Plusieurs raisons nous ont conduit à privilégier le thermique solaire pour des logements collectifs :

- La baisse importante du tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque (une baisse de moitié entre 2011 et 2016 : 46,4 c€/kWh pour un type d'installation intégrée au bâti d'une puissance comprise entre 0 et 9kWc en 2011 contre 25.01 c€/kWh en 2016¹) rend désormais le solaire thermique beaucoup plus compétitif.
- Dans la construction neuve, la loi RT2012 oblige à limiter la consommation d'énergie primaire (EP) des bâtiments à un maximum de 50 kWhEP/(m².an) et de recourir en partie aux énergies renouvelables. Des appartements très bien isolés thermiquement ont donc besoin de très peu de chauffage. En revanche, les besoins d'eau chaude sanitaire (ECS) liés aux usages des occupants demeurent importants et sont donc propices à des économies d'énergie conséquentes. Nous pouvons donc supposer que seuls les besoins d'ECS sont importants et donc prioritaires. Rappelons qu'une installation de type solaire thermique permet d'économiser entre 40% et 70% de la consommation liée à l'ECS (la part des besoins annuels en énergie apportée par les capteurs solaires thermiques, reconnue comme optimum économique, se situe en effet entre 40% et 70% des besoins selon la situation géographique²).
- La majorité des bâtiments du plan de la ZAC Saint-Jean devraient être des logements collectifs.

Ces différentes raisons conduisent logiquement pour ce type de bâtiment à un système d'eau chaude solaire collective. En revanche, pour des bureaux (où la consommation d'eau chaude sanitaire est plutôt faible), ou encore pour des écoles ou des gymnases qui sont des locaux vides pendant l'été, cette solution d'eau chaude solaire collective n'est pas forcément la mieux adaptée et des études supplémentaires devront être réalisées.

Maintenant, faisons un raisonnement sur un bâtiment de logements collectifs (îlot 4 du plan de la ZAC Saint-Jean) possédant 100 appartements de type T2, T3 avec une hypothèse de surface de toit horizontale utilisable de 5030,48 m² ( $S_{toit}$  = (140,4+136) \* 36,4 \*1/2 = 5030,48 m²).

On choisit alors comme système thermique pour ce bâtiment un « stockage collectif de l'eau chaude solaire et appoint individuel » composé d'un ballon de stockage solaire collectif et d'un appoint individuel par logement. Il s'agit très souvent, pour cette dernière, d'une chaudière à production d'eau chaude instantanée, qui doit alors pouvoir adapter sa puissance en fonction de la température d'entrée de l'eau sanitaire. Le système d'appoint peut également être un ballon individuel (voir figure 1).

<sup>1 &</sup>lt;a href="http://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/">http://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/</a>

<sup>2</sup> *Adopter le solaire thermique et photovoltaïque*, Mohamed Amjahdi et Jean Lemale, Dunod, août 2011

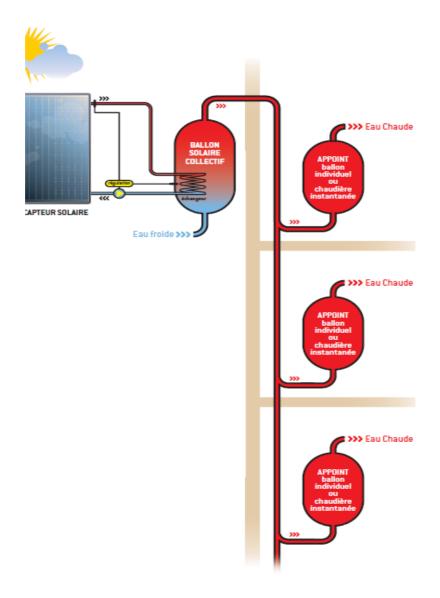


Schéma du système thermique d'ECS collectif choisi (stockage collectif d'ECS et appoint individuel)<sup>3</sup>

Pour chacun des T2, T3, il est nécessaire de posséder un ballon d'ECS de 200 à 300 litres à 60°C qui permet de couvrir environ 70% à 75% des besoins en ECS sur une année. Prenons une surface de capteurs de 3 m² pour 3 à 4 personnes, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Nombre d'occupants	Nombre de pièces à chauffer	Volume ballon (litres)	Surface des capteurs (m²)
1 à 2	2	200	2 à 3
3 à 4	3	250 à 300	2 à 5,5
5 à 6	4 et plus	300 à 400	2,5 à 7

Surface des capteurs solaires thermiques en fonction des besoins<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Guide pour les propriétaires, investisseurs publics et privés qui envisagent de construire, rénover, agrandir ou transformer... leurs bâtiments, ALME (Agence Locale de la Maîtrise de l'Energie) Mulhouse Sud Alsace, 2006

On aura donc à installer : 300 m² (3 m² x 100) de capteurs solaires thermiques (non intégrés à la toiture). L'investissement (capteurs + chaudières + réseaux), y compris la GRS (garantie de résultats solaires) et la maintenance pendant 5 ans, reviendrait à environ 270 000 € sans aucune aide financière (somme calculée sur un ratio concernant l'investissement d'une installation solaire thermique ECS à Ensisheim mise en service en 2001 : 420 000 € dont 243 000 € de subventions apportées par l'ADEME et la Région).

Pour ce genre d'installation, des subventions de Fonds chaleur de l'ADEME<sup>5</sup> (d'un montant allant de l'ordre de 20 à 40% du coût total) peuvent être accordées. Elles peuvent aussi être complétées par celles de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, ou encore par des fonds FEDER<sup>6</sup>. Le coût global serait ainsi divisé par deux, et reviendrait à moins de 135 000€.

Il resterait donc environ 30% d'ECS non couvert sur une année ainsi que le chauffage (puisqu'on n'a pas choisi un système thermique solaire combiné).

On peut essayer de regarder maintenant l'utilité d'une installation complémentaire de panneaux photovoltaïques.

### 2.3 Les panneaux photovoltaïques

Pour cette installation complémentaire, faut-il utiliser l'électricité photovoltaïque sur place ou la revendre à un fournisseur d'énergie ?

En comparant les données du tableau de la partie 1.4, il apparaît plus avantageux de revendre l'électricité aux tarifs actuels de 25,01 c€/kWh = 0.2501 €/kWh en installant des panneaux photovoltaïques intégrés au bâti. L'électricité produite de cette manière est en effet vendue deux fois plus chère que l'électricité issue des installations en « intégration simplifiée » et quatre fois plus chère que l'électricité issue des installations « non intégrées au bâti ».

On pourra utiliser ainsi pour les besoins de notre bâtiment (îlot 4) l'électricité fournie par EDF (environ 15,6 c€/kWh en heures pleines et 12.7 c€/kWh en heures creuses pour l'année 2016) pour une puissance souscrite de 6 kVA<sup>7</sup>) tout en vendant de l'électricité à EDF.

On sait de plus, que  $8 \text{ m}^2$  de panneaux photovoltaïques $^8$ , type monocristallin (technologie silicium cristallin), orientés de manière optimale (vers le Sud à  $35^\circ$  par rapport à l'horizontale), peuvent fournir une puissance crête de l'ordre de 1 kWc: ils peuvent donc produire une puissance nominale (c'est-à-dire maximale) de 1 kW dans des conditions standards (température de l'air  $T = 25^\circ\text{C}$ ). L'énergie produite est donc de 1 kWh par heure dans ces mêmes conditions.

Ces 8 m² de panneaux photovoltaïques peuvent ainsi produire sur une année, environ 1000 kWh d'électricité. Dans notre cas, situés au sud avec une inclinaison de 35 °, ils peuvent produire en moyenne une énergie annuelle de 1 354 kWh d'électricité à Villeurbanne (52.3 + 79.2 +...+ 47.1 = 1354 kWh, d'après le tableau ci-dessous). À titre de référence, la consommation annuelle moyenne d'électricité pour une famille dans un appartement (hors

5 Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

6 Fonds européen de développement régional

7 kilovoltampère

8 Adopter le solaire thermique et photovoltaïque, Mohamed Amjahdi et Jean Lemale, Dunod, août 2011

chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson) est d'environ 3 000 kWh<sup>9</sup>. Ces 8 m<sup>2</sup> de panneaux pourraient donc faire baisser, en théorie, d'un peu moins de la moitié leur consommation annuelle (hors chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson).

	Production moyenne journalière (kW.h)	Production moyenne mensuelle (kW.h)
Janvier	1,69	52,3
Février	2,83	79,2
Mars	4,25	132
Avril	4,66	140
Mai	4,67	145
Juin	5,11	153
Juillet	5,26	163
Août	4,93	153
Septembre	4,47	134
Octobre	3,14	97,3
Novembre	1,94	58,2
Décembre	1,52	47,1

Tableau : Simulation<sup>10</sup> de la production d'énergie pour une puissance de 1 kWc installée à Villeurbanne (panneau de type silicium cristallin). Pour obtenir ces valeurs, il faut orienter les panneaux solaires au sud avec une inclinaison de 35°.

Si on raisonne sur une installation de 100 m² de panneaux photovoltaïques, par exemple, pour notre bâtiment, il faut compter sur un investissement tout compris de l'ordre de 100 000 € si aucune subvention n'est accordée (le coût moyen¹¹ d'une telle installation est de l'ordre 10 000 €/kWc ou de 1 250 €/m² de panneaux photovoltaïques).

Mais cette installation va procurer des recettes annuelles de l'ordre de 3 126 € grâce au raccordement (100/8 = 12.5 kWc soit 12.5\*1000\*1 =12 500kWh de production par an, sachant qu'à Lyon le facteur de correction est de 1, puis 12 500 kWh x 0,2501 € = 3126 € par an). Le retour sur investissement de cette installation photovoltaïque serait de l'ordre de 32 ans (100 000/3 126).

Est-il judicieux pour le bailleur social ou le promoteur, voire le syndicat des copropriétaires de rajouter un investissement supplémentaire conséquent de panneaux photovoltaïques sachant que le retour sur investissement n'est qu'à long terme et qu'il est fort probable que les locataires ou propriétaires ne pourront jamais profiter de ce revenu ?

La solution la plus adéquate serait donc l'installation d'un système d'eau chaude solaire collective avec un stockage collectif d'ECS (le ballon collectif) et un appoint individuel par appartement. C'est un système fiable, facile à entretenir (peu de pièces mécaniques) avec un retour sur investissement rapide pour un propriétaire (135 000/100) : les 1 350 € investis seront rapidement remboursés par l'économie réalisée chaque année sur l'ECS. Le retour sur investissement devrait être inférieur à 10 ans dans ce cas-là.

L'installation de ce système doit être décidée au moment de l'élaboration du programme de l'opération de construction par le promoteur ou le bailleur social. Son coût sera alors intégré dans le coût total du projet et le maître d'œuvre pourra proposer au maître d'ouvrage des

 $<sup>9\,\</sup>underline{\text{https://www.fournisseurs-electricite.com/faq/212-conseils/29794-consommation-moyenne-electricite-}\\$ 

<sup>10</sup> Réalisé avec le simulateur disponible sur le site de la Commission Européenne – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability – Renewable Energies Unit – http://re.jrc.ec.europa.eu

<sup>11</sup> http://www.consoglobe.com/panneau-solaire-cout-financement-3252-cg

solutions intéressantes pour l'intégration dans le bâti et tenir compte de cette contrainte pour la conception des circuits d'eau chaude de la résidence.

## 2.4 Les panneaux aérovoltaïques

Dans le cadre de notre étude, nous avons opté pour deux solutions solaires qui nous semblent adaptées à la situation de la ZAC du quartier St Jean. La première solution utilise la technologie aérovoltaïque.

Ces panneaux sont très intéressants puisqu'ils limitent la perte d'énergie fatale due à l'échauffement du panneau. Cependant il y a des contraintes à prendre en compte notamment sur l'installation des conduites d'air et de la soufflerie pour envoyer la chaleur récupérée dans les logements. En effet, Il faut compter la place d'une soufflerie assez puissante pour distribuer l'ensemble des logements d'un bâtiment. Un local doit donc être libéré dans ce but. De plus, l'installation des conduites peut être relativement délicate et engendre une perte de place dans les parties communes.

Sur le plan énergétique, ces panneaux permettent d'avoir un rendement jusqu'à 5 fois supérieur à des panneaux photovoltaïques conventionnels. Ainsi de faibles surfaces de panneaux peuvent se révéler rentables. Dans le cas de la ZAC, nous avons opté pour une installation de 4 panneaux, soit 6 m² environ, en aérovoltaïque par logement. Une telle installation permet à un ménage lyonnais d'économiser 190 euros sur sa facture énergétique tout en vendant de l'électricité à hauteur de 310 euros par mois (calculs effectués par simulateur d'une entreprise d'aérovoltaïque). Ainsi, ces économies et la revente de l'électricité permettent d'amortir l'investissement d'environ 16 000 euros par logement en 32 mois environ. Cette valeur de 4 panneaux correspond également au maximum d'accueil des toits de la ZAC.

Pour conclure sur l'aérovoltaïque, une installation de ce type peut permettre l'accès à un crédit d'impôt intéressant. Cette aide peut se révéler très précieuse dans la demande d'implication des partenaires privés dans un projet aérovoltaïque. Malgré tout, ces panneaux présentent des inconvénients : la récupération de chaleur du panneau est plus importante l'été que l'hiver ; or, c'est surtout l'hiver que cette chaleur est nécessaire pour chauffer les logements. Par conséquent, ce système n'est pas modulable et le gain d'énergie est très limité l'été sur le volet chaleur. De plus, le coût de panneaux aérovoltaïques et leur installation sont plus élevés que dans le cas de panneaux photovoltaïques traditionnels. Enfin, le volet thermique des panneaux rend difficile l'intégration au bâti sur les toits de grands bâtiments comme sur la ZAC. Si cette intégration n'est pas optimale, il y a un impact sur la production et surtout le prix de revente de l'électricité, ce qui remet en cause l'intérêt financier de l'ensemble de l'installation.

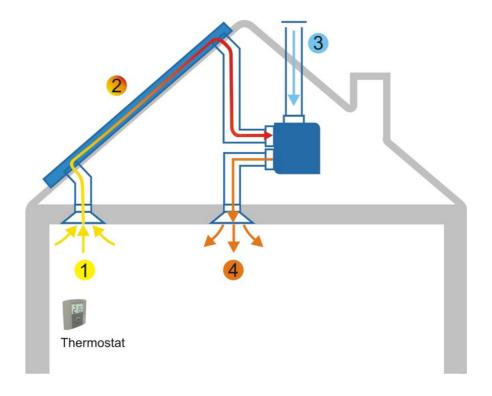


Schéma du système de soufflerie des panneaux aérovoltaïques dans un logement individuel

C'est pourquoi nous avons également étudié une option plus standard, avec des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques, qui restent intéressants d'un point de vue écologique bien qu'il n'aient pas de récupération d'une partie de leur énergie fatale.

# 2.5 La problématique du raccordement au réseau d'une installation de production d'électricité

Il n'existe pas de réseau électrique interne dans un immeuble et à fortiori sur le périmètre d'une ZAC. En effet, d'une manière générale, les réseaux électriques sont sous la responsabilité du gestionnaire public du réseau de distribution ENEDIS jusqu'à chaque point de livraison défini par l'aménageur et qui correspond de façon concrète au compteur électrique qui est installé dans chaque logement.

Par conséquent, il n'est pas possible de soustraire la production d'énergie réalisée par une installation photovoltaïque collective à la consommation individuelle des différents logements d'un immeuble car l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques doit transiter obligatoirement par le réseau de distribution public pour rejoindre chaque logement.

Néanmoins, le gestionnaire de l'immeuble peut utiliser l'électricité produite par son installation photovoltaïque pour l'alimentation des parties communes (éclairage des couloirs, ascenseurs, ventilation) ce qui permet de diminuer le coût de l'électricité qui est facturé aux co-propriétaires ou locataires dans les charges de l'immeuble. Cette possibilité n'est pas intéressante aujourd'hui car le prix de vente de l'énergie photovoltaïque à EDF dans le cadre de l'obligation d'achat est plus élevé que celui du marché. Toutefois, il n'est pas certain que ce dispositif soit maintenu au-delà des 20 années garanties dans le contrat signé aujourd'hui

avec EDF donc il est préférable d'avoir dès maintenant un système qui permette la consommation directe de l'énergie produite.

Ainsi, une grande partie de l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques installés sur un immeuble sera vendue à un fournisseur d'énergie et injectée sur le réseau au niveau de chaque bâtiment, après déduction de la consommation pour les besoins des parties communes.

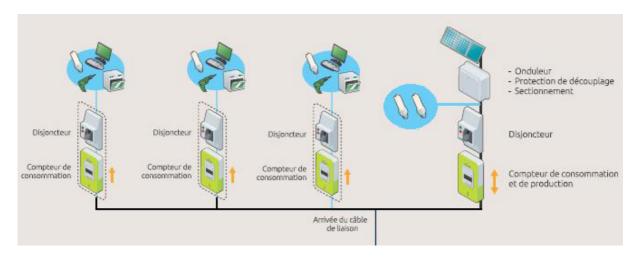


Schéma de l'installation électrique de chaque immeuble disposant d'une installation de production photovoltaïque¹².

Dans ce cadre, la demande de raccordement au réseau public d'électricité qui doit être déposée auprès de ENEDIS pour les différents logements de chaque immeuble doit mentionner le fait que le point de livraison au nom du gestionnaire de l'immeuble doit comporter un compteur capable de mesurer à la fois l'énergie consommée et l'énergie produite. Cette disposition n'entraînera pas de surcoût par rapport à un raccordement d'immeuble avec uniquement des points de consommation.

# 2.6 Les possibilités de distribution des bénéfices économiques d'une installation solaire

Si on choisit une installation permettant la récupération de chaleur pour la production de l'eau chaude sanitaire de l'immeuble, les besoins en énergies non renouvelables seront réduits. Par conséquent, le syndicat de copropriété ou le bailleur social facturera moins de charges aux occupants de l'immeuble.

Si on choisit d'opter pour une installation permettant l'alimentation des parties communes à partir de l'énergie photovoltaïque, les charges payées par les propriétaires ou les locataires diminueront également.

Ainsi, dans ces 2 situations, les habitants bénéficieront donc indirectement de l'investissement réalisé par le bailleur social ou le promoteur à travers la baisse des charges.

Dans l'hypothèse où le surplus d'électricité produite par l'installation photovoltaïque est vendu à EDF Obligation d'Achat, il existe plusieurs possibilités de distribution des bénéfices produits en fonction de la situation administrative :

<sup>12</sup> D'après Mode d'emploi : raccorder son installation de production – ENEDIS – Septembre 2016

#### 1°) Dans le cas où l'immeuble est géré par un bailleur social :

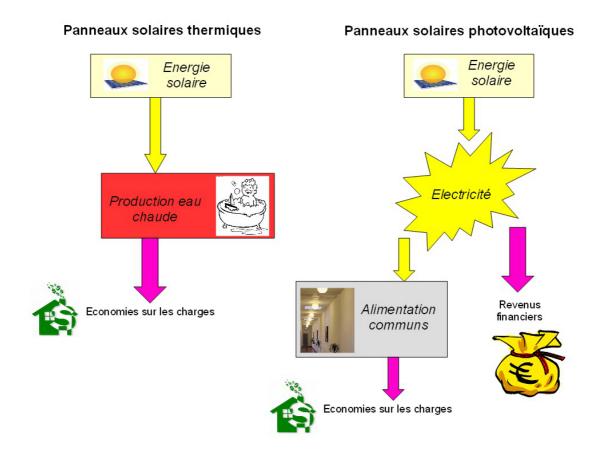
Le bailleur social perçoit les revenus de l'électricité vendue à EDF Obligation d'Achats. Il est probable qu'il choisisse de les conserver pour amortir le surcoût lié à l'investissement photovoltaïque. Au terme de la période d'amortissement, il est probable qu'il conserve ce revenu complémentaire car celui-ci lui donnera un peu plus de moyens pour réaliser l'entretien de la résidence. Ainsi, il est peu vraisemblable que les locataires bénéficient un jour directement des revenus liés à l'installation photovoltaïque.

#### 2°) Dans le cas où l'immeuble est géré par un syndicat des copropriétaires :

Le syndicat des copropriétaires perçoit les revenus de l'électricité vendue à EDF Obligation d'Achats puis les redistribue aux habitants selon la clé de répartition des charges de la copropriété. Ainsi, les copropriétaires bénéficient directement du produit de la vente d'électricité.

#### 3°) Dans le cas où l'installation est mise en concession :

Le concessionnaire perçoit les revenus de l'électricité vendue à EDF Obligation d'Achats pour rembourser l'investissement qu'il a réalisé. Au terme de la concession, le syndicat des copropriétaires ou le bailleur social bénéficie à son tour des revenus et il peut les redistribuer aux habitants ou les utiliser pour financer des travaux d'entretien. Ainsi, cette solution est intéressante pour bénéficier à terme d'une installation photovoltaïque sans surcoût au moment de la construction.



# 3 Notre proposition pour l'alimentation en énergie solaire des bâtiments de la ZAC St Jean

# 3.1 La synthèse des principaux avantages et inconvénients des différentes solutions étudiées

Nous allons tout d'abord récapituler les différentes solutions que nous avons étudiées pour l'utilisation de l'énergie solaire pour l'alimentation électrique et / ou l'alimentation en chaleur des différents bâtiments de la ZAC St Jean.

	Aérovoltaïque	Panneaux photovoltaïques	Panneaux solaires thermiques
Type d'énergie produite	Electricité et chaleur	Electricité	Chaleur (pour eau chaude sanitaire)
Avantages	- Utilisation de l'énergie fatale - Production d'électricité aussi bonne qu'un panneau photovoltaïque	- Source de revenus directe pour les gestionnaires de l'installation  - Production indépendante des besoins (pas de nécessité de stockage)	- Couvre entre 40% et 70% des besoins en eau chaude sanitaire sur une année - Possibilités de subventions publiques (ADEME, Région) - Frais de maintenance réduits
Inconvénients	<ul> <li>Soufflerie nécessaire pour l'utilisation de la chaleur recueillie</li> <li>Chaleur recueillie en été pas vraiment utilisable</li> <li>Coûteux et difficiles à entretenir</li> </ul>	- Amortissement dépendant fortement des politiques publiques dans le domaine de l'énergie - Contraintes d'intégration au bâti pour bénéficier d'un tarif d'achat de l'électricité produite intéressant	- Système d'appoint indispensable pour couvrir l'intégralité des besoins

A l'issue du travail d'analyse des différentes solutions qui a été fait, nous recommandons de choisir l'installation de panneaux solaires thermiques pour répondre aux besoins de production d'eau chaude sanitaire dans les différents immeubles de la ZAC St Jean.

# 3.2 L'intérêt d'un investissement pour l'installation de panneaux solaires thermiques

Ce choix d'investissement pour l'installation de panneaux solaires thermiques se justifie par le fait que les besoins en eau chaude sanitaire sont indépendants des progrès techniques qui pourront être réalisés pour améliorer l'isolation thermique des logements construits à l'horizon d'étude (2020 à 2035). Par ailleurs, ces besoins ne dépendent pas de la saisonnalité car notre projet ne comprendra quasiment que des logements habités à titre de résidence principale, ce qui signifie que leurs habitants utiliseront chaque jour de l'eau chaude. Au contraire, les besoins en chauffage sont inexistants l'été alors que c'est la saison où les panneaux solaires thermiques produisent le plus d'énergie.

L'installation de panneaux solaires thermiques est un investissement qui bénéficiera directement aux habitants : l'énergie solaire étant gratuite et couvrant plus de la moitié des besoins en énergie pour la production de l'eau chaude sanitaire, les charges payées par les propriétaires et les locataires seront moins élevées que dans des immeubles non équipés de panneaux solaires. Ainsi, cette installation contribue à la réduction des risques de précarité énergétique dans des quartiers défavorisés comme la ZAC St Jean.

Le coût de cet investissement est estimé à 270.000 € pour un bâtiment comportant une centaine de logements. Toutefois, il peut être divisé par 2 grâce aux subventions mobilisables avec l'ADEME et la Région Auvergne Rhône Alpes.

Dans le cas d'une copropriété, ce surcoût sera répercuté par le promoteur sur le prix de chaque appartement mais cela représente moins de 5 % du prix d'un T2 / T3 dans ce secteur. Les frais de maintenance de l'installation payés par les copropriétaires resteront ensuite réduits.

Dans le cas d'un bailleur social, ce dernier devra intégrer ce surcoût dans le budget de son opération. Néanmoins, il ne pourra pas bénéficier d'un retour sur cet investissement supplémentaire, contrairement à une installation photovoltaïque où il peut encaisser chaque mois les bénéfices des ventes d'électricité à EDF Obligation d'Achat. Par conséquent, l'installation de panneaux solaires thermiques résultera d'une volonté forte du Conseil d'Administration du bailleur social d'inscrire dans les objectifs de son opération la réduction de la consommation d'énergies non renouvelables et celle des risques de précarité énergétique.

### Conclusion

Au cours de cette étude, nous avons pu constater que le potentiel solaire de la ZAC du quartier St Jean de Villeurbanne est intéressant. En effet, en utilisant les technologies adaptées, il est possible de subvenir à une partie des besoins de la population grâce à l'énergie solaire. Après comparaison des différentes technologies possibles, nous avons choisi de proposer une solution avec des panneaux solaires thermiques qui permettent de créer un réseau d'eau chaude collective propre à chaque bâtiment. Il existe certes certains inconvénients à cette solution comme la nécessité d'avoir un système d'appoint pour produire l'eau chaude (notamment en hiver). Malgré tout, son efficacité et sa facilité d'installation en font une solution adaptée au quartier.

Cette étude en lien avec la Métropole de Lyon, nous a permis de nous plonger dans un projet très professionnalisant qui nous a permis de nous rendre compte de la difficulté de mener une étude sur une ZAC encore en conception. La principale difficulté que nous pouvons pu rencontrer est le manque de données disponibles sur le quartier (sur les ombres portées en particulier) mais également sur l'aérovoltaïque qui est encore une technologie peu répandue.

## **Bibliographie**

#### Sites internet

- Site de la ville de Villeurbanne. Disponible sur : http://projetsurbains.villeurbanne.fr/saint\_jean\_ci\_.html
- Site d'information sur Villeurbanne. Disponible sur : <a href="http://viva-interactif.com/quartier\_saint\_jean\_les\_axes\_du\_developpement\_a\_venir\_villeurbanne\_decembre2015.html">http://viva-interactif.com/quartier\_saint\_jean\_les\_axes\_du\_developpement\_a\_venir\_villeurbanne\_decembre2015.html</a>
- Site des énergies renouvelables. Disponible sur : <a href="http://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/">http://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/</a>
- Site internet du Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Disponible sur : <a href="http://www.developpement-durable.gouv.fr">http://www.developpement-durable.gouv.fr</a>
- Site internet de l'association HESPUL. Disponible sur : http://www.photovoltaique.info/
- Site internet officiel de l'administration française. Disponible sur : <a href="http://www.service-public.fr">http://www.service-public.fr</a>
- Site internet EDF Obligation d'Achat. Disponible sur : http://www.edf-oa.fr
- Site internet de ConsoGlobe. Disponible sur : <a href="http://www.consoglobe.com/panneau-solaire-cout-financement-3252-cg">http://www.consoglobe.com/panneau-solaire-cout-financement-3252-cg</a>
- Site comparant les fournisseurs d'électricité. Disponible sur : <a href="https://www.fournisseurs-electricite.com/fag/212-conseils/29794-consommation-moyenne-electricite-">https://www.fournisseurs-electricite.com/fag/212-conseils/29794-consommation-moyenne-electricite-</a>
- Site de Consoneo. Disponible sur : <a href="http://energies-renouvelables.consoneo.com/guide/maison-ecologique/le-budget-une-installation-solaire-thermique/748/">http://energies-renouvelables.consoneo.com/guide/maison-ecologique/le-budget-une-installation-solaire-thermique/748/</a>
- Site internet d'un vendeur de panneaux aérovoltaïque Systovi. Disponible sur :

http://www.systovi.com/produit/r-volt/

- Site présentant les propriétés d'un mur en terre crue ou cuite. Disponible sur :

http://archecologie.free.fr/presentation/mur/mur.htm

- Site expliquant le fonctionnement et l'installation d'un mur caloporteur. Disponible sur :

http://solaire2000.pagespersoorange.fr/SCHEMAS/MUR/MUR\_CHAUFFANT\_SOLAIRE.htm

- Exemple d'un particulier ayant installé un mur caloporteur. Disponible sur :

http://www.apper-solaire.org/Pages/Experiences/Ramboz%20Michel%2025/Mur%20Solaire %20Direct,%202%20GM%202510%20en%20facade/

### Rapports, Cours, mémoires et thèses

- Adopter le solaire thermique et photovoltaïque, Mohamed Amjahdi et Jean Lemale, Dunod, août 2011.

- Guide pour les propriétaires, investisseurs publics et privés qui envisagent de construire, rénover, agrandir ou transformer... leurs bâtiments, ALME (Agence Locale de la Maîtrise de l'Energie) de Mulhouse Sud Alsace, 2006.