

# Étude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables et de création d'un réseau de chaleur ou de froid

## Zone résidentielle et commerciale

### Quartier de la Violette

Commune d'Orange (84)



Regualification du quartier de la Violette à Orange

*En application de l'article L300-1 du Code de l'Urbanisme*

## Sommaire

<b>1. CONTEXTE ET PRESENTATION DE L'OPERATION .....</b>	<b>4</b>
1.1. <u>Contexte réglementaire .....</u>	<u>4</u>
1.2. <u>Situation géographique et milieu physique .....</u>	<u>4</u>
1.3. <u>Projet d'aménagement.....</u>	<u>7</u>
1.4. <u>Comparaison du prix des énergies .....</u>	<u>7</u>
<b>2. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES .....</b>	<b>8</b>
2.1 <u>Les besoins .....</u>	<u>8</u>
2.2 <u>Maîtrise de la consommation en énergie .....</u>	<u>8</u>
<b>2. RESEAUX DE CHALEUR OU DE FROID .....</b>	<b>14</b>
<b>3. LES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION ENVISAGEABLES.....</b>	<b>16</b>
3.1. <u>L'énergie solaire .....</u>	<u>17</u>
3.2. <u>La biomasse .....</u>	<u>21</u>
3.3. <u>L'énergie éolienne .....</u>	<u>25</u>
3.4. <u>L'énergie hydraulique .....</u>	<u>25</u>
3.5. <u>La géothermie .....</u>	<u>25</u>
3.6. <u>L'aérothermie.....</u>	<u>29</u>
3.7. <u>La récupération d'énergie fatale .....</u>	<u>30</u>
<b>4. SYNTHÈSE SUR LE POTENTIEL DES DIFFÉRENTES ENERGIES RENOUVELABLES .....</b>	<b>32</b>
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>34</b>

Cette étude porte sur le potentiel de développement des énergies renouvelables, dans le cadre de la requalification en zone résidentielle et commerciale du quartier de la Violette sur la commune d'Orange.

L'opération concerne l'aménagement de **11 lots** où s'installeront des commerces et loisirs, ainsi que des logements, sur une surface totale de **9,84 ha**.

Les nouvelles constructions seront soumises à la **norme RE 2020**.

Conformément à la réglementation (voir ci-dessous "Contexte réglementaire"), l'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel des différentes énergies renouvelables et d'identifier les pistes les plus prometteuses, à l'échelle de l'opération projetée.

Auteur de l'étude : **Juliette Letellier, ingénieur**

## 1. CONTEXTE ET PRESENTATION DE L'OPERATION

---

### 1.1. Contexte réglementaire

Selon l'article L300-1 du Code de l'urbanisme (article 8 de la Loi Grenelle 1) : "Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1<sup>1</sup> 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."

Par conséquent, le projet d'aménagement doit être fait l'objet d'une étude sur le potentiel de développement en énergies renouvelables.

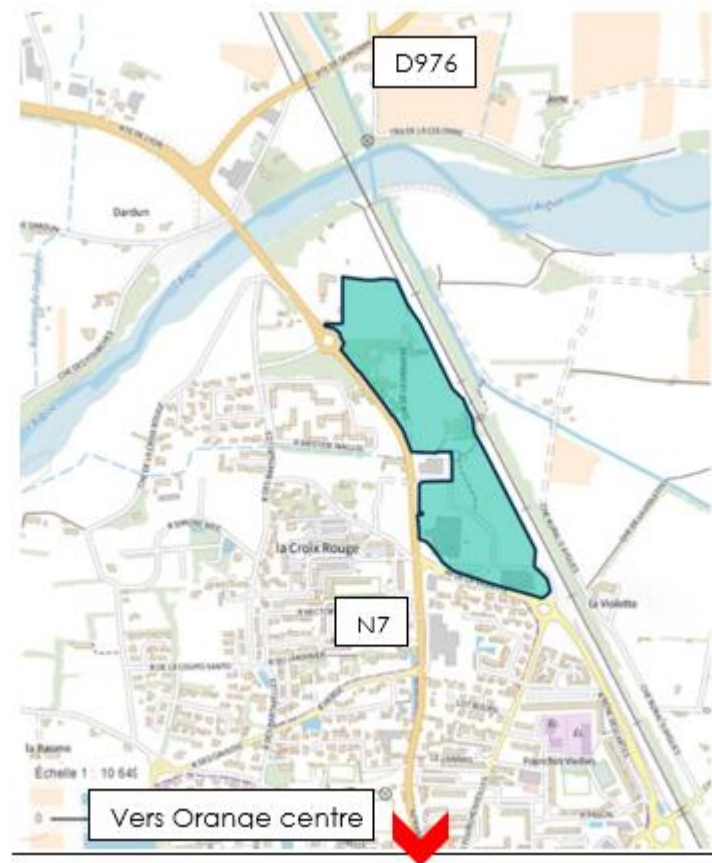
### 1.2. Situation géographique et milieu physique

#### Situation

Le projet est situé en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dans le département du Vaucluse, sur la commune d'Orange. Orange est une commune urbaine qui comptait 28 454 habitants en 2020. Le projet est une requalification en zone résidentielle et commerciale du quartier de la Violette, situé à l'entrée Nord de la commune.

---

<sup>1</sup> Les actions ou opérations d'aménagement ont pour objet de mettre en œuvre un projet urbain, une politique locale de l'habitat, d'organiser le maintien, l'extension ou l'accueil des activités économiques, de favoriser le développement des loisirs et du tourisme, de réaliser des équipements collectifs ou des locaux de recherche ou d'enseignement supérieur, de lutter contre l'insalubrité, de permettre le renouvellement urbain, de sauvegarder ou de mettre en valeur le patrimoine bâti ou non bâti et les espaces naturels.



*Localisation du site*

### **Desserte**

La route N7 passe le long de la zone à l'Ouest. Un accès est également possible par le Sud avec l'avenue Jean Moulin. Le site est bordé à l'Est par une voie ferrée, aucun accès n'est donc possible de ce côté.

### **Environnement urbain**

L'environnement proche du site est principalement constitué d'habitations. Le site étant situé en entrée de ville, on trouve au nord, et à l'est des terres agricoles et quelques activités dispersées. La rivière de l'Aigue s'écoule à 160m du Nord du site



*Vue aérienne du secteur - Source : Géoportail*

### **Climat**

Le **climat du département du Vaucluse est de type méditerranéen**, avec cependant une note continentale marquée liée à l'emplacement géographique particulier à l'intérieur de la Provence et au relief. Le climat est chaud et sec l'été, et plutôt doux l'hiver. Les précipitations sont irrégulières et peu nombreuses mais peuvent s'avérer brutales, en particulier à l'automne. Le département peut subir des vents violents, surtout le mistral qui souffle près de 100 jours par an avec des pointes à 100 km/h

Selon météo France, la commune de Carpentras à environ 20 km d'Orange, station la plus proche, connaît les caractéristiques climatiques suivantes<sup>2</sup> (données moyennes sur 1991-2020) :

- Un ensoleillement à l'année de **2835,3 h/an** ;
- Une hauteur de précipitation de **665,5 mm/an** sur **65,8 j/an**;
- Température minimale moyenne de **8,3 °C** (minimale -15,4°C en 1985);
- Température maximale moyenne **21,1°C** (maximale 44,3°C en 2019)

### **Relief**

La zone d'étude est localisée dans la vallée du Rhône, qui s'étend de Lyon au Nord à la Camargue au Sud, entre le mont Ventoux à l'Est et les Cévennes à l'Ouest. Le relief est en très faible pente, et la zone a une **pente de 2%** du Sud vers le Nord.

---

<sup>2</sup> [meteofrance.com/climat/relevés/france/occitanie/montpellier-aeroport](https://meteofrance.com/climat/relevés/france/occitanie/montpellier-aeroport)



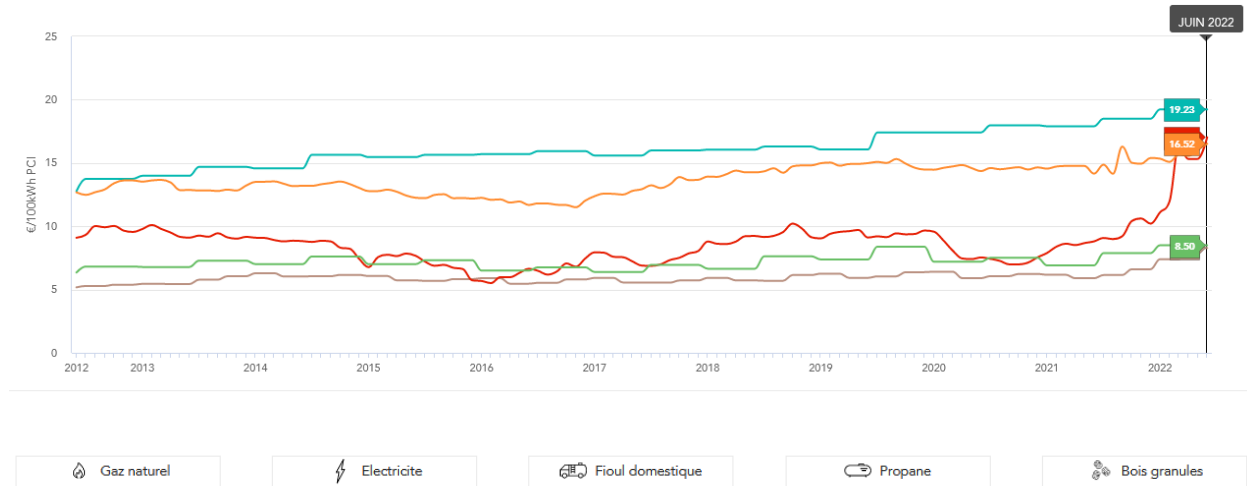
Topographie de la zone d'étude (Source : topographic-map)

### 1.3. Projet d'aménagement

Le projet d'aménagement est destiné à accueillir :

- 3 ensembles destinés aux commerces et loisirs les parties Nord, Centre-Nord et Centre-Sud (7,84 ha) ;
- un ensemble de réserve foncière au Sud (0,9 ha).

### 1.4. Comparaison du prix des énergies



Comparaison des prix des énergies en Euros TTC pour 100 kWh PCI  
Source : GRDF (octobre 2022)<sup>3</sup> données du ministère de la transition Ecologique

Sur des tendances longues (2012 – 2022), **l'électricité est l'énergie la plus coûteuse** tandis que le **bois est la moins onéreuse**. Les prix du **gaz** et du **fioul** ont été progressivement impactés par la taxe carbone, et dessinent des profils globalement à la hausse. Récemment, les prix du fioul et du gaz ont flambé.

<sup>3</sup> <https://www.grdf.fr/particuliers/evolution-prix-energies>

## 2. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES

### 2.1 Les besoins

Pour évaluer un ordre de grandeur des consommations, on s'appuie sur les objectifs de la RT 2012, proches de la RE 2020 pour les petites industries, sur les valeurs du décret tertiaire pour les bureaux et la logistique.

Il est important de préciser qu'il s'agit d'un **objectif théorique**. La consommation réelle est toujours supérieure, ne serait-ce que parce que, en pratique, les températures de consigne sont supérieures à la température de 19° C prise en compte dans les calculs.

On dispose donc des valeurs suivantes :

Type d'activité	Bureaux	Commerces	Crèche	Restauration	Logements	Artisanat
Surface (m <sup>2</sup> )	764	1 7305	203	1 587	9 000	2 439
Hypothèse de consommation (kWh/m <sup>2</sup> .an)	56	320	77	270	45	126
Consommation estimée (kWh/an)	42 784	5 537 600	15 631	428 490	405 000	307 314

*Estimation des consommations*

Au total, on évalue donc la consommation liée aux activités de la future zone à **environ 6,7 GWh/an**.

**Pour les logements**, avec une hypothèse de 100 logements d'environ 90m<sup>2</sup> par logement en moyenne, cela donne une estimation de la consommation à **405 MWh/an environ**, dont 320 MWh/an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Le système d'éclairage public n'a pas encore été défini avec plus de précision et la consommation due à celui-ci ne changera pas énormément l'évaluation des besoins énergétiques.

### 2.2 Maîtrise de la consommation en énergie

**« La meilleure énergie est celle que nous ne consommons pas. »**

Une démarche de réduction des besoins en énergie est un élément nécessaire de toute politique énergétique.

C'est pourquoi, même si cette étude est centrée sur l'utilisation des énergies renouvelables, il est utile d'aborder également la limitation des consommations.

Ces actions sont de différentes natures : il peut s'agir de solutions techniques, mais aussi d'actions d'information et de sensibilisation.

Dans la mesure où ce sont les porteurs de projets qui seront en charge de la construction de leurs bâtiments, cette partie est indicative. Il s'agit en effet de vous indiquer les préconisations qui peuvent être faites aux entreprises s'installant sur la zone, dans le cadre du *cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères, techniques et environnementales*.



## **Maîtrise de l'énergie : une démarche à lancer sans tarder**

Les actions qui vont être envisagées dans cette partie doivent être lancées suffisamment tôt, en amont de l'exploitation des bâtiments : **la maîtrise de l'énergie doit être prise en compte dès la conception des bâtiments.**

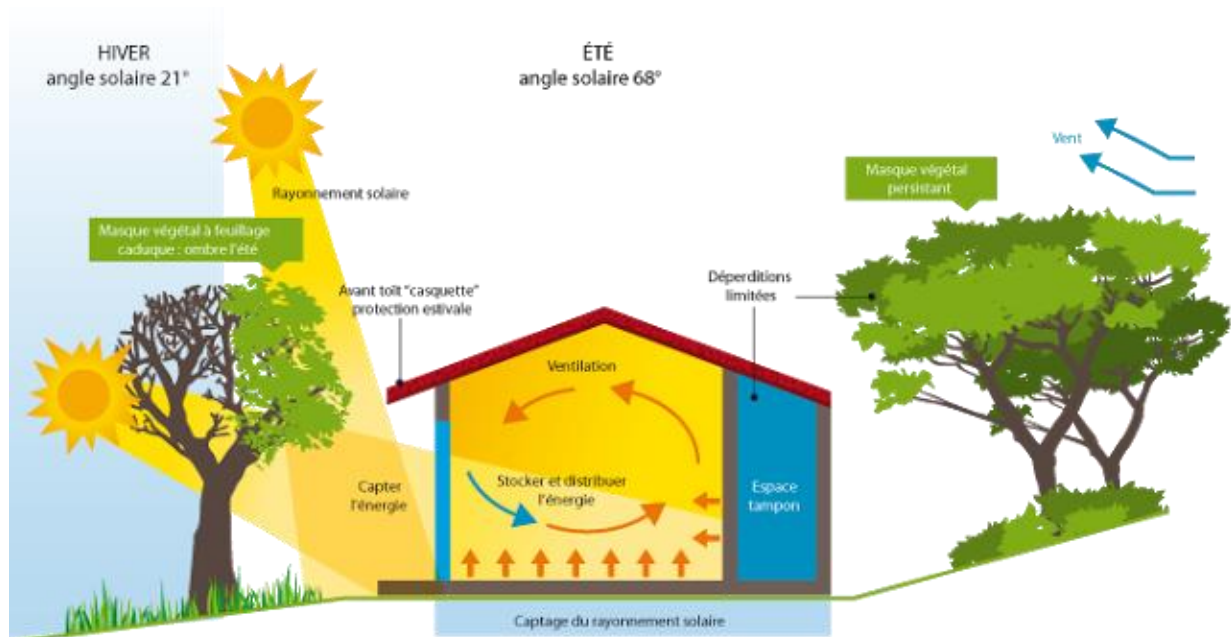
Dans le cas contraire, le programme de construction (structure, implantation...) risque d'être défini sur des critères exclusivement économiques. Et les choix énergétiques seront faits trop tard, à un moment où les marges de manœuvre seront réduites et laisseront peu de place à des solutions énergétiques innovantes.

### *a) Bioclimatisme*

**L'objectif principal est d'obtenir le confort d'ambiance recherché de manière la plus naturelle possible, en utilisant les moyens architecturaux, les énergies renouvelables disponibles et en utilisant le moins possible les moyens techniques mécanisés et les énergies extérieures au site.**

Les principes de l'architecture bioclimatique visent à bénéficier des apports d'énergie du soleil en hiver et à limiter l'apport de chaleur en été.

Afin d'optimiser le confort des occupants tout en préservant le cadre naturel de la construction, de nombreux paramètres sont à prendre en compte. Une attention toute particulière sera portée à **l'orientation du bâtiment** (afin d'exploiter l'énergie et la lumière du soleil) et à la **construction** (surfaces vitrées, protections solaires, compacité, matériaux,).



*Les grands principes du bioclimatisme – Source : e-RT2012*

### *Les grands principes du bioclimatisme*

La conception bioclimatique consiste donc à **tirer le meilleur profit de l'énergie solaire, abondante et gratuite.** En hiver, le bâtiment doit maximiser la captation de l'énergie solaire, la diffuser et la conserver. Inversement, en été, le bâtiment doit se protéger du rayonnement solaire et évacuer le surplus de chaleur du bâtiment.

La conception bioclimatique s'articule autour des **3 axes principaux** :

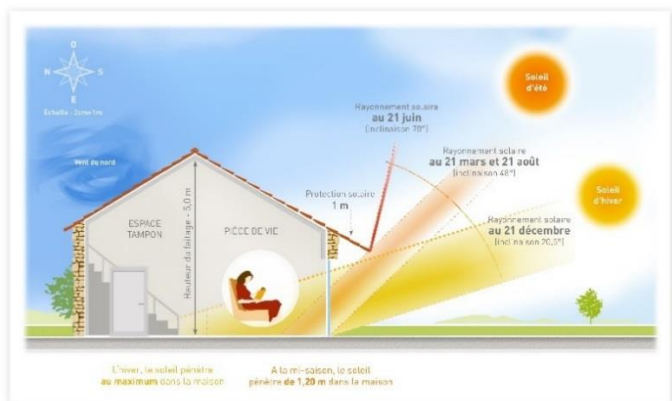
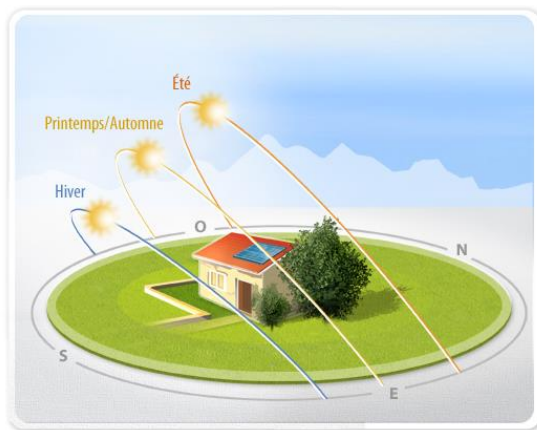
## 1. Capter / se protéger de la chaleur

**Dans l'hémisphère nord, en hiver**, le soleil se lève au **Sud Est** et se couche au **Sud-Ouest**, restant **très bas** (22° au solstice d'hiver). Seule la **façade Sud** reçoit un rayonnement non négligeable durant la période d'hiver. Ainsi, en **maximisant la surface vitrée au sud**, la lumière du soleil est captée et convertie en chaleur (comme dans une serre), ce qui chauffe le bâtiment de manière passive et gratuite.

**Dans l'hémisphère nord, en été**, le soleil se lève au **Nord Est** et se couche au **Sud-Ouest**, montant **très haut** (78° au solstice d'été). **Le soleil est toujours au sud à midi solaire**. Cette fois-ci, ce sont la toiture, les façades Est (le matin) et Ouest (le soir) qui sont le plus irradiées. Quant à la façade Sud, elle reste fortement irradiée mais l'angle d'incidence des rayons lumineux est élevé. Il convient donc de **protéger les surfaces vitrées orientées Sud via des protections solaires horizontales dimensionnées pour bloquer le rayonnement solaire en été**. Sur les façades Est et Ouest, les protections solaires horizontales sont d'une efficacité limitée car les rayons solaires ont une incidence moins élevée. Il conviendra d'installer des protections solaires verticales, d'augmenter l'opacité des vitrages (volets, vitrage opaque) ou encore de **mettre en place une végétation caduque**.

En règle générale, dans l'hémisphère nord, les recommandations sont les suivantes :

- **Une maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud**, protégées du soleil estival par des **casquettes horizontales**,
- **Une minimisation des surfaces vitrées orientées au Nord**. En effet, les apports solaires sont très faibles et un vitrage sera forcément plus déperditif qu'une paroi isolée,
- **Des surfaces vitrées raisonnées et réfléchies pour les orientations Est et Ouest** afin de se protéger des surchauffes estivales. Par exemple, les chambres orientées à l'ouest devront impérativement être protégées du soleil du soir.



Captation du soleil selon les saisons – Source : ALEC Grenoble

## 2. Transformer, diffuser la chaleur

Une fois le **rayonnement solaire** capté et transformé en **chaleur**, celle-ci doit être **diffusée et/ou captée**. Le bâtiment bioclimatique est conçu pour maintenir un équilibre thermique entre les pièces, diffuser ou évacuer la chaleur via le système de ventilation.

La conversion de la lumière en chaleur se fait principalement au niveau du sol. Naturellement, la chaleur a souvent tendance à s'accumuler vers le haut des locaux par convection et stratification thermique, provoquant un déséquilibre thermique. Afin d'éviter le phénomène de stratification, il conviendra de **favoriser les sols foncés**, d'utiliser des teintes variables sur les murs selon la priorité entre la diffusion de lumière et la

captation de l'énergie solaire (selon le besoin) et de **mettre des teintes claires au plafond**. Les teintes les plus aptes à convertir la lumière en chaleur et l'absorber sont **sombres** (idéalement noires) et celles plus aptes à réfléchir la lumière en chaleur sont claires (idéalement blanches).

Il est également à noter que les **matériaux mats de surface granuleuse** sont plus aptes à capter la lumière et la convertir en chaleur que les surfaces lisses et brillantes (effet miroir). Une réflexion pourra également être faite sur les **matériaux utilisés**, pouvant donner une impression de chaud ou de froid selon leur effusivité.

### 3. Conserver la chaleur ou la fraîcheur

**En hiver**, une fois captée et transformée, l'énergie solaire doit être conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

**En été**, c'est la fraîcheur nocturne, captée via une **sur-ventilation** par exemple, qui doit être stockée dans le bâti afin de limiter les surchauffes pendant le jour.

De manière générale, cette énergie est stockée dans les matériaux lourds de la construction. Afin de maximiser cette inertie, on privilégiera **l'isolation par l'extérieur**.

Pour limiter les déperditions thermiques. Plus la forme de l'habitat se rapproche d'un **cube**, plus les surfaces déperditives sont réduites, et plus le coût de la construction sera réduit.

### 4. Le bioclimatisme dans l'ancienne RT 2012 et la nouvelle RE 2020

La RT 2012, intégrait déjà un indicateur **Bbiomax** : le besoin bioclimatique maximal exprime **les besoins d'un bâtiment pour son chauffage, sa climatisation que le bâtiment soit climatisé ou non, et son éclairage**. Les professionnels de la construction doivent calculer cet indicateur qui est aussi un pilier de la nouvelle réglementation environnementale, la RE 2020, applicable depuis 2022. La RE 2020 impose un **renforcement de 30 % du respect du besoin bioclimatique**.

En plus de limiter les consommations énergétiques pour les besoins primaires tels que le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage... Le bâtiment en lui-même devra **être plus efficace et mieux isolé pour répondre aux enjeux de la construction durable et bas carbone**.

L'un des objectifs de la RE 2020 est aussi de répondre à la problématique des épisodes caniculaires en améliorant le **confort d'été**, il sera donc nécessaire de savoir tirer profit des apports solaires pour les capter en hiver tout en s'en protégeant l'été. L'intégration systématique des besoins de froid – rafraîchissement en été- donne une nouvelle dimension à l'indicateur.

### Résumé et principales recommandations pour votre aménagement

L'isolation doit être renforcée sur les **pignons nord**.

La protection contre le rayonnement du soleil estival, pour les **ouvertures orientées au sud**, peut être assurée à l'aide d'éléments intégrés au bâti, tels que des **pare-soleil** (ou "casquettes"), avancées de toit et auvents, ou balcons. La **plantation de végétaux à feuilles caduques** peut protéger du soleil estival les ouvertures situées à l'est ou à l'ouest.

**L'implantation des bâtiments peut permettre de réduire les consommations d'énergie**. L'implantation optimale consiste à avoir la plus grande surface possible **orientée au sud** et à disposer des **surfaces vitrées de grande dimension en face sud**, peu à l'est et à l'ouest, et très peu en face nord. De même, la forme des bâtiments peut également être prise en

compte. Les **formes compactes** contribuent à limiter les consommations en réduisant la surface d'échange thermique avec l'extérieur.

Le site est pensé de telle manière à prévoir une **intégration paysagère**, par l'étagement de végétation arborée sur plusieurs lignes (rangées de haies, arbres et arbustes), définissant les contours des voiries et les délimitations parcellaires. La présence d'eau et de végétation doit permettre de réduire les effets d'îlot de chaleur en été. L'aménagement pourrait par exemple prévoir également une grande noue alimentée par les eaux pluviales.

**L'optimisation des apports d'éclairage naturel**, réduisant la consommation électrique d'éclairage, est également un point essentiel de la conception bioclimatique.

Enfin, la répartition des pièces de vie en fonction de l'orientation peut réduire les besoins énergétiques et favoriser le confort de vie. Cette organisation consiste à placer les **bureaux au sud**, les **espaces "tampons" au nord** (zone de stockage, zone non chauffée), et **à l'est** les surchauffes estivales seront moins importantes qu'à l'ouest. Ainsi les déperditions de chaleurs sont limitées et le bâtiment est plus agréable à vivre.

**Ces principes et recommandations sont évidemment à appliquer en fonction des contraintes du terrain.**

#### b) Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique concerne aussi bien les grosses installations (chaudières) que l'éclairage, l'informatique, le petit équipement :

- choisir des matériels peu consommateurs (éclairage à LEDs, matériels informatiques ou bureautiques labellisés Energy Star...),
- mettre en place des systèmes de détection de présence (éclairage, ventilation), d'extinction automatique...

Par ailleurs, afin de vérifier et suivre l'efficacité énergétique, il est nécessaire de mettre en place des **systèmes de mesure et de contrôle**, afin de détecter les augmentations anormales des consommations et de gérer les pics de consommation.

#### c) Sensibilisation, dialogue autour des questions énergétiques

L'atteinte des objectifs d'efficacité énergétique dépendant en grande partie du comportement des occupants, il pourrait être pertinent de leur diffuser un **Guide des bonnes pratiques** à intégrer au sein du futur *cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères, techniques et environnementales*.

En effet, il est primordial de les sensibiliser et les impliquer dans l'efficacité énergétique de leur bâtiment : extinction des matériels inutilisés (spécialement la nuit), respect des températures de consigne pour le chauffage, fermeture des volets en période de forte chaleur...

#### d) Déplacements (transports en commun, pistes cyclables, covoiturage)

##### Transports en commun

L'arrêt de bus la Violette situé en bordure Sud du site assure une bonne desserte de ce dernier par les transports en communs.

Lignes régionales ZOU! :

- 903 Orange-Valréas : 8 passages par jour dans chaque sens,
- 901 Orange-Bollène : 10 passages par jour dans chaque sens,

Lignes de la commune TVCO :

- ligne 1 Aygues - Orange Les Vignes : 2-3 passages par heure en moyenne dans chaque sens, accès direct au centre-ville d'Orange et à la gare SNCF,
- ligne P4 : 1 fois par jour en direction de Martignan.

Le site est relativement bien desservi, mais un renforcement de la ligne 1 pourrait permettre de faciliter encore plus l'accès en transports en commun.

### Pistes cyclable

Une bande cyclable le long de la N7 à partir de l'Arc de Triomphe et jusqu'au coin Sud-Ouest du site permet de s'y rendre de manière sécurisée depuis Orange.

La commune ne dispose pas d'offre de vélos en libre-service.

Pour mieux inciter les modes doux, une attention particulière devra être apportée aux **actions d'accompagnement**, qui sont souvent déterminantes pour convaincre les utilisateurs de changer leurs habitudes : communication, garages à vélo par exemple. Il est ainsi prévu du mobilier urbain d'attaches à vélo ainsi que des abris vélos.

La **communication** peut notamment porter sur le gain financier que constitue pour l'usager le passage aux déplacements alternatifs à la voiture individuelle : modes doux ou transports en commun.

### Covoiturage

A notre connaissance, il n'y a à ce jour aucun aménagement de covoiturage existant ou prévu de ce côté de la ville.

Afin d'encourager cette pratique, quelques mesures sont envisageables :

- les entreprises présentes sur le site pourraient encourager leurs employés à s'y rendre en covoiturage (forfait mobilité durable, cartographie commune des zones d'habitations)
- la collectivité pourrait verser une allocation covoiturage ou réserver des stationnements.

### Autres

Des places de recharge pour les véhicules électriques sont prévues sur le site.

#### e) Éclairage public

Contrairement aux déplacements, la responsabilité de l'aménageur est ici plus directe : concevoir un éclairage économe est une bonne manière de montrer l'exemple et d'inciter les porteurs de projet à prendre au sérieux les questions énergétiques.

Le choix des **LEDs** pour l'ensemble de l'éclairage public assurera par exemple une économie d'énergie importante : de l'ordre de 50 % par rapport à un éclairage classique.

Parmi les autres solutions à mettre en œuvre, on peut citer :

- **Extinction nocturne**, au moins partielle, **modulations horaires**,
- **Différenciation des espaces** (limiter le nombre de points d'éclairage), avec utilisation éventuelle de **détecteurs** pour les zones de faible passage.

## 2. RESEAUX DE CHALEUR OU DE FROID

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

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

### Avantages des réseaux de chaleur ou de froid

Utilisés depuis de longues années avec des énergies fossiles, les réseaux de chaleur ont pour avantage premier une meilleure gestion de la production de chaleur ou de froid, notamment en termes de rendement et donc de coût.

A ces gains techniques et financiers, l'utilisation d'énergies renouvelables ajoute différents avantages environnementaux : réduction des émissions de gaz à effet de serre, limitation du recours aux énergies fossiles, valorisation de chaleur fatale ou de matières produites sur le site (déchets, rebuts de process) ...

Les différentes possibilités sont décrites dans le tableau suivant :

		<b>Définition</b>	<b>Intérêt environnemental</b>
<b>Énergies renouvelables et de récupération</b>	Bois énergie	Chaufferie au bois	Réduction des émissions de gaz à effet de serre. Limitation du recours aux énergies fossiles.
	Géothermie	Récupération de la chaleur du sol ou des nappes	
	Cogénération	Production simultanée de chaleur et d'électricité	
	Biogaz	Méthanisation	Valorisation des matières du site. Limitation du recours aux énergies fossiles.
	Valorisation de chaleur fatale	Chaleur produite par un site, un process et non valorisée sur le site	Limitation du recours aux énergies fossiles.
<b>Énergies fossiles</b>	Gaz naturel, fioul, charbon	Chaudières "classiques" ou à condensation (gaz)	Meilleur rendement par rapport à des installations individuelles (en partie annulé par les déperditions).

Outre les avantages environnementaux et les gains d'énergie, la création d'un réseau de chaleur peut également répondre à des **objectifs en matière d'aménagement du territoire**. En effet, la mise en place de filières économiques locales créatrices d'emploi, et la dynamique économique qui en résulte, peuvent être des facteurs de développement local.

Enfin, un réseau de chaleur permet de fournir **une énergie moins chère** et peut s'avérer d'autant plus rentable économiquement du fait de l'augmentation très probable des coûts de l'énergie à moyen ou long terme.

### **Réseau de chaleur ou de froid : raccordement ou création**

Aucun réseau de chaleur ou de froid n'a été identifié à proximité du site. Les plus proches sont ceux de Pierrelatte et Avignon qui sont tous les deux situés à une trentaine de kilomètres du quartier de la violette.

#### **Le raccordement du site à un réseau existant est donc impossible.**

La création sur le territoire d'un réseau de chaleur utilisant le bois-énergie est néanmoins envisageable.

La pertinence de la création d'un réseau de chaleur s'évalue en fonction de la densité de consommation d'énergie. Cette densité se calcule par le ratio suivant :

$$\frac{\text{Besoin en chaleur (chauffage, et éventuellement ECS<sup>4</sup>)}}{\text{Longueur du réseau de chaleur}}$$

L'ADEME recommande un ratio de **4,5 MWh/ml/an**. Mais la création est envisageable (et potentiellement soutenue financièrement) à partir de 1,5 MWh/ml/an.

Le besoin en chaleur pour la zone de logements envisagée est estimé à 310 MWh/an. Sur un périmètre d'environ 200 m, les besoins seraient donc de l'ordre de 1,5 MWh/ml.an.

#### **Les besoins pourraient donc suffire à la création d'un nouveau réseau de chaleur.**

De plus, une école maternelle et d'autres habitations se situent à proximité du site (moins de 200 m), elles pourraient donc être intégrées dans la création d'un nouveau réseau de chaud.

Pour ce qui concerne le froid, le besoin sur la zone est trop faible pour envisager de construire un nouveau réseau.

---

<sup>4</sup> Eau Chaude Sanitaire

### 3. LES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION ENVISAGEABLES

---

Les énergies renouvelables représentent les sources énergétiques qui peuvent être utilisées sans que leurs réserves s'épuisent. Il s'agit de :

- L'énergie solaire
- La biomasse, dont le bois énergie
- L'énergie éolienne
- L'énergie hydraulique
- La géothermie et l'aérothermie
- La récupération de chaleur fatale

Pour chacune de ces énergies, nous allons analyser la disponibilité de la ressource, leur facilité de mise en œuvre, leurs impacts environnementaux et les éventuelles contraintes associées tant d'un point de vue technique qu'économique.

#### [La loi énergie climat](#)

L'article L111-18-1 du code l'urbanisme<sup>5</sup>, impose désormais pour les nouvelles constructions (pour une exploitation commerciale, industrielle, artisanale, ou espace de stationnement public couvert), dépassant une certaine emprise au sol, **d'équiper la structure, d'un système de production énergétique et thermique**. Les obligations sont réalisées **en toiture du bâtiment ou sur les ombrières surplombant les aires de stationnement sur une surface au moins égale à 30 % de la toiture du bâtiment et des ombrières créées**.

Les nouvelles constructions ne seront autorisées que si elles intègrent soit **un procédé de production d'énergies renouvelables, soit un système de végétalisation** basé sur un mode cultural garantissant un haut degré d'efficacité thermique et d'isolation et favorisant la préservation et la reconquête de la biodiversité, soit **tout autre dispositif aboutissant au même résultat**. Sur les aires de stationnement associées lorsqu'elles sont prévues par le projet, des revêtements de surface, des aménagements hydrauliques ou des dispositifs végétalisés favorisant la perméabilité et l'infiltration des eaux pluviales ou leur évaporation et préservant les fonctions écologiques des sols.

En détail la loi concerne donc :

- Les **nouvelles constructions**, (la loi n'est pas rétroactive, il n'y a pas d'obligation pour le foncier déjà construit)
- Les **bâtiments soumis à un permis de construire**,
- Les **bâtiments neufs dont l'emprise au sol est supérieure à 1 000 m<sup>2</sup>** (épaisseur des murs annexes et zones de stationnement comprises)

Quelques exceptions à l'article présent existent :

- Les constructions qui bénéficient déjà d'une installation d'ombrières photovoltaïques et espacées des bâtiments principaux par un espace à ciel ouvert d'au minimum de 10 mètres.
- Les ouvrages dont les dispositifs de sécurité occupent plus de 70% de la toiture.

---

<sup>5</sup> [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000039360925/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000039360925/)



- Les bâtiments dont la surface de toiture disponible (après exclusion de toutes les surfaces requises), s'avère être inférieur à 30% de la surface totale.

**Au vu des constructions prévues, les lots 3, 4, 6, 7, 8, 9 et 11 seront donc probablement soumis à cette réglementation.**

Une solution afin de respecter cette réglementation pourrait être **l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture**. Nous détaillons ce point au paragraphe suivant.

### 3.1. L'énergie solaire

Le rayonnement du soleil représente un flux d'énergie important.

La ville d'Orange a profité de **2835 heures** d'ensoleillement en moyenne les 30 dernières années<sup>6</sup>.

Le rayonnement solaire à Orange est de l'ordre de **1 500 kWh/m<sup>2</sup>.an**. Cette valeur se situe plutôt en haut de classement pour la France, l'ensoleillement variant de 1 050 à 1 760 kWh/m<sup>2</sup>.an du nord au sud.

L'énergie solaire peut être exploitée de plusieurs façons :

- de manière passive en suivant les principes de l'architecture bioclimatique,
- à l'aide de capteurs pour produire de la chaleur (solaire thermique),
- à l'aide de panneaux photovoltaïques pour produire de l'électricité (solaire photovoltaïque).

#### Le solaire thermique

Une installation solaire thermique récupère l'énergie du soleil sous forme de chaleur. Elle comprend des capteurs, un circuit d'échange de chaleur et un ballon de stockage.

Les capteurs solaires thermiques présentent l'avantage d'avoir des rendements élevés, les capteurs pouvant récupérer jusqu'à 80 % de l'énergie incidente. Le système produit de l'eau chaude, utilisée directement (ECS notamment) ou pour du chauffage au sol. Il s'agit d'un moyen de chauffage complémentaire et une énergie d'appoint est nécessaire. L'installation se fait pour un bâtiment.

- **Station de lavage**

Un chauffe-eau solaire pourrait être intéressant pour ce projet, à destination des logements, ou également de la station de lavage auto, en particulier dans cette région où le rayonnement solaire est conséquent.

A titre de comparaison, un projet similaire a été effectué sur une station de lavage à Vannes (56)<sup>7</sup>. Pour 32m<sup>2</sup> de panneaux installés, il y a eu une production annuelle de 24 395 kWh. Cette production a permis de recouvrir 70% des besoins en eau chaude sanitaire de la station, et d'économiser 3 376 m<sup>3</sup> de gaz.

De plus, des aides de l'ADEME sont disponibles pour l'installation de chauffe-eaux solaires. A Vannes par exemple, l'ADEME a contribué à hauteur de 15 k€ au financement de ce projet, dont l'investissement initial était de l'ordre de 26 600€.

---

<sup>6</sup> Source Météo France, station de Carpentras à 20km d'Orange.

<sup>7</sup> Source : Ademe [https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/1453/eas-emr202-010558\\_chauffe-eau-solaire-station-lavage-auto.pdf](https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/1453/eas-emr202-010558_chauffe-eau-solaire-station-lavage-auto.pdf)

## • Logements

Pour un logement, on compte en moyenne 0,7 m<sup>2</sup> de capteur pour 10 m<sup>2</sup> chauffés pour des maisons RT 2012 ou très bien isolées<sup>8</sup>. En comptant 9000m<sup>2</sup> de logements, il faudrait installer environ 630m<sup>2</sup> de panneaux (investissement initial de l'ordre de 750 000€).

### Le solaire photovoltaïque

Une installation solaire photovoltaïque récupère l'énergie du soleil pour la transformer en électricité. Outre les modules, l'installation comprend un onduleur. Les capteurs disponibles sur le marché atteignent des rendements de l'ordre de 15 %. Dans les zones raccordées, l'électricité est réinjectée dans le réseau : il s'agit donc d'une production électrique décentralisée.

La production de panneaux photovoltaïques est généralement estimée en fonction de la puissance crête installée (kWc) ; choisie ici pour des panneaux orientés au Sud-Est et inclinés à 30°.

	0-3 kWc	3-9 kWc	9-36 kWc	36-100 kWc	100-500 kWc
En revente totale (c€/kWh)	20,22	17,18	12,31	10,70	11,07*
En autoconsommation avec revente surplus (c€/kWh)	10,00		6,00		11,07*
+ Prime autoconsommation (€/kWc, payée sur 5 ans)	430	320	180	90	Non éligible
Date	Prix du 01 novembre 2022 au 31 janvier 2023				Nouvel arrêté tarifaire

\* Puis 4 c€/kWh au-delà d'une production de 1100 kWh/kWc/an

Tarifs de rachat de l'électricité photovoltaïque pour le premier trimestre 2023<sup>9</sup>

Une étude de potentiel photovoltaïque a été réalisée par le bureau d'études SOG Solar. Elle tient compte de trois projets pour les activités commerciales principales du site : Intermarché, Bricocash et Roady.

Bâtiment	Roady (sans solaire thermique)	Intermarché	Bricocash
Surface Installation	454 m <sup>2</sup>	2902 m <sup>2</sup>	2395 m <sup>2</sup>
Puissance crête	70 kWc	445 kWc	374 kWc
Coût initial	107 600 €	712 600 €	637 200 €

<sup>8</sup> Source : [Ademe](#)

<sup>9</sup> <https://terresolaire.com/Blog/rentabilite-photovoltaique/tarif-rachat-photovoltaique/>

<b>Production autoconsommée</b>	40 900 kWh/an	544 400 kWh/an	108 800 kWh/an
<b>Consommation du site</b>	60 800 kWh/an	1 420 600 kWh/an	155 100 kWh/an
<b>Taux de couverture des besoins</b>	76 %	38 %	27 %
<b>Production vendue</b>	53 800 kWh/an	Aucune	396 100 kWh/an
<b>possession PV (installation + exploitaton) sur 20 ans</b>	184 800 €	1 068 200 €	1 063 000 €
<b>Bénéfices du projet sur 20 ans : gains vente + économies sur la facture – coûts de possession</b>	54 700 €	957 700 €	243 600 €
<b>CO<sub>2</sub> évités sur 20 ans</b>	66 t	381 t	353 t

Estimation du potentiel photovoltaïque donnée par le cabinet SOG Solar

Nota bene : les émissions de CO<sub>2</sub>e évitées sont calculées pour des panneaux photovoltaïques fabriqués en France, avec de l'électricité peu carbonée. Dans la majorité des cas, les panneaux utilisés sont fabriqués en Chine, avec de l'électricité provenant de centrales au charbon<sup>10</sup>. Ces émissions sont comparées à celles de l'électricité moyenne française en 2020, or les émissions moyennes de l'électricité en France suivent une tendance à la baisse continue depuis de nombreuses années. Ces chiffres sont donc à prendre avec prudence.

Le coût varie selon le type de pose choisi (surimposition, intégration au bâti) et le type de panneau installé (monocristallin, polycristallin)<sup>11</sup>.

A l'échelle des besoins d'électricité estimés **le potentiel du solaire photovoltaïque est fort.**

Pour les trois projets envisagés par le bureau SOG Solar, la production permet de recouvrir environ 40% de la consommation de Rody, Intermarché et Bricocash, soit **environ 10% de la consommation totale d'énergie du site.**

<sup>10</sup> Le facteur d'émission de l'électricité produite par panneaux fabriqués en France est de 25 gCO<sub>2</sub>e/kWh, et de 45 gCO<sub>2</sub>e/kWh pour des panneaux produits en Chine.

<sup>11</sup> <https://opera-energie.com/prix-installation-photovoltaïque-100-kwc/>

- **Précisions sur le photovoltaïque sur toiture**

Afin d'**optimiser la mise en place de panneaux solaire en toiture**, certaines mesures sont à prendre en compte :

- l'inclinaison optimale est aux alentours de 30°,
- la meilleure orientation est le sud.

Le vent est également une caractéristique à prendre en compte. La charge du vent détermine le mode de fixation des panneaux et la nécessité, plus ou moins grande, d'un lestage que la toiture devra supporter.

Il existe différentes façons d'installation de panneaux solaires :

- intégrée au bâti (IAB),
- en pose de tuiles photovoltaïques,
- surimposée sur le toit.

Ces différentes méthodes présentent chacune des avantages et des inconvénients, on retiendra que le mode d'installation le plus pratiqué est la **surimposition** : les panneaux solaires sont installés par-dessus une toiture existante, ce qui la rend moins chère et plus simple à installer ; permet de surélever les panneaux solaires par rapport à la toiture, ce qui a pour effet de favoriser leur rafraîchissement ; ne menace pas l'étanchéité de l'habitation et diminue les risques d'incendie. De plus cette technique peut également être adaptée **pour les toitures plates**, en effet on peut installer des rails pour poser les panneaux sur le toit, cela présente par ailleurs l'avantage de pouvoir régler directement l'angle d'inclinaison à l'optimum de 30 degrés.

- **Aides sur la région**

L'ADEME, ainsi que la région Sud peuvent participer à des études de faisabilité et à une partie de l'investissement, notamment pour le solaire thermique.

- **Les limites du photovoltaïque**

L'urgence climatique est de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Ceci est vrai à l'échelle nationale, comme à l'échelle locale. L'objectif est de passer aussi rapidement que possible d'une énergie carbonée à une énergie non carbonée.

Le but principal du développement des énergies renouvelables est donc de permettre au territoire de réduire les tonnes de CO<sub>2</sub> émises chaque année. Or, la différence de CO<sub>2</sub> entre le photovoltaïque et la mix énergétique moyen de l'électricité est faible :

- le contenu en CO<sub>2</sub>/kWh de l'énergie photovoltaïque est d'environ 45 gCO<sub>2</sub>/kWh<sup>12</sup> pour des panneaux produits en Chine et 25 pour des panneaux français,
- le contenu en CO<sub>2</sub>/kWh du mix électrique français est de 60 gCO<sub>2</sub>/kWh.

Le gain en émissions de gaz à effet de serre est peu significatif. On remarquera que ceci est vrai pour la France métropolitaine. La situation est différente pour d'autres pays, comme par exemple l'Allemagne, où la production d'électricité est plus émettrice de gaz à effet de serre.

---

<sup>12</sup> Cette valeur de 55 gCO<sub>2</sub>/kWh est une valeur moyenne. La valeur dépend de l'origine des panneaux et est plus élevée en région nord qu'en région sud.

Il faut également rappeler que l'énergie photovoltaïque est une énergie intermittente, dépendante des conditions météorologiques. Le photovoltaïque ne pourra donc pas se substituer totalement aux énergies conventionnelles. Les infrastructures devront conserver leur raccordement au réseau.

Cependant, le photovoltaïque permet de sensibiliser les consommateurs à la sobriété énergétique.

### **3.2. La biomasse**

La production d'énergie à partir de la biomasse, c'est à dire de matières organiques, peut utiliser des produits très divers : végétaux, boues de station d'épuration, déchets verts, lisiers, etc.

Et les procédés sont eux aussi très variés : combustion directe, combustion d'un gaz ou d'un liquide obtenu à partir de la biomasse, transformation chimique ou biochimique...

**Le procédé le plus ancien et le plus répandu est la combustion directe du bois.**

Les autres procédés visent à transformer la biomasse par fermentation ou digestion (anaérobie ou aérobie), afin d'obtenir un combustible sous forme gazeuse ou liquide.

#### Le bois-énergie

Le bois-énergie est une source d'énergie intéressante, puisqu'elle est à la fois renouvelable, disponible à (relativement) bon marché, et avec très peu d'émissions de gaz à effet de serre<sup>13</sup>.

- **Contexte**

Avant d'aborder les solutions envisageables, nous évoquerons préalablement quelques éléments de contexte sur les ressources locales et l'approvisionnement.

#### **La ressource en bois sur le territoire**

Même si l'implantation de chaufferies bois est envisageable indépendamment des ressources locales, il est intéressant de privilégier, au moins dans un premier temps, une approche "circuits courts" en ciblant les filières locales.

#### **Ressource forestière**

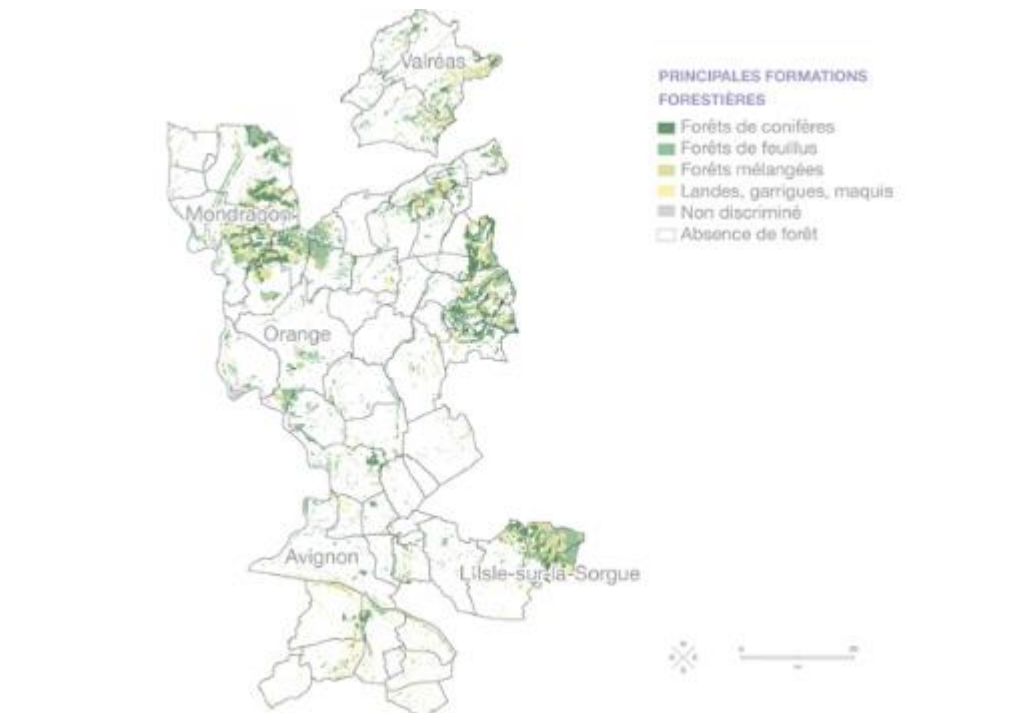
Orange appartient au massif « Plaines du Comtats », tel que défini par le Programme régional de la forêt et du bois 2019-2029 de la région PACA<sup>14</sup>. Ce massif est peu boisé : 16% de boisement contre 51% au niveau régional (2<sup>ème</sup> région la plus boisée de France). Les massifs forestiers du Vaucluse se situent plutôt à l'Est et au Sud du département.

La région PACA assez boisée mais produit très peu : moins de 2,2 m<sup>3</sup>/ha/an, soit moins de la moitié de la moyenne nationale qui s'élève à 5,8 m<sup>3</sup>/ha/an. Cela est notamment dû aux reliefs qui rendent difficile l'exploitation de certaines forêts dans les Alpes : en effet seuls 41 % de la surface forestière de la région sont considérés comme « faciles à exploiter » par l'IGN. Et par ailleurs, 64 % de la surface forestière appartient à des propriétaires privés qui ont pour le moment peu développé la vocation productive de leurs forêts.

---

<sup>13</sup> Du moins dans le cadre d'une exploitation forestière raisonnée.

<sup>14</sup> [https://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/version\\_d\\_avril\\_2020\\_du\\_PRFB\\_cle8288ad.pdf](https://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/version_d_avril_2020_du_PRFB_cle8288ad.pdf)



*Principales formations forestières dans les plaines du Comtat*

### Valorisation du bois

Les volumes de bois récoltés et commercialisés dans la région ont toujours été relativement modestes, de l'ordre de 600 000 à 700 000 m<sup>3</sup>/an (environ 2 % de la récolte nationale) et une grande partie est destinée à l'alimentation de la papeterie de Tarascon. Depuis 2015, une légère hausse a cependant été observée pour la production de bois de chauffage. Dans le département du Vaucluse, 50 000 m<sup>3</sup> de bois énergie ont été récoltés en 2017.

Le Vaucluse compte une cinquantaine d'installations de réseaux de chaleur, chaufferies ou plateformes bois-énergie. La dynamique est aujourd'hui à la relance de la filière d'exploitation forestière et de la sylviculture.

Créé en mai 1996, la Mission Régionale Bois Énergie vise prioritairement le développement de filières bois énergie territoriales produisant et consommant des plaquettes forestières issues des forêts locales.

En effet, le bois-énergie reste pour le moment une activité annexe de l'exploitation forestière, principalement orientée sur la production de bois d'œuvre. Il est cependant tout à fait possible d'implanter des chaufferies, quitte à jouer sur différentes sources d'approvisionnement dans un périmètre raisonnable.

Par ailleurs, la mobilisation de la ressource pourrait connaître une évolution dans les années à venir selon la quantité de nouvelles implantations en lien avec les objectifs de développement durable. Cependant les choses ne changeront sans doute pas sans une évolution des prix de commercialisation : il faut que le bois soit vendu suffisamment cher pour que les professionnels (exploitants forestiers, scieurs...) y trouvent leur profit et s'organisent pour répondre à la demande.

- **Différentes hypothèses pour l'approvisionnement**

On trouve des fournisseurs de bois de chauffage dans les environs (ex : Piolenc RN7, Garcin Bois, Lou Bouscatié). Le bois est utilisable sous des formes variées : bûches, plaquettes, granulés, pellets, sciure... Ces différentes formes de bois ont un coût et des performances thermiques variables.

Si on envisage la mise en œuvre du bois énergie sur la zone, on peut faire l'hypothèse d'un approvisionnement en produits alternatifs comme les copeaux de bois recyclé.

Les études d'opportunité et de faisabilité permettront d'éclairer ce choix.

- **Risque de pollution atmosphérique**

La combustion du bois comporte un risque de pollution atmosphérique, puisqu'elle entraîne le rejet de particules dans l'air. Cette pollution est plus facilement maîtrisable dans une installation collective, les chaudières assurant une température de combustion élevée et pouvant être équipées d'un filtre à fumée.

- **Les choix techniques et financiers**

**Il est intéressant d'installer une chaudière bois dans les bâtiments pour qui la demande en ECS et en chauffage pourrait être assez importante et régulière. Dans le cas du quartier de la Violette, la création d'une chaufferie bois peut être intéressante pour les logements ou la station de lavage par exemple.**

Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que les chaudières bois nécessitent une surveillance et un maintien régulier, ainsi qu'un espace conséquent pour le stockage du bois, notamment pour les granulés qui doivent rester très secs. Ces éléments peuvent représenter une contrainte supplémentaire.

Si le maître d'ouvrage souhaite aller plus loin dans l'étude de cette solution bois-énergie, un contact avec l'ADEME permettra de préciser comment lancer une **étude technico-économique approfondie** pour éclairer les choix techniques et les coûts.

- **Aides de l'ADEME**

Il est à noter que les **investissements peuvent être financés jusqu'à 50%** par l'ADEME PACA, dans le cadre du **Fonds chaleur**<sup>15</sup>, et qu'en complément, la Région Sud peut aussi prendre en charge 30 à 50% des travaux éligibles.

En janvier 2022, le Syndicat d'Énergie Vauclusien (SEV) a signé avec l'ADEME un contrat territorial de développement et est devenu le guichet départemental de la subvention Fonds chaleur, ouvrant la possibilité aux différents acteurs d'être accompagnés dans leur projet de Chaleur renouvelable.

Ces informations pourraient, comme la partie 2.3, être **partagées aux futures entreprises désirant s'implanter** par le biais du futur *cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères, techniques et environnementales*.

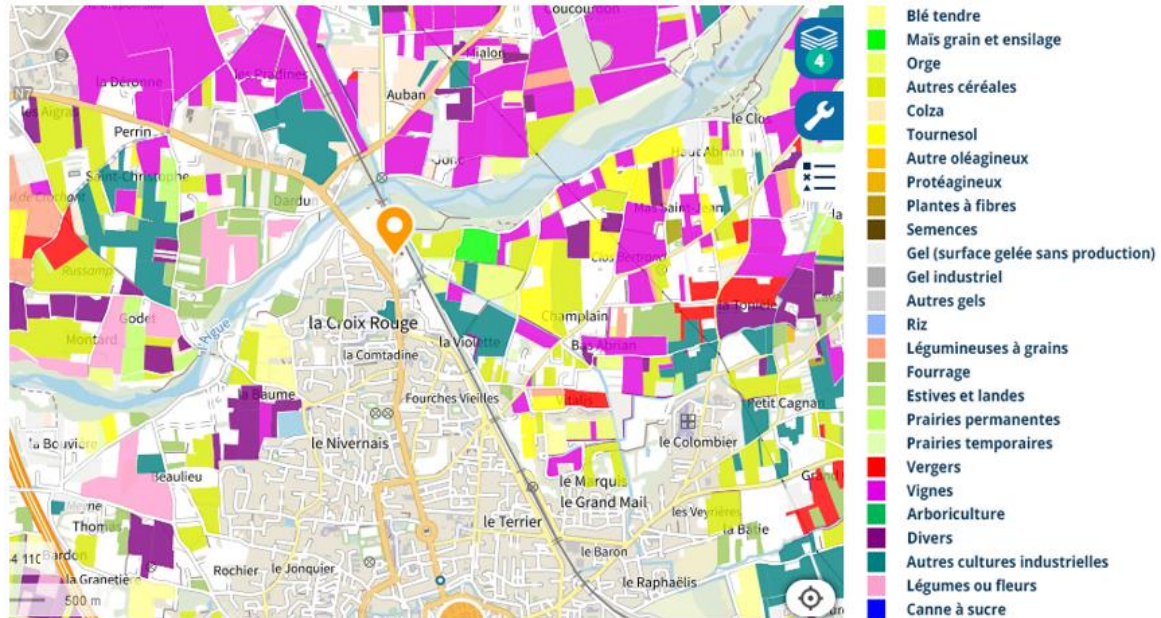
Au vu des résultats de cette étude, des choix seront faits sur la puissance de la ou des chaudières.

---

<sup>15</sup> <http://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref>

## La méthanisation

La méthanisation permet de produire de l'énergie à partir d'une grande variété de produits fermentescibles.



Principales Cultures agricoles (Source : Registre Parcellaire Graphique, 2021- Géoportail)

Il existe autour de la zone d'étude des sources de produits fermentescibles : une importante partie des surfaces cultivées autour du quartier de la Violette est occupée par des parcelles en viticulture. D'après le Projet Biomasse Vitivinicole de l'Institut Français de la Vigne et du Vin, les co-produits générés par la viticulture et la vinification (sarments, souches, marcs de raisins, lies de vin, bourbes et vinasses de Cognac) représentent une part irréductible de biomasse qui peut être valorisée du point de vue environnemental, agronomique et économique.

Il existe donc un **potentiel intéressant de méthanisation pour la zone étudiée**. L'ADEME peut fournir des aides pour une étude de faisabilité pour un projet de méthanisation. Cependant les coûts de l'installation, les nuisances olfactives, les nuisances dues au transport généré... rendent ce projet lourd pour la zone d'activité.



### 3.3. L'énergie éolienne

D'après le Schéma Régional Eolien<sup>16</sup>, bien que le territoire présente un gisement éolien intéressant, plusieurs contraintes rendent impossible la mise en place d'un projet éolien sur le site, notamment la proximité avec les habitations, et avec la base aérienne militaire d'Orange, et la situation dans une zone de sensibilité paysagère très forte.

Typologie	Constat	Recommandations ADEME
Eoliennes rattachées au pignon des habitations	Peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment	Déconseiller systématiquement
Eoliennes en milieu urbain ou péri-urbain	i) Le vent est en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable ii) Risque élevé de modification du paysage urbain, impactant la ressource en vent	Déconseiller les installations
Eolienne en zone rurale (connectée ou non au réseau électrique)	La ressource est plus facilement accessible. Les éoliennes à installer en milieu rural sont globalement plus homogènes, techniquement plus matures. Un soutien au déploiement sur ce secteur permettrait de suivre une courbe d'apprentissage plus rapide que pour des plus petites machines.	Secteur cible pour les petites et moyennes éoliennes. Etudes de faisabilité ou opération exemplaire pour un bouquet de travaux EnR-efficacité énergétique.

*Synthèse des recommandations de l'ADEME concernant le petit éolien (source ADEME)*

### 3.4. L'énergie hydraulique

**La zone étudiée ne présente pas de potentiel de production hydraulique.**

### 3.5. La géothermie

La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Selon la définition de BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), cette exploitation peut s'effectuer à différents niveaux :

- La **géothermie de surface (ou superficielle)** utilise l'énergie présente dans le sous-sol à des profondeurs variant de quelques mètres **jusqu'à 200 mètres**. À ces profondeurs, la température du sol est relativement constante toute l'année : autour de 10 à 20 °C. Cela ne permet pas une exploitation directe de cette

<sup>16</sup>[https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SRE\\_PACA\\_-\\_version\\_finale\\_-\\_septembre\\_2012\\_cle7df2d1.pdf](https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SRE_PACA_-_version_finale_-_septembre_2012_cle7df2d1.pdf)

énergie. Une **pompe à chaleur (PAC) géothermique** est donc utilisée pour **restituer la chaleur, le froid ou le frais au niveau de température souhaité.**

- La **géothermie profonde** valorise l'énergie du sous-sol profond (**au-delà de 200 mètres**) pour **produire directement de la chaleur et/ou de l'électricité.**

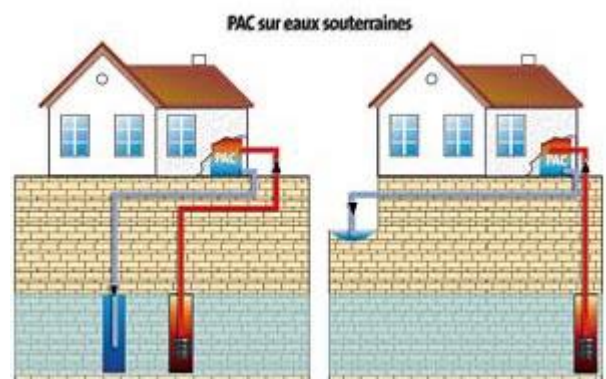
Pour l'instant, peu d'études ont été faites au niveau national pour évaluer le potentiel des ressources en géothermie profonde. Seuls le bassin Aquitain et l'Île-de-France ont fait l'objet d'investigations dans les aquifères profonds. Compte-tenu des coûts d'exploitation et des difficultés techniques, ces technologies se sont peu développées<sup>17</sup>.

Ainsi, ce sont surtout les technologies de géothermie de surface qui sont retenues. Elles concernent l'exploitation de deux types de ressources : l'énergie naturellement présente dans le **sous-sol** à quelques dizaines – voire des centaines – de mètres et dans les **aquifères** qui s'y trouvent ou dans les nappes. Elles permettent de chauffer des bâtiments et/ou de l'eau chaude sanitaire.

#### Géothermie en eaux souterraines (aquifères ou nappe)

Il s'agit de prélever l'eau du sous-sol pour en récupérer les calories. La technologie généralement retenue est le doublet géothermique, c'est-à-dire la création de deux puits :

- Un puits de prélèvement,
- Un puits de réinjection afin de ne pas appauvrir la nappe ou l'aquifère.

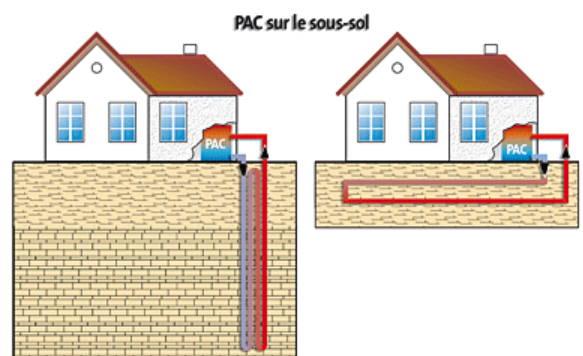


Géothermie en eaux souterraines

#### Géothermie en sous-sol

Il s'agit de capter les calories emmagasinées dans le sous-sol. La technologie repose sur des sondes géothermiques verticales ou horizontales qui peuvent capter la chaleur du sous-sol à partir de 80 cm de profondeur jusqu'à une centaine de mètres en général.

La chaleur emmagasinée dans le sol est accessible en tout point du territoire.

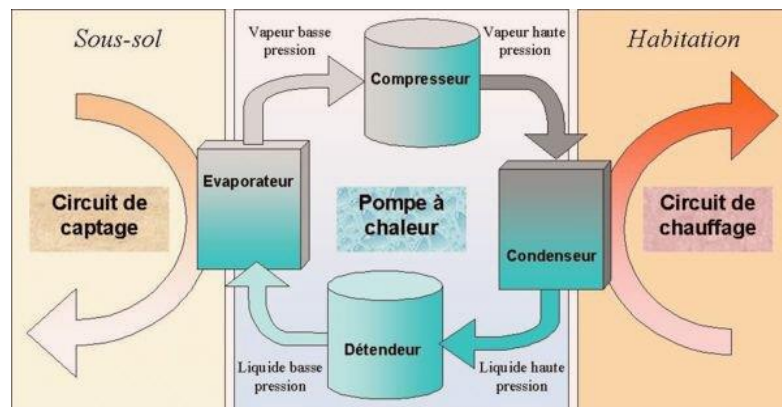


Géothermie en sous-sol

<sup>17</sup> L'Île de France a fait figure de précurseur avec des installations mise en œuvre au début des années 80 pour alimenter du chauffage collectif.

### Comment fonctionnent ces systèmes ?

Les calories de la nappe ou du sol sont récupérées et transférées à un réseau de chauffage ou rafraîchissement par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC). Cette PAC est constituée de différents éléments :



Principe de fonctionnement d'un chauffage avec pompe à chaleur

[Source : ADEME]

En mode chauffage :

- 1) Un échangeur, aussi appelé évaporateur, récupère les calories captées dans le sous-sol et les fait transiter par le fluide dit « caloporteur ».
- 2) Le compresseur comprime le fluide, ce qui élève sa température.
- 3) L'échangeur intérieur ou condenseur transfère les calories au circuit de chauffage.
- 4) Le détendeur abaisse la pression du fluide et donc sa température pour amorcer un nouveau cycle.

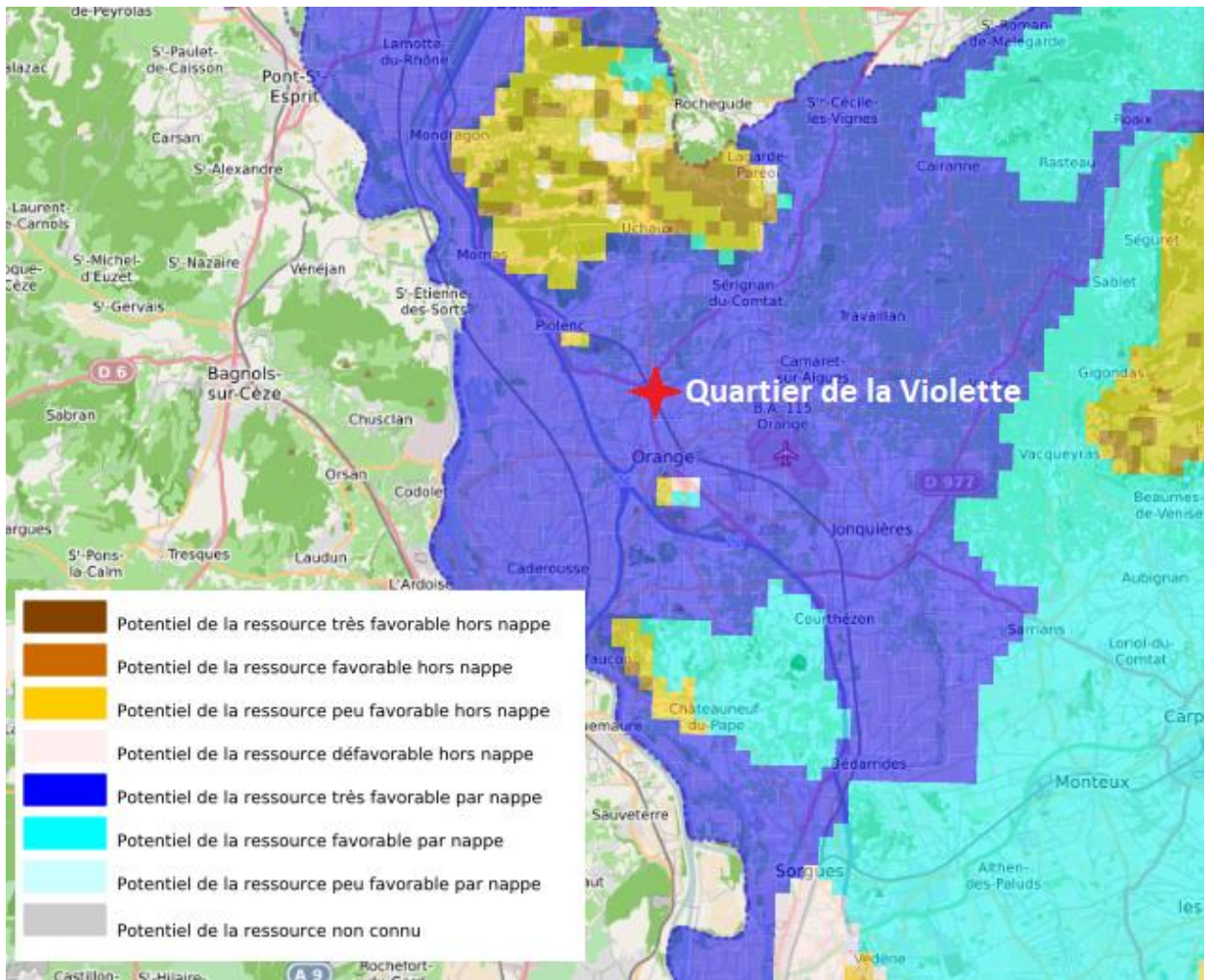
Par une inversion de son fonctionnement, la PAC peut également rafraîchir l'air intérieur. La PAC utilise de l'électricité pour faire fonctionner l'ensemble de ses composants. On appelle Coefficient de Performance (ou COP) le rapport entre la quantité d'énergie fournie et la quantité d'énergie (électricité) consommée. Généralement, le COP est de l'ordre de 4,5 sur les modèles de pompe à chaleur géothermique. Cela signifie que pour 1 kWh d'électricité consommée, le local recevra 4,5 kWh de chaleur.

La température de l'eau ou du sous-sol proche de la surface est de l'ordre de 12 à 14°C tout au long de l'année. Pour un rendement optimal, il est recommandé d'utiliser ces technologies pour du chauffage basse température. Elles sont donc privilégiées pour des solutions de chauffage par plancher chauffant (~30°C). Néanmoins, elles peuvent également alimenter des ventilo-convecteurs.

### Quel potentiel pour la zone ?

Il existe peu d'installations géothermiques dans la région, mais d'après l'étude de potentiel géothermique<sup>18</sup> réalisé par le BRGM, la région et l'ADEME, le potentiel de géothermie en nappes est très favorable autour de la commune d'Orange grâce à la nappe alluviale du Comtat.

<sup>18</sup> Atlas du BRGM datant de 2013 : <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-62255-FR.pdf>



*Ressources géothermiques sur Orange (Source : Geothermies.fr)*

**Il s'agit de géothermie de très basse énergie, nécessitant une pompe à chaleur.** Avant de réaliser une installation, il faut faire un test de réponse thermique sur le terrain pour vérifier le potentiel.

Les aides éventuelles du Fonds chaleur pour les projets de géothermie ne couvriraient que le circuit primaire, c'est-à-dire jusqu'à la pompe à chaleur (inclusivement), mais pas les circuits secondaires pour le raccordement des bâtiments.

Entretien : Au même titre que n'importe quel système de chauffage à eau chaude et pour que l'installation conserve ses performances et dure longtemps, il faut la faire surveiller et entretenir par un spécialiste. Une maintenance annuelle (par le biais d'un contrat de maintenance) permet de conserver votre installation en parfait état de fonctionnement et de garantir des performances optimales dans le temps. De plus, si votre pompe à chaleur contient plus de 2 kg de fluide frigorigène, vous êtes soumis à une obligation de contrôle annuel sur l'étanchéité du circuit frigorifique. Ce contrôle est effectué en même temps que la maintenance annuelle.

- **Aides de l'ADEME**

Il est possible de prendre contact avec l'ADEME de la Région PACA afin d'étudier les financements possibles sur : un test de réponse thermique, l'étude de faisabilité en géothermie de surface, les installations de production de chaleur et de froid à partir de géothermie de surface ou à partir de boucle d'eau tempérée géothermique.

Les nappes d'eau souterraine de faible profondeur recèlent un potentiel énergétique utilisable pour la géothermie grâce aux pompes à chaleur. Cependant, il peut exister une incertitude sur les conditions d'utilisation de la ressource naturelle qui dépend des caractéristiques hydrogéologiques locales.

La procédure de garantie [AQUAPAC](#), créée par l'ADEME, le BRGM et EDF prend en charge la couverture financière de ce risque géologique

### **3.6. L'aérothermie**

L'aérothermie consiste à récupérer la chaleur contenue dans l'air extérieur et à la restituer à un réseau d'air ou d'eau par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.

Le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur diffère en fonction de la température extérieure. Le COP diminue lorsque la température extérieure baisse. Ainsi le COP est de l'ordre de 3 à 4 à + 7°C et de l'ordre de 2 à 2,5 à - 7°C. À très basse température (environ -10°C), le COP est de l'ordre de 1, ce qui revient à un chauffage 100% électrique.

Cette technologie permet de chauffer des bâtiments et/ou de l'eau chaude sanitaire. Tout comme la géothermie, elle est à privilégier pour du **chauffage basse température (~30°C)**.

Le rendement d'une pompe à chaleur étant d'autant plus élevé que la température de la source froide est élevée, l'aérothermie voit sa performance baisser quand la température de l'air extérieur diminue, et que les besoins de chaleur sont les plus importants.

Sa mise en œuvre est relativement aisée et ne nécessite pas de travaux d'aménagement importants.

En 2022, la température minimale moyenne à Carpentras était de 9,5°C, et la température maximale moyenne était de 22,6°C.

**Par conséquent, le climat local est favorable à l'utilisation de l'aérothermie. Il semble tout à fait envisageable de l'exploiter pour le chauffage des logements, bureaux ou d'autres locaux (par plancher chauffant, idéalement).**

*Remarque :* Pour capter l'air extérieur, des unités munies de système de ventilation sont posées en extérieur. Ces installations engendrent du bruit et il est donc indispensable de réfléchir en amont à leur implantation pour minimiser les nuisances sonores. De même, il faut penser l'intégration visuelle de ces dispositifs au paysage.

### 3.7. La récupération d'énergie fatale

Quand on consomme de l'énergie, celle-ci n'est jamais utilisée à 100 % et l'énergie inutilisée est dite « fatale ». Cette énergie fatale peut parfois être récupérée pour d'autres usages, en particulier **sous forme de chaleur pour le chauffage de bâtiments ou d'ECS**.

Les installations susceptibles de produire cette énergie fatale sont des installations industrielles, des stations d'épuration, des usines de traitement d'ordures ménagères, les data centers, les blanchisseries etc...

Aucun équipement de ce type n'est pour le moment identifié à proximité du site.

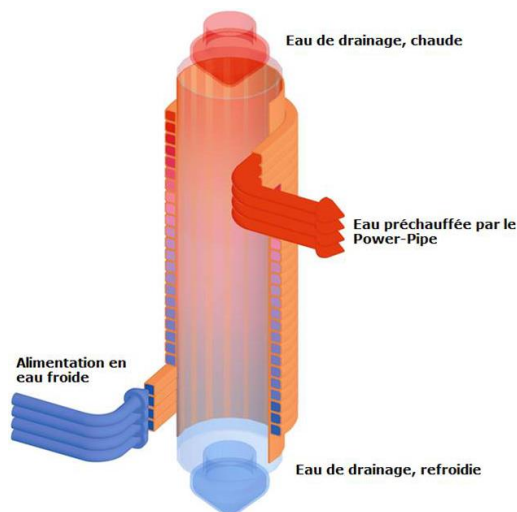
Cependant, puisque la zone est également résidentielle, la récupération de chaleur est envisageable soit sur les eaux grises, soit sur les eaux usées<sup>19</sup>.

En effet, dans les logements neufs, l'eau chaude sanitaire constitue un des usages les plus consommateurs de chaleur. Or, la grande majorité de cette chaleur est rejetée.

Différentes techniques de récupération de chaleur sur les **eaux grises** existent :

- des dispositifs **passifs** dans lesquels les eaux grises échangent par conduction entre canalisations leur chaleur avec l'eau alimentant le chauffe-eau : le dispositif fonctionne lorsque la consommation d'eau chaude et son rejet ont lieu simultanément.

Ils sont constitués d'un tube central où s'écoulent les eaux usées ou eaux grises, entouré de serpentins ou d'un autre tube où circule à contre-courant l'eau froide à préchauffer. Ces systèmes ne nécessitent pas de courant pour fonctionner. Ils s'insèrent directement dans la continuité du tuyau d'évacuation des eaux usées. La chaleur contenue dans les eaux grises est transférée vers l'eau froide d'alimentation, ce qui se traduit par une réduction de la consommation d'énergie pour la production d'eau chaude.



Les récupérateurs de chaleur des eaux grises peuvent s'installer dans tous les types de bâtiments où l'eau chaude est évacuée simultanément avec une demande en eau chaude. Le seul inconvénient est qu'il est nécessaire d'avoir accès à l'étage du dessous car le système est installé sous le drain de la douche et peut mesurer plus d'un mètre. Lorsqu'il n'existe pas de place pour installer les colonnes verticales, l'installation d'appareils horizontaux est alors possible sous le ou les bacs de douche.

- des dispositifs **actifs** dans lesquels les eaux grises sont stockées dans une cuve et une pompe à chaleur récupère, via un échangeur dans la cuve, les calories des eaux grises. Ce type d'installation est

nécessairement collectif. Ce sont des pompes à chaleur (PAC) eau/eau, qui nécessitent de l'électricité ou du gaz pour fonctionner.

Ce type de dispositif peut aussi être installé sur un collecteur communal d'eaux grises.

Ici, la récupération de chaleur sur les eaux usées sera possible s'il se trouve à proximité (moins de 200 à 400 m) un collecteur ayant un débit supérieur à 15 l/s et de diamètre supérieur à 400 mm.

<sup>19</sup> Eaux grises : rejets des lavabos, cuisines, douches, lave-linge... à l'exclusion des eaux vannes (WC). Eaux usées : ensemble des effluents d'un logement, y compris eaux vannes.

**La récupération de chaleur sur les eaux grises, par des systèmes passifs ou actifs, pourrait éventuellement présenter un potentiel intéressant, si la mise en œuvre est compatible avec les contraintes d'implantation. L'intégration des récupérateurs dans le projet de construction doit évidemment être prévue très en amont.**

#### **4. SYNTHÈSE SUR LE POTENTIEL DES DIFFÉRENTES ÉNERGIES RENOUVELABLES**

---

A partir des analyses précédentes, le tableau de la page suivante récapitule pour chaque énergie, la disponibilité de la ressource, les avantages et contraintes, les impacts environnementaux.

La dernière colonne du tableau, "Intérêt global", propose une évaluation synthétique de l'opportunité que constitue chaque énergie dans le cadre d'une mise en œuvre sur la zone commerciale et résidentielle du quartier de la Violette à Orange.

L'intérêt global que présente chaque énergie renouvelable pour le site est évalué sur une échelle de 1 à 5 (de 1 = nul à 5 = fort).



Energie renouvelable	Disponibilité ressource	Avantages	Contraintes	Impacts environnementaux	Intérêt global
<b>Solaire thermique</b>	Bonne	Rendements élevés	Non adapté pour des activités économiques (bureau, atelier) mais efficace pour une activité dont les besoins en eau chaude sont élevés : logements, station de lavage	- Très peu d'émissions de gaz à effet de serre - Se substitue aux énergies fossiles	4
<b>Solaire photovoltaïque</b>	Bonne	Tarifs de rachat	Limites liées à l'intermittence et au faible gain en CO <sub>2</sub>	- Bilan Carbone de l'installation variable en fonction de l'origine des panneaux	5
<b>Bois énergie</b>	Bonne	Disponible à (relativement) bon marché	- Prendre en compte le risque de pollution atmosphérique (particules fines) - Peu adapté pour des activités économiques (efficace pour les besoins en eau chaude)	- Très peu d'émissions de gaz à effet de serre - Se substitue aux énergies fossiles - Risque de pollution atmosphérique (particules fines)	3
<b>Méthanisation</b>	Bonne	Potentiel important	- Coût d'installation élevé - Projet compliqué	- Très peu d'émissions de gaz à effet de serre - Se substitue aux énergies fossiles	1
<b>Éolien</b>	/	Non détaillé	Non détaillé	Non détaillé	1
<b>Hydrolique</b>	/	Non détaillé	Non détaillé	Non détaillé	1
<b>Géothermie</b>	Bonne	Économique	- Coût d'installation important	- Très peu d'émissions de gaz à effet de serre - Se substitue aux énergies fossiles	4
<b>Aérothermie</b>	Bonne	Économique	- Implantation des échangeurs - Bruit	- Très peu d'émissions de gaz à effet de serre - Se substitue aux énergies fossiles	5
<b>Récupération d'énergie fatale</b>	Faible	Économique	- A prévoir en amont - Non adapté pour des activités économiques (efficace pour les besoins en eau chaude)	- Très peu d'émissions de gaz à effet de serre - Se substitue aux énergies fossiles	3

## 5. CONCLUSION

---

Cette étude avait pour objectif d'analyser le potentiel des différentes énergies renouvelables dans le cadre de l'aménagement prévu dans le quartier de la Violette.

### Nos conclusions sont les suivantes :

- L'installation de **panneaux solaires photovoltaïques** présente un bon potentiel, l'installation sur toiture est déjà prévue dans le projet pour l'Intermarché, le Bricocash et la station de lavage.
- **L'aérothermie** apparaît comme un levier efficace pour limiter la dépendance du site aux énergies fossiles, bien qu'il y ait une contrainte de bruit. Ces installations sont également prévues sur plusieurs constructions.
- Une des pistes intéressantes concerne l'utilisation de la **géothermie** pour alimenter un ou plusieurs bâtiments, étant donné la présence d'une nappe avec une ressource « très favorable » suivant le BRGM.  
Une **étude de faisabilité** permettrait de préciser les hypothèses de périmètre et de fonctionnement.
- Pour la **biomasse**, étant donné la nature des activités prévues sur le site, la création d'un réseau de chaleur utilisant le bois-énergie pourrait être faisable pour la partie logements, avec la contrainte de prévoir l'espace nécessaire à l'installation d'une chaufferie bois collective.
- L'énergie de **méthanisation** présente un potentiel important mais c'est un projet compliqué qui ne semble pas adapté à la zone d'activité.
- Le **solare thermique** présente un intérêt pour la partie logement, ainsi que pour la station de lavage.
- Enfin, l'énergie de **récupération de chaleur fatale peut être envisageable pour la partie logements** (récupération de chaleur des eaux grises).

Le recours aux énergies renouvelables relèvera donc principalement des choix faits par chacune des entreprises qui s'installeront sur le parc d'activité. La collectivité et le maître d'ouvrage peuvent cependant avoir un rôle déterminant pour **inciter les promoteurs et constructeurs à se mobiliser sur des actions ambitieuses** sur l'utilisation des énergies renouvelables.

Une éventualité serait ainsi d'inclure dans le *cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères, techniques et environnementales* des **prescriptions** à destination des entreprises s'installant sur la zone.

### **Maîtrise des consommations d'énergie**

En ce qui concerne les mesures permettant de limiter les consommations d'énergie, la collectivité et le maître d'ouvrage sont essentiellement concernés par les déplacements et l'éclairage (voir ci-dessus page 12).

L'information et la **sensibilisation des futurs occupants** sont également des enjeux importants pour réduire les consommations (voir également page 12).

Le point le plus important concerne **l'implantation des bâtiments.**

### **Réduction des émissions de GES**

L'utilisation des solutions d'énergies renouvelables préconisées permettra de **réduire les émissions de gaz à effet de serre** de manière significative, par rapport aux énergies fossiles classiquement utilisées.

Le développement des modes doux peut également contribuer de manière non négligeable à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

---