



+

**clermont**  
**auvergne**  
**métropole**

**Clermont Auvergne Métropole (CAM)**

**Stade Gabriel Montpied**

Commune de Clermont-Ferrand (63)

**Etude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables et de récupération (EnR&R)**

14 juin 2021

# Clermont Auvergne Métropole

**Adresse :** Clermont Auvergne Métropole **Téléphone :** 04 73 98 34 95  
64-66, avenue de l'Union Soviétique 63  
007 Clermont-Ferrand

**Destinataire :** Boris CAILLE, directeur des sports **Email :** bcaille@clermontmetropole.eu

## Etude de faisabilité sur le potentiel de développement en EnR&R

IDENTIFICATION		MAITRISE DE LA QUALITE		
		Chef de projet	Supervision	Libération
N° Contrat	P04679	R.BOSSARD	C.BARRAS	R.BOSSARD
Nb de pages (hors annexes)	100	Rédacteur principal du rapport		
Nb d'annexes	0	I.MARCELLE		
Indice	1	07/10/2020	Création du document	
	2	11/12/2020	Suite à relecture MOA et nouveaux échanges avec le BET fluides : ajout du free-cooling, récupération d'eaux pluviales pour adiabatique, précisions sur les 2 solutions techniques de raccord au RCU encore non arrêté Modifications mineures (surfaces, stratégie PV...)	

*Vos contacts et interlocuteurs pour le suivi de ce dossier :*



✉ : 171-173 rue Léon Blum  
69100 Villeurbanne

☎ : 04.72.76.06.90

📠 : 04.72.76.06.99

**Chef de projet :** R. BOSSARD [r.bossard@eodd.fr](mailto:r.bossard@eodd.fr)  
**Directeur de projet :** J.F. NAU [jf.nau@eodd.fr](mailto:jf.nau@eodd.fr)

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PREAMBULE .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJET DE L'ETUDE .....</b>	<b>8</b>
2.1.1	<i>Aspects réglementaires .....</i>	<i>8</i>
2.1.2	<i>Aspects environnementaux.....</i>	<i>8</i>
2.1.3	<i>Objectifs de l'étude .....</i>	<i>8</i>
<b>3</b>	<b>METHODOLOGIE GENERALE DE L'ETUDE .....</b>	<b>9</b>
3.1	METHODOLOGIE GENERALE D'UNE ETUDE DE FAISABILITE ENR&R.....	9
3.2	METHODOLOGIE .....	10
3.2.1	<i>Partie 1 – Etat des lieux EnR&amp;R.....</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Partie 2 – Opportunités technico-économiques .....</i>	<i>10</i>
<b>PARTIE 1 – ETAT DES LIEUX.....</b>		<b>12</b>
<b>4</b>	<b>DOCUMENTS CADRES ET CONTEXTE ENERGETIQUE.....</b>	<b>13</b>
4.1	DEFINITIONS ET CHIFFRES CLEFS .....	13
4.1.1	<i>Transformation d'énergie .....</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Énergies renouvelables et de récupération.....</i>	<i>14</i>
4.1.3	<i>Emissions de gaz à effet de serre associées aux sources d'énergie .....</i>	<i>14</i>
4.2	ENJEUX NATIONAUX ET SUPRANATIONAUX.....	16
4.2.1	<i>Échelle européenne : Paquet Climat Énergie .....</i>	<i>16</i>
4.2.2	<i>Échelle nationale pour 2030 (loi de transition énergétique) .....</i>	<i>16</i>
4.2.3	<i>Contexte énergétique national .....</i>	<i>18</i>
4.3	ENJEU ET CADRE LOCAL EN MATIERE D'ÉNERGIE-CLIMAT .....	20
4.3.1	<i>Échelle régionale .....</i>	<i>20</i>
4.3.2	<i>Échelle métropolitaine.....</i>	<i>21</i>
4.3.3	<i>Articulation avec d'autres plans .....</i>	<i>22</i>
4.3.4	<i>Contexte climatique et vulnérabilité .....</i>	<i>23</i>
<b>5</b>	<b>PRESENTATION DE L'OPERATION.....</b>	<b>26</b>
5.1	SITUATION .....	26
5.2	PROGRAMMATION DU STADE.....	27
5.3	PROGRAMMATION URBAINE .....	30
5.4	OBJECTIFS ENERGETIQUES .....	34
<b>6</b>	<b>POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION ET DES POSSIBILITES DE MOBILISATION .....</b>	<b>35</b>
6.1	METHODE .....	35
6.2	SOURCES ET DOCUMENTS DE REFERENCES .....	35
6.3	CONTEXTE CLIMATIQUE GENERAL .....	36

6.4	RESEAUX DE DISTRIBUTION ENERGETIQUE .....	36
6.4.1	<i>Etat des lieux</i> .....	36
6.4.2	<i>Potentiel du site : Réseau de froid</i> .....	38
6.4.3	<i>Objectifs de développement régionaux</i> .....	40
6.4.4	<i>Contraintes et Opportunités</i> .....	41
6.4.5	<i>Synthèse</i> .....	41
6.5	POTENTIEL SOLAIRE .....	42
6.5.1	<i>Etat des lieux : Ensoleillement</i> .....	42
6.5.2	<i>Potentiel du site : Photovoltaïque</i> .....	45
6.5.3	<i>Potentiel du site : Solaire thermique</i> .....	47
6.5.4	<i>Objectifs de développement pour la Région Auvergne Rhône Alpes</i> .....	49
6.5.5	<i>Contraintes et opportunités</i> .....	50
6.5.7	<i>Synthèse</i> .....	51
6.6	POTENTIEL EOLIEN .....	52
6.6.1	<i>Etat des lieux : Vents</i> .....	52
6.6.2	<i>Potentiel du site : Eolien</i> .....	53
6.6.3	<i>Objectifs de développement régionaux</i> .....	55
6.6.4	<i>Contraintes et Opportunités</i> .....	56
6.6.5	<i>Synthèse</i> .....	56
6.7	POTENTIEL GEOTHERMIE ET HYDROTHERMIE .....	57
6.7.1	<i>Etat des lieux : Contexte hydrogéologique et pollution</i> .....	57
6.7.2	<i>Potentiel du site : Géothermie</i> .....	57
6.7.3	<i>Objectifs de développement pour la Région Auvergne Rhône Alpes</i> .....	63
6.7.4	<i>Contraintes et opportunités</i> .....	63
6.7.5	<i>Synthèse</i> .....	63
6.8	POTENTIEL HYDRAULIQUE .....	64
6.8.1	<i>Etat des lieux : Cours d'eau à proximité</i> .....	64
6.8.2	<i>Potentiel du site : hydroélectricité</i> .....	65
6.8.3	<i>Contraintes et Opportunités</i> .....	66
6.8.4	<i>Synthèse</i> .....	66
6.9	POTENTIEL BOIS ENERGIE .....	67
6.9.1	<i>Etat des lieux</i> .....	67
6.9.2	<i>Potentiel du site : Bois énergie</i> .....	67
6.9.3	<i>Objectifs de développement régionaux</i> .....	69
6.9.4	<i>Contraintes et Opportunités</i> .....	69
6.9.5	<i>Synthèse</i> .....	69
6.10	POTENTIEL BIOGAZ .....	69

6.10.1	Etat des lieux .....	69
6.10.2	Potentiel du site : Méthanisation .....	70
6.10.3	Objectifs de développement régionaux.....	71
6.10.4	Contraintes et Opportunités .....	72
6.10.5	Synthèse.....	72
6.11	POTENTIEL EN ENERGIE FATALE.....	73
6.11.1	Eaux usées .....	73
6.11.2	Industries / data centers.....	75
6.11.3	Usines d'incinération et STEP .....	76
6.12	POTENTIEL AEROTHERMIE .....	77
6.12.1	Etat des lieux .....	77
6.12.2	Potentiel du site : Aérothermie.....	78
6.12.3	Contraintes et Opportunités .....	79
6.12.4	Synthèse.....	79
<b>PARTIE 2 – OPPORTUNITES .....</b>		<b>80</b>
<b>7</b>	<b>BESOINS EN ENERGIE .....</b>	<b>81</b>
7.1	NOTIONS.....	81
7.1.1	Besoins énergétiques et consommations .....	81
7.1.2	Besoins de puissance.....	82
7.2	ESTIMATION DES BESOINS EN ENERGIE .....	82
7.2.1	Détail des besoins énergétiques générés par le projet .....	82
7.2.3	Analyse des besoins énergétiques .....	85
7.3	PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS ET MAITRISE DE LA DEMANDE .....	91
7.3.1	Stratégie d'optimisation.....	91
7.3.2	Gestion Technique du Bâtiment (GTB).....	91
<b>8</b>	<b>SYSTEMES PRESENTIS – SCENARIO D'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE.....</b>	<b>93</b>
8.1	ELECTRICITE .....	93
8.1.1	Production sur site .....	93
8.1.2	Raccordement au réseau d'électricité.....	93
8.2	CHAUFFAGE .....	93
8.2.1	Production sur site .....	93
8.2.2	Réseau de Chaleur Urbain .....	93
8.3	EAU CHAUDE SANITAIRE.....	95
8.3.1	Réseau de Chaleur Urbain .....	95
8.3.2	Production sur site .....	95
8.4	FROID.....	95
8.4.1	Free-cooling.....	95

---

8.4.2	<i>Rafraichissement adiabatique</i> .....	96
8.4.3	<i>Groupe froid - PAC</i> .....	96
<b>9</b>	<b>SYNTHESE</b> .....	<b>97</b>

# 1 PREAMBULE

L'étude de **faisabilité sur le potentiel de développement en Energies Renouvelables et de Récupération** (EnR&R) vise à éclairer les différents acteurs sur l'opportunité de mobiliser des ressources EnR&R dans les projets d'aménagement.

L'étude présente les gisements disponibles localement. Elle met en avant les opportunités de développement au regard du contexte et du projet et les possibilités de mutualisation des moyens de production énergétique. Une réflexion globale sur la capacité d'extension ou de création de réseaux de chaleur et/ou de froid est également menée. L'objectif premier visé étant la réduction de l'utilisation des énergies fossiles.

L'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en EnR&R est rendue obligatoire pour « *toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale* » (article L300-1 du Code de l'urbanisme).

Les critères et seuils des projets soumis à évaluation environnementale ou à examen au cas par cas, sont définis par le Code de l'environnement (article R122-2 et tableau annexé). Les opérations d'aménagement sont plus particulièrement concernées par la rubrique 39° qui rend obligatoire l'évaluation environnementale pour les « *Opérations d'aménagement dont le terrain d'assiette est supérieur ou égal à 10 ha, ou dont la surface de plancher [...] ou l'emprise au sol [...] est supérieure ou égale à 40 000 m<sup>2</sup>* » et soumet au cas par cas les « *Opérations d'aménagement dont le terrain d'assiette est compris entre 5 et 10 ha, ou dont la surface de plancher [...] ou l'emprise au sol [...] est comprise entre 10 000 et 40 000 m<sup>2</sup>* ».

La présente étude concerne le **projet d'extension des tribunes du stade Gabriel Montpied**.

Celui-ci dispose actuellement d'une capacité de 10 800 places (tribune Ouest fixe et tribunes Nord, Est et Sud actuellement en structures démontables). Le souhait de la collectivité est d'augmenter la capacité de ce stade pour accompagner le développement des clubs de football et de rugby et accueillir des événements sportifs internationaux.

Le projet d'extension objet de la présente évaluation environnementale, tel qu'il a été voté et financé par la CAM, prévoit une capacité de 16 304 places dont 2 774 places sur structures modulaires existantes Nord et Sud et 6 994 places en tribune Ouest (Gergovie) existante. La phase de travaux de construction de la tribune Est (aujourd'hui existante en tant que structure provisoire et appelée « Limagne ») est prévue de 2021 à 2023.

En plus des nouvelles places assises sur la tribune Est, le projet prévoit plusieurs types d'espaces intérieurs :

- Une zone sportive et média, avec des espaces dédiés aux arbitres, aux équipes, une salle de conférence de presse, des zones d'interview, des locaux techniques pour les caméras et la sécurité, deux salles de presse, une infirmerie, un centre médical, un office traiteur, etc .
- Une arène et des Places à prestation, avec un salon d'honneur, des loges VIP, des salons business,
- Un gymnase 40 x 20m de 7,1 m de haut, et mur d'escalade de 8,6 m de haut et une zone d'activités, qui peuvent fonctionner de manière totalement indépendante du fonctionnement du stade (mais ne fonctionneront pas les jours de match pour des raisons de sécurité), et sont visibles depuis l'extérieur.

La présente étude propose tout d'abord un état des lieux du contexte énergétique de l'opération puis une évaluation des opportunités énergétiques au regard des besoins identifiés.

Les principales énergies renouvelables et de récupération sont listées ci-dessous. Les ressources étudiées apparaissent en bleu. Les énergies marines et hydrauliques sont exclues de l'étude du fait de l'absence de cours d'eau important et de façade maritime à proximité du projet.

	Energie	Ressource	Utilisation	Système	Echelle
RENOUVELABLE	Solaire thermique	Soleil	Chaleur	Panneaux indépendants	Bâtiment
				Ensemble de panneaux avec réseau de chaleur	Quartier/Ville
	Solaire photovoltaïque		Électricité	Panneaux indépendants	Bâtiment/stationnements
				Installation collective	Quartier/Ville
	Éolien	Vent	Électricité	Petit éolien	Bâtiment/Quartier
				Grand éolien	Ville
	Géothermie	Sols	Chaleur/ Froid	Superficielle	Bâtiment
				Sur sondes	Bâtiment/Quartier
				Profonde (avec réseau de chaleur/froid)	Ville
	Aérothermie	Air	Chaleur/ Froid	Pompe à chaleur (PAC)	Bâtiment
	Marine	Courants marins	Électricité	Hydroliennes, unités marémotrice, houlomotrice	Ville
	Hydraulique	Cours d'eau	Électricité	Petit hydraulique	Quartier/Ville
				Grand hydraulique	Ville
Biomasse par combustion	Bois-énergie	Chaleur/ Électricité	Chaudières biomasse, individuelle et collective	Bâtiment/ Quartier/Ville	
Biomasse par méthanisation	Déchets, matières agricoles, boues d'épuration	Chaleur/ Électricité par cogénération	Injection réseau de distribution de gaz	Ville	
			Combustion sur lieu de production	Bâtiment	
			Chaudière gaz collective et réseau de chaleur	Quartier/Ville	
RECUPEARATION	Chaleur fatale	Industrie, data centers, incinération de déchets, process industriel	Chaleur/ Électricité	Turbine électrique ou chaleur distribuée par un réseau	Quartier/Ville
				Récupération de chaleur des bâtiments ou sur data center	Bâtiment / Quartier
	Chaleur des eaux usées	Eaux usées	Chaleur	Échangeur et PAC	Bâtiment
Échangeur, réseau de chaleur basse température et PAC				Quartier	

Tableau 1 : Liste des énergies renouvelables et de récupération étudiées dans la présente étude

## 2 OBJET DE L'ETUDE

Une étude sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements consiste à éclairer les différents acteurs sur l'opportunité de mobiliser des sources énergétiques renouvelables présentes sur le site ou à sa proximité, et à mettre en lumière les possibilités de mutualisation des moyens de production énergétiques. Une réflexion globale sur la capacité d'extension ou de création de réseaux de chaleur et/ou de froid sera notamment menée, l'objectif premier étant la réduction de l'utilisation des énergies traditionnelles et fossiles.

### 2.1.1 ASPECTS REGLEMENTAIRES

L'article L300-1 du Code de l'Urbanisme<sup>1</sup> prévoit que « Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale 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. Un décret en Conseil d'Etat détermine les modalités de prise en compte des conclusions de cette étude de faisabilité dans l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-3 du code de l'environnement. »

Le décret n° 2019-474 du 21 mai 2019 précise que les conclusions de cette étude EnR et une description de la façon dont il en est tenu compte doit être comprise dans l'étude d'impact.

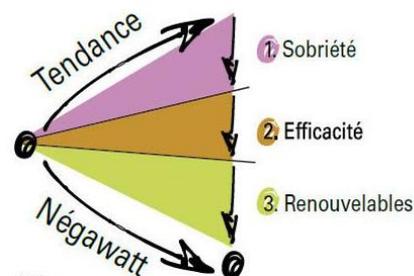
### 2.1.2 ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

La prise de conscience globale de l'impact des consommations énergétiques sur le climat et sur l'environnement invite à un changement de regard sur l'énergie, afin de mieux consommer au lieu de consommer plus. Un des principaux postes de consommation d'énergie finale en France étant le bâtiment (44% de l'énergie consommée chaque année en moyenne au niveau français), les maîtres d'ouvrage (collectivités, aménageurs...) disposent de leviers importants pour développer les énergies renouvelables au cœur des projets de bâtiments et d'aménagement.

La présente étude porte à la fois sur les énergies renouvelables et de récupération (EnR&R).

### 2.1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif de l'étude est d'évaluer la disponibilité des différentes énergies renouvelables ou de récupération (EnR) sur le site, ainsi que la pertinence technique de leur mobilisation au niveau de la zone aménagée, afin d'apporter des éléments d'aide à la décision et des préconisations pour la réalisation de l'aménagement. Le recours aux EnR&R doit être envisagé comme le dernier maillon d'une chaîne vertueuse visant en premier lieu à réduire les consommations d'énergies fossiles non renouvelables et relocaliser la production. Cette étape doit intervenir après la mise en place d'actions de sobriété (suppression du gaspillage et diminution des besoins superflus) et d'efficacité (réduction des pertes énergétiques). Ces deux actions interviennent concrètement sur la diminution des besoins et consommations énergétiques. La mise en place d'EnR&R agit, quant à elle, sur les besoins non réductibles en énergie afin de rendre plus durable l'activité du site en limitant le recours aux énergies fossiles non renouvelables.

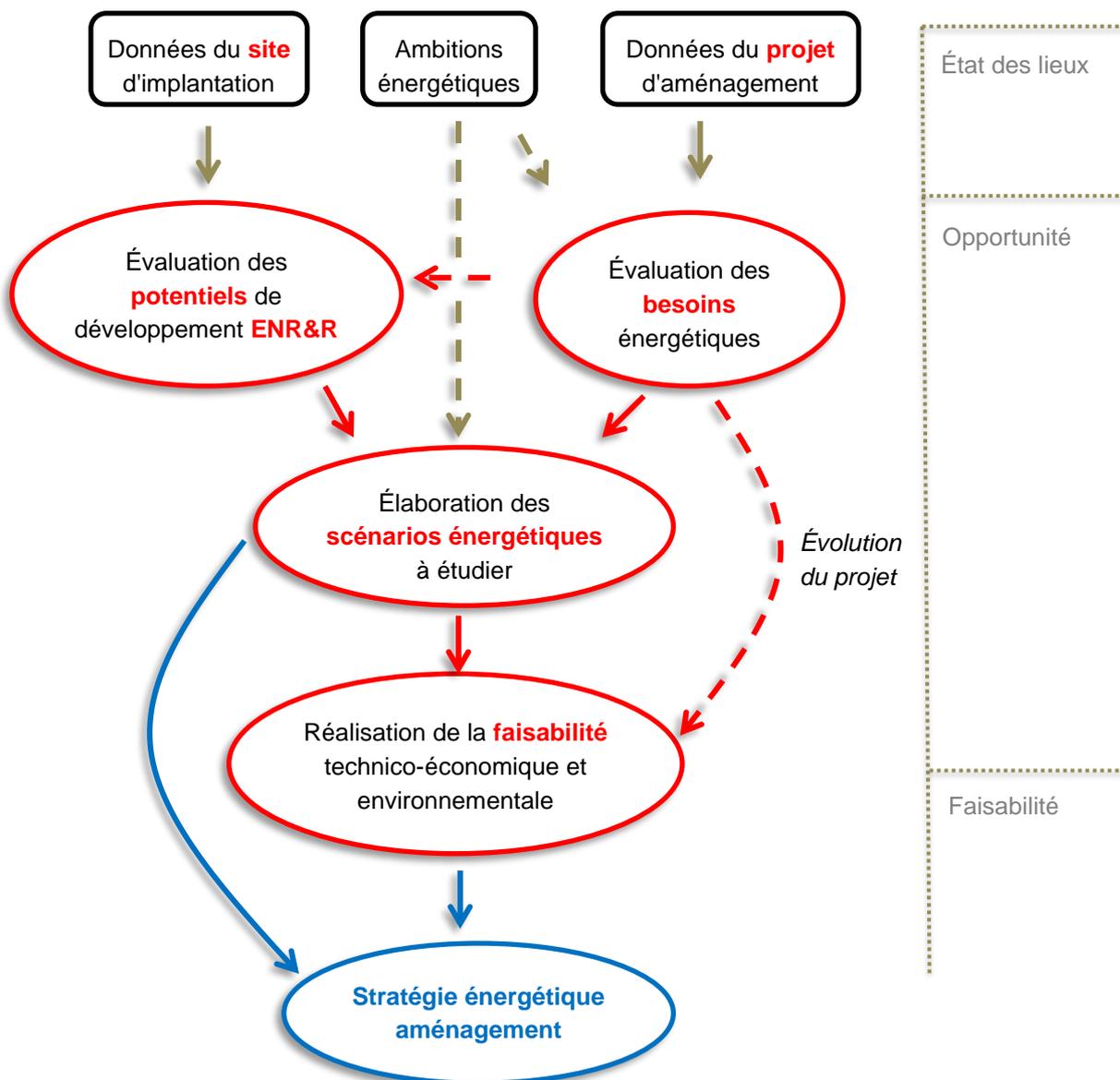


<sup>1</sup> Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGIARTI000037666634/2018-11-25/>

### 3 METHODOLOGIE GENERALE DE L'ETUDE

#### 3.1 METHODOLOGIE GENERALE D'UNE ETUDE DE FAISABILITE ENR&R

À partir des données d'entrée liées au site (climat, sous-sol, risques industriels...) et au projet d'aménagement (surfaces construites, phasage, destination des bâtiments, réhabilitations...), une succession d'étapes d'analyses et d'évaluations permet de dégager des solutions énergétiques pertinentes pour le projet et de fournir des éléments d'ordre économique et environnemental alimentant la stratégie énergétique de l'aménagement.



L'étude EnR&R est amenée à **évoluer** entre ces étapes : l'évaluation des besoins énergétiques alimentant les scénarii puis la faisabilité, la précision de la programmation engendrera des modifications et précisions.

## 3.2 METHODOLOGIE

Dans la présente étude, le stade s'insère dans les projets urbains alentours.

Aussi, la partie 1 (évaluation des gisements et des potentiels) propose une approche centrée sur le stade mais étudie tout de même les gisements potentiels à l'échelle du quartier.

En revanche, ne disposant pas d'informations à l'échelle du quartier, les scénarios énergétiques, (partie 2) ne peuvent pas être réalisés à l'échelle du quartier. La partie 2 se concentre sur l'extension du stade seule, objet du permis d'aménager.

### 3.2.1 PARTIE 1 – ETAT DES LIEUX ENR&R

L'état des lieux consiste à collecter les informations nécessaires à la réalisation de l'étude et de les analyser. Les données disponibles concernent les données du site ainsi que le gisement en ENR&R.

Ce travail de collecte et de synthèse de données est réalisé au niveau local ou régional : données climatologiques, hydrologiques et géologiques, filières bois locales, etc.

Par ailleurs, les ressources renouvelables seront examinées à la lumière des orientations du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires, du Plan Climat Air Énergie Territorial et du Schéma directeur des énergies lorsqu'il en existe un.

### 3.2.2 PARTIE 2 – OPPORTUNITES TECHNICO-ECONOMIQUES

#### 3.2.2.1 Evaluation des besoins

A partir des données disponibles, notamment de programmation, les besoins énergétiques globaux des bâtiments sont définis. Une étude à l'échelle urbaine ne permet pas une évaluation fine des besoins, mais apporte des ordres de grandeurs, alimentant par la suite les scénarios les plus pertinents à étudier.

La réalisation de l'étude du potentiel de développement en énergies renouvelables nécessite de disposer des données suivantes :

- Postes de consommations énergétiques.
- Usage des bâtiments.
- Phasage de l'opération (variation des besoins dans le temps).
- Zonage de l'opération (géolocalisation des besoins).

Les postes de consommations classiquement considérés sont définis dans le tableau suivant :

chauffage	chauffage des bâtiments
ECS	eau chaude sanitaire
rafraîchissement	rafraîchissement des bâtiments
éclairage	éclairage des bâtiments
auxiliaires	auxiliaires de distribution hydrauliques et aérauliques des installations techniques
électricité spécifique	bureautique, électroménager, process mécanique
chaud process	chaleur nécessaire pour un process spécifique (chauffage de bassin de piscine, blanchisserie)
froid process	froid nécessaire pour un process spécifique (chambres froides cuisine centrale, patinoire)

Figure 1 : définition des postes de consommations énergétiques

Les 5 premiers postes sont les postes pris en compte par la réglementation thermique en vigueur (RT2012). D'autres postes de consommation sont à considérer :

- **Electricité spécifique** : bureautique, électroménager, process mécanique (ce poste sera pris en compte dans le cadre de la future réglementation environnementale RE2020 sous forme de ratios type en fonction des typologie de programme).
- **Chaud** : spécifique à un process, comme un bassin de piscine.
- **Froid** : spécifique à un process, comme des chambres froides ou une patinoire.

### 3.2.2.2 Proposition des scénarios à étudier

Cette étape consiste à établir des scénarios d'approvisionnement énergétique pertinents dans le cadre de l'opération. Ils seront comparés à un scénario dit « de base », correspondant à la solution la plus courante actuellement au sein du territoire et des quartiers environnants.

### 3.2.2.3 Etude technico économique et environnementale

Cette étude vise à comparer les différents scénarios définis précédemment, en faisant apparaître pour chacun d'eux :

- Les coûts d'investissement / maintenance / exploitation sur 30 ans, incluant la revente potentielle de l'électricité au réseau.
- Les émissions de CO<sub>2</sub> et la production de déchets nucléaires associées au fonctionnement des installations sur la même durée de vie.
- La part de production ENR&R dans le mix énergétique.

## **PARTIE 1 – ETAT DES LIEUX**

Cette première phase de l'étude sur le potentiel de développement en Energies Renouvelables et de Récupération (ENR&R), a pour objet de clarifier le domaine des possibles et les enjeux associés à l'opération d'aménagement.

En effet, le secteur du bâtiment représente aujourd'hui 44% des énergies consommées chaque année, et les choix d'aménagement qui seront réalisés vont avoir des impacts climatiques, environnementaux et économiques sur plusieurs décennies.

Il apparaît donc opportun de clarifier dès cette première phase de travail, les éléments relevant du contexte dans lequel s'inscrit l'opération et de dresser un état des lieux des gisements d'ENR&R disponibles localement.

## 4 DOCUMENTS CADRES ET CONTEXTE ENERGETIQUE

### 4.1 DEFINITIONS ET CHIFFRES CLEFS

#### 4.1.1 TRANSFORMATION D'ENERGIE

Energie primaire : notée EP

L'énergie primaire correspond à des produits énergétiques « bruts » dans l'état (ou proches de l'état) dans lequel ils sont fournis par la nature : charbon, pétrole, gaz naturel, solaire, bois (également déchets combustibles qui sont fournis par les activités humaines).

Energie finale : notée EF

L'énergie finale ou disponible est l'énergie vendue et livrée au consommateur pour sa consommation finale (électricité au foyer, essence à la pompe...).

Transformation d'énergie primaire en énergie finale :

La transformation d'énergie primaire (nucléaire, chimique, mécanique ou thermique) en électricité s'accompagne de pertes. Les coefficients utilisés pour la transformation des différentes énergies primaires en énergies finales sont présentés dans le tableau suivant :

Energie	Coefficient
Electricité	2.58
Energie fossile	1
Bois-énergie	0.6
Energie renouvelable	0
Energie de récupération	0
Réseau thermique	1 – taux d'EnR&R

La notion d'énergie primaire permet d'intégrer la somme des énergies consommées pour la production, le transport et la transformation des énergies secondaires : l'électricité et les combustibles fossiles transformés notamment (gaz naturel purifié, pétrole raffiné...).

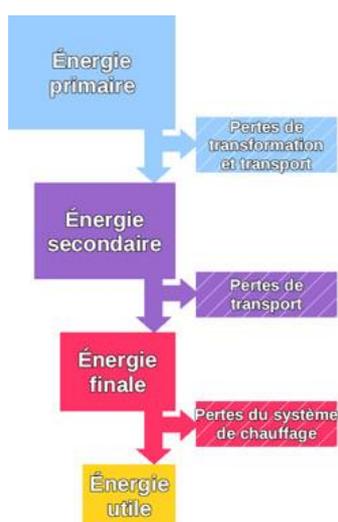


Figure 2: De l'énergie primaire à l'énergie finale

Energie utile : notée EU

C'est l'énergie réellement consommée par l'utilisateur final : la chaleur émise par un radiateur, l'électricité alimentant un téléviseur...

#### 4.1.2 ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION

Les EnR&R ont la capacité de satisfaire tout ou partie des besoins énergétiques. Différents usages peuvent être satisfaits à partir de chacune d'entre elles. Le Tableau 1 page 7 donne un aperçu des utilisations et échelles des installations EnR&R.

L'article 29 de la loi de programme n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique précise :

« Les **sources d'énergies renouvelables** sont les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz. La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers. »

Une **énergie de récupération** est issue de la fraction non biodégradable des déchets ménagers ou assimilés, des déchets des collectivités, des déchets industriels, des résidus de papeterie et de raffinerie, les gaz de récupération (mines, cokerie, haut-fourneau, aciérie et gaz fatals) et la récupération de chaleur sur eaux usées ou de chaleur fatale à l'exclusion de la chaleur produite par une installation de cogénération pour la part issue d'énergie fossile.

*NB : La distinction entre les deux systèmes suivants :*

Réseau de chaleur : Le réseau de chaleur est constitué d'une chaufferie centrale et d'un réseau de canalisations enterrées et isolées desservant plusieurs sous-stations généralement équipées d'un échangeur. Le producteur de chaleur exploitant la chaufferie est juridiquement distinct des usagers consommateurs de l'énergie thermique au moins au nombre de deux (distinct des chaufferies dédiées).

Chaufferie mutualisée : Par opposition, chaufferie alimentant au moins deux bâtiments et dont l'exploitant est consommateur de l'énergie produite. Le transfert de chaleur s'opère via un moyen autre que par échangeur à plaque.

#### 4.1.3 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ASSOCIEES AUX SOURCES D'ENERGIE

Afin de comparer le bilan en termes d'émissions de gaz à effet de serre de différentes solutions d'approvisionnement énergétique, nous utilisons des facteurs de conversion de l'énergie en équivalent CO<sub>2</sub>.

##### > **Electricité** :

Les moyens de production d'électricité émettent des gaz à effet de serre. Ces émissions de GES standardisées sont présentées dans le tableau ci-dessous. Elles comprennent les étapes liées à la combustion du combustible pour les centrales thermiques, à la mise à disposition du combustible pour les centrales thermiques et nucléaires, ainsi que les émissions liées à la construction de la centrale ou des installations (valable également pour les énergies renouvelables).

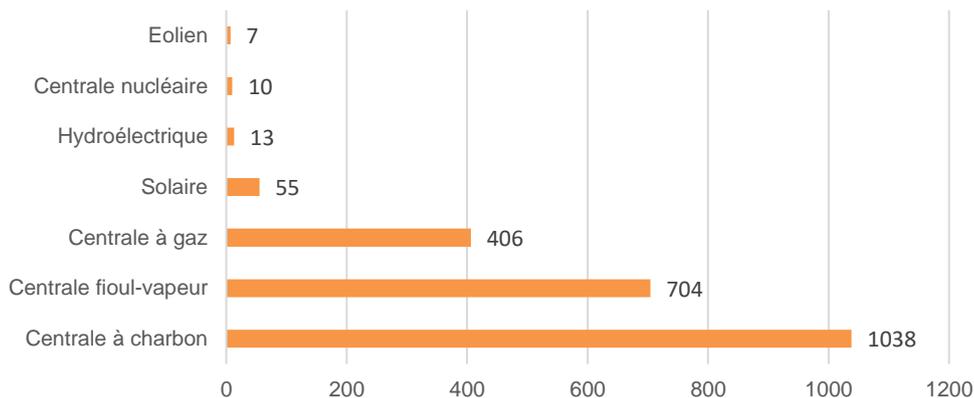


Figure 3 : Emissions de GES des sources de production d'électricité, en gCO<sub>2</sub>/kWh

Sources : ADEME, *Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone* ©, *Scope 2 et Energy Policy (Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. B K Sovacool, 2008)*

Aussi, et parce qu'ils ne sont pas produits de la même manière au même moment, les impacts environnementaux de l'électricité diffèrent en fonction des usages : chauffage, climatisation, ECS, éclairage, autres usages.

#### > Réseau de chaleur :

Les émissions de gaz à effet de serre pour la l'alimentation de réseau de chaleur dépendent quant à elles du système et des combustibles qui ont été utilisés. **Les réseaux de chaleur et de froid disposent donc d'un facteur d'émission qui leur est propre, calculé en fonction du mix de leur alimentation.**

#### > Autres données environnementales de la production énergétique :

Les **combustibles** (gaz, fioul, bois, propane) ont des impacts environnementaux différents. Leurs émissions de carbone par kWh ainsi que leur contribution à l'acidification des sols et de l'eau ou la quantité de déchets radioactifs éliminés sont autant d'indicateurs permettant la comparaison entre elles des différentes solutions d'approvisionnement énergétique. Ces valeurs sont elles aussi standardisées.

## 4.2 ENJEUX NATIONAUX ET SUPRANATIONAUX

### 4.2.1 ÉCHELLE EUROPEENNE : PAQUET CLIMAT ÉNERGIE

Trois grands objectifs sont fixés à l'échelle Européenne à l'horizon 2030 :

- Réduire les émissions de GES de 40% par rapport aux niveaux de 1990
- Porter à 27% la part d'ENR&R dans la consommation d'énergie finale de l'UE
- Améliorer l'efficacité énergétique d'au moins 27%.

### 4.2.2 ÉCHELLE NATIONALE POUR 2030 (LOI DE TRANSITION ENERGETIQUE)

A une échelle nationale, la **Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte** (LTECV, 2015) a fixé des objectifs ambitieux en matière de développement des énergies renouvelables. Elle est déclinée sous la forme des **Programmations Pluriannuelles de l'Énergie** (PPE), fixant des objectifs quantitatifs pour chaque filière renouvelable. Voici les objectifs à l'horizon 2030 :

- Augmenter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale brute d'énergie.
- Atteindre 40 % de la production d'électricité d'origine renouvelable.
- Atteindre 38 % de la consommation finale de chaleur d'origine renouvelable.
- Atteindre 15 % de la consommation finale de carburant d'origine renouvelable.
- Atteindre 10 % de la consommation de gaz d'origine renouvelable.
- Multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid.

La **loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat** fixe des objectifs s'inscrivant dans la trajectoire de neutralité carbone pour 2050. Elle porte notamment sur la sortie progressive des énergies fossiles et le développement des énergies renouvelables. La loi actualise, dans son article 1, les **objectifs de la politique énergétique de la France** notamment en prévoyant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050, une baisse de 40% de la consommation d'énergies fossiles d'ici à 2030, contre 30% précédemment, et la fermeture des dernières centrales à charbon en 2022. Elle décale aussi de 2025 à 2035 la réduction à 50% de la part du nucléaire dans la production électrique. Elle prévoit également de réserver une part de l'objectif de développement de l'hydroélectricité à la petite hydroélectricité. Elle fixe aussi un objectif de 20% d'hydrogène bas-carbone et renouvelable dans la consommation totale d'hydrogène et 40% dans la consommation d'hydrogène industriel d'ici 2030.

Les projets d'aménagement s'inscrivent donc dans ce cadre réglementaire évoluant vers une production d'énergies renouvelables et une diminution des énergies fossiles, notamment, comme mentionné en §2.1.1 avec l'**article L300-1 du Code de l'Urbanisme** qui impose l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergie renouvelable et de récupération pour toute opération faisant l'objet d'une évaluation environnementale. Le **décret n° 2019-474 du 21 mai 2019** ajoute que les conclusions de cette étude EnR et une description de la façon dont il en est tenu compte doit être comprise dans l'étude d'impact.

La **réglementation thermique 2012 (RT2012)** fixe quant à elle des exigences de résultats en matière de conception du bâtiment, de confort et de consommation d'énergie. Le plafond de référence est de 50 kWhep/m<sup>2</sup>.an pour les constructions neuves, pour cinq usages dits réglementés : chauffage, rafraîchissement, eau chaude sanitaire, ventilation et auxiliaires. Elle fixe également des objectifs sur les besoins climatiques du bâti (Bbiomax), de confort en été en passant par des exigences de moyens : étanchéité, surface vitrée, affichage des consommations d'énergie. La RT2012 met donc en avant la limitation des besoins énergétiques du bâtiment et inclus des garde-fous de conception bioclimatique.

La **future Règlementation Environnementale (RE2020)**, qui entrera en vigueur à l'été 2021, s'inscrit dans cette continuité d'amélioration des performances énergétiques des bâtiments. Elle prendra en compte deux critères principaux : **les performances énergétiques et les performances carbone de l'opération de construction**. La baisse des consommations des bâtiments neufs devrait également être renforcée avec l'indicateur du besoin bioclimatique et un objectif de confort d'été sera ajouté.

*NB : Au moment où nous rédigeons ce rapport, les modalités de la RE 2020 ne sont pas encore parfaitement connues. Cependant, en France et depuis 2016, le label E+C- permet une phase de test et d'expérimentation qui nous offre des clés importantes de compréhension de la future réglementation. Ce label est présenté ci-après.*

Le **label E+C-** répond à des niveaux de performance précis et préfigure la RE2020.

Il propose **4 niveaux énergétiques et 2 niveaux carbone, sur lesquels les bâtiments sont évalués**. La méthode d'évaluation définit des règles de calcul d'indicateurs relatifs au bilan énergétique et à la performance environnementale.

*E+ : une énergie positive*

**Le niveau Energie** est basé sur l'indicateur du bilan énergétique maximal et comprend 4 échelons :

> **Les deux premiers niveaux E1 et E2 constituent une avancée minime par rapport à la RT2012.**

Leur obtention doit passer par une amélioration des performances du bâtiment à coût maîtrisé, par des mesures d'efficacité énergétique, sans nécessité de production d'énergies renouvelables.

> **Le niveau 3 requiert davantage d'efforts en termes de d'efficacité énergétique du bâti et des systèmes, auxquels devront s'ajouter une production d'énergie renouvelable (chaleur ou électricité).**

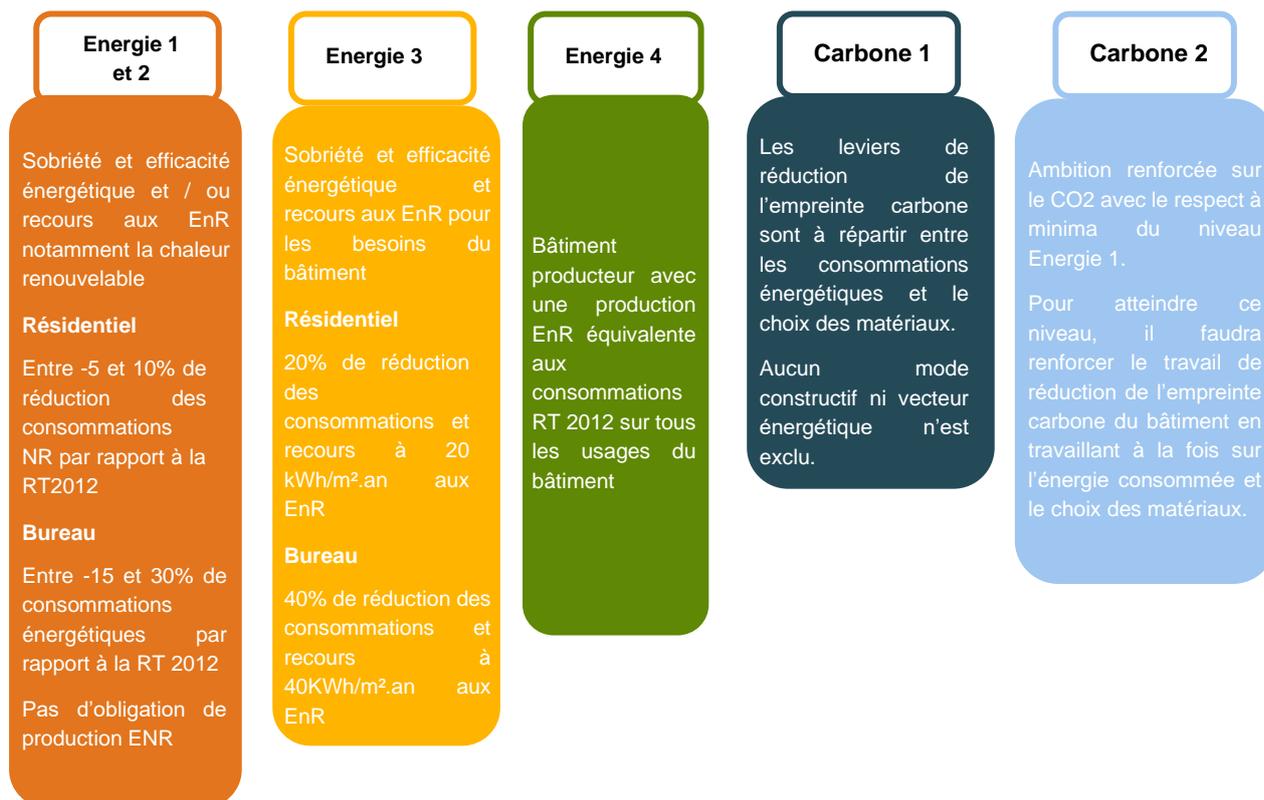
> Enfin, le niveau 4 constitue nécessaire un effort important pour conduire à un **bilan énergétique nul ou négatif sur tous les usages**.

*C - : un impact carbone négatif*

**Les niveaux Carbone** sont évalués en comparaison avec un niveau d'émission de gaz à effet de serre maximal sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment (considéré à 50 ans). Cela inclus la part relative à la construction (relative aux produits de construction et équipements) ainsi que la part relative à l'exploitation (consommations d'énergies)

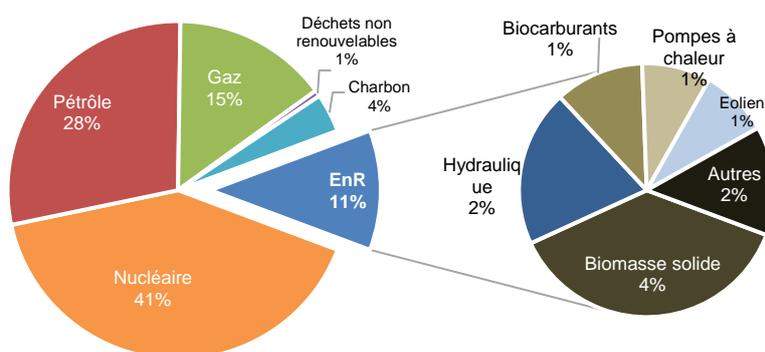
> **Le premier niveau C1** vise à impliquer l'ensemble des acteurs du bâtiment dans la démarche d'évaluation des impacts du bâtiment, sans produire d'effort important.

> **Le niveau C2 nécessite un effort important permettant une réduction de l'empreinte carbone** des matériaux et équipements mis en œuvre et des consommations énergétiques du bâtiment.



### 4.2.3 CONTEXTE ENERGETIQUE NATIONAL

**Consommation d'énergie primaire** : en France, la consommation d'énergie primaire est composée à 40% d'énergie nucléaire, puis à 29% de pétrole. Les énergies renouvelables ont une part limitée à seulement 11%.



Consommation d'énergie primaire en France

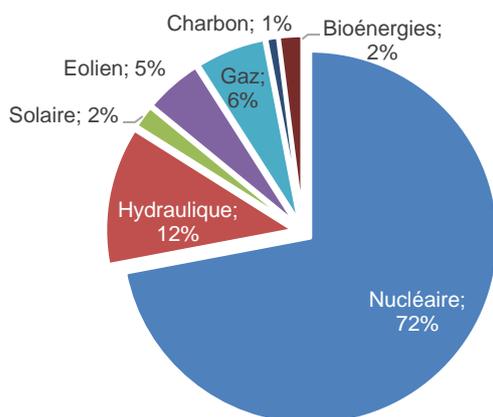
Source : Chiffres clés de l'énergie, édition 2019, Commissariat général au développement durable

**Usages de l'énergie** : le plus gros poste énergétique de la France est la consommation de chaleur qui constitue 50% de l'usage totale de l'énergie, suivi de la mobilité (35%) et de l'électricité spécifique (15%). Le secteur du résidentiel et tertiaire est le plus gros consommateur de chaleur (environ deux tiers de la consommation nationale).

**Production de chaleur** : la chaleur est produite à 85% par des ressources non renouvelables (gaz principalement et produits pétroliers).

Source : Scénario Négawatt 2017-2050 ; CEREMA

**Production électrique** : la puissance installée d'électricité est majoritairement composée du **nucléaire** (48%, pour une puissance totale installée de plus de 63 000 MW). L'énergie nucléaire est produite en France par 58 réacteurs, allant de 900 MW à 1 450 MW de puissance unitaire. **En revanche, en termes de production d'électricité, le nucléaire représente 72% du mix énergétique.** Cette différence entre puissance installée et production réelle s'explique par l'intermittence de certaines ressources, le déphasage entre demande et production et les arrêts de maintenance. **Les énergies renouvelables sont représentées par l'hydraulique (12% de la production électrique), puis l'éolien (5%). Le solaire ne représente que 2% de la production électrique.**



Production électrique par source en France

Source : Bilan électrique RTE 2018

**Secteur résidentiel** : les logements anciens non isolés, correspondant aux années de construction de 1960 à 1970, ont une consommation de **chauffage** finale estimée entre **240 et 320 kWh/m<sup>2</sup>/an**. En comparaison, les logements d'état moyen (années 1990 à 2000, ou plus anciens mais ayant fait l'objet d'une petite réhabilitation) consomment en moyenne **160 kWh/m<sup>2</sup>/an**. Le niveau Bâtiment Basse Consommation atteint aujourd'hui **32 kWh/m<sup>2</sup>/an** et les logements passifs ne consomment en moyenne que **15 kWh/m<sup>2</sup>/an** de chauffage.

Concernant la **consommation électrique spécifique** (hors éclairage, auxiliaires de chauffage et ventilation) des logements français, elle s'élève en moyenne à **3 000 kWh/an (soit 47 kWh/m<sup>2</sup>/an en moyenne)** mais peut être **divisée par 2** à confort égal avec quelques dispositifs et mesures (arrêt des circulateurs de pompes de chauffage en même temps que le chauffage, alimentation des équipements type lave-vaisselle en eau chaude par un système de chauffage solaire, système de coupure généralisée des appareillages hifi ...). La consommation électrique peut même atteindre **750 kWh/an** pour les logements très performants.

Source : HESPUL, Chiffres clés de l'énergie dans un projet d'aménagement.

## 4.3 ENJEU ET CADRE LOCAL EN MATIERE D'ÉNERGIE-CLIMAT

### 4.3.1 ÉCHELLE REGIONALE

#### SRADDET

Au SRCAE (Schéma Régional Climat Air Energie) doit succéder le nouveau SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires) de portée prescriptive et plus intégratrice.

Le SRADDET fixe les objectifs de moyen et long termes en lien avec plusieurs thématiques dont la maîtrise et valorisation de l'énergie, et la lutte contre le changement climatique.

Le SRADDET de la Région Auvergne-Rhône-Alpes a été adopté le 20 décembre 2019 en assemblée plénière.

Conformément aux dispositions de l'article L.4251-3 du CGCT, les SCoT, PLUi, PLU, cartes communales, PDU, PCAET et chartes des PNR devront prendre en compte les objectifs du SRADDET et être compatibles avec les règles générales de ce schéma.

Les objectifs en termes de production d'énergie renouvelable et de récupération fixés dans la version actuelle du schéma figurent ci-dessous.

En tant que successeur du SRCAE, le SRADDET décline les **objectifs par secteur d'activité et décrit les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs.**

En 2015, environ 20% de l'énergie consommée à l'échelle de la région était produite par des énergies renouvelables (essentiellement bois-énergie et hydroélectricité). **L'ambition globale à l'échelle de la Région est d'augmenter de 54% à l'horizon 2030 la production d'énergie renouvelable**, et de porter cet effort à +100% à l'horizon 2050, tout en réduisant la consommation énergétique de la région de 23% par habitant à l'horizon 2030 et en portant cet effort à -38% à l'horizon 2050.

Filière	Production 2015 en GWh	Production 2023 en GWh	Production 2030 en GWh	Part	Production 2050 en GWh	Part
Hydroélectricité	26 345	26 984	27 552	39 %	27 552	30 %
Bois Energie	13 900	16 350	19 900	28 %	22 400	25 %
Méthanisation	433	2 220	5 933	8 %	11 033	12 %
Photovoltaïque	739	3 849	7 149	10 %	14 298	16 %
Eolien	773	2 653	4 807	7 %	7 700	8,5 %
PAC / Géothermie	2 086	2 470	2 621	4 %	3 931	4 %
Déchets	1 676	1 579	1 499	2 %	1 500	1 %
Solaire thermique	220	735	1490	2 %	1 862	2 %
Chaleur fatale	0	155	271	0 %	571	0,5 %
<b>Total</b>	<b>46 173</b>	<b>56 996</b>	<b>71 221</b>	<b>100 %</b>	<b>90 846</b>	<b>100 %</b>

Figure 4 : Objectifs de développement des énergies renouvelables et de récupération du SRADDET Auvergne-Rhône-Alpes

#### S3REN

L'article L321-7 du code de l'énergie prévoit que RTE élabore un **Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REN)** afin de lancer les développements de réseau nécessaires à l'atteinte des objectifs du SRCAE et de mutualiser les coûts de développement de réseau

entre les différents producteurs. Dans le cadre du passage du SRCAE au SRADDET, le S3REnR est en cours de révision. IL doit être déposé auprès du préfet 6 mois après la publication du SRADDET (+1 mois de consultation des parties prenantes). D'après le S3REnR actuellement valable, à l'échelle de l'ancienne Région Auvergne, approuvé en date du 28 février 2013.

L'ambition régionale pour 2020 qui était affichée dans le SRCAE est d'atteindre un objectif de production d'énergies renouvelables équivalente à 30% dans la consommation énergétique finale.

Cette ambition peut être traduite par une puissance d'environ 2224 MW pour l'ensemble des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables.

Energie	Objectif 2020= existant + effort à réaliser
Eolien	800 MW
PV	200 MW
Dont PV au sol	80 MW
Et PV en toiture	120 MW
Hydro-électricité	Stabilité du productible <sup>6</sup> : 1025 MW existants + 53 MW
Méthanisation	+ 2,5 MW par rapport à l'existant
Géothermie	5 MW

Figure 5 : Ambitions d'énergie renouvelable au S3REnR en 2013

Concernant l'éolien, le SRCAE propose que la répartition de l'implantation des éoliennes soit équilibrée entre les différents départements de la région, avec, pour chacun, un objectif compris entre 175 et 225 MW installés au total en 2020.

Au moment de la validation du SRCAE, la production d'énergie renouvelable en service était de 1328 MW, et la production en file d'attente était de 119 MW. A fin janvier 2013, 1340 MW de productions EnR étaient en service, et 298 MW en file d'attente, soit un état initial de 1638 MW au total.

## 4.3.2 ÉCHELLE METROPOLITAINE

### PCAET (Plan Climat Air Energie Territorial)

En 2014, La Communauté de Clermont s'est engagée dans un Plan Climat Énergie Territorial, puis, dans le cadre de sa révision, un **Schéma de Transition Énergétique et Ecologique**<sup>2</sup> de la CAM a été approuvé le 25 février 2019, en tant que document cadre de la collectivité, qui a vocation à englober l'ensemble des politiques publiques des deux collectivités (CAM et Ville de Clermont-Ferrand), au regard du développement durable.

Le schéma de transition énergétique et écologique comprend deux volets : un volet énergétique, climatique et qualité de l'air, un volet écologique. Le volet énergie, climat et qualité de l'air répond à l'obligation réglementaire de Clermont Auvergne Métropole de réaliser un Plan Climat Air Energie Territorial, au même titre que l'ensemble des établissements publics de coopération intercommunale de plus de 20 000 habitants.

De plus, le schéma intègre la démarche « Territoire à Energie POSitive » (TEPOS), dans laquelle s'est engagée Clermont Auvergne Métropole par délibération du 14 octobre 2016, avec un double objectif : réduire de manière sensible la consommation énergétique du territoire et couvrir les besoins restants à 100 % avec des énergies renouvelables d'ici 2050.

<sup>2</sup> [https://clermont-ferrand.fr/docs/delib/CM30032018/30%2003%202018\\_ODJ01.pdf](https://clermont-ferrand.fr/docs/delib/CM30032018/30%2003%202018_ODJ01.pdf)

Ce schéma a identifié en 2017 un potentiel de production énergétique du territoire estimé à 3060 GWh à l'horizon 2050, soit une couverture de 97,6% des consommations. **Le plus grand potentiel d'augmentation de production énergétique est dans le photovoltaïque (1 150 GWh de potentiel), ainsi que dans le bois énergie (400 GWh) et la valorisation de chaleur fatale (400 GWh).** Il n'y a peu ou pas de potentiel en énergie hydroélectrique et éolienne.

Les objectifs stratégiques retenus dans ce schéma sont les suivants :

Energies renouvelables de récupération (en GWh)					
<b>Chaleur renouvelable</b>					
Bois énergie	461	477	488	500	610
Biogaz	22	30	35	50	100
Géothermie	89	105	116	140	250
Solaire thermique	22	30	35	46	100
UIOM thermique	0	55	70	100	360
Récupération des eaux usées	0	0	0	0	0
<b>Electricité renouvelable</b>					
Photovoltaïque	140	204	247	332	760
Hydroélectricité	0	0	0	0	0
Eolien	0	0	0	0	9
UIOM Electricité	0	0	0	110	110
<b>Total</b>					<b>2299</b>
<b>Livraison d'énergie par les réseaux de chaleur</b>	231	294	411	460	800

Tableau 2 : Objectifs stratégiques du Schéma d Transition Ecologique et Energétique de la CAM de 2015 jusqu'à 2050

Le plan d'actions du schéma se base sur 3 axes :

- Axe 1 : Préserver nos ressources et adapter notre territoire aux changements à venir.
- Axe 2 : Valoriser nos ressources locales en s'appuyant sur le tissu économique.
- Axe 3 : Miser sur un territoire sobre et efficace en énergie.

Le 2<sup>nd</sup> concerne tout particulièrement le développement des EnR&R sur le territoire, en particulier le point «Développer les énergies renouvelables pour transformer la facture énergétique du territoire en valeur ajoutée locale». Cet axe se développe comme suit :

- Financer des équipements d'énergie renouvelables produisant du chauffage et de l'eau chaude, avec le Contrat d'Objectif territorial Chaleur renouvelable
- Engager la démarche de création d'un réseau de chaleur dit « Saint Jacques + »
- Identifier les îlots de récupération de chaleur fatale
- Valoriser le biogaz issues de la méthanisation des boues de la station d'épuration
- Recenser le patrimoine des propriétaires publics présentant un potentiel photovoltaïque et communiquer sur les opportunités
- Identifier des bâtiments publics consommateurs d'eau chaude sanitaire propices à l'installation d'équipements de production solaire thermique

### 4.3.3 ARTICULATION AVEC D'AUTRES PLANS

Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) est un outil juridique qui régit le droit des sols sur le territoire à partir des grands objectifs de développement économique d'habitat, et d'environnement.

Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune de Clermont-Ferrand a été approuvé le 4 novembre 2016. Le projet d'extension du stade est concerné par 3 natures de dispositions du PLU :

- Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) et plus précisément ses orientations 3 et 7.

- Les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) stratégiques (Nature en ville et biodiversité, Parc linéaire et sentiers urbains) et sectorielle (Chanturgue – Bédat).
- Le règlement de la zone UV (zone Urbaine Verte).

La zone UV regroupe des espaces urbains fortement végétalisés à vocation récréative et sportive. Ils sont aussi identifiés pour leur qualité paysagère et écologique. Ils participent directement à la qualité de vie à Clermont-Ferrand. Aucune prescription du règlement de la zone UV ne contraint les éventuels systèmes d'approvisionnement énergétique pour les infrastructures qui s'y trouvent.

En revanche, le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) du Grand Clermont n'identifie pas de manière spécifique le site du stade Gabriel Montpied, hormis d'après le volet 6 de l'ambition « Un Grand Clermont plus innovant » du Projet d'Aménagement et de Développement Durables du SCOT, qui correspond à « placer la culture et le sport au cœur d'une politique de rayonnement », l'ambition pour le Grand Clermont est de positionner le sport comme témoin du dynamisme du Grand Clermont.

#### 4.3.4 CONTEXTE CLIMATIQUE ET VULNERABILITE

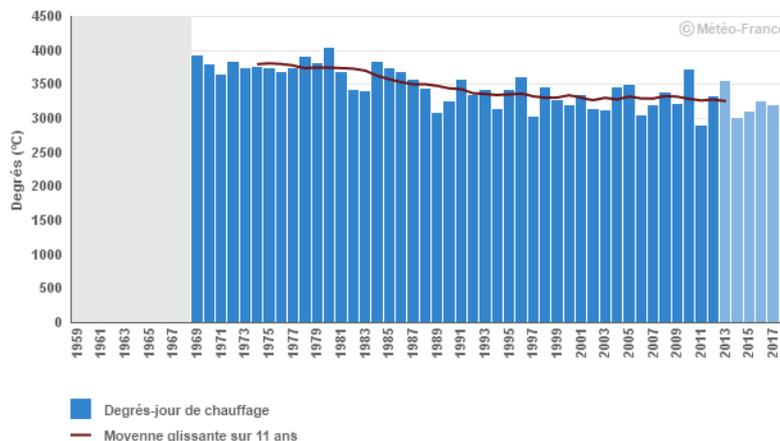
Les modélisations réalisées par Météo France (outil Climat HD) s'intéressent aux tendances des évolutions du climat du XXI<sup>e</sup> siècle. A l'échelle régionale, sont prévus pour ce siècle :

- > Une **poursuite du réchauffement** en cours, quel que soit le scénario observé (scénario d'évolution climatique RCP<sup>3</sup> du GIEC ou scénario Aladin de Météo France)
  - Pouvant atteindre près de **4°C** à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période 1976-2005 (scénario RCP2.6, le plus « pessimiste »)
  - Un réchauffement plus marqué au printemps et surtout en été
- > **Peu d'évolution des précipitations** annuelles, mais des **contrastes** saisonniers
- > Une poursuite de la **diminution** du nombre de jours de **gel** et **l'augmentation** du nombre de **journées chaudes**, quel que soit le scénario
- > Un **assèchement** des sols de plus en plus marqué, en toute saison

Dans le contexte d'un projet d'aménagement, ces variations climatiques sont à considérer pour les besoins de chauffage et de rafraîchissement.

L'indicateur **Degrés-Jour (DJ) de chauffage** évalue la consommation en énergie pour le chauffage, et montre que ;

- > En Auvergne, sur les 10 dernières années, la valeur moyenne annuelle de DJ se situe autour de 3250 degrés-jour. Depuis le début des années 60, la tendance observée montre une diminution d'environ 4 % par décennie.



Degrés-jour annuels de chauffage au Mont-Dore  
Source : Météo France, Climat passé et futur

<sup>3</sup> Representative Concentration Pathway

A l'inverse, le **Degrés-Jour de climatisation** analyse la consommation énergétique pour le besoin de rafraîchissement :

- > Même si, en Auvergne, les besoins en climatisation sont peu significatifs, une tendance à la hausse est observée au cours des 50 dernières années.



Degrés-jour annuels de climatisation au Mont-Dore  
 Source : Météo France, Climat passé et futur

D'après les projections climatiques de Météo France pour l'Auvergne, il faut s'attendre à :

- > une diminution des besoins en chauffage jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario de réchauffement considéré. Sur la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle, l'évolution des besoins diffère significativement selon le scénario considéré. Seul le scénario RCP2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO<sub>2</sub>). Selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique), la hausse des températures hivernales pourrait atteindre 4°C à l'horizon 2071-2100.

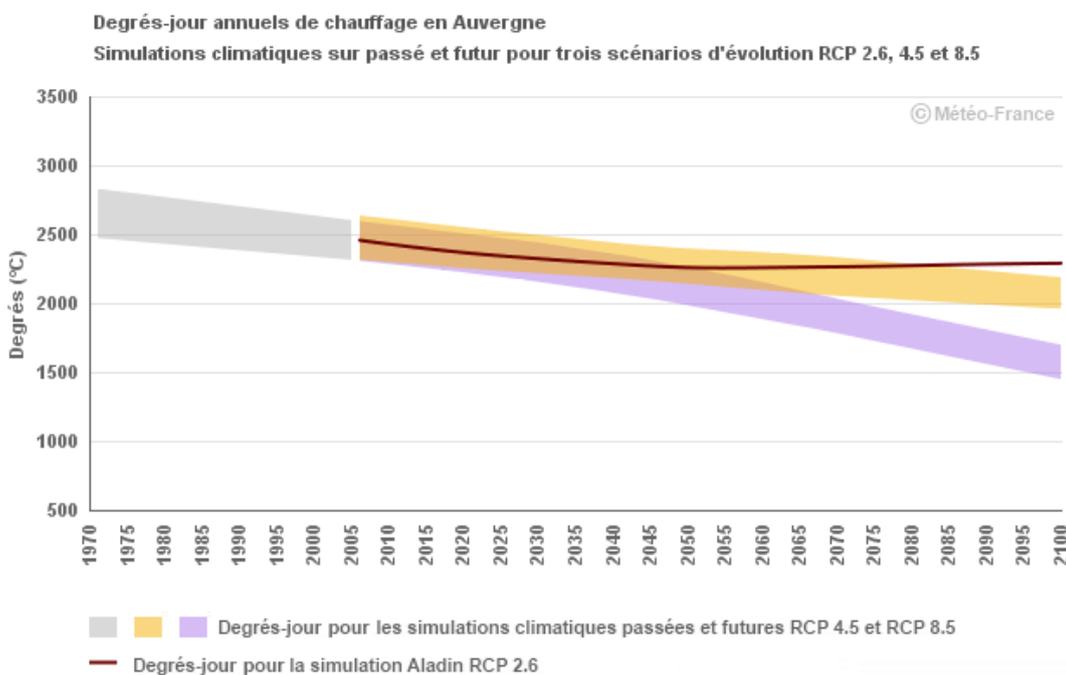


Figure 6 : Projection des Degrés-jour annuels de chauffage en Auvergne (Source : Météo France, Climat passé et futur)

- > une augmentation des besoins en climatisation jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario de réchauffement considéré. Sur la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle, l'évolution des besoins diffère selon le scénario considéré. Seul le scénario RCP2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO<sub>2</sub>) permet une stabilisation des besoins autour de 2050. Selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique), les besoins augmenteraient très significativement à l'horizon 2071-2100.

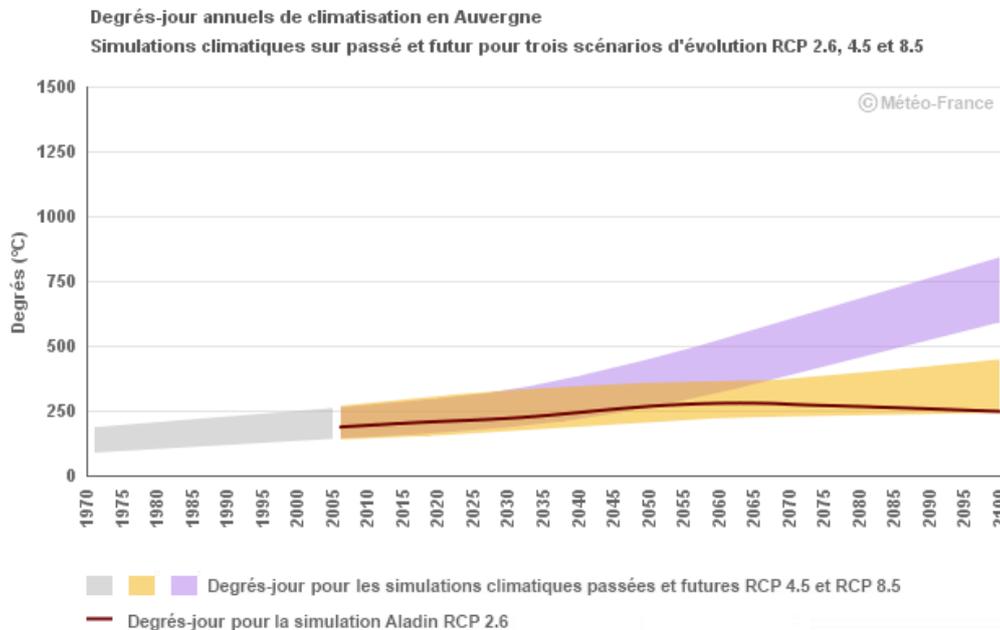


Figure 7 : Projection des Degrés-jour annuels de climatisation en Auvergne (Source : Météo France, Climat passé et futur)

**Une évolution des besoins est à prévoir dans les projets d'aménagement, allant vers une diminution du besoin de chauffage et une augmentation de celui de rafraîchissement.**

## 5 PRESENTATION DE L'OPERATION

### 5.1 SITUATION

Le stade Gabriel Montpied est situé sur la commune de Clermont-Ferrand (63000).

La commune de Clermont-Ferrand est située au sein de « Clermont Auvergne Métropole » (CAM) dans le département du Puy-de-Dôme (63), dans la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Le secteur d'étude se situe dans le quartier de « Champratel », au sud entre les communes de Cébazat et de Gerzat, et à l'est du quartier Croix de Neyrat.

Le périmètre est délimité :

- Au Sud, par le quartier résidentiel de La Plaine.
- Au Nord, par la rue Robert Lemoy, puis par des espaces agricoles ou des jardins.
- A l'Est, par la rue Victorien Sardou, puis des espaces de friche et des lotissements (Les Vergnes).
- A l'Ouest, immédiatement par le centre de maintenance T2C puis une mixité de zone artisanale, et lotissements (quartier « Champratel » plutôt au Sud-Ouest).

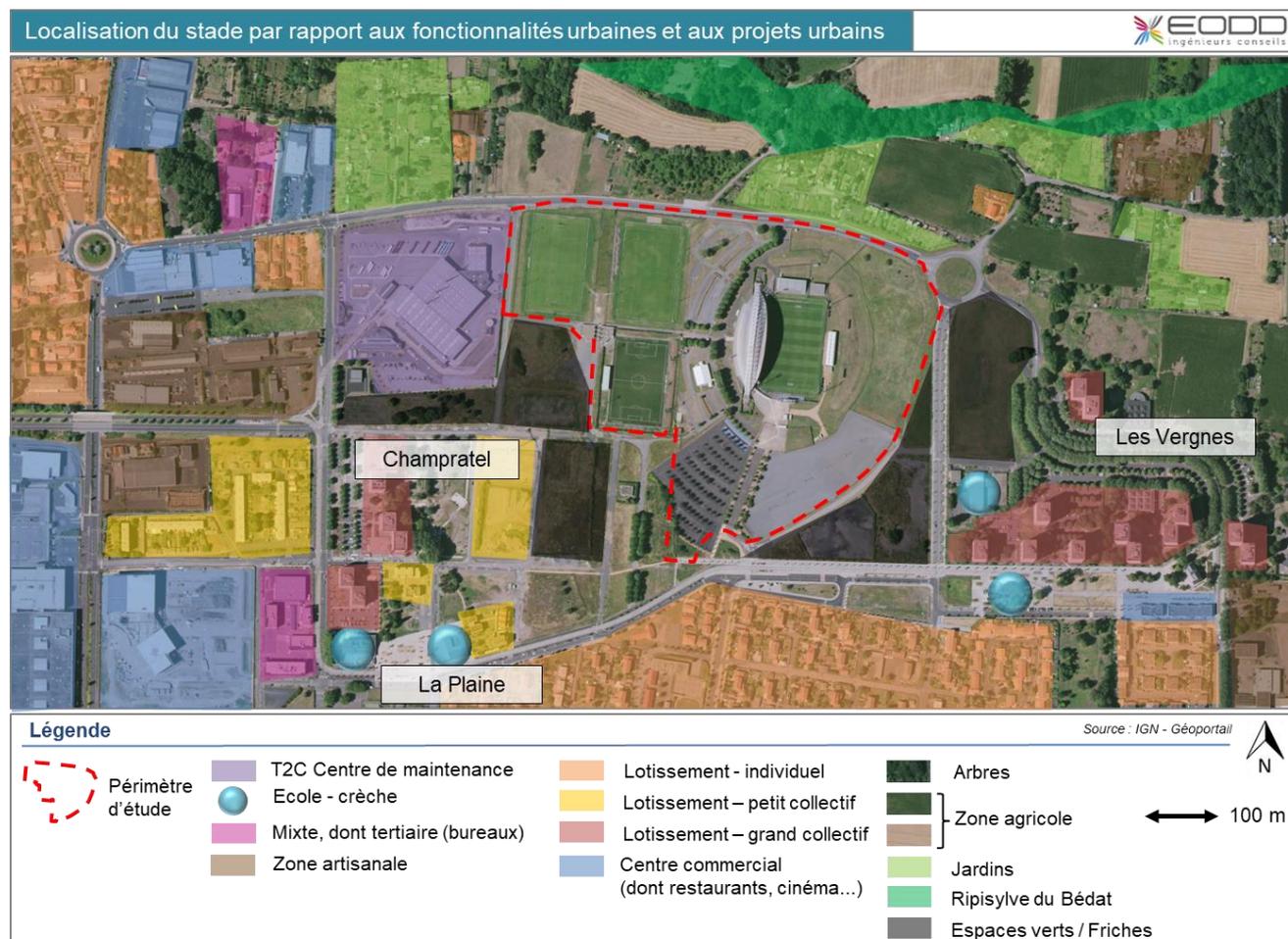


Figure 8 : Localisation du stade par rapport aux fonctionnalités urbaines et aux projets urbains

En termes d'autorisations d'urbanisme actuellement connues, les suivantes vont être sollicitées :

- Un permis d'aménager et un permis de construire pour l'extension de la tribune Est.
- Un permis d'aménager pour le parvis et la voirie au sud du stade (espaces publics).

De plus, les opérations urbaines voisines sont susceptibles d'être concernées par des demandes d'autorisations d'urbanisme :

- Le quartier de Champratel à l'Ouest a été concerné sur 2006-2018 par le premier Programme de Rénovation Urbaine (PRU).
- Le quartier des Vergnes à l'Est a également été concerné par le premier PRU, mais aujourd'hui encore bénéficie du prolongement de cette dynamique au travers du Nouveau Programme de Renouvellement Urbain (NPNRU) 2014-2024.

Le quartier de « La Plaine » au Sud, a été aménagé dans les années 1970. Il est en pleine transformation depuis les années 2000. Un écoquartier « La Grande Plaine » d'une superficie de 19,7 hectares est aménagé pour ré-urbaniser ce quartier résidentiel, avec 665 logements bioclimatiques complétant les 292 logements réhabilités jusqu'en 2016.

## 5.2 PROGRAMMATION DU STADE

La présente étude est motivée par la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement du projet d'extension du stade Gabriel Montpied.

Le stade Gabriel-Montpied dispose actuellement d'une capacité de 10 800 places, mis à disposition au club de football professionnel Clermont Foot évoluant actuellement en ligue 2. Le site est à la fois un centre d'entraînement et le lieu des rencontres officielles.

Le souhait de la collectivité est d'augmenter la capacité de ce stade, après suppression des tribunes démontables, pour accompagner le développement des clubs de football et de rugby et accueillir des événements sportifs internationaux.

Le projet d'extension objet de la présente évaluation environnementale, tel qu'il a été voté et financé par la CAM, prévoit une capacité de 16 304 places dont 2 774 places sur structures modulaires existantes Nord et Sud et 6 994 places en tribune Ouest (Gergovie) existante. La phase de travaux de construction de la tribune Est (aujourd'hui existante en tant que structure provisoire et appelée « Limagne ») est prévue de 2021 à 2023.

Le programme de l'extension de la tribune Est prévoit (surfaces au stade APD au 02/12/2020) :

- Niveau 0 :
  - des tribunes à ciel ouvert mais recouvertes par une structure protectrice, sous lesquelles se dissimulent des bâtiments :
  - des annexes sportives (vestiaires, bureaux staff, lieux de vie, espaces médicaux, espaces des arbitres – salle vidéo, gymnase etc.) sur 1309 m<sup>2</sup> de surface utile,
  - un hall VIP et officiels sur 60m<sup>2</sup> de surface utile,
  - des annexes médias (salle de conférence de presse, bureaux, zones d'interviews...) sur 504 m<sup>2</sup> de surface utile,
  - des annexes spectateurs (billetterie, centre médical) sur 165 m<sup>2</sup> de surface utile,

- des annexes de service et sécurité (poste de police, accueil vacataires, contrôleurs et stadiers, locaux du personnel, etc.) sur 489 m<sup>2</sup> de surface utile,
- des annexes d'exploitation et locaux techniques sur 1 116 m<sup>2</sup> de surface utile,
- Une Voie de Desserte Intérieure (VDI) sur 2 150 m<sup>2</sup>,
- un gymnase ouvert au public même en dehors des matchs des clubs, sur 1180 m<sup>2</sup> de surface utile,
- des espaces d'activités économiques (restauration rapide, consignes...) sur 315 m<sup>2</sup>,
- Niveau 1
  - un salon d'honneur et des annexes VIP (bar, buvette etc.) sur 1 299 m<sup>2</sup>,
  - des annexes spectateurs (sanitaires, buvettes ...) sur 3 065 m<sup>2</sup>
- Niveau 2 :
  - Des loges et salons VIP sur 1 075 m<sup>2</sup>
  - Des annexes spectateurs sur 332 m<sup>2</sup>,
- Niveau 3 :
  - Des loges et salons VIP sur 706 m<sup>2</sup>
  - Des annexes médias sur 172 m<sup>2</sup>
  - Des annexes de service et sécurité sur 100 m<sup>2</sup>
- Niveau 4 :
  - Des annexes spectateurs sur 1 055 m<sup>2</sup>,

Le projet d'extension de la tribune Est du stade prévoit donc la construction de 15 092 m<sup>2</sup> de locaux répartis sur ces 4 niveaux.

Le plan masse du projet est présenté ci-dessous :

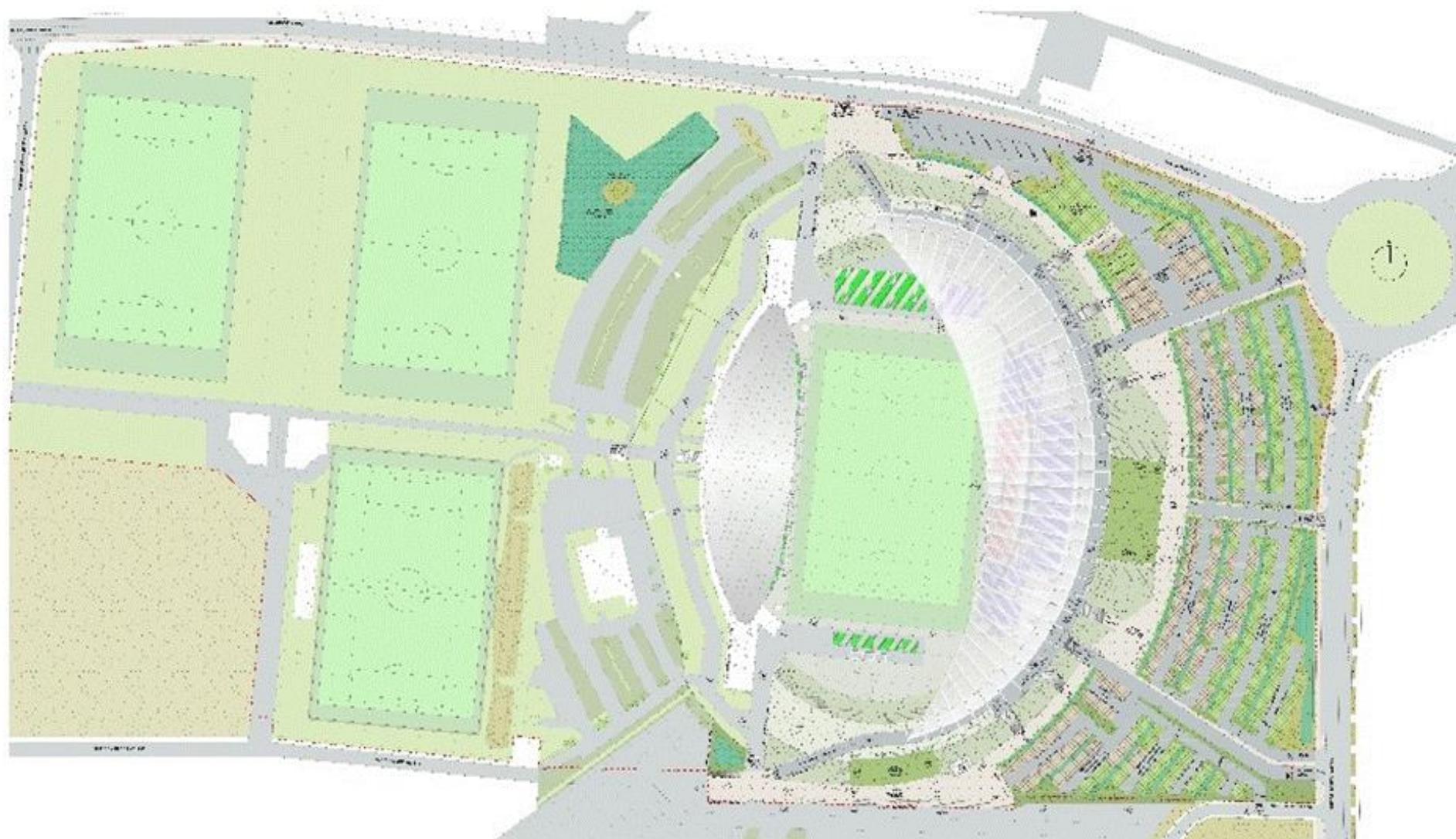


Figure 9 : Plan masse du projet de tribune Est et d'aménagements extérieurs

### 5.3 PROGRAMMATION URBAINE

Le projet du stade s'ancre dans un ensemble plus large d'opérations urbaines, de la Croix-de-Neyrat jusqu'aux Vergnes, encadrées notamment par l'OPA « Chanturgue-Bédât » au PLU.

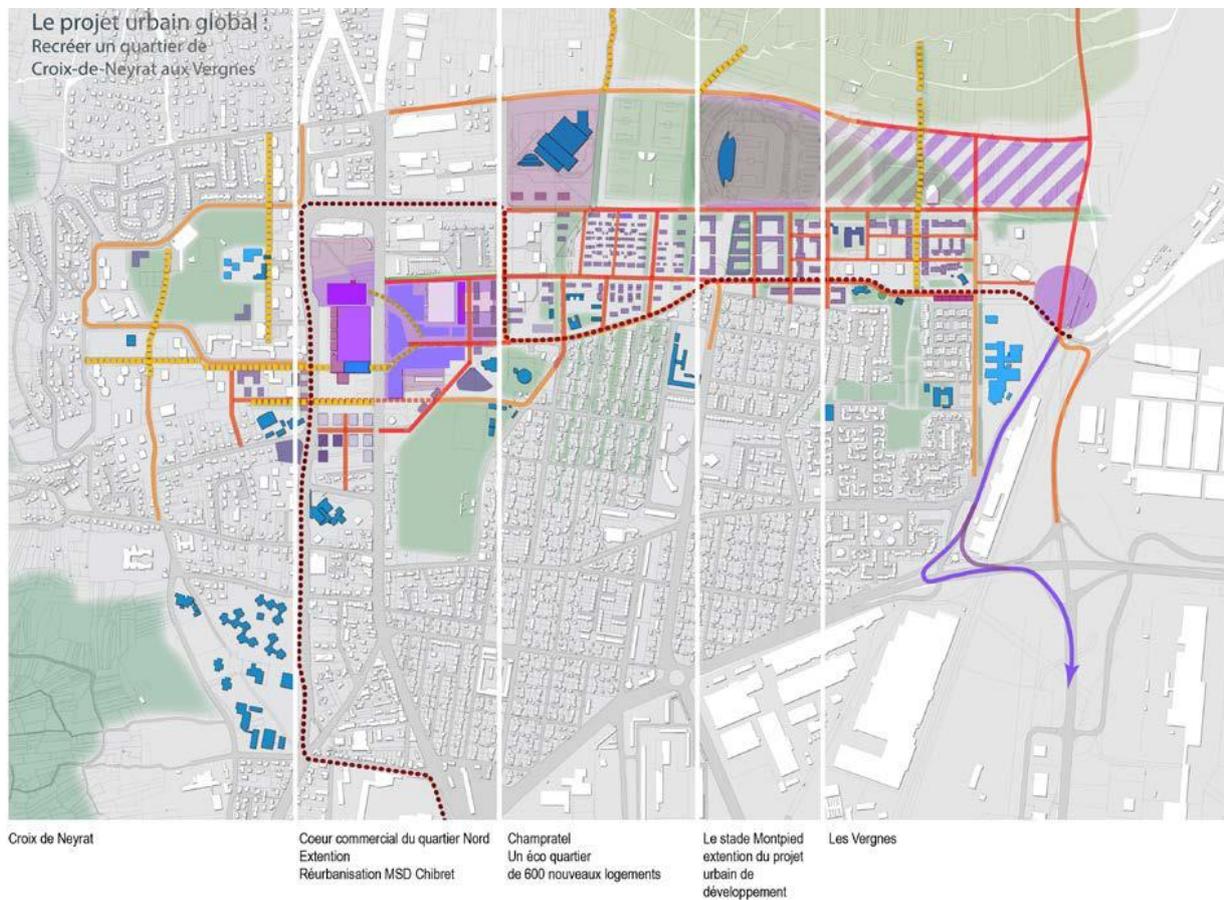


Figure 10 : Projet urbain de Croix-de-Neyrat jusqu'aux Vergnes



Figure 11 : OAP Chanturgue Bédât

Deux projets urbains « majeurs » sont ainsi pris en compte dans la présente étude : le NPNRU des Vergnes et l'écoquartier de Champratel (« La Grande Plaine »).

### **Les Vergnes**

La nature des surfaces créées sera mixte : plusieurs équipements, une petite part d'activités économiques, et beaucoup de logements (dont bailleurs sociaux, copropriétés).

Le projet de rénovation prévoit la démolition de quatre immeubles de logements sociaux, soit 268 logements. En plus, 317 logements des autres tours seront réhabilités, et 153 nouveaux logements seront construits entre La Plaine et Les Vergnes, sous forme de petites copropriétés mixtes.

En termes d'équipements, plusieurs projets spécifiques sont prévus :

- Une mairie annexe : centre social, service public local d'accompagnement pour accéder aux droits, espace public numérique.
- L'extension du Groupe Scolaire Romain Rolland : reconstitution des espaces qui étaient déjà présents dans le quartier (lieux pour les jeunes, les associations, salles d'activité...), et nouveaux espaces qualitatifs pour renforcer des dynamiques citoyennes et sociales en cours d'émergence en lien avec l'école, afin de prendre le relai de l'actuelle maison de Quartier qui va être détruite en 2023.
- Construction d'une salle des fêtes et des familles : en remplacement de la salle actuelle au sein de la Maison de quartier.
- Une piscine métropolitaine pour le Nord de la ville sera construite
- Une cité artisanale pour renforcer l'offre économique du quartier,
- Un city stade pour les jeunes

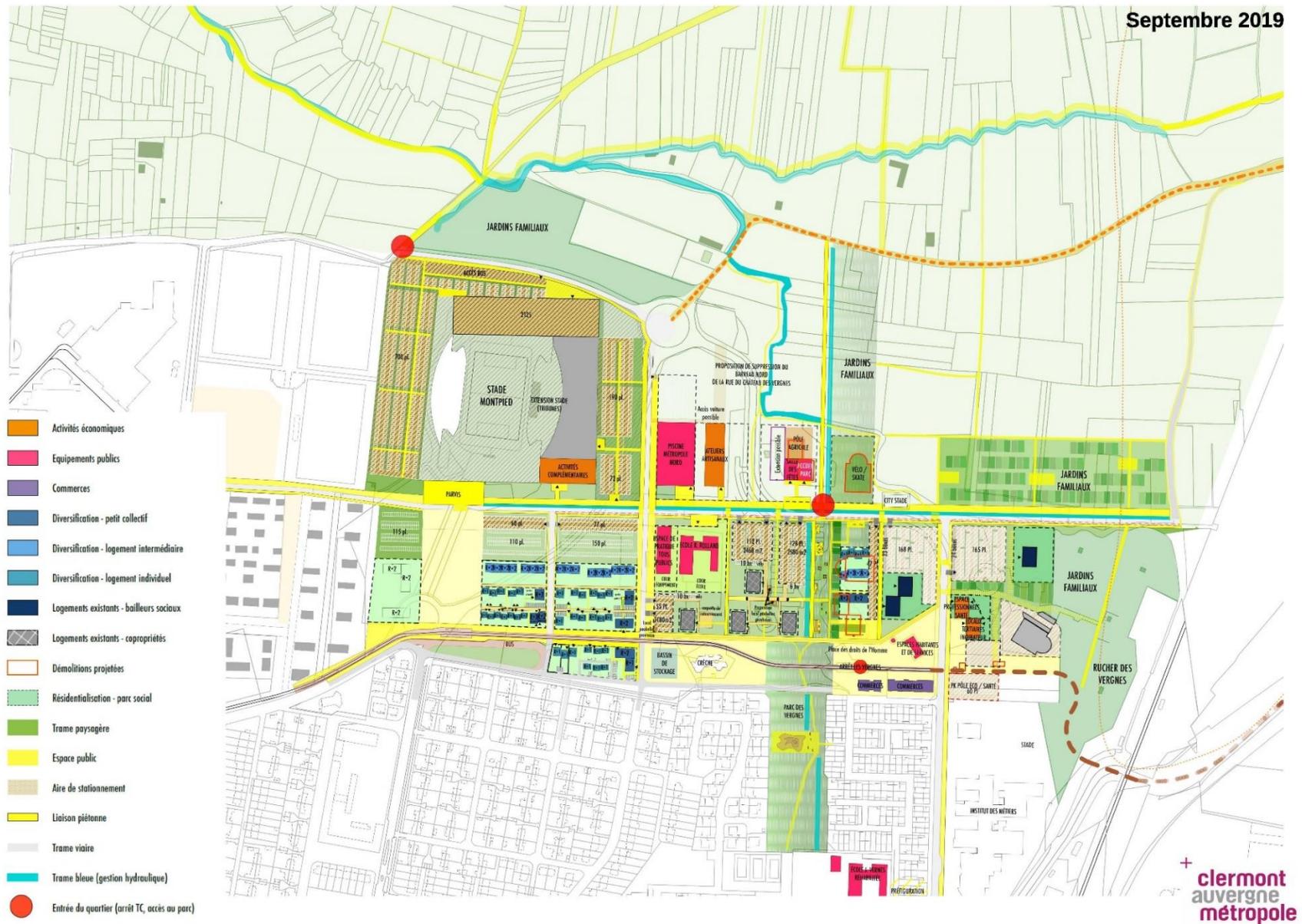


Figure 12 : Plan Guide avril 2019 du NPNRU des Vergnes

## **La Grande Plaine**

Cet écoquartier en projet sera essentiellement résidentiel.

Dès 2014, les livraisons de logements se succèdent, ainsi qu'une résidence intergénérationnelle.

Au total, il est prévu la construction de 500 logements neufs, et la rénovation de 300 logements.



Figure 13 : Plan projeté de La Grande Plaine

Une réelle continuité est prévue à terme entre les projets de la Grande Plaine à l'ouest, du stade au centre, et des Vergnes à l'Est. Néanmoins, leurs temporalités diffèrent : la Grande Plaine est déjà engagée (logements déjà livrés), le NPNRU des Vergnes est encore en amont de la réflexion, et le projet du stade est en stade APD des études techniques.

Un recollement opéré sur la figure ci-dessous permet de se représenter l'environnement à terme.

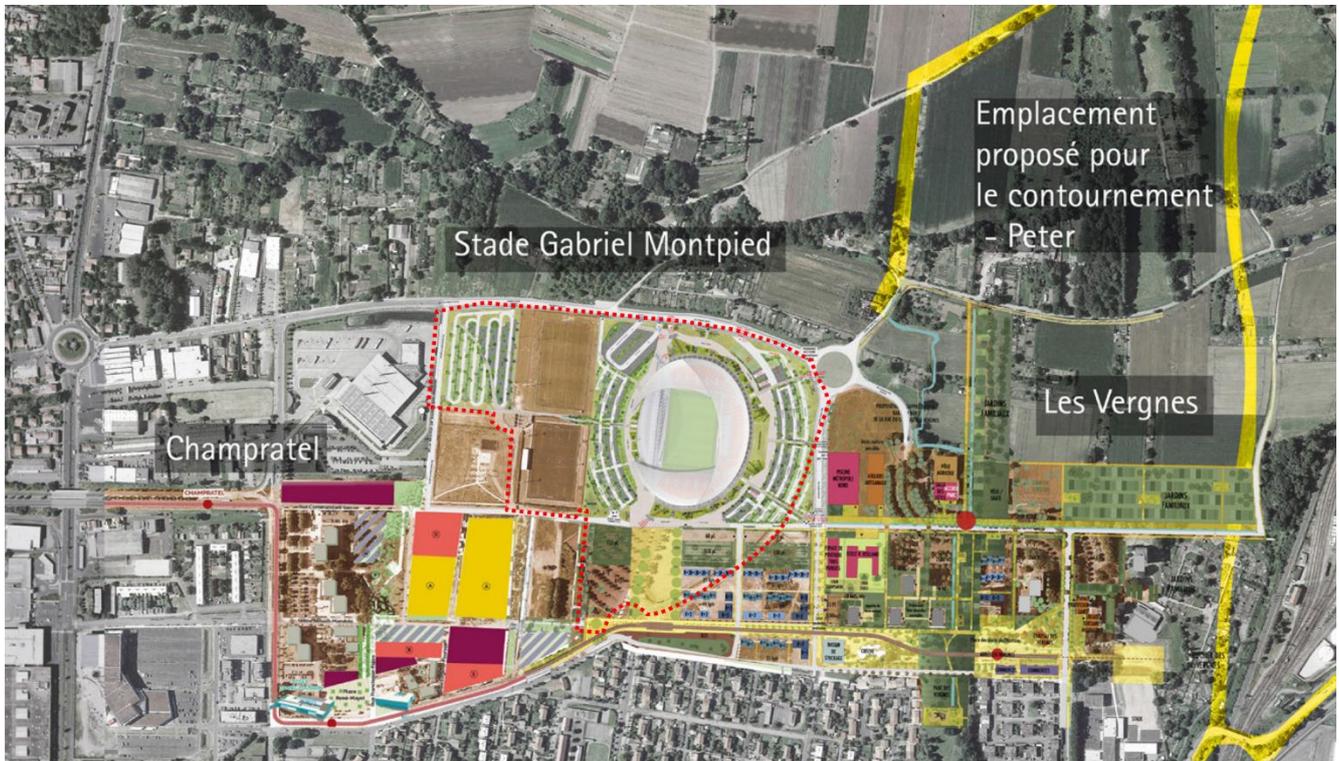


Figure 14 : Plan de recollement des projets du stade et urbains aux alentours

## 5.4 OBJECTIFS ENERGETIQUES

Le programme environnemental de l'opération d'extension des tribunes du stade met l'accent sur l'aspect énergie-carbone en visant initialement le niveau « **Energie 3 – Carbone 1** » (E3C1) du label Energie-Carbone, qui préfigure la future Réglementation Environnementale (RE 2020) sur les parties soumises à la réglementation thermique actuelle (RT2012, c'est-à-dire les locaux chauffés et/ou refroidis à des fins de confort thermique des occupants : vestiaires, régies, loges, espace presse, locaux arbitres, etc.) pour le niveau « Energie 3 »).

Les opérations d'aménagements voisines sont susceptibles de présenter des ambitions énergétiques également. Néanmoins, dans le cadre de la présente étude, nous ne disposons pas d'informations détaillées à ce sujet.

L'écoquartier de la Grande Plaine (Champratel) proposera à terme une grande variété de neufs ou rénovés écoresponsables, qui devraient donc consommer peu d'énergie.

## 6 POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION ET DES POSSIBILITES DE MOBILISATION

### 6.1 METHODE

Pour chacune des énergies (solaire, hydraulique, géothermie...), une analyse est réalisée au niveau des ressources correspondantes (soleil, eau, vents, sols...) avec pour objectif de distinguer les sources renouvelables et de récupération les plus pertinentes, à la fois en termes de gisement et d'adéquation avec le projet d'aménagement.

Par ailleurs, les ressources sont examinées à la lumière des orientations énergétiques des documents de planification et objectifs du territoire lorsque cela est possible.

### 6.2 SOURCES ET DOCUMENTS DE REFERENCES

L'évaluation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération ainsi que des possibilités de mobilisation est basée sur le projet du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET) Auvergne-Rhône-Alpes, dont les documents de contribution sont [libres de consultation](#).

Les autres documents consultés sont les suivants :

- Profil énergie-GES CAM de l'OREGES du 05/07/2019.
- Fiche climatologique MétéoFrance station de Clermont-Ferrand (63113001) 1981-2010.
- « La géothermie assistée par pompe à chaleur en Auvergne par l'ADEME en mars 2015 « Boite à outils ».
- Observatoire Bois-Energie de la production et de la consommation de bois déchiqueté et de granulé - Auvergne-Rhône-Alpes – données 2016, FIBRA et Auvergne Promobois.
- Potentiel Air, Energie, Climat, Ecologie, CAM, Ville de Clermont-Ferrand, Octobre 2017.

**Remarques :** *La disponibilité de certaines énergies renouvelables et les possibilités de les mobiliser peuvent rapidement évoluer en fonction de nombreux facteurs, c'est le cas notamment pour la biomasse ou la géothermie sur aquifère.*

*La disponibilité de ces énergies pourra être réétudiée plus précisément :*

*Dans le cadre des études de réalisation ;*

*Dans le cadre de la conception de chaque projet de construction : via la réalisation des études de faisabilité technique et économique des diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la construction (article L.111-9 du code de la construction et de l'habitation) pour les bâtiments, extensions de bâtiments ou groupes de bâtiments de plus de 50 m<sup>2</sup>. Cette étude est une pièce obligatoire du permis de construire.*

*D'autre part, l'évaluation des possibilités de mobiliser certaines ressources nécessite des investigations complémentaires qui ne peuvent être réalisées dans le cadre des études préalables d'aménagement et dont les conclusions peuvent aller à l'encontre des informations contenues dans les documents sources précédemment cités.*

*Dans tous les cas, les incertitudes entourant l'évaluation des gisements de certaines énergies renouvelables ne peuvent en aucun cas conduire à les écarter de l'étude. Dans le doute, ces dernières sont intégrées et la faisabilité effective de leur mobilisation sera soumise à des investigations complémentaires ultérieures.*

---

<sup>4</sup> Arrêté du 30 octobre 2013 modifiant l'arrêté du 18 décembre 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants en France métropolitaine

## 6.3 CONTEXTE CLIMATIQUE GENERAL

Clermont Ferrand est surplombée par un plateau granitique sur lequel se trouve la chaîne des Puys. Le relief très contrasté de la géographie auvergnate engendre des variations climatiques considérables. La climatologie de Clermont-Ferrand est sous double influence : un climat continental de montagne au sud et un climat de type océanique au nord et à l'ouest. L'Auvergne est l'une des régions avec la variabilité temporelle et spatiales des paramètres climatiques la plus grande. Le climat est semi-continental et se caractérise par une forte amplitude thermique annuelle. L'été est chaud avec des orages violents et localisés tandis que l'hiver est sec et froid. Clermont Ferrand présente aussi un climat urbain qui a des impacts sur la température de l'air, la vitesse du vent et sa direction. L'effet d'îlot de chaleur urbain y est notamment très marqué.

Les données présentées dans les paragraphes suivants sont recueillies à la station météorologique de Clermont-Ferrand, localisée au lit dit de « Praslong », à environ 3,62 km au Sud-Est du site d'étude.

## 6.4 RESEAUX DE DISTRIBUTION ENERGETIQUE

### 6.4.1 ETAT DES LIEUX

#### 6.4.1.1 Réseaux de distribution d'électricité

Le quartier est desservi en électricité par le réseau HTA/BT d'ENEDIS, comme en atteste le plan ci-dessous.

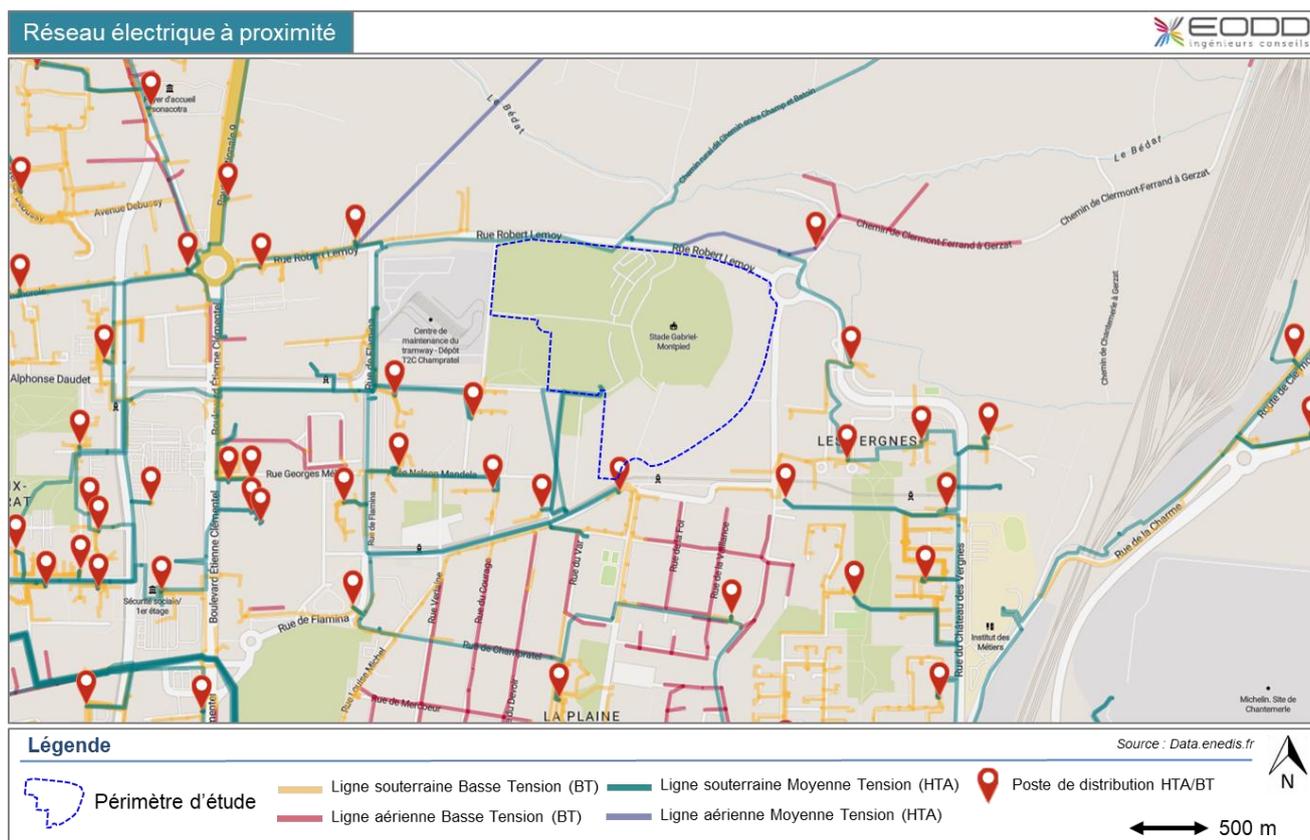


Figure 15 : Tracé des lignes électriques à proximité du site

#### 6.4.1.2 Réseaux de distribution de gaz

La commune de Clermont-Ferrand est desservie en gaz naturel par le distributeur GRDF (Gaz Réseau Distribution France). Le site est desservi en gaz naturel.

### 6.4.1.3 Réseaux de chaleur

Le site est raccordé au réseau de chaleur Croix-de-Neyrat-Vergnes-Champratel au nord de la métropole de Clermont-Ferrand. En 2019, dans un souci de maîtrise des consommations, Clermont Auvergne Métropole a raccordé les locaux et la tribune existants du Stade Gabriel Montpied à ce Réseau de Chaleur Urbain. Le réseau DN 100 en place peut fournir une puissance totale de 1500 kW alors que la sous-station actuelle de la tribune reçoit un échangeur de 600 kW pour une puissance souscrite de 360 kW.

Ce réseau de chaleur est géré par Energie Clermont-Ferrand Avenir (ECLA) dans le cadre d'une DSP de 25 ans à compter du 1<sup>er</sup> octobre 2010.

Ce réseau est alimenté à plus de 80% par de la biomasse (bois-énergie), énergie renouvelable, et donc son contenu CO<sub>2</sub> est très faible : 0,019 kgCO<sub>2</sub>/kWh (source Base Carbone ADEME).

Pour ce faire, une chaufferie centrale biomasse/gaz de 42 MW a été mise en service en octobre 2013. Elle permet de couvrir l'ensemble des besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire des abonnés raccordés au réseau de chaleur.

Le réseau de chaleur fait actuellement 12 kilomètres, alimente plus de 3500 logements ainsi que des équipements publics et parapublics (Ville, Département, Région, État, Gendarmerie, CROUS) et c'est près de 8850 tonnes de CO<sub>2</sub> évitées chaque année. Des travaux d'extension du réseau sont en cours, et les nouvelles portions seront effectives d'ici 2021.

La température de distribution de l'eau chaude est de 110°C.



Figure 16 : Plan actuel du réseau de chaleur de Clermont-Ferrand

Les caractéristiques techniques du réseau sont :

- Réseau primaire : Régime de température 95/65°C ; Régime maxi : 105°C/70°C à -11°C extérieur ; débit : 17,2 m<sup>3</sup>/h ; pression maximale : 18 bar
- Réseau secondaire : Régime de température 85°C/70°C ; débit : 25,8 m<sup>3</sup>/h ; pression maximale : 6 bar (90°C) pour une utilisation chauffage + Eau Chaude Sanitaire.

La production de chaleur représente 45,3 GWh en 2016 (contre 42,9 GWh en 2015). Sur l'ensemble de l'année 2016, le bois représente environ 92 % de la consommation énergétique (93% en 2015).

La mixité d'énergies ciblée est de (85%) de production issue du bois : cette cible sera atteinte une fois les travaux d'extension du réseau achevés.

Le raccordement réalisé en 2019 des bâtiments existants du stade au réseau a fait une demande de subvention auprès de la Région Auvergne-Rhône-Alpes pour financer l'extension du réseau de chaleur jusqu'à la sous-station. La subvention obtenue s'élevait à 140 400 €. Son montant a été partagé à 50% pour ECLA, 50% pour Clermont-Auvergne Métropole (en déduction des frais de raccordement).

Le schéma de principe du raccordement réalisé en 2019 figure ci-dessous.

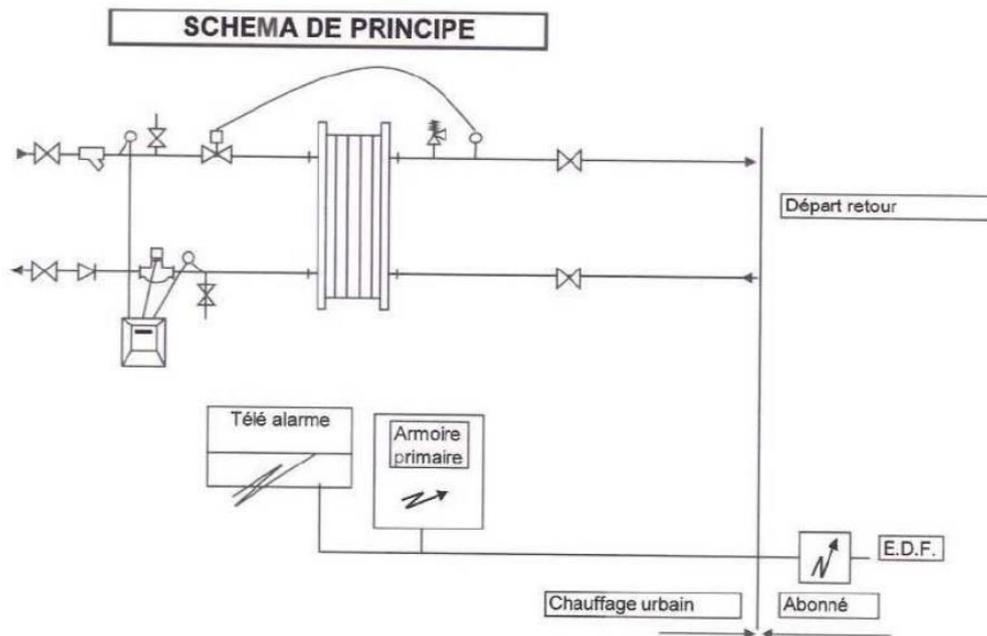


Figure 17 : Schéma de principe du raccordement existant du stade au RCU

#### 6.4.1.4 Réseaux de froid

Clermont Auvergne Métropole a, depuis le 1er janvier 2017, la compétence réseaux de chaleur et de froid urbains. Elle crée, aménage, entretient et gère ces réseaux sur le territoire. Aujourd'hui, il existe 4 réseaux de chaleur urbains sur le territoire communautaire, et aucun réseau de froid.

### 6.4.2 POTENTIEL DU SITE : RESEAU DE FROID

**Etant donné que des réseaux d'électricité, de chaleur et de gaz existent déjà sur le site, cette partie ne peut pas étudier leur développement potentiel, mais concerne celui des réseaux de froid.**

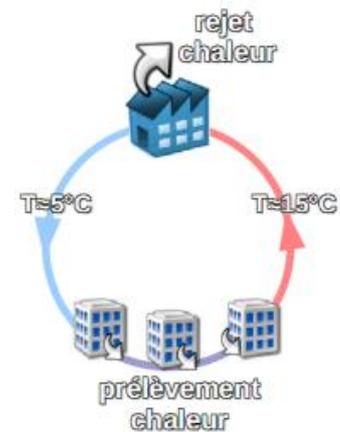
Sources : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/reseaux-de-froid>

#### 6.4.2.1 Principe de fonctionnement

Le réseau de froid collecte la chaleur dans les bâtiments desservis pour l'évacuer au niveau d'une centrale de refroidissement.

Un réseau de froid peut être vu comme un réseau de chaleur qui fonctionne en sens inverse : alors que le réseau de chaleur transporte de la chaleur d'une chaufferie aux bâtiments, **le réseau de froid évacue la chaleur des bâtiments** et la transporte jusqu'à un point de rejet dans l'air ou dans l'eau (mer, rivière).

On trouve donc dans un réseau de froid une (ou plusieurs) **unité(s) d'évacuation de la chaleur** (que l'on peut considérer comme centrale de production de froid), un **réseau de canalisations** permettant le transport de chaleur par un fluide caloporteur (en général de l'eau, dont la température se situe entre 1 et 12°C à l'aller, et entre 10 et 20°C au retour) et des **sous-stations** assurant la collecte de la chaleur dans les immeubles à climatiser.



#### 6.4.2.2 Technologies de valorisation

**Les énergies renouvelables et de récupération ne représentent actuellement que 3% du bouquet énergétique des réseaux de froid.**

La technique dominante dans les réseaux de froid en France est le **compresseur** (95% du froid urbain), avec rejet de la chaleur dans l'air ou dans l'eau.

La technique dite du **free cooling** (refroidissement naturel) permet d'utiliser directement (sans compresseur) le froid ambiant de l'air ou de l'eau, augmentant alors fortement la performance énergétique du dispositif ; elle est utilisée par le réseau Climespace à Paris, la Seine fournissant environ 50% des besoins de froid du réseau.

On peut aussi produire du froid **à partir de chaleur fatale**, par exemple issue d'une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM), inutilisée en été, à l'aide d'une **machine à absorption**. Utilisées dans l'industrie, les machines à absorption de chaleur peuvent produire du froid comme suit : la source de chaleur est utilisée pour séparer un constituant volatil d'une solution, le plus souvent binaire. Ce constituant séparé sous phase vapeur est ensuite condensé, puis détendu. Le liquide issu de la détente s'évapore, absorbant ainsi de la chaleur et produisant du froid. Les éléments suivants sont nécessaires pour produire du froid par absorption :

- Un générateur : faisant office de "bouilleur", cet échangeur sert à séparer le fluide frigorigène de la solution grâce à un apport de chaleur;
- Un condenseur : cet échangeur sert à condenser la vapeur de fluide frigorigène issue du générateur ; le fluide de refroidissement servant à la condensation de cette vapeur sera en général de l'air ambiant;
- Un évaporateur: afin de produire l'effet frigorigène. Le niveau de température du liquide à refroidir (par exemple de l'eau entrant à 12 °C et sortant à 7 °C) fixe la température d'évaporation;
- Un absorbeur: servant à fixer la vapeur du fluide frigorigène dans le liquide absorbant (concentré en substance la moins volatile). La chaleur dégagée durant l'absorption devra également être évacuée, par exemple par de l'eau circulant ensuite dans un aéroréfrigérant.
- Une pompe: afin d'élever la pression du mélange et de la diriger vers le bouilleur.

Outre le réseau de froid classique, il est possible de **produire du froid à partir d'un réseau de chaleur** alimentant des **machines à absorption situées au niveau d'immeubles**. Cette approche ne permet pas de bénéficier des avantages liés à la centralisation des équipements de production de froid, mais elle permet de mutualiser une infrastructure coûteuse. Un seul réseau en France utilise cette technique.

#### 6.4.2.3 Gisement

##### **Energie fatale industrielle**

Comme évoqué dans le chapitre sur le potentiel en énergie fatale, aucun processus industriel générant une quantité d'énergie fatale suffisamment importante n'est présent à proximité du site, ni prévu sur ou à proximité par le projet d'extension des tribunes ni les opérations d'aménagement des quartiers voisins.

##### **Energie fatale UIOM**

L'usine d'incinération de Clermont-Ferrand présente déjà le projet de récupération de sa chaleur fatale pour alimenter un réseau de chaleur à l'est. Cette installation est localisée dans le pôle de valorisation des déchets ménagers exploité par Vernéa (filiale de Suez) à Beaulieu, qui intègre notamment une unité de valorisation énergétique d'une capacité limitée à 150 000 tonnes par an. Ce pôle est localisé à plus de 5 km au Sud-Est du stade, à l'est de Clermont-Ferrand (plus au sud que l'aéroport).

##### **Réseau de chaleur**

Comme expliqué précédemment, le réseau de chaleur de Croix-de-Neyrat / les Vergnes dessert actuellement le stade et les quartiers voisins.

#### 6.4.2.4 Pertinence et mutualisation

Au vu de l'existence actuelle d'un réseau de chaleur raccordé au stade et aux quartiers voisins, il pourrait être envisagé d'étudier la production de froid à partir de celui-ci via des machines à absorption situées au niveau des bâtiments.

Néanmoins, une étude de faisabilité approfondie devrait être réalisée afin de déterminer si cela serait intéressant économiquement, étant donné la faible densité actuelle des besoins en climatisation (le coût de pose des canalisations est nul car le réseau existe déjà, mais le coût des centrales de production de froid n'est pas négligeable, et ne serait peut-être pas amorti sans des besoins en quantités massives de froid).

Etant donné que les quartiers aux alentours immédiats présentent des logements de densités moyennes, mais qu'un peu plus loin à l'ouest, se trouvent des immeubles de bureaux, commerces et autres établissements recevant du public (cinéma...), qui consomment plus de froid que les logements, cette solution serait éventuellement à étudier avec une mutualisation avec ces activités si la faible densité de besoins n'est pas jugée comme une contrainte trop importante.

### **6.4.3 OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT REGIONAUX**

*Source : Note d'enjeux SRADDET AURA : état des lieux des réseaux de chaleur/froid et potentiel de développement de la chaleur et du froid renouvelable – Cerema juillet 2018<sup>5</sup>*

Le Cerema a réalisé, pour la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, un état des lieux des réseaux de chaleur et de froid en région et a étudié le potentiel de développement de la chaleur renouvelable livrée par les réseaux. Les données récoltées pour chaque réseau recensés en AURA comptabilisent sur 2016/2017 252 réseaux de chaleur, 3 réseaux de froid (Grenoble avec de l'énergie fatale, St Etienne Viaconfort avec des groupes froids et St Etienne ZAC de Châteaureux avec des centrales frigorifiques produisant de l'Eau glacée) et 6 réseaux en projet.

Cette note fixe des objectifs de développement de la chaleur renouvelable livrée par les réseaux en AURA à 2030, détaillés par énergie (chaleur fatale, géothermie, solaire, biogaz, bois-énergie) et par création/verdissement/extension/densification de réseaux.

---

<sup>5</sup> [http://reseaux-chaleur.cerema.fr/wp-content/uploads/2018/09/NOTE\\_SRADDET\\_Les\\_RdC\\_en\\_AURA.pdf](http://reseaux-chaleur.cerema.fr/wp-content/uploads/2018/09/NOTE_SRADDET_Les_RdC_en_AURA.pdf)

## 6.4.4 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES

### Réseau de froid

La création d'un réseau de froid représente un investissement financier important ; outre la centrale de production de froid (compresseur ou machine à absorption), il faut mettre en place plusieurs kilomètres de canalisations, en général sous la voirie. De tels investissements ne peuvent être amortis que par la vente de quantités massives de froid (le seuil de référence pour la pertinence d'un réseau de chaleur et/ou de froid est établi au regard du seuil d'éligibilité au fond chaleur de l'ADEME soit 1,5 MWhEU/ml.an) ; c'est la raison pour laquelle les réseaux ne peuvent se développer que dans des zones denses et accueillant immeubles de bureaux, commerces et autres établissements recevant du public, qui consomment plus de froid que les logements.

Les réseaux de chaleur utilisés pour la production de froid décentralisée sont moins contraignants en termes d'investissement initial, en revanche ils nécessitent que la chaleur soit produite à bas coût pour que le prix de revient du froid en sortie soit compétitif par rapport aux solutions alternatives.

Encore peu utilisés, les réseaux de froid disposent d'atouts par rapport aux systèmes de climatisation individuels : impact environnemental moindre, réduction des émissions de gaz à effet de serre, capacité à exploiter des énergies diversifiées (dont des sources renouvelables et de récupération), suppression des contraintes sur les bâtiments (la seule installation est un échangeur, dont l'entretien est beaucoup plus limité que celui d'installations actives de production de froid individuelles), amélioration de l'impact visuel...

Bien que nécessitant des investissements initiaux importants, les réseaux de froid représentent ainsi une solution de climatisation à développer.

### Autres réseaux énergétiques (chaleur, électricité, gaz)

Si le site est déjà raccordé à ces réseaux, les contraintes sont minimales, mais il convient néanmoins d'adapter les infrastructures existantes en cas d'augmentation substantielle de la puissance soutirée (création d'une nouvelle sous-station sur un réseau de chaleur...).

Si il existe déjà de tels réseaux à proximité, mais que le raccordement n'est pas déjà réalisé, son coût peut être une certaine contrainte financière.

Les frais de raccordement du stade au réseau de chaleur existant (Croix-de-Neyrat / les Vergnes) pour la tribune existante ont été de 89 100 €HT. Pour le raccordement de la tribune existante au réseau de chaleur, ECLA a fait une demande de subvention auprès de la Région Auvergne-Rhône-Alpes pour financer l'extension du réseau de chaleur jusqu'à la sous-station. La subvention obtenue s'élevait à 140 400 €. Son montant a été partagé à 50% pour ECLA, 50% pour la CAM.

## 6.4.5 SYNTHÈSE

- Les bâtiments existants du stade et des quartiers voisins sont déjà raccordés à des réseaux électriques, de gaz et de chaleur, il est opportun de profiter de ces raccordements.
- Etant donné que le réseau de chaleur urbain est alimenté à plus de 80% par de la biomasse (bois-énergie), énergie renouvelable, son contenu CO2 est très faible, donc il est préférable de privilégier l'usage de cette source d'énergie calorifique plutôt que de recourir à une solution au gaz.
- La création d'un réseau de froid, éventuellement à partir du réseau de chaleur existant pour bénéficier des canalisations déjà installées, pourrait être envisageable (éventuellement par absorption thermique de la chaleur du réseau s'il était alimenté en énergie fatale) mais nécessite une étude de faisabilité dédiée. Il convient de déterminer si la densité des besoins de froid des alentours serait suffisante pour que de tels systèmes soient rentables.

## 6.5 POTENTIEL SOLAIRE

Source(s) : OREGES (Observatoire de l'Energie et des Gaz à Effet de Serre Auvergne-Rhône-Alpes) – Fiches bilans 2015, Logiciel Meteonorm (données Météo France)

L'énergie solaire est d'abord utilisée passivement au sein des bâtiments par la valorisation des apports solaires gratuits qui contribuent à la réduction des besoins en chauffage.

L'énergie solaire peut ensuite être directement valorisée par des systèmes actifs pour la production de chaleur ou de froid (solaire thermique) et la production d'électricité (solaire photovoltaïque), quels que soient les niveaux de mutualisation retenus.

Energie 100% gratuite, pérenne, et dont l'exploitation est quasiment sans impact sur l'environnement, le solaire constitue l'énergie renouvelable à valoriser en priorité, dès lors que les besoins en énergie des bâtiments sont en adéquation.

### 6.5.1 ETAT DES LIEUX : ENSOLEILLEMENT

Une prise en compte de l'ensoleillement et des masques proches ou lointains suivant les saisons et pour chaque orientation est nécessaire si l'on veut concevoir des bâtiments qui profitent des apports solaires l'hiver (agrément pour les usagers, réduction des consommations d'énergie) et s'en protègent l'été (confort d'été).

L'ensoleillement influe sur :

- L'utilisation possible de l'énergie solaire ;
- Le confort thermique des pièces ;
- La luminosité des pièces.

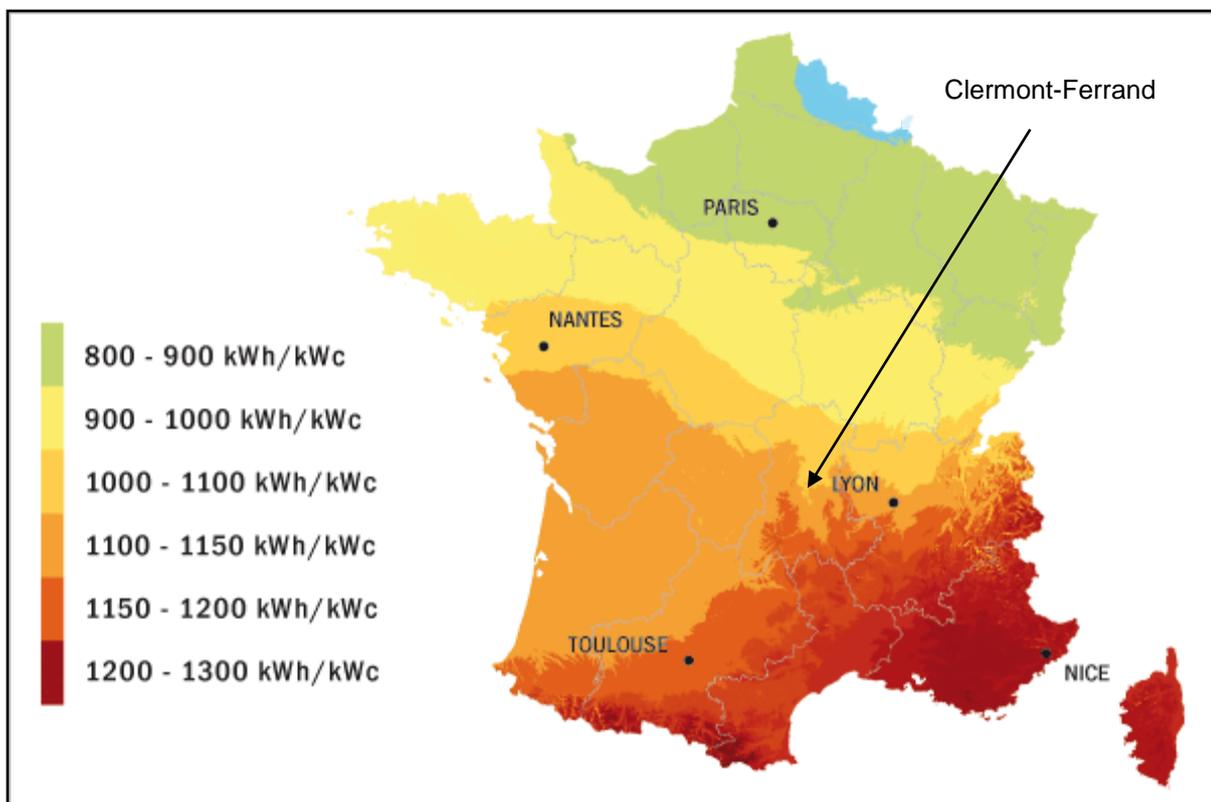


Figure 18 : Gisement solaire en France en kWh/m²/an (source : Source : Solaire BTW)

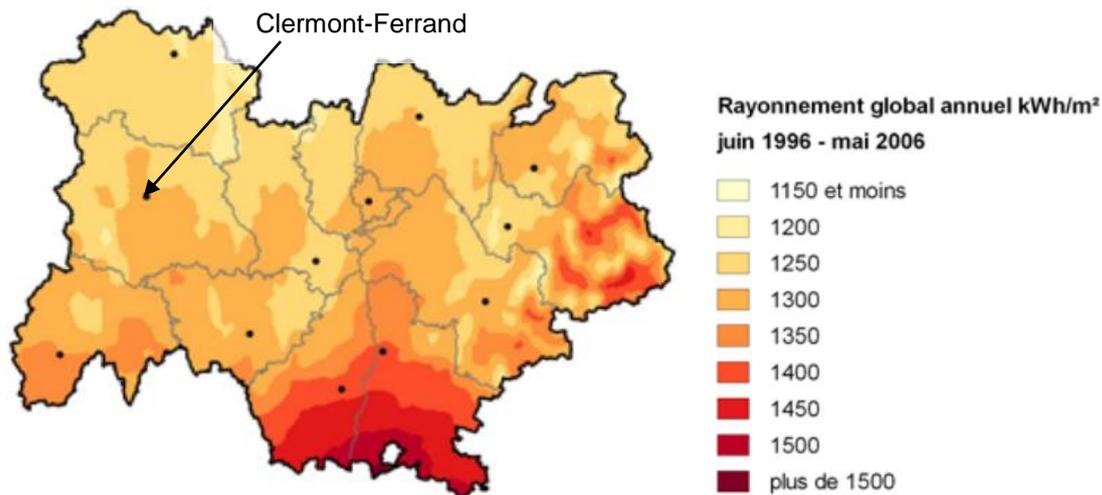


Figure 19 : Ensoleillement en Auvergne - Rhône Alpes en kWh/m<sup>2</sup>/an (Source : SRCAE 2012/DRAAF)

Les moyennes journalières du rayonnement reçu sur un plan horizontal sont les suivantes :

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
<b>Global (Gh)</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	38	56	102	130	160	175	182	158	115	74	40	30	<b>1257</b>
<b>Diffus (Dh)</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	20	30	45	59	86	90	84	73	57	33	24	19	<b>621</b>
<b>Direct (Bn)</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	57	68	114	121	121	134	155	141	111	89	54	39	<b>1203</b>

Tableau 3 : Irradiation cumulée sur la station Météo France de Clermont-Ferrand

D'après les données de Météo France sur la période 1991-2010, le rayonnement global annuel horizontal est de **1257 kWh/m<sup>2</sup>** (à peine supérieur à la moyenne française de 1220 kWh/m<sup>2</sup>/an). Il provient pour 621 kWh/m<sup>2</sup> du rayonnement diffus et pour 1257 kWh/m<sup>2</sup> du rayonnement direct.

**Cumulé sur une saison de chauffe moyenne, estimée d'octobre à avril, le rayonnement global horizontal s'élève à 467 kWh/m<sup>2</sup>, ce qui constitue un potentiel en énergie solaire important et mobilisable**

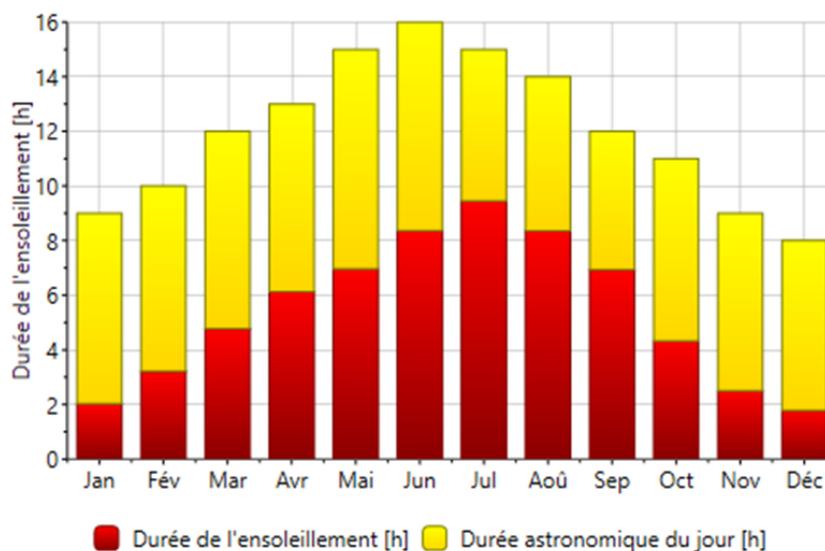


Figure 20 : Durée de l'ensoleillement à Clermont-Ferrand (moyennes 1991-2010)

Mois	Durée de l'ensoleillement (h)	Durée astronomique du jour (h)	Taux d'ensoleillement journalier
Janvier	2,0	9	22%
Février	3,2	10	32%
Mars	4,8	12	40%
Avril	6,0	13	46%
Mai	7,0	15	47%
Juin	8,3	16	52%
Juillet	9,5	15	63%
Août	8,3	14	59%
Septembre	6,9	12	58%
Octobre	4,2	11	38%
Novembre	2,5	9	28%
Décembre	1,8	8	23%
Annuel	5,4	12	45%

Tableau 4 : Durée d'ensoleillement à Clermont-Ferrand, moyenne sur 1991-2010 (obtenues par lecture graphique) (source : Logiciel Meteonorm)

La moyenne d'heure d'ensoleillement est de 1913 heures (Normale 1981-2010 pour la station Météo-France Clermont-Fd), un chiffre légèrement supérieur à la moyenne nationale (1850 heures).

L'inclinaison optimale des panneaux ou capteurs solaires est à envisager ensuite selon la localisation géographique, la course du soleil au cours des mois et les masques existants.

En termes de masques solaires, la figure ci-dessus **montre un faible impact** des ombres portées du secteur environnant sur le potentiel solaire du stade.

Même si le stade subit un masque en fin de journée à l'Ouest, lié au relief (Chaîne des Puys, Chanturgue) où la topographie est plus marquée que dans la plaine, les quelques masques solaires proches sont non significatifs et permettent **d'envisager le potentiel de recours à l'énergie solaire**.

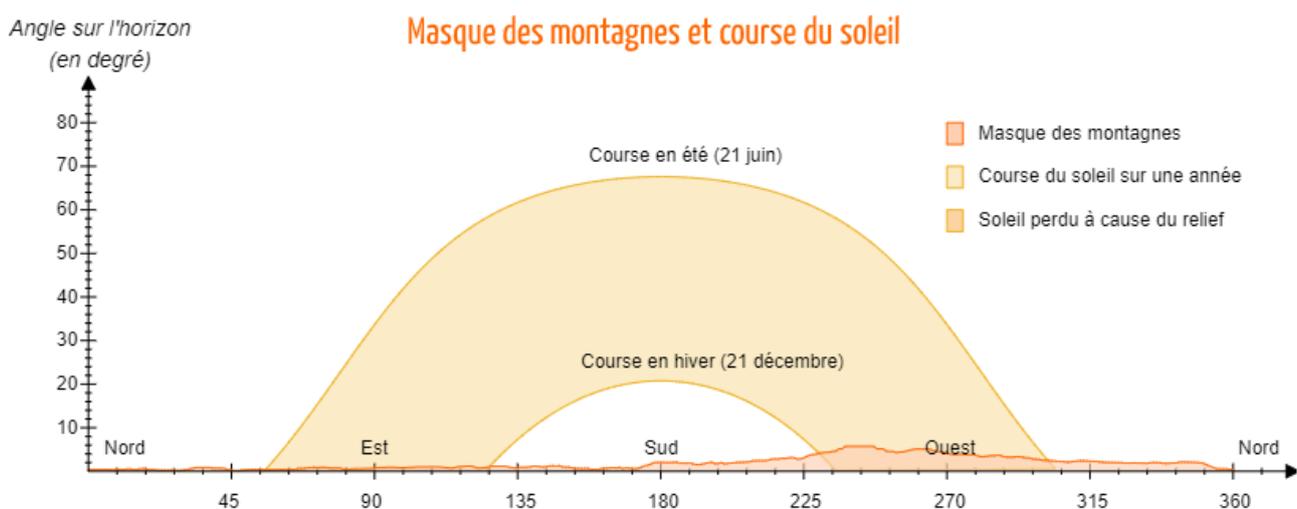


Figure 21 : Masques lointains formés par le relief et course du soleil au niveau du stade (Source : <http://www.heliorama.com>)

## 6.5.2 POTENTIEL DU SITE : PHOTOVOLTAÏQUE

Les grandes surfaces de toiture des bâtiments à vocation sportive sont généralement très adaptées à la valorisation du solaire photovoltaïque. Le photovoltaïque peut être valorisé pour compenser les besoins électriques générés par l'équipement et à une échelle plus large (bâti des quartiers voisins).

Le tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque est fixé par arrêté (actualisation tous les trimestres). L'arrêté du 30 juin 2020 modifiant l'arrêté tarifaire du 9 mai 2017 fixe les tarifs d'achat pour le 3<sup>e</sup> trimestre 2020. Ces tarifs sont en baisse ces dernières années encourageant les installations en autoconsommation. A noter, l'arrêté tarifaire, instaure une prime à l'investissement pour les installations en autoconsommation avec vente de surplus. Les installations photovoltaïques de plus de 300 kWc font l'objet d'un appel d'offre pour le rachat de l'électricité (le seuil était jusqu'en février 2020 de 100 kWc).

### 6.5.2.1 Principe de fonctionnement

Installés en toiture, des panneaux solaires photovoltaïques captent la lumière du soleil. Sous l'effet de la lumière, le silicium, un matériau conducteur contenu dans chaque cellule, libère des électrons pour créer un courant électrique continu. Un onduleur transforme alors ce courant en courant alternatif compatible avec le réseau de distribution collectif. Tout ou partie de la production peut être réinjectée dans ce réseau, EDF ayant obligation de rachat de cette électricité à des tarifs de rachat définis par arrêté et variables en fonction du type d'intégration. Une partie de l'électricité produite peut également être autoconsommée directement par les bâtiments voisins dans le quartier, ou pour l'éclairage par exemple. On parle alors d'autoconsommation.

Quelques exemples d'intégration à des stades :

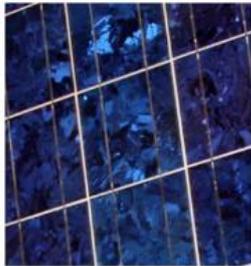


Figure 22 : Exemple de panneaux photovoltaïques intégrés à des stades  
(à g. Kaohsiung à Taïwan, Stade de Brême au centre, stade de Nice à dr.)

### 6.5.2.2 Technologies de valorisation : Production d'électricité

Les dispositifs photovoltaïques sont utilisés comme générateurs de courant et basés sur la conversion du rayonnement solaire. Il existe plusieurs familles de cellules photovoltaïques. Ces cellules sont généralement regroupées dans des modules ou panneaux photovoltaïques.

**Différentes configurations :**



• **Cellules en silicium cristallin :**

Élaborées à partir de silicium formé d'un seul cristal ou de plusieurs cristaux : cellules monocristallines ou multicristallines.

Rendements proches de 15% pour le multicristallin et proche de 20% pour le monocristallin.

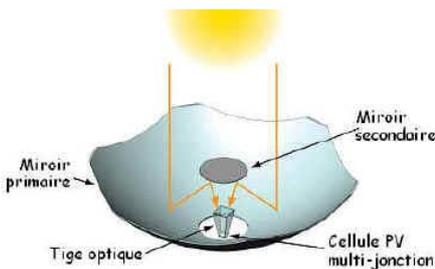
• **Cellules en couches minces :**

Fabriquées en déposant une ou plusieurs couches semi-conductrices et photosensibles sur un support de verre, de plastique, d'acier, ... Les plus répandues sont en silicium amorphe. Des polymères organiques peuvent également être utilisés.

Coûts de fabrication moindres et rendement de l'ordre de 5 à 13%.

• **Cellules à concentration :**

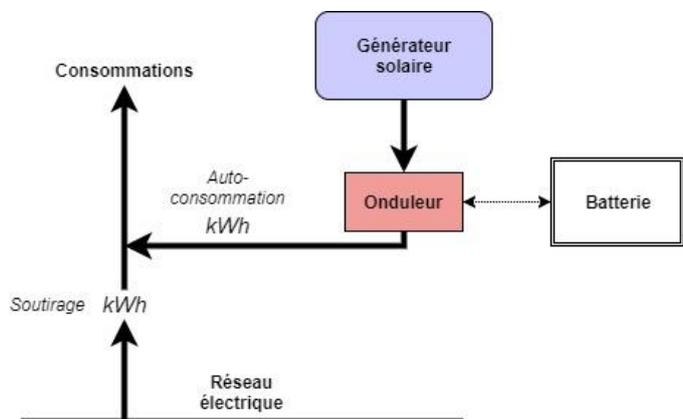
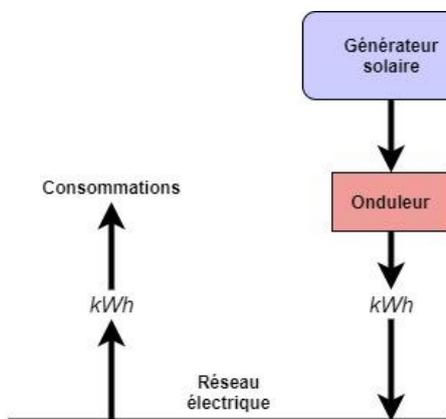
Permettent d'augmenter la puissance des cellules photovoltaïques en concentrant sur elles la lumière du soleil grâce à un miroir parabolique, cylindro-parabolique, ou une lentille de Fresnel. Les cellules doivent être placées sur un support mobile afin de rester positionnées face au soleil.



- Technologie qui permet d'envisager des rendements proches de 30%. Dispositif complexe, délicat et coûteux qui ne peut être installé que dans des grands parcs solaires.

Raccordement direct au réseau électrique

Auto-consommation de l'électricité avec possibilité de soutirage ou bien d'injection du surplus au réseau électrique



### 6.5.2.3 Pertinence et niveaux de mutualisation

Au vu des grandes surfaces de toiture disponibles sur le stade et de la proximité avec le projet urbain et des consommations électriques prévues (stade, éclairage, activités diverses...), une production locale d'électricité au moyen de panneaux photovoltaïques apparaît pertinente, le gisement solaire présent sur le site étant intéressant. Néanmoins, les heures d'activité du stade et des logements (soir) n'entrent pas en adéquation avec les heures de production photovoltaïques (en journée), ce qui ne favorise pas l'autoconsommation.

Le photovoltaïque permet la production d'électricité injectée directement dans le réseau de distribution ERDF qui dessert l'ensemble des bâtiments, ou bien l'électricité produite est directement consommée par les bâtiments producteurs eux-mêmes. Il peut donc être envisagé de couvrir la toiture du stade la mieux orientée de panneaux photovoltaïques, pour desservir l'ensemble des autres bâtiments. Cependant, le niveau de mutualisation (à l'échelle du quartier ou du bâtiment seulement) a peu d'impact sur le rendement et la pertinence de l'installation.

## **6.5.3 POTENTIEL DU SITE : SOLAIRE THERMIQUE**

En Auvergne-Rhône-Alpes, la production de chaleur par le solaire thermique représentait en 2015 environ 220 GWh/an. La production est aujourd'hui essentiellement réalisée par des installations individuelles pour le préchauffage de l'ECS.

Le scénario du SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires) fixe comme objectif de multiplier à minima par 3 la production solaire thermique d'ici 2023 par rapport à 2015, pour atteindre une production de 735 GWh/an en 2023.

### 6.5.3.1 Principe de fonctionnement

Un fluide caloporteur circule dans les capteurs solaires thermiques et collecte l'énergie solaire qui est emmagasinée. Cette énergie thermique peut ensuite être transférée dans le bâtiment pour différentes applications : chauffage de locaux, production d'ECS, production d'eau glacée pour la climatisation à l'aide de systèmes à sorption.

### 6.5.3.2 Technologies de valorisation : Production de chaleur

Des capteurs solaires thermiques peuvent recueillir l'énergie solaire et la transmettre à un fluide caloporteur afin de produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) ou bien pour chauffer directement des locaux. Le fluide caloporteur est généralement de l'eau (pour le chauffage ou ECS) ou de l'air (ventilé dans les bâtiments pour le chauffage).

Le taux de couverture moyen des besoins annuels en ECS est proche de 50% et nécessite donc un appoint par une autre énergie pour couvrir les besoins restants.

## Applications des techniques d'exploitation de l'énergie solaire



### • Capteurs plans non vitrés :

Ils forment un réseau de tubes plastiques noirs où circule le fluide caloporteur. Cette technologie est essentiellement utilisée pour le chauffage des piscines en été.



### • Capteurs plans vitrés :

Un circuit en serpentin dans lequel circule le fluide caloporteur est placé derrière une vitre.



### • Capteurs à tubes sous vide :

Le principe est le même que pour les capteurs plans vitrés, cependant l'isolation des tubes où circule le fluide caloporteur est simplement assurée par un autre tube dans lequel est fait le vide.

### **Le chauffe-eau solaire :**

Les capteurs plans absorbent le rayonnement solaire ;

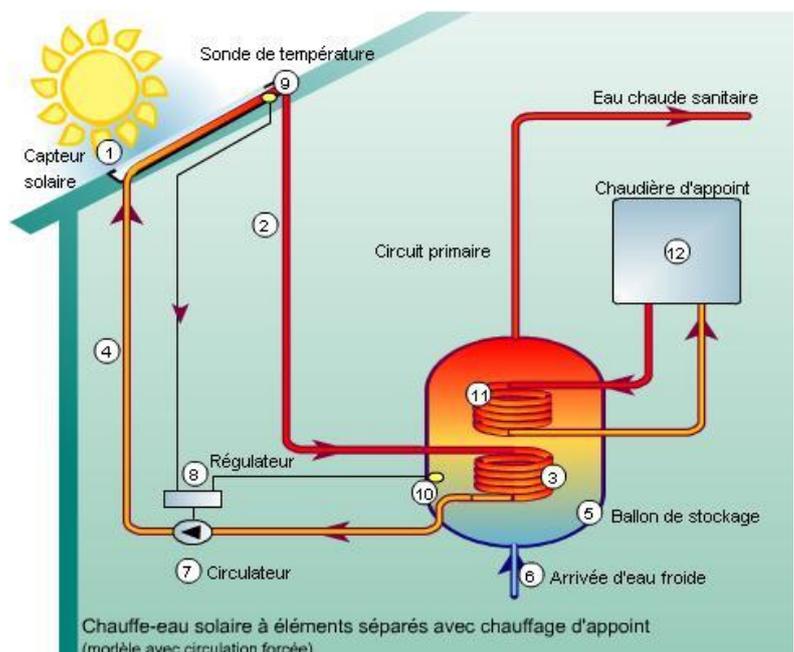
La chaleur emmagasinée est transportée par un fluide caloporteur (en général un mélange eau et antigel) au sein du circuit primaire ;

Un échangeur thermique permet au fluide caloporteur du circuit primaire de transmettre son énergie thermique à l'eau sanitaire contenue dans un ballon appartenant à un circuit secondaire isolé ;

Le liquide caloporteur du circuit primaire se refroidit et repart vers les capteurs solaires ;

L'eau chauffée dans le ballon est utilisée pour répondre aux besoins d'ECS puis remplacée par l'eau froide du réseau.

Source : ECO infos Energies Renouvelables



**Plancher solaire :** le principe d'extraction de l'énergie thermique contenue dans le rayonnement solaire est le même que pour le chauffe-eau. Le fluide caloporteur ainsi chauffé est directement envoyé dans un réseau de tubes positionné dans le sol du bâtiment.

**Rafraîchissement solaire :** il est possible d'utiliser le rayonnement solaire pour rafraîchir les bâtiments grâce à une machine à absorption.

### 6.5.3.3 Pertinence du solaire thermique sur notre site

La production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) solaire est une technologie éprouvée, fiable et permettant de faire des économies d'énergie non négligeable. Le solaire thermique est une solution pertinente pour des bâtiments dont les puisages d'Eau Chaude Sanitaire sont importants et réguliers. Ce n'est à priori pas le cas des extensions du stade dédiées à l'accueil des évènements sportifs, qui auront un usage intermittent.

Néanmoins, le gymnase présentera un usage beaucoup plus régulier (associations, scolaires...), et ses vestiaires (douches) auront des besoins en ECS. Ainsi, il peut être pertinent d'installer des panneaux solaires thermiques pour les usage réguliers en ECS (gymnase).

Pour ce qui est de la climatisation solaire, cette technologie est encore peu développée et les besoins en froid des futurs locaux seront intermittents (selon la fréquentation), aussi cette solution ne paraît pas adaptée pour le rafraîchissement.

### 6.5.4 OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT POUR LA REGION AUVERGNE RHONE ALPES

D'après AURA-EE, la production solaire **thermique** était de 24 GWh en 2015 dans le Puy-de-Dôme.

D'après l'ORCAE, la production solaire thermique était de 6 061 MWh en 2015 sur la métropole de Clermont-Ferrand, soit 11 543 m<sup>2</sup> installés. Le parc de production solaire thermique installé sur la métropole est en forte croissance depuis 2008 (+67%). En 2015, il a connu une augmentation de 3% par rapport à l'année 2014.

#### Installations solaire thermique

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Production estimée (MWh)	4 294	4 632	5 183	5 585	5 883	6 061
Surface de capteurs (m <sup>2</sup> )	8 367	8 983	9 961	10 682	11 204	11 543

Figure 23 : Installations solaires thermiques sur la CAM (source : ORCAE)

D'après AURA-EE, la production de solaire **photovoltaïque** était de 62 GWh en 2015 dans le Puy-de-Dôme (pour 25 MW installés). Le parc de production solaire photovoltaïque installé en Auvergne-Rhône-Alpes est en forte croissance depuis 2008. En 2015, il a connu une augmentation de 6% par rapport à l'année 2014.

#### Installations photovoltaïques

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre	696	855	974	1 088	1 166	1 195
Production estimée (MWh)	1 392	3 371	9 150	9 021	10 078	11 559
Puissance (kW)	2 518	4 266	8 772	9 783	10 339	10 557

Figure 24 : Installations solaires photovoltaïques sur la CAM (source : ORCAE)

Selon le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET), il est prévu de passer de 739 GWh/an de production solaire photovoltaïque en 2015 à 3 849 GWh/an en 2023

(production multipliée par plus de 5, c'est-à-dire +420%). Il est également prévu de passer de 220 GWh/an de production solaire thermique à 735 GWh/an en 2023 (+234%).

Les objectifs de 2023 ne sont donc pas encore atteints et la région promeut largement le développement de cette filière énergétique.

## 6.5.5 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES

### Règlementaires

L'installation d'un dispositif photovoltaïque est soumise à plusieurs réglementations (code de l'urbanisme, de la construction, de l'environnement, droit électrique...). Il convient donc de vérifier la conformité des installations projeté vis-à-vis des différents documents qui en découlent (PLU essentiellement).

*Nota : Les installations inférieures à 250 kWc (qui n'ont pas vocation à être des centrales solaires au sol) ne sont pas soumises aux démarches au titre de l'environnement (étude d'impact, enquête publique) ni aux démarches au titre de l'électricité (Autorisation d'exploiter).*

### Techniques

Si la filière solaire est retenue, il est nécessaire de mener une réflexion architecturale en amont des projets de manière à orienter la conception toitures pour maximiser le rendement des installations. Il conviendra également de vérifier que ces installations ne rentrent pas en conflit avec d'autres usages possibles de toitures (végétalisation, toitures accessibles, potagers partagés...).

La diversité des usages et des typologies des bâtiments au sein d'un quartier implique des profils de consommations différents d'un bâtiment à l'autre. Tout d'abord, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance et une bonne prévision des flux de consommation et de production des participants.

Dans le cas où un système d'autoconsommation collective est retenu, celui-ci nécessite la création d'une Personne Morale Organisatrice qui a pour rôle de définir la clé de répartition de la production entre les différents producteurs et consommateurs.

### Economiques

Les installations solaires thermiques permettent de couvrir une partie des besoins d'ECS grâce à l'énergie solaire et donc de diminuer les consommations d'énergies fossiles, faisant ainsi économiser des coûts d'exploitation annuellement, mais ceci reste à mettre en regard des coûts d'investissement à porter pour cette solution.

Il convient de noter que le tarif de rachat de l'électricité est un dispositif subventionné par l'état qui a pour but de favoriser l'essor de la filière photovoltaïque mais qui a donc vocation à disparaître. La valeur de ce tarif est déjà en baisse quasi constante depuis de nombreuses années. D'ici peu, le tarif de rachat devrait donc devenir inférieur au coût de l'électricité, l'autoconsommation devenant ainsi plus intéressante que la revente sur le réseau.

## 6.5.7 SYNTHÈSE

- Le solaire photovoltaïque et thermique est adapté aux larges toitures offertes par un stade
- L'importance du potentiel intrinsèque du site est renforcée par les larges surfaces de toitures, généralement disponibles sur les bâtiments à vocation sportive, et par l'absence de masque proche sur ces toitures, les hauteurs des bâtiments étant modérées vis-à-vis de leurs espacements.
- Le développement du solaire thermique et photovoltaïque en Auvergne Rhône Alpes est motivé par un objectif, fixé par la SRADDET : il est prévu de passer de 739 GWh/an de production solaire photovoltaïque en 2015 à 3 849 GWh/an en 2023. Il est également prévu de passer de 220 GWh/an de production solaire thermique à 735 GWh/an en 2023. Les objectifs de 2023 ne sont donc pas encore atteints et la région promeut largement le développement de cette filière énergétique.
- **Solaire photovoltaïque :**
  - Le photovoltaïque peut-être à envisager pour la production locale d'électricité , mais il n'est pas pertinent pour un usage en autoconsommation directe pour le stade car celui-ci présente des besoins trop intermittents. En effet, l'électricité produite aurait pu être autoconsommée par les usages du stade (pompes de distribution du réseau de chaleur, ventilation mécanique, éclairage) ainsi que par les autres ensembles du projet (gymnase, espaces pour professions libérales, services publics et locaux commerciaux). Le niveau de synchronisme entre la production solaire et les besoins était toutefois assez mauvais et aurait généré une quantité importante de surplus de production d'électricité, ce qui n'est pas favorable à la rentabilité financière de l'installation (dans l'hypothèse d'une installation en autoconsommation avec vente du surplus).
  - Ainsi, la solution du photovoltaïque n'est pas retenue en autoconsommation directe.
  - La Direction des Sports de Clermont Auvergne Métropole, maître d'ouvrage du projet, a interrogé les services internes de la CAM responsables de la stratégie énergétique sur son territoire pour éventuellement utiliser les surfaces offertes par le stade (ombrières sur parkings par exemple) non pas en autoconsommation directe mais à l'échelle du quartier/territoire. Il s'avère que le quartier des Vergnes n'a pas été retenu par la Métropole dans sa stratégie globale de développement du photovoltaïque. Donc la production d'électricité par panneaux photovoltaïques n'est pas retenue.
- **Solaire thermique :**
  - L'énergie solaire thermique pour la production d'ECS est peu adaptée aux activités prévues sur le site, présentant à priori des besoins intermittents et faibles en eau chaude sanitaire, hormis les douches des vestiaires du gymnase. Néanmoins, étant donné le fait que le stade est raccordé au RCU pour l'ECS, et que celui-ci est alimenté à 80% en biomasse, cela minimise l'intérêt et la rentabilité économique d'une installation de solaire thermique.
  - La climatisation solaire peut être intéressante à étudier, même si la technologie en est encore à ses débuts.

## 6.6 POTENTIEL EOLIEN

### 6.6.1 ETAT DES LIEUX : VENTS

Source : Meteo France Fiche Climatologique : Station de Clermont-Ferrand (63) Indicatif : 63113001, alt : 331m, lat : 45°47'12"N, lon : 03°08'54"E, ADEME, TerriSTORY (AURA-EE)

La rose des vents ci-dessous est celle de la station météorologique de Clermont-Ferrand, qui montre l'orientation de l'origine des vents. Les vents les plus fréquents sont ceux venants du Sud et représentent 20,2% des cas. Les vents faibles (entre 1,5 et 4,5 m/s) sont les plus courants avec 45,9% des vents mesurés, les vents moyennement forts (4,5 à 8,0 m/s) représentent 17,9% des mesures tandis que les vents présentant une très forte gêne avec une vitesse supérieure à 8,0 m/s sont très peu présents (3,1%).

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

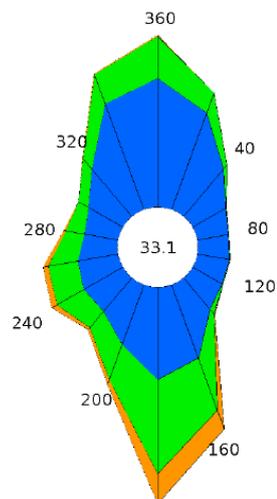
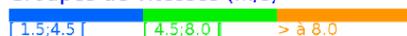


Tableau de répartition

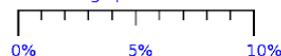
Nombre de cas étudiés : 58440  
 Manquants : 40

Dir.	[ 1,5;4,5 [	[ 4,5;8,0 [	> 8,0 m/s	Total
20	4,3	0,9	+	5,3
40	2,6	0,2	0,0	2,9
60	1,6	+	0,0	1,7
80	1,3	+	0,0	1,4
100	1,4	+	0,0	1,4
120	1,4	+	0,0	1,5
140	1,8	0,3	+	2,1
160	3,3	2,4	0,8	6,5
180	4,0	4,0	1,3	9,2
200	2,7	1,6	0,2	4,5
220	1,9	0,9	0,1	2,9
240	1,9	1,3	0,3	3,5
260	1,7	1,3	0,2	3,2
280	1,5	0,8	+	2,3
300	1,7	0,5	+	2,2
320	2,6	0,6	+	3,2
340	4,8	1,3	+	6,1
360	5,5	1,8	+	7,3
Total	45,9	17,9	3,1	66,9
[ 0,1,5 [				33,1

Groupes de vitesses (m/s)



Pourcentage par direction



Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord  
 le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Figure 25 : Rose des vents – Clermont-Ferrand (moyennes sur 1991-2010)

Le vent influe sur :

- Le confort des espaces extérieurs : des espaces publics, ou encore des cheminements piétons et cycles ;
- Le confort des espaces intérieurs : pour l'aération des bâtiments ou pour les courants d'air ;
- Les déperditions énergétiques pour les façades exposées au vent du Nord ou de ventilation des espaces de surchauffe ;
- Dans une moindre mesure sur la dispersion des polluants.

Selon les cartes de potentiel éolien de l'ADEME (cf. ci-dessous) de 2016, le secteur se positionne en zone 1, son gisement éolien n'apparaît, en premier lieu, pas très intéressant.

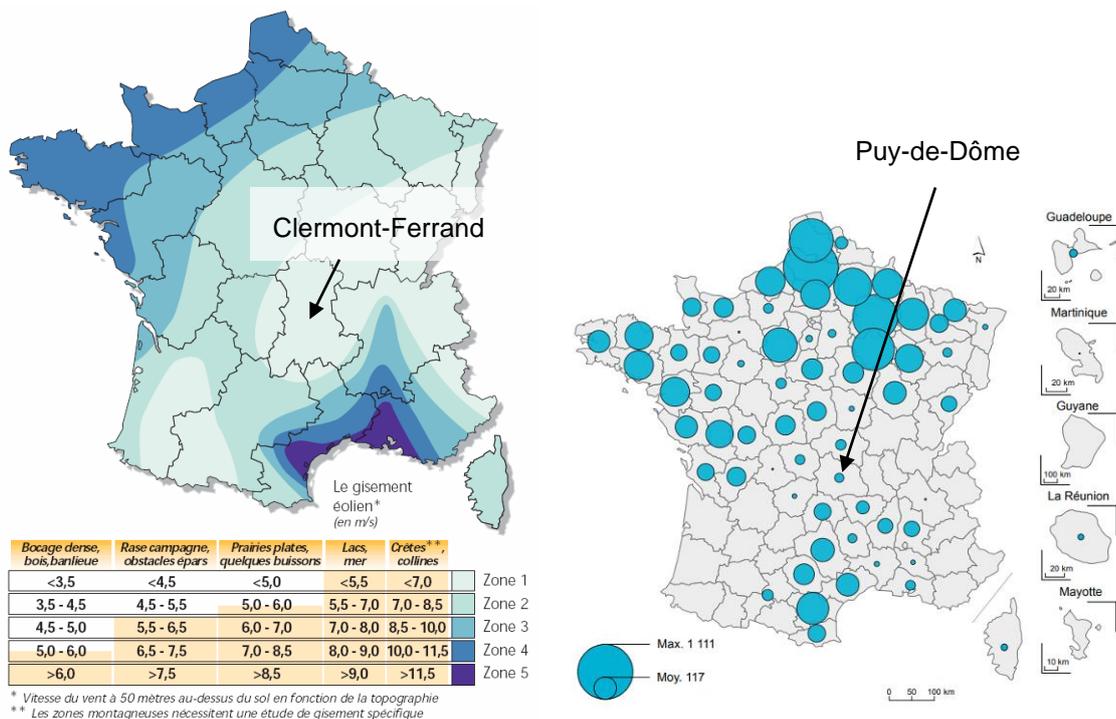


Figure 26 : Etat du potentiel éolien en France (en MW) (source : ADEME)

## 6.6.2 POTENTIEL DU SITE : EOLIEN

### 6.6.2.1 Principe de fonctionnement

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique contenue dans les vents.

### 6.6.2.2 Technologies de valorisation

Un rotor constitué de pâles et situé sur un mât, entraîne un générateur électrique.

Pour le parc éolien de grande puissance, la réglementation est stricte et impose notamment une implantation à plus de 500 m des habitations.

Il existe des éoliennes dites urbaines, adaptées aux conditions particulières telles que la turbulence, les vitesses de vents affectées par l'environnement urbain, les vibrations, le bruit ou encore les considérations d'aménagement. Ces éoliennes urbaines se classent en deux catégories : les éoliennes à axe horizontal ou vertical. Ces technologies sont adaptées au contexte de l'agglomération.

Parmi les machines de puissance inférieure à 250 kW, on distingue le « micro-éolien » (< 1 kW), le « petit éolien » (entre 1 et 36 kW) et le « moyen éolien » (entre 36 et 250 kW). Ces éoliennes font moins de 35 m de hauteur. Elles sont raccordées au réseau ou bien autonomes en site isolé.

Le petit éolien peut être installé à proximité de bâtiments ou sur un toit en ville. Le toit doit être accessible et sans bâtiment de hauteur supérieure à proximité.



- **Éolienne à axe horizontal :**

Principe de fonctionnement similaire aux éoliennes des grandes fermes éoliennes.

Petite taille, allant de 5 à 20 m de hauteur ; Diamètre des pâles allant de 2 à 10 m ; Puissances pouvant atteindre 20 kW.



- **Éolienne à axe vertical :**

Pour répondre aux contraintes engendrées par les turbulences du milieu urbain, elles peuvent fonctionner avec des vents de toute direction. 3 grands types : Darrieus, Savonius et Venturi.

L'ADEME indique qu'à moins de 20 km / h de moyenne annuelle (soit 5,5 m / sec), l'installation d'une éolienne domestique n'est pas conseillée. Dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain ou péri-urbain, où le vent est en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable.

Toutefois, de nouvelles technologies apparaissent pour répondre aux principales contraintes posées par les éoliennes urbaines classiques à savoir : la fragilisation de la structure, les nuisances sonore, la mauvaise intégration architecturale. **Le concept Wind My Roof** propose par exemple un nouveau design d'éolienne implantable linéairement en bord de toiture, réduisant l'encombrement et laissant la toiture libre pour d'autres utilisations (végétalisations, installations solaires...). L'intérêt de cette technologie est qu'elle permet de supprimer les nuisances sonores et visuelles contrairement à des technologies classiques. Il s'agit d'un système modulaire qui permet d'adapter le nombre de modules installés au regard de la surface disponible. Un module peut produire jusqu'à 1MWh/an.

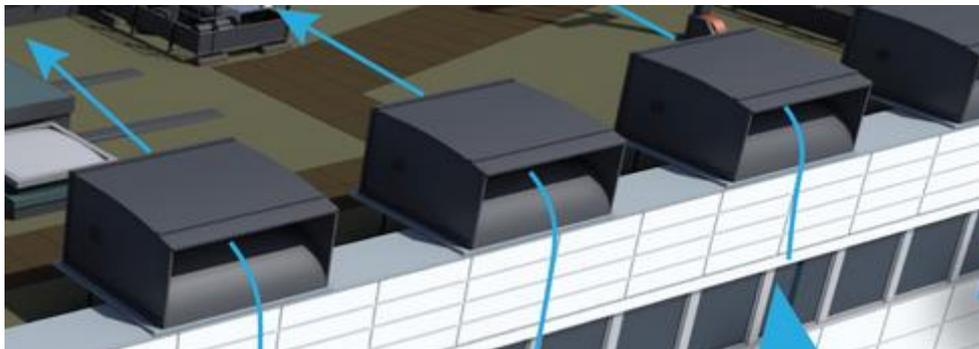


Figure 27 : Illustration de l'insertion en toiture des éoliennes Wind My Roof  
(Source : <https://www.windmyroof.com/>)

### 6.6.2.3 Gisement

La force du vent, sa fréquence et sa régularité sont des éléments déterminants pour le choix de l'énergie éolienne. Le principe de base de fonctionnement d'une éolienne nécessite des vitesses de vent comprises entre 10 et 90 km/h. Au-delà elles sont arrêtées pour des questions de sécurité.

Pour une petite éolienne, généralement on estime qu'un vent de 25 km/h est une vitesse moyenne annuelle convenable. Entre 30 et 40 km/h la production d'électricité permet de satisfaire par exemple une partie conséquente des besoins électriques d'un foyer. En outre à moins de 20 km/h l'installation d'une petite éolienne est déconseillée car peu rentable. Enfin certaines éoliennes ne démarrent qu'à une vitesse minimale de +/- 3m/s (soit près de 11 km/h).

L'implantation d'éoliennes en milieu urbain est généralement très compliquée et le tissu urbain proposé par le quartier du stade Montpied ne fait pas office d'exception.

Comme le montre la carte ci-dessous, le stade n'est pas localisé dans un secteur de potentiel éolien tel que défini dans le SRCAE Auvergne.

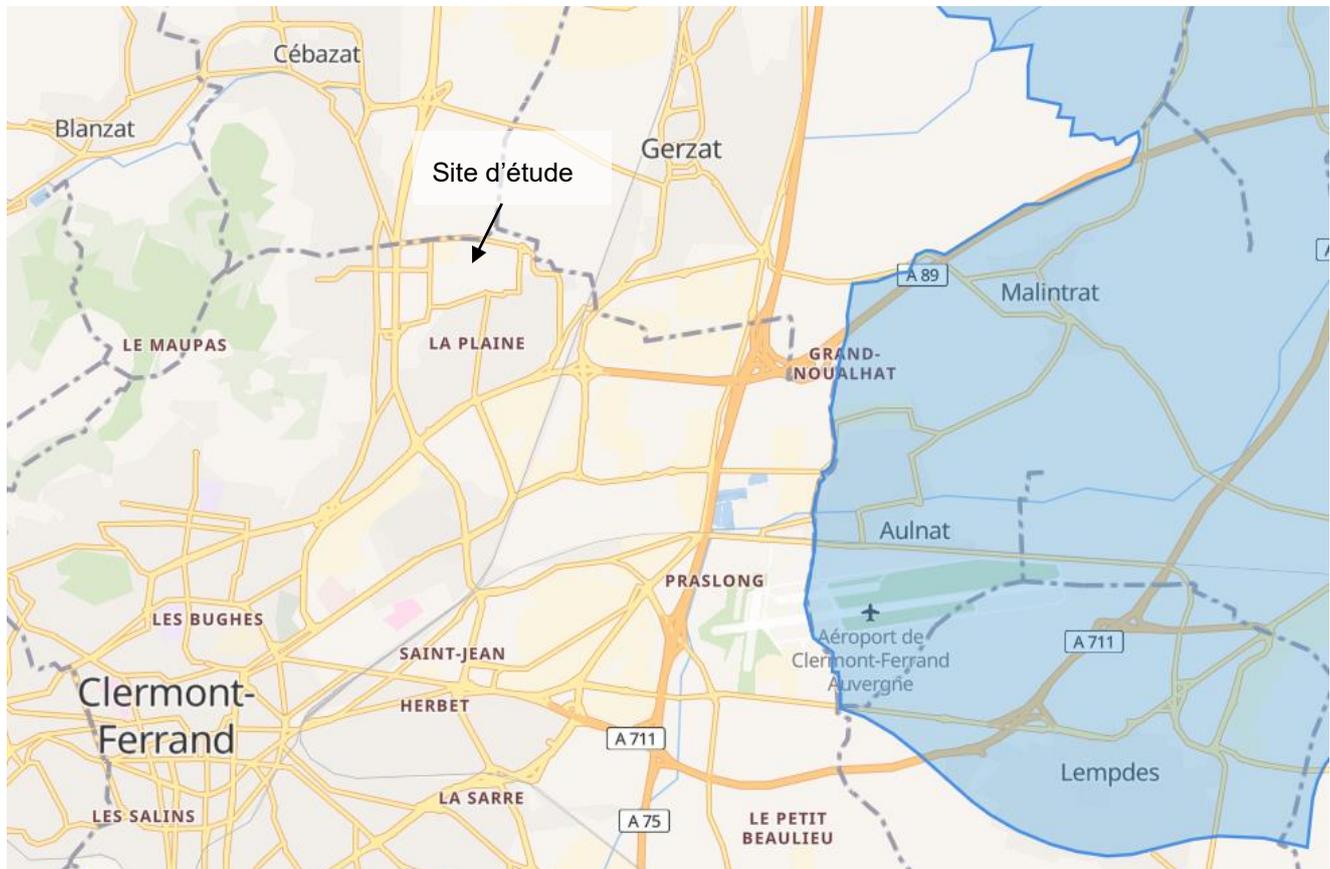


Figure 28 : Zones Favorables à l'éolien (source : SRCAE Auvergne 2012 / data.gouv.fr)

**Le site ne se situe pas dans une zone favorable à l'éolien.**

#### 6.6.2.4 Pertinence et mutualisation

L'environnement urbain, et la localisation du site, hors ZDE, ne plaident pas pour un usage de cette énergie renouvelable.

### 6.6.3 OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT REGIONAUX

En 2015, le département du Puy-de-Dôme ne voyait sa consommation électrique couverte que par 8,7% d'électricité d'origine renouvelable. La production de parcs éoliens représentait environ 43 GWh en 2015.

Le potentiel éolien du département est limité d'une part par les espaces naturels protégés, mais également par une problématique technique de sous-dimensionnement des réseaux.



Figure 29 : Répartition de la production EnR dans le département du Puy-de-Dôme en 2015

D'après le SRADDET de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, la production d'origine éolienne en 2015 était de 773 GWh, et l'objectif est d'atteindre 2 653 GWh en 2023.

#### 6.6.4 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES

L'installation d'éoliennes est soumise à de nombreuses contraintes regroupées en 4 catégories : Patrimoine culturel et historique, patrimoine naturel, servitudes et contraintes aériennes et terrestres, infrastructures.

#### 6.6.5 SYNTHÈSE

- Selon le schéma régional éolien, le site n'est pas adapté (milieu urbain).

## 6.7 POTENTIEL GEOTHERMIE ET HYDROTHERMIE

### 6.7.1 ETAT DES LIEUX : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET POLLUTION

Le site d'étude repose sur des **alluvions fluviales** actuelles à récentes indifférenciées.

Ci-dessous sont livrées les conclusions et éléments principaux issus du diagnostic de pollution des sols dans le cadre du projet d'extension des tribunes du stade Gabriel Montpied réalisée par Biobasic environnement en juillet 2019, repris dans l'étude d'impact (le lecteur pourra s'y référer pour plus de précisions).

Les investigations de terrain montrent que les sols au droit du site sont très majoritairement constitués de **sables plus ou moins grossiers d'origine volcanique** (scories et cendres) confirmant les données documentaires disponibles sur le secteur.

Aucune source potentielle de pollution n'a été identifiée dans le cadre de la visite approfondie du site, et il n'existe selon les responsables du site, aucun réservoir enterré de stockage d'hydrocarbures.

Des investigations de terrain ont été réalisées le 19 juin 2019, avec 20 sondages pour prélèvements d'échantillons de sol au droit du site d'étude. Aucun indice organoleptique de pollution n'a été relevé.

Les échantillons ont été analysés selon différents paramètres : matériaux inertes selon l'arrêté du 12 décembre 2014, hydrocarbures totaux, éléments métalliques.

La caractérisation des sols montre que la majorité des sols investigués peut être assimilée à des matériaux inertes, hormis les sols constitutifs du premier horizon recoupé au droit de certains qui doivent être considérés comme « inertes + » compte tenu de leurs teneurs en fluorures sur la fraction solubilisée, qui dépassent la valeur limite (10 mg/kg<sub>MS</sub>) fixée par l'arrêté du 12 décembre 2014 mais restent inférieures à 3 fois cette valeur limite (30 mg/kg<sub>MS</sub>). L'analyse des sol de surface montre par ailleurs l'absence de tout impact des molécules organiques recherchées (hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, polychlorobiphényles). De la même façon, aucune anomalie n'a été mise en évidence pour les éléments métalliques recherchés (contenu total et fraction solubilisée).

### 6.7.2 POTENTIEL DU SITE : GEOTHERMIE

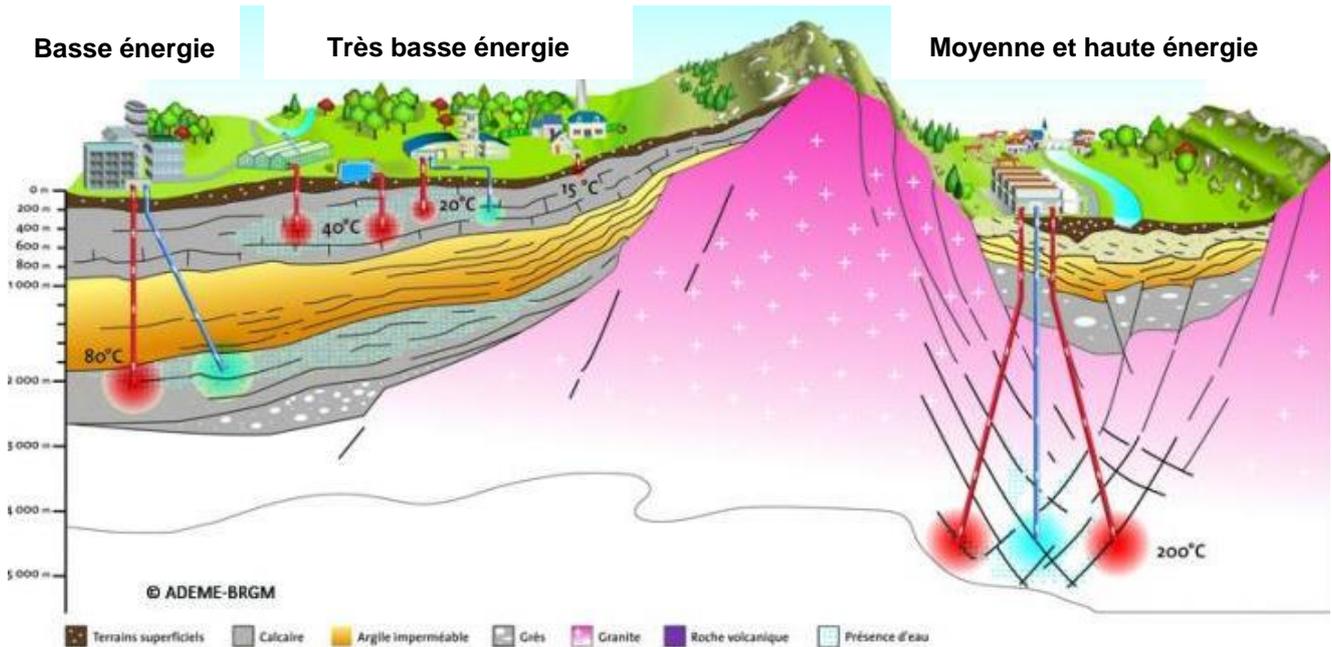
*Source(s) : Géothermie Perspectives (ADEME et BRGM) : Géothermie en Auvergne mars 2015*

Les formations lacustres marno-calcaires ou de calcaire crayeux des Limagnes du bassin du Puy d'Aurillac, très massives ne sont pas aquifères ou inexploitable pour la production d'eau. Elles ont été explorées par le biais de forages profonds qui ont mis en évidence des températures supérieures à 110°C avec des productivités décevantes (Croix Neyrat – Les Vergnes).

#### 6.7.2.1 Principe de fonctionnement

La géothermie correspond à l'utilisation de la chaleur contenue dans l'écorce terrestre.

L'énergie géothermique se manifeste par une élévation de la température avec la profondeur. Le gradient géothermique moyen est de 3,3°C par 100 mètres de profondeur. La tranche comprise entre 0 et 10 mètres de profondeur est fortement influencée par le rayonnement solaire. Sa température est stable et elle est disponible 24h/24 et indépendante des variations saisonnières. Elle est utilisée directement sur place ou à quelques centaines de mètres dans le cas d'ensemble de consommateurs importants. Son coût est indépendant de la fluctuation du prix des énergies fossiles. Quatre types de géothermie peuvent être distingués, fonctions de la profondeur et de la température :



Source : BRGM

Géothermie très basse énergie	Géothermie basse énergie	Géothermie moyenne et haute énergie
<p>Au niveau du proche sous-sol, directement influencé par le flux solaire.                      L'eau peut directement être utilisée pour le chauffage de piscines, serres, bassins.                      Pour le chauffage de locaux, il est nécessaire de recourir à des pompes à chaleur sur eau souterraine ou à des sondes géothermiques.                      Une pompe à chaleur associée à un capteur enterré dans le sous-sol superficiel permet d'alimenter en chauffage l'habitat individuel.  <math>T &lt; 30\text{ °C}</math></p>	<p>Au niveau des bassins sédimentaires à porosité et perméabilité connus par prospection pétrolière .                      Pour le chauffage urbain collectif.                      L'eau à haute température peut alimenter directement un réseau de chaleur.  <math>30\text{ °C} &lt; T &lt; 90\text{ °C}</math>                      Ressources généralement localisées dans les bassins sédimentaires (zones continentales stables avec un gradient géothermique de <math>3\text{ °C}</math> tous les 100 mètres en moyenne, sous réserve de disposer de formations géologiques poreuses et perméables)</p>	<p>Au niveau de formations volcaniques fissurées ou poreuses, eau captée sous forme de vapeur pour la production d'électricité.  <math>90\text{ °C} &lt; T &lt; 160\text{ °C}</math> (moyenne énergie) ;  <math>T &gt; 160\text{ °C}</math> (haute énergie)</p>
<p>Typologie de géothermie présente sur le territoire de l'agglomération.</p>	<p>Massif Central (Limagne), avec un gradient jusqu'à <math>5\text{ °C}/100\text{ m}</math>. Fort potentiel</p>	<p>Massif Central avec un fort potentiel en géothermie profonde</p>

6.7.2.2 Technologies de valorisation : Production de chaleur (Géothermie très basse énergie)

Afin d'exploiter la ressource géothermique très basse énergie pour le chauffage ou le rafraîchissement de bâtiments, trois systèmes sont possibles :

• **PAC sur sol et échangeur horizontal :**

Profondeur entre 0,5 et 1,5 m et températures entre 8 et 10°C.

Pour les besoins de l'habitat individuel. La surface de l'échangeur correspond à 1,5 à 2 fois la surface à chauffer.

La puissance prélevée est de 10 à 15 W/m de longueur de capteur, soit 25 à 37 W/m<sup>2</sup> de champ de capteur.

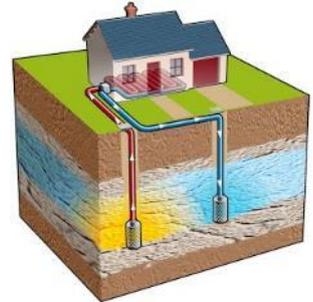


• **PAC sur aquifère en boucle ouverte :**

Profondeur entre 10 et 200 m et températures des nappes d'eau souterraines entre 10 et 15 °C.

Nécessité de connaître et d'évaluer les ressources en eaux souterraines.

La géothermie sur nappe (ou sur aquifère) consiste à pomper l'eau d'une nappe souterraine par l'intermédiaire d'un ou plusieurs forages pour l'acheminer, via un échangeur, jusqu'à la pompe à chaleur afin d'en prélever les calories, avant de la réinjecter dans l'aquifère par l'intermédiaire d'un second ou de plusieurs forages. C'est le système le plus performant des systèmes géothermiques mais le plus complexe à installer.

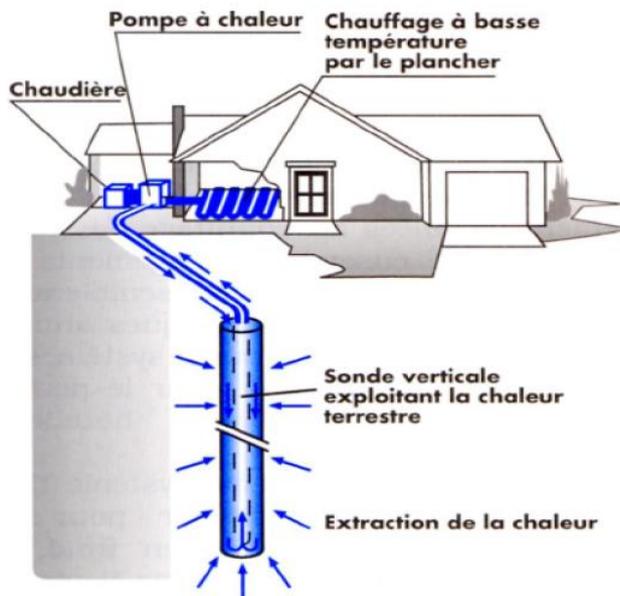
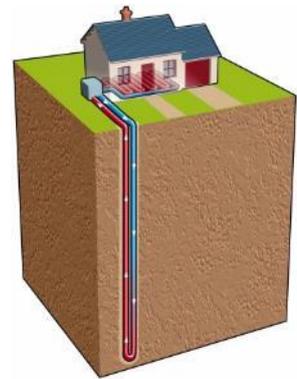


• **PAC sur sol et échangeurs verticaux (Géothermie verticale) :**

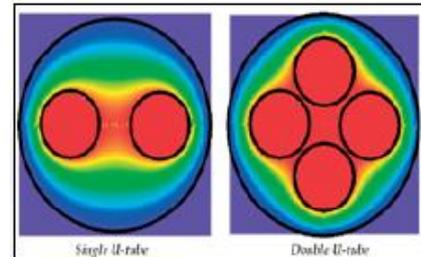
Profondeur entre 50 et 200 m et températures entre 10 et 15°C.

Pour les besoins du petit collectif et du tertiaire.

La géothermie sur sonde verticale utilise une ou des sondes, installées dans des forages verticaux, pour valoriser l'énergie géothermique très basse température contenue dans les couches superficielles du sol. Un fluide composé d'eau et d'antigel biodégradable est pompé en circuit fermé et permet d'extraire l'énergie du sous-sol à l'aide d'une pompe à chaleur.



Système de géothermie sur sonde verticale  
 Source : CETIAT



Sondes géothermiques en U (à gauche) et en double U (à droite)  
 Source : ADEME

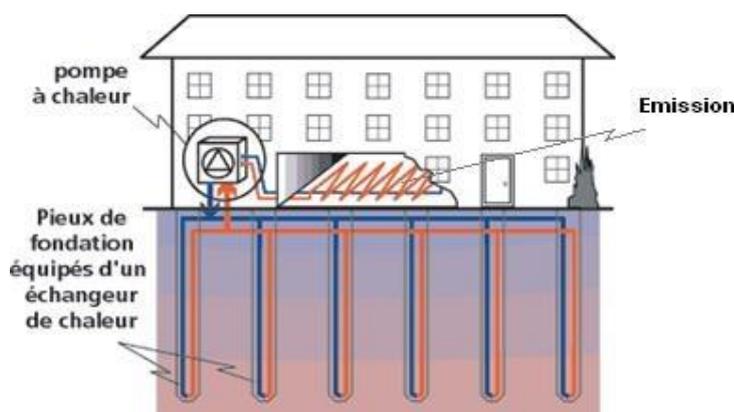
Figure 30: principe de mobilisation de la géothermie verticale par sonde géothermique

Les usages de la géothermie verticale sont les suivants :

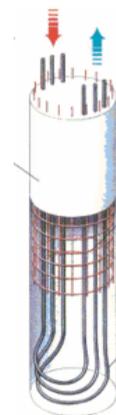
- En hiver, prélèvement de chaleur dans le sol pour le chauffage du bâtiment ;
- En été, injection de calories dans le sol pour le rafraîchissement du bâtiment.

La géothermie sur pieux (ou pieux énergétiques ou fondations thermoactives) est une variante de la géothermie sur sondes verticales. Elle utilise les pieux de fondations du bâtiment pour l'implantation des sondes verticales : les mêmes pieux servent d'éléments de fondation et d'échangeurs thermiques.

La géothermie sur pieux est adaptée aux bâtiments tertiaires nécessitant des fondations profondes sur pieux, et présentant à la fois des besoins en chaud et en froid du même ordre, de faibles besoins en puissance et une occupation continue.



Système de géothermie sur pieux  
Source : Ekopedia



Pieu énergétique  
Source : Ekopedia

Figure 31: principe de mobilisation de la géothermie verticale par pieux énergétiques

D'autres technologies sont également envisageables, telles que :

- **Puits climatiques** : Technologie de confort thermique, elle consiste en un conduit enterré dans lequel circule de l'air provenant de l'extérieur qui est ensuite insufflé dans le bâtiment. Au cours de la circulation, l'air échange son énergie thermique avec la terre, il y est alors refroidi ou bien réchauffé selon la saison.
- **Géocooling** : Technologie de confort thermique, elle est constituée d'un réseau enterré dans lequel circule de l'eau. En mi saison ou été, l'eau refroidie dans le sol (à 15-20°C) est utilisée par échange direct (c'est-à-dire sans système thermodynamique) pour rafraîchir le bâtiment.

### 6.7.2.3 Gisement

#### **Géothermie haute énergie**

D'après le Schéma de Transition énergétique et écologique de la CAM, **le Massif Central dispose d'un fort potentiel en géothermie profonde**. Un permis de recherche a été accordé à la société Fonroche et Electerre pour la réalisation d'une exploration géologique poussée sur une zone allant du sud de Clermont-Ferrand à Riom.

#### **Géothermie très basse énergie**

D'après le Schéma de Transition énergétique et écologique de la CAM, une étude a été réalisée par le BRGM fin 2014, présentant notamment une cartographie du **potentiel géothermique très basse énergie** du territoire clermontois.

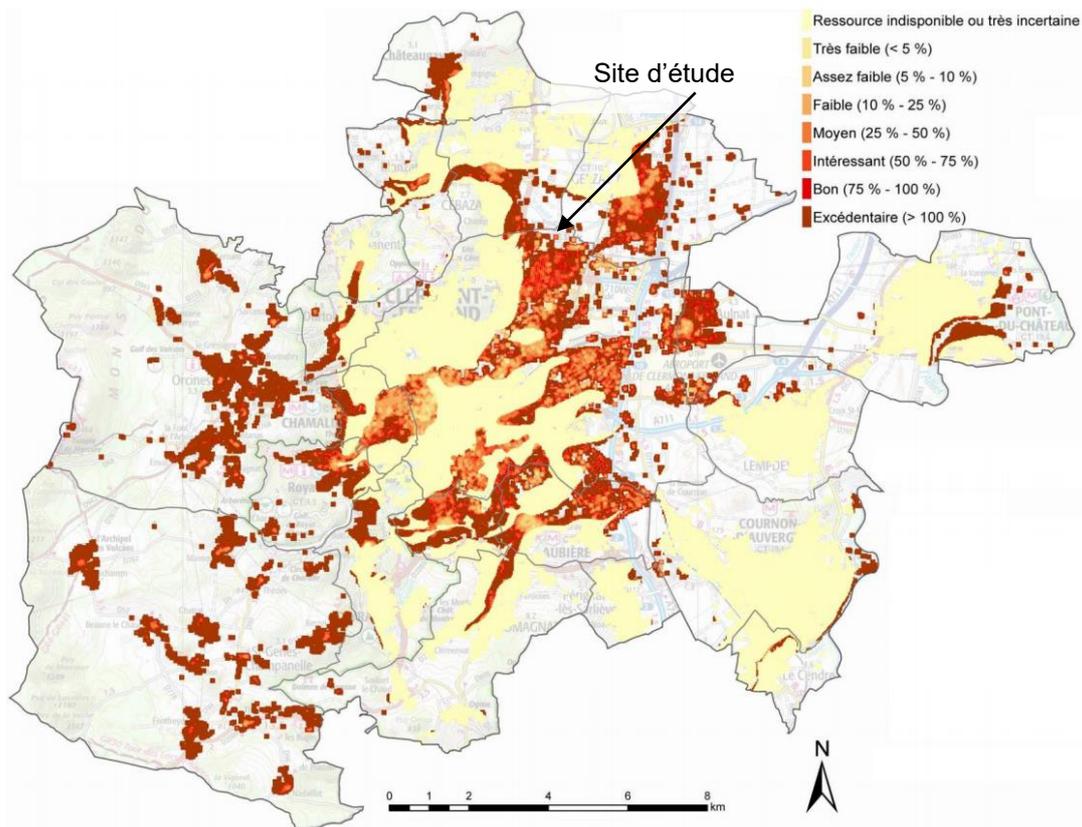


Figure 32 : Potentiel géothermique très basse énergie sur aquifère superficiel

Le Schéma de Transition énergétique et écologique de la CAM présente également une cartographie du potentiel **géothermique très basse énergie sur sondes** géothermiques verticales du territoire clermontois.

Ces données indiquent qu'un potentiel pour la géothermie superficielle (par exemple sur nappe ou sur sondes verticales ou pieux) peut exister à proximité du site, mais a priori pas sur le site lui-même (carte imprécise).



### 6.7.3 OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT POUR LA REGION AUVERGNE RHONE ALPES

La région Auvergne-Rhône-Alpes prévoit, au travers du SRADDET, de produire 2 470 GWh/an par des PAC la Géothermiques en 2023 (+18% par rapport à 2015), et 2 621 GWh/an en 2030 (+26% par rapport à 2015) alors qu'elle en produisait en 2015 2 086 GWh/an. Ce n'est pas la source d'énergie qui est amenée à le plus être sollicitée au vu des objectifs du SRADDET ;

### 6.7.4 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES

#### Règlementaires

- Capteurs horizontaux : L'installation s'effectuant à moins de 10 m de profondeur, elle n'est pas soumise à déclaration. Elle doit également se trouver à plus de 2 m des arbres, à plus de 1,5 m des réseaux hydrauliques enterrés et à plus de 3 m des fondations, fosses septiques et réseaux d'évacuation.
- Capteurs verticaux : Les installations verticales atteignant des profondeurs plus importantes, elles sont soumises à déclaration. au titre du code minier est nécessaire. Au-delà de 200 m de profondeur, une demande d'autorisation s'impose. L'installation des sondes verticales doit respecter une distance minimale visant à éviter les interactions thermiques et mécaniques avec d'autres éléments comme les canalisations, les ouvrages enterrés, les arbres...
- Géothermie sur aquifère : Trois séries de textes régissent les dispositions réglementaires applicables aux projets de géothermie sur aquifère : le Code civil, le Code Minier, le Code de l'environnement.

#### Techniques

- Capteurs horizontaux : emprise foncière importante (entre 1 et 2 fois la surface à chauffer).
- Capteurs verticaux : emprise foncière légèrement inférieure, mais les sondes verticales nécessitent de forer jusqu'à des profondeurs importantes (100 et 200 m). La zone contenant le champ de sonde ne peut donc pas être aménagée.
- Géothermie sur aquifère : besoin de mener des études et hydrogéologiques approfondies, des analyses d'eau, simulations hydrothermiques.

#### Economiques

- Capteurs horizontaux : surinvestissement pour enfouir l'échangeur à 1 m de profondeur.
- Capteurs verticaux : surinvestissement pour forage à plusieurs dizaines de mètres de profondeur.
- Géothermie sur aquifère : Conception coûteuse : études hydrogéologiques accompagnées de forages d'essai, en plus du coût de la pompe à chaleur. En cas de colmatage : coûts de maintenance augmentés.

Cependant, ce dispositif peut prétendre au fonds chaleur de l'ADEME, une aide de l'état destinée à encourager le développement de la chaleur renouvelable.

Le projet peut également souscrire à la garantie Aquapac qui permet de prendre en charge une partie des frais engagés à la conception comme à la construction en cas « d'aléa géologique ». Les risques liés à une recherche en eau souterraine infructueuse ou à une incapacité de réinjection du débit peuvent par exemple être couverts en partie.

### 6.7.5 SYNTHÈSE

- Le potentiel de la géothermie (différentes technologies) est relativement important sur la zone d'étude (Massif Central), sous réserve d'études spécifiques complémentaires.
- L'intermittence des besoins de chaleur (chauffage + ECS) du stade n'est pas idéale pour assurer la rentabilité d'un tel système.
- Solution en concurrence avec le réseau de chaleur déjà existant.

## 6.8 POTENTIEL HYDRAULIQUE

### 6.8.1 ETAT DES LIEUX : COURS D'EAU A PROXIMITE

Source : étude d'impact

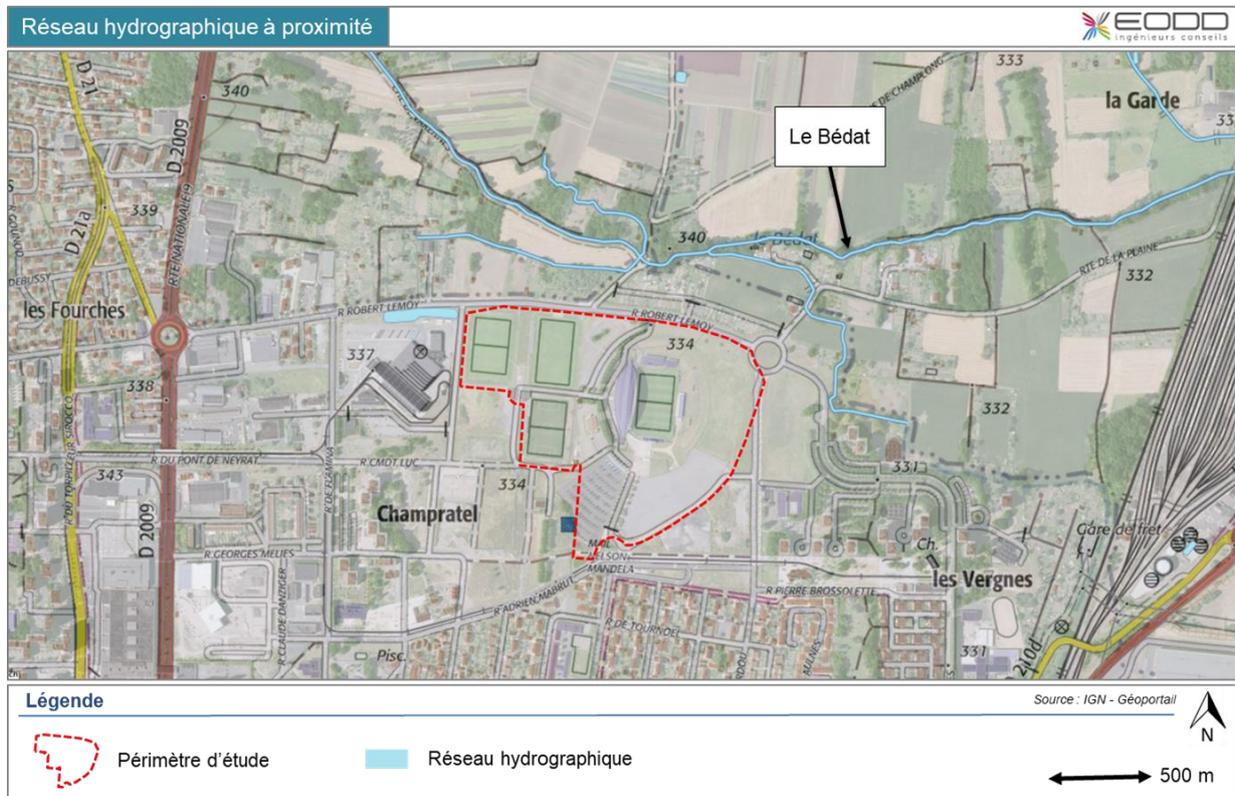
Le réseau hydrographique de la plaine environnante est caractérisé par l'entité « ruisseau du Bédat », à proximité Nord (100m) du site d'étude. Le ruisseau s'écoule de l'Ouest vers l'Est en direction de l'Allier, qui s'écoule à 10km à l'Est du site d'étude.

D'après le SAGE Allier Aval, le nom de la masse d'eau correspondante est « le Bédat et ses affluents depuis la source jusqu'à Gerzat » (code de la masse d'eau « FRGR1536 »).

D'après sa fiche SANDRE (K27-0310), le Bédat est un cours d'eau naturel non navigable de 26,41km. C'est un affluent de l'Allier.



Figure 34 : Le Bédat en bordure du site d'étude en décembre 2019 (source : EODD)



Carte 1 : Réseau hydrographique (source : EODD)

L'agglomération clermontoise a initié un programme de protection contre les crues des affluents de l'Allier la traversant, parmi lesquels se trouve le Bédât, dont les débits peuvent devenir très importants en cas d'orages et provoquer des inondations : torrentielles à l'amont, plus étalées à l'aval.

D'après la « banque hydro », la station hydrographique la plus proche est celle du « Bédât à Cébazat [La Maison Rouge]» (de code K2763110), avec des données de 1992 à 2020, soit des moyennes réalisées sur 28 ans.

Le graphique suivant présente l'écoulement mensuel naturel du Bédât. Au niveau de la station hydrographique, le Bédât possède un **débit moyen de 0,362 m<sup>3</sup>/s**. Le régime hydrologique se caractérise par une variabilité inter-mensuelle et inter-annuelle relativement faible avec une période d'étiage peu prononcée durant l'été et des débits légèrement plus forts entre octobre et juin. Le débit maximal du cours d'eau est atteint en moyenne au mois de février (0,407 m<sup>3</sup>/s), et son étiage a lieu en septembre (0,259 m<sup>3</sup>/s).

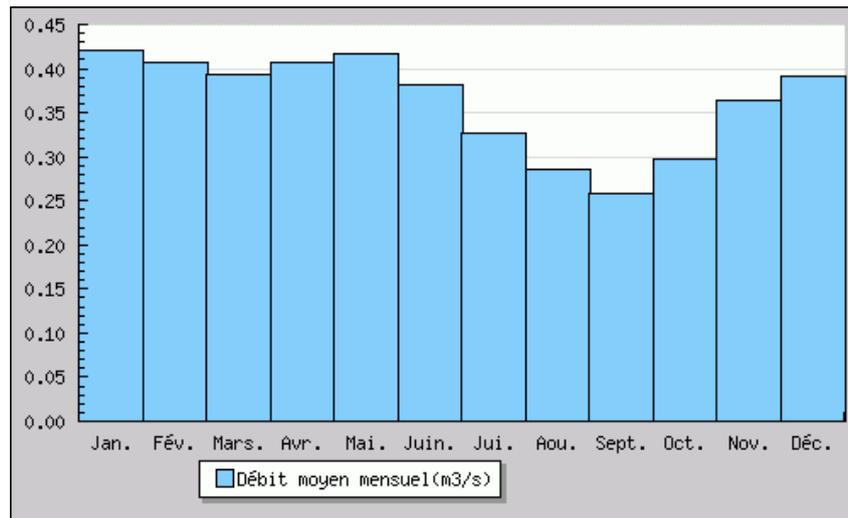


Figure 35 : Ecoulements mensuels calculés en moyenne 1992-2020 du Bédât à hauteur de Cébazat (source : Banque hydro)

Le Bédât est en état écologique jugé « Médiocre » dans le SDAGE Loire-Bretagne.

## 6.8.2 POTENTIEL DU SITE : HYDROELECTRICITE

### 6.8.2.1 Principe de fonctionnement

L'hydroélectricité ou énergie hydroélectrique exploite l'énergie potentielle des flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau, courants marins, etc.). L'énergie cinétique du courant d'eau est transformée en énergie mécanique par une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur.

### 6.8.2.2 Technologies de valorisation

Source : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/hydroelectricite>

Une centrale hydroélectrique se compose d'une retenue d'eau (prise « au fil de l'eau » ou barrage) ainsi que d'une installation de production.

#### Les centrales gravitaires

Les centrales gravitaires mettent à profit l'écoulement de l'eau et un dénivelé. Elles peuvent être classées en fonction du débit turbiné et de leur hauteur de chute. Il existe trois types de centrales gravitaires (ici énumérées par ordre d'importance dans le mix hydraulique):

- les **centrales au fil de l'eau** utilisent le débit d'un fleuve et fournissent une énergie de base produite « au fil de l'eau » et injectée immédiatement sur le réseau.
- les **centrales d'éclusée** dans les grands fleuves à relativement forte pente comme le Rhin ou le Rhône,

- les **centrales-lacs (ou centrales de hautes chutes)** sont également associées à une retenue d'eau créée par un barrage.

### **Les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP)**

Les stations de transfert d'énergie par pompage (ou STEP) possèdent deux bassins, un bassin supérieur (par exemple, un lac d'altitude) et un bassin inférieur (par exemple une retenue artificielle) entre lesquels est placé un dispositif réversible pouvant aussi bien fonctionner comme pompe ou turbine pour la partie hydraulique et comme moteur ou alternateur pour la partie électrique.

#### **6.8.2.3 Gisement**

Au vu du débit du Bédât, seule une centrale du fil de l'eau pourrait être étudiée.

Ces centrales sont généralement constituées d'une prise d'eau, d'un tunnel ou d'un canal, puis d'une conduite forcée et d'une usine hydroélectrique située sur la rive de la rivière. La faible perte de charge dans le tunnel ou le canal permet à l'eau de prendre de la hauteur par rapport à la rivière et donc d'acquérir de l'énergie potentielle.

#### **6.8.2.4 Pertinence et mutualisation**

Etant données le débit qui n'offrirait pas une grosse production électrique, l'état écologique déjà médiocre du cours d'eau du Bédât et son caractère inondable, même une centrale hydroélectrique au fil de l'eau ne paraît pas adaptée ici.

### **6.8.3 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES**

Les centrales du fil de l'eau nécessitent des aménagements simples et beaucoup moins coûteux que les centrales de plus forte puissance : petits ouvrages de dérivation, petits barrages servant à dériver le débit disponible de la rivière vers la centrale, éventuellement un petit réservoir lorsque le débit de la rivière est trop faible.

### **6.8.4 SYNTHÈSE**

- Etant données le débit qui n'offrirait pas une grosse production électrique, l'état écologique déjà médiocre du cours d'eau du Bédât et son caractère inondable, même une centrale hydroélectrique au fil de l'eau ne paraît pas adaptée ici.

## 6.9 POTENTIEL BOIS ENERGIE

### 6.9.1 ETAT DES LIEUX

Cette filière énergétique concerne ici la biomasse solide qui regroupe le bois, les pailles et autres résidus de récolte.

Le bois est la principale ressource ligneuse mais d'autres matières organiques sont à prendre en compte dans cette filière : la paille, les résidus solides des récoltes, la bagasse de la canne à sucre, les grignons d'olives, ...

Concernant le bois, on distingue différents types de matières premières ligneuses : les écorces, sciures humides, copeaux et sciures sèches, dosses et délignures, bois forestiers, bois bocagers, bois de bords de route et bois de rebut. Ces matières premières, sous-produits d'une activité, sont à distinguer des biocombustibles, qui sont des produits préparés afin d'être valorisés.

Source(s) : ADHUME 2016

La filière bois-énergie commence à être structurée en région AURA. La répartition, en termes de puissance installée, s'équilibre entre chaufferies collectives et industrielles. Le développement du marché du bois-énergie a incité plusieurs acteurs de la filière à s'équiper de broyeurs et de plates-formes de stockage du combustible. Fin 2016, on recense environ 30 structures d'approvisionnement.

En 2016, les 13 réseaux de chaleur en fonctionnement dans le Puy-de-Dôme représentent 94 % de la consommation bois des chaufferies collectives. Les chaudières bois granulés se développent pour le chauffage de bâtiments à forte intermittence ou en appoint de chaudières plaquettes sur les réseaux de chaleur.

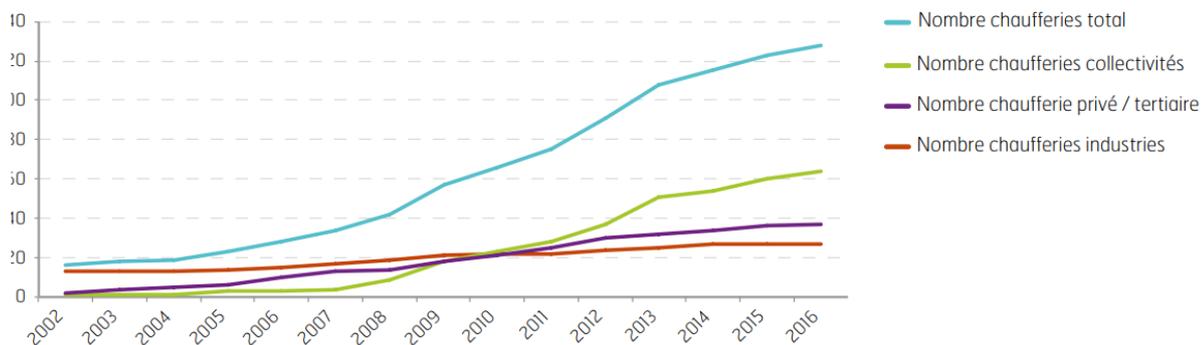


Figure 36 : Nombre d'installations cumulé de bois-énergie dans le Puy-de-Dôme sur 2002-2016

### 6.9.2 POTENTIEL DU SITE : BOIS ENERGIE

#### 6.9.2.1 Principe de fonctionnement

Le bois-énergie est destiné à la combustion ou à la carbonisation. Le combustible se présente le plus souvent sous la forme de bois déchiqueté (plaquette forestière, écorces ou bois de rebut broyé) ou de granulés constitués de sciure compactée, destinées à alimenter les chaufferies. Le bois énergie permet de valoriser l'ensemble des sous-produits issus de la filière bois : bois d'éclaircie, produits connexes de scierie et bois de rebus.

#### 6.9.2.2 Technologies de valorisation

Les voies possibles de valorisation énergétique du bois sont la **combustion** ou encore la **gazéification** afin de produire de la chaleur ou bien faire de la cogénération. Dans tous les cas, une chaudière bois-énergie est nécessaire.

- **Production de chaleur** : chaudière à bûches, à plaquettes ou à granulés, polycombustible. Ces technologies peuvent se décliner en chaufferies collectives, chaudières individuelles automatiques au bois, poêle à bois ou à granulés ou autres systèmes performants.
- **Production de chaleur et de gaz** : Gazéifieur (production de « syngaz ») couplé à une chaudière de combustion
- **Production de chaleur et d'électricité** : cogénération via des chaudières vapeur/turbine par vapeur d'eau ou par syngaz

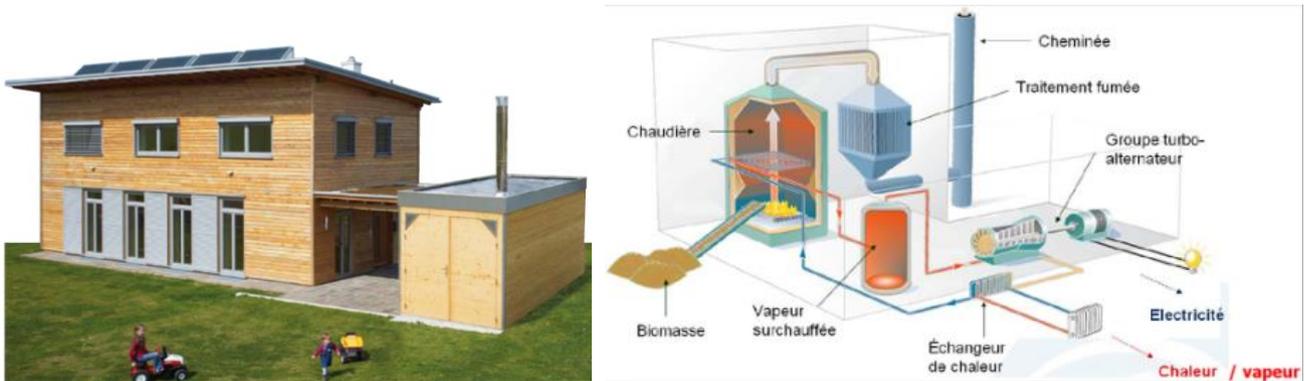


Figure 37: Exemple d'intégration d'une chaufferie granulés juxtaposée au bâtiment et principe de fonctionnement de la cogénération biomasse (Source : Okofen et Cofely)

### 6.9.2.3 Gisement

Source(s) : ADHUME 2016

Avec un taux de boisement de 31 % et un accroissement biologique annuel estimé à 1 800 000 m<sup>3</sup> de bois dont seulement 65 % sont prélevés, le département du Puy-de-Dôme dispose d'une importante ressource en bois. Le potentiel disponible pour la filière bois-énergie dépend fortement des conditions d'accès à cette ressource et du développement de la production de bois d'œuvre. En complément des sous-produits issus de l'exploitation forestière, les produits connexes de scierie (plaquettes et écorces) et les bois de rebut non traités constituent une ressource disponible estimée à 330 000 t pour la filière bois-énergie.



Figure 38 : Bilan des ressources disponibles dans le Puy-de-Dôme pour la filière Bois-énergie

En région Auvergne-Rhône-Alpes et donc y compris dans les environs du site d'étude, la filière bois-énergie est caractérisée par un fort potentiel de développement, du fait de la ressource locale.

#### 6.9.2.4 Pertinence et mutualisation

La création d'une chaufferie bois-énergie, qu'elle soit propre au stade ou collective si mutualisée avec les besoins des quartiers voisins, n'apparaît pas pertinente dans le cas présent, étant donné qu'un réseau de chaleur urbain (RCU) alimenté à 80% en bois-énergie dessert déjà le site. Une telle chaufferie viendrait faire concurrence dans la filière, et nécessiterait des investissements alors que les bâtiments peuvent déjà disposer d'une chaufferie en se raccordant au RCU.

### 6.9.3 OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT REGIONAUX

Selon le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET), il est prévu de passer de 13 900 GWh/an de production bois-énergie en 2015 à 16 350 GWh/an en 2023 (+18%) et à 19 900 GWh/an en 2030 (+26% supplémentaires).

Le SRADDET s'appuie donc de manière non négligeable sur une croissance de cette source d'énergie, même si elle est déjà bien présente dans le mix énergétique régional.

### 6.9.4 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES

#### Pérennité

Selon les activités industrielles développées sur le site, les importants besoins thermiques potentiels impliquent une vigilance accrue sur les plans d'approvisionnement. De plus, le développement sur le site de grosses chaufferies est susceptible de générer une tension sur la filière d'approvisionnement et sur les prix. Au cas par cas, les plans d'approvisionnement devront être anticipés et consolidés très en amont pour permettre l'adaptation de la filière.

#### Conflit

La valorisation énergétique du bois entre en conflit avec les industries lourdes : le papier ou la fabrication de bois d'œuvre notamment. Le bois d'œuvre doit être favorisé car il apporte plus de valeur ajoutée, plus d'emplois, séquestre plus longtemps le carbone et lors de sa transformation ou en fin de vie, produit du bois énergie, notamment par les produits connexes engendrés. Le développement du bois énergie doit donc être corrélé à celui du bois d'œuvre. A noter que les granulés de bois sont fabriqués à partir des sous-produits des scieries. L'utilisation de ce combustible n'interfère donc pas avec l'industrie du bois d'œuvre et peut donc être favorisé.

### 6.9.5 SYNTHÈSE

- Des acteurs de la filière bois sont présents dans la région, et la filière, déjà en développement, est amenée à le poursuivre selon les objectifs fixés par le SRADDET.
- La création d'une chaufferie bois-énergie, individuelle ou collective n'est pas pertinente car le réseau de chaleur urbain qui dessert le site est déjà alimenté à 80% en bois-énergie.

## 6.10 POTENTIEL BIOGAZ

### 6.10.1 ETAT DES LIEUX

Le biogaz peut être produit par le stockage des déchets ou par méthanisation de déchets/effluents organiques (FFOM, boues de STEP, déchets organiques des industries agro-alimentaires, effluents d'élevages agricoles, résidus de cultures, ...).

Le stade est amené à tondre régulièrement plusieurs terrains recouverts de pelouses pour leur entretien. Les déchets verts produits à cette occasion peuvent être source d'énergie primaire pour une production de biogaz.

## 6.10.2 POTENTIEL DU SITE : METHANISATION

### 6.10.2.1 Principe de fonctionnement

Par la valorisation énergétique du biogaz, c'est le potentiel contenu dans la matière organique qui est valorisé.

Le procédé de méthanisation permet de couvrir les besoins en chaleur et/ou en électricité de bâtiments, d'un territoire, ou encore d'un collectif agricole, via la valorisation du biogaz produit. La combustion du biogaz permet de produire de l'électricité et/ou de la chaleur.

Comme il est nécessaire de fournir de la chaleur pour la digestion, une part du biogaz produit est autoconsommée.

### 6.10.2.2 Technologies de valorisation

Différentes technologies peuvent être utilisées :

- **Production de chaleur** : chaudières à combustion directe, Injection dans le réseau de gaz naturel
- **Production de chaleur et d'électricité** : moteurs à cogénération
- **Production d'électricité** : turbines à gaz

### 6.10.2.3 Gisement

Les projets de méthanisation ne se font pas à l'échelle d'un aménagement, mais sur un périmètre beaucoup plus large ou sur des sites spécifiques (industrie agro-alimentaire, STEP, exploitations agricoles).

Les différents gisements possibles sur les environs :

- Déchets verts des pelouses du stade : Grâce à des retours d'expérience en Hauts-de-France<sup>6</sup>, la production de déchets des espaces verts publics générés sur les ensemble sportifs peut-être estimée à environ 18,0 m<sup>3</sup>/ha/an (Source : CEMAGREF). Un terrain de football mesure environ 10 000 m<sup>2</sup>, et le stade Montpied en possède 4. Ainsi, sur le stade, la production de tontes de gazon est estimée à environ **720 000 m<sup>3</sup>/an**.

Cette donnée est très approximative, et dépend de nombreux facteurs<sup>7</sup> : de la vitesse de croissance du feuillage (en période de pousse intensive, la croissance est de 1 cm/jour); des conditions d'environnement (climat, fertilisation, arrosage, ...); de la hauteur de coupe (plus la coupe est basse et plus la fréquence est élevée) ; de l'utilisation du terrain (sport pratiqué, fréquence d'utilisation, qualité recherchée, ...) ; du type de tondeuse utilisé (à lames hélicoïdales ou rotatives ou robot de tonte).

De plus, la production de tontes de gazon est caractérisée par de fortes disparités saisonnières, avec des pointes de production au printemps.

- Biodéchets produits par les ménages, les restaurants d'entreprises (déchets alimentaires fermentescibles) : les logements existants et créés sur les quartiers voisins de la grande Plaine, la Plaine, Les Vergnes et Croix-de-Neyrat sont d'importants producteurs de déchets fermentescibles puisqu'on estime qu'un tiers de leurs ordures ménagères sont composées de matière organique. Les locaux de bureaux ou d'activité sont également susceptibles de produire des déchets putrescibles dans le cas où

<sup>6</sup> Source : <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/projet-gestion-dechets-verts-2001.pdf>

<sup>7</sup> Source : <http://www.provincedeliege.be/sites/default/files/media/7324/Vademecum%20Gazon%20de%20Sport%20FR%20light%20v270214.pdf>

des cuisines d'entreprises existent, ainsi que les établissements de restauration à l'Ouest (Multiplex Val Arena et centre commercial). Ce gisement est difficile à quantifier et nécessite une collecte spécifique (porte à porte via la mise en place d'une poubelle supplémentaire destinée aux déchets fermentescibles, points d'apports volontaires...).

- Déchets verts et résidus fermentescibles d'exploitations agricoles : Le développement de la Plaine agricole et maraîchère du Bédât, sur la zone agricole protégée de Gerzat, avec le projet de « parc agro-naturel » en réflexion (en lien avec le Projet Alimentaire Territorial (PAT) de la CAM) , constitue un gisement potentiel, que ce soit à partir de l'entretien d'espaces paysagers qui générera des déchets de tonte ou agricoles. Les déchets de tailles, riches en biomasse lignocellulosique, sont propices à la production de biogaz en permettant d'équilibrer la teneur en eau parfois importante des déchets putrescibles ménagers. Aujourd'hui, cette Plaine accueille un espace agricole de 235 ha (2 exploitants agricoles -Grelet Earl maraîcher et un producteur en GAEC, ainsi que des jardins familiaux) ;

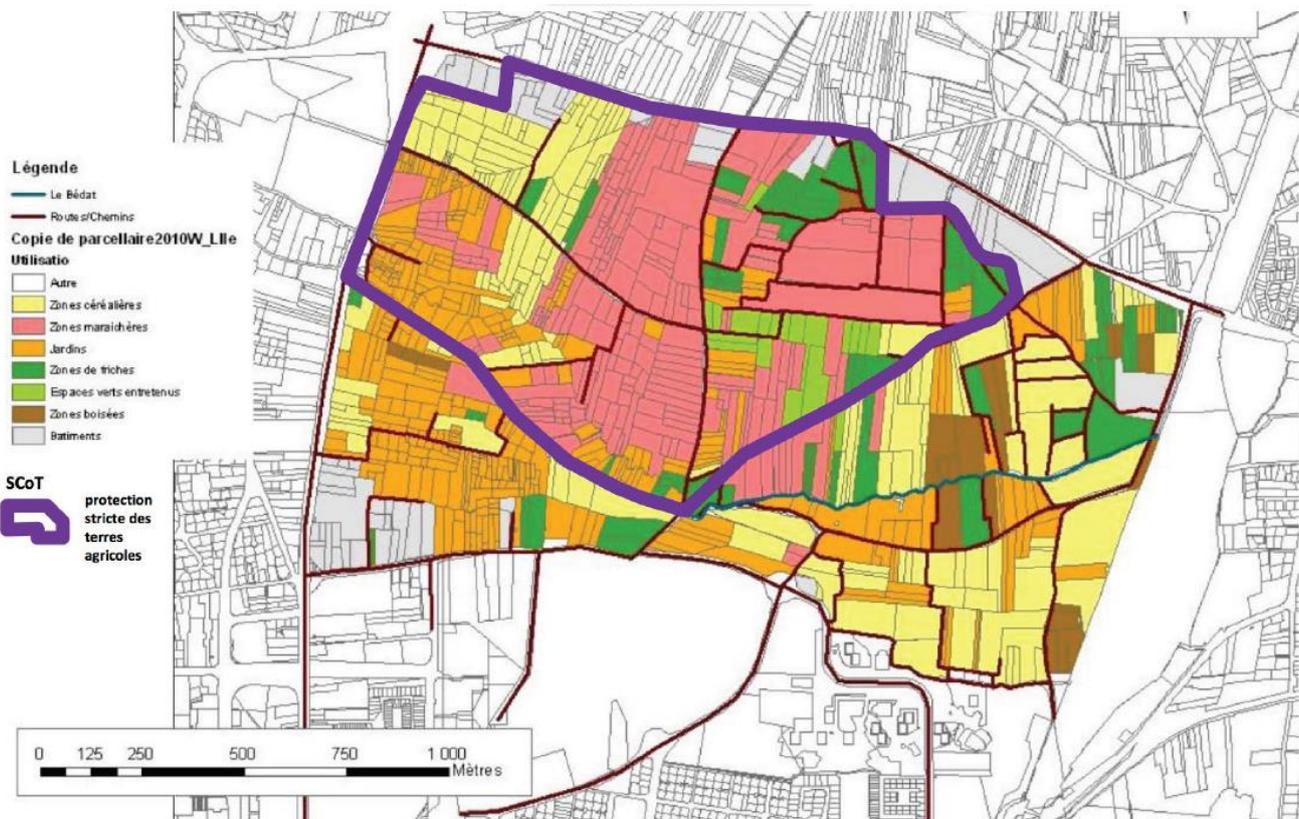


Figure 39 : Plaine du Bédât (source : Etude de faisabilité Desserte Nord / Analyse 2016)

#### 6.10.2.4 Pertinence et mutualisation

Malgré la présence de gisements de déchets qui peuvent être source d'énergie primaire pour une production de biogaz au travers d'une mutualisation en une unité de méthanisation, il est nécessaire de réaliser des études plus précises pour évaluer le potentiel de développement de cette filière et étudier la faisabilité d'un tel projet (gisement suffisant ? adapté ? gouvernance ? collecte ? ...)

### 6.10.3 OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT REGIONAUX

Selon le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET), il est prévu de passer de 433 GWh/an de production en méthanisation en 2015 à 2 220 GWh/an en 2023 (production multipliée par plus de 5, c'est-à-dire +410%) et à 5 933 GWh/an en 2030 (+860% supplémentaires).

Le SRADDET s'appuie donc de manière non négligeable sur une croissance de cette source d'énergie.

#### **6.10.4 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES**

Un tel projet nécessite des études pour définir tant la faisabilité en termes de gouvernance multi-acteurs que de technique (fonction des quantités, natures, situations, accessibilité... des matières premières).

Les contraintes d'implantation sont importantes (distance entre les digesteurs et les habitations occupées par des tiers supérieure ou égale à 50 mètres en particulier). La filière se heurte également à la rentabilité de petites unités de proximité dans un contexte urbain où le prix du foncier est important. Les installations de méthanisation sont classées au titre de la protection de l'environnement et demande de déclaration ou d'autorisation d'exploiter peut nécessiter une instruction de 10 à 15 mois.

#### **6.10.5 SYNTHÈSE**

- Le potentiel du biogaz est jugé non négligeable, les résidus et déchets fermentescibles étant disponibles en périphérie de la Métropole de Clermont où se situe le stade. Une mutualisation est nécessaire pour envisager d'éventuels projets de méthanisation.
- Il est nécessaire de réaliser des études plus précises pour évaluer le potentiel de développement de cette filière et étudier la faisabilité d'un tel projet. Ces études sont longues et complexes.

## 6.11 POTENTIEL EN ENERGIE FATALE

### 6.11.1 EAUX USEES

#### 6.11.1.1 Etat des lieux

La production d'eaux usées du stade est variable selon la fréquentation :

- négligeable en fonctionnement habituel,
- importante lors d'évènements qui accueillent plusieurs centaines ou milliers de personnes.

#### 6.11.1.2 Potentiel du site : Valorisation des eaux usées

##### 6.11.1.2.1 Principe de fonctionnement

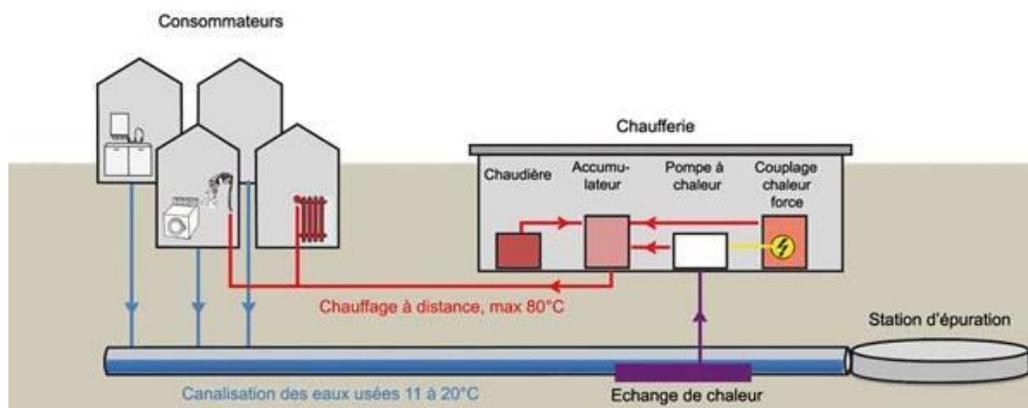
Les eaux qui s'évacuent des bâtiments ont été préalablement chauffées pour les usages domestiques ou industriels. La température de celles-ci, qui oscille entre 10 et 20°C tout au long de l'année, en fait une source de chaleur en hiver et une source de refroidissement en été.

##### 6.11.1.2.2 Technologies de valorisation

Un fluide caloporteur capte l'énergie contenue dans les eaux usées via un échangeur de chaleur, puis conduit ces calories vers une PAC qui va élever ou abaisser la température de l'eau chauffant ou refroidissant les bâtiments. Ce système de récupération de chaleur est applicable à différentes échelles :

- **Individuelle** : un échangeur peut être installé **en sortie des appareils sanitaires** (douches, évier) pour préchauffer l'eau froide du mitigeur.
- **Bâtiment**: un échangeur est **positionné au pied du bâtiment** et collecte les calories **sur le réseau d'eaux usées produites au sein du bâtiment**. Sans PAC, ce dispositif permet de répondre aux besoins en ECS d'un ensemble de bâtiments. L'ajout d'une PAC, vers laquelle sont conduites les calories, permet d'élever ou d'abaisser la température de l'eau, chauffant ou refroidissant ainsi les bâtiments.
- **Îlot ou quartier** : un échangeur est placé dans le **collecteur** du réseau d'assainissement. Il peut être installé dans la canalisation neuve dans le cas de la création du réseau, ou ajouté en partie basse des canalisations existantes.
- **Au niveau des stations d'épuration** : utilisation de la chaleur des eaux épurées en amont du rejet vers le milieu naturel.

Le potentiel de récupération de chaleur dépend de la taille de l'échangeur, du débit et de la température du fluide.



Source : Réseau Sortir du Nucléaire

### 6.11.1.2.3 Gisement

Des canalisations constituant un réseau d'assainissement sont présentes immédiatement en bordure Sud du périmètre d'étude, au niveau de l'entrée.

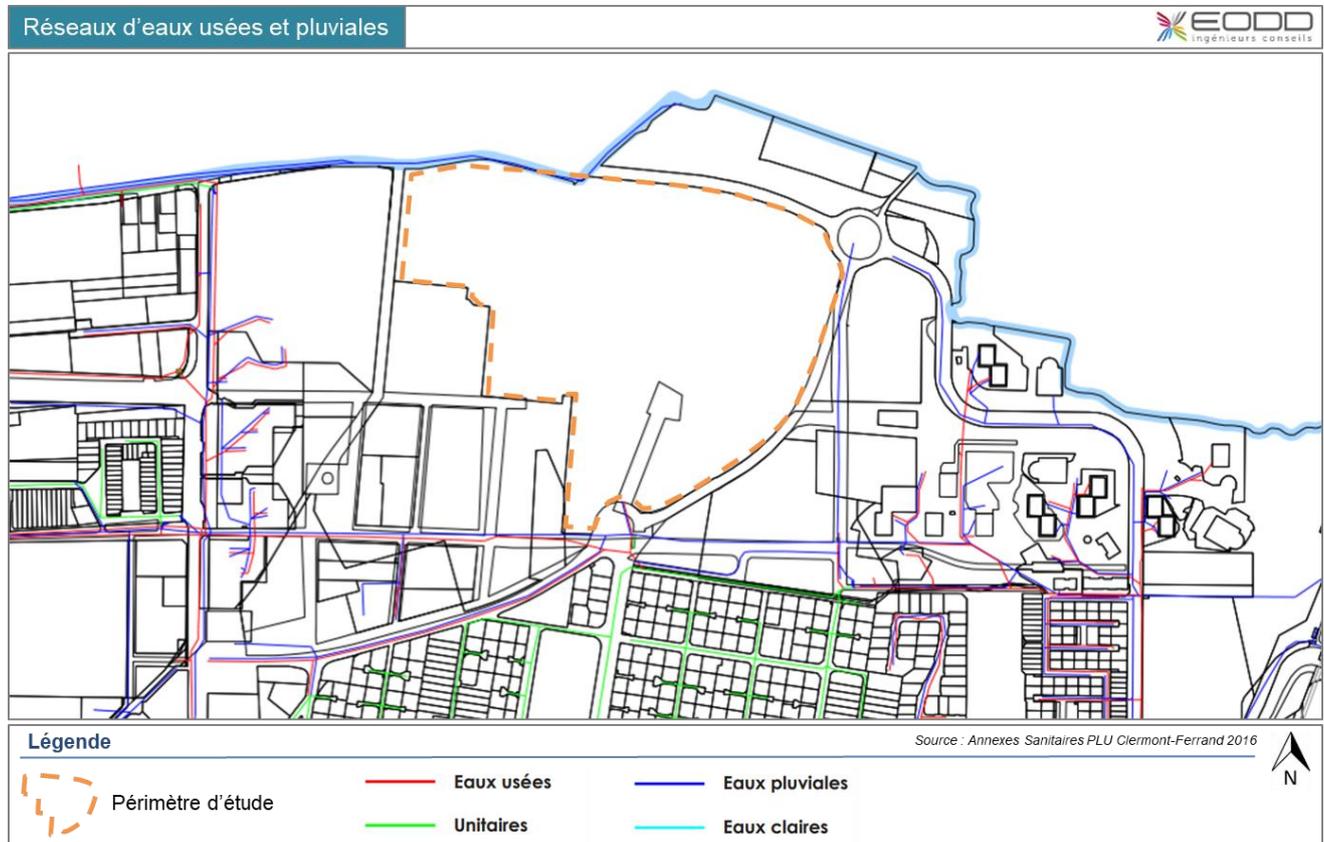


Figure 40 : Réseaux d'assainissement à proximité

Les logements sont les principales sources d'eaux usées du quartier.

A une échelle plus restreinte, les installations du stade lui-même sont génératrices d'eaux usées (douches...).

### 6.11.1.2.4 Pertinence et mutualisation

#### Au niveau du bâtiment

La programmation prévoit l'extension du stade afin d'accueillir une capacité de visiteurs plus importante, dont un gymnase pour un fonctionnement régulier en semaine. Cette fréquentation entraînera la production d'eaux usées supplémentaires.

#### Au niveau du quartier

L'ensemble des eaux usées du quartier pourraient être regroupées avant l'envoi en station d'épuration de manière à positionner un échangeur connecté à une pompe à chaleur directement dans la conduite principale du quartier. L'intérêt potentiel est ici d'utiliser le réseau d'eaux usées comme une source de température stable. Bien que les logements soient les principales sources d'eaux usées du quartier, l'utilisation de PAC réversible peut permettre de mettre à profit ces eaux en hiver comme en été. Ce genre de système s'installe donc préférentiellement au niveau des immeubles de bureaux qui présentent d'importants besoins énergétiques en hiver comme en été pour le chauffage et la climatisation. Les eaux usées des logements pourraient ainsi permettre de diminuer les consommations de chaud et/ou de froid des locaux du stade.

Cependant, la production d'eaux usées des logements a lieu de manière homogène au cours d'une semaine, alors que les besoins thermiques du stade fluctuent selon ses manifestations.

### 6.11.1.3 Objectifs de développement

En 2011, dans le cadre de la candidature de l'EcoCité Clermont Métropole à l'appel à projets « Ville de demain » du ministère dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, une étude a été envisagée quant à l' « Autonomie énergétique - Exploitation du potentiel géothermique des aquifères et des réseaux d'eaux usées ».

Cette étude avait pour but de s'intéresser au couplage de l'exploitation des nappes en tant que source d'énergie et de l'exploitation des calories des eaux usées avant rejet au milieu naturel. dans le cadre d'une solution mixte de chauffage / refroidissement par géothermie ; l'ADEME ayant classé la récupération des calories dans les eaux usées dans le cadre de la géothermie intermédiaire par pompe à chaleur.

### 6.11.1.4 Contraintes et Opportunités

#### Règlementaires

La récupération de chaleur sur les eaux usées est reconnue par la Commission Européenne comme une énergie renouvelable depuis la réécriture de la directive sur les énergies renouvelables (RED II) en décembre 2018.

En France, plusieurs systèmes de récupération de chaleur sur eaux grises ont déjà obtenu un Titre V et sont donc intégrés dans la RT2012. Certains sont également éligibles au Fonds Chaleur de l'ADEME ainsi qu'aux Certificats d'Economie d'Energie.

#### Techniques

Concernant les installations à l'échelle de quartiers, les références sont encore peu nombreuses et les investissements plus conséquents car ils nécessitent une intervention sur les réseaux d'eaux usées généralement enterrés. Des telles installations sont préférentiellement à envisager au stade de la programmation d'une opération à l'échelle de quartiers, avant que de nouveaux réseaux d'évacuation soient construits. Il est donc possible de mutualiser les opérations et les coûts de construction des installations d'évacuation et de récupération de chaleur.

#### Economiques

L'augmentation des performances des pompes à chaleurs connectées sur les eaux usées permet de générer des économies d'énergie primaire et donc de réduire les coûts d'exploitation des bâtiments concernés.

Les installations de récupération de chaleur sont également éligibles au Fonds Chaleur de l'ADEME qui permet de prendre en charge une partie de l'investissement pour favoriser le développement de moyens d'accès à la chaleur renouvelable.

Cette technologie peut également s'inscrire dans le cadre plus large de la constitution d'un réseau de chaleur à l'échelle du quartier. Dans ce cas, le délégataire exploitant le réseau peut être amené à prendre en charge une partie de l'investissement pour ensuite se rémunérer via la vente de chaleur auprès des bâtiments.

### 6.11.1.5 Synthèse

- Production d'eaux usées à l'échelle du quartier mais surtout in situ, du stade (douches des vestiaires).
- A l'échelle du quartier, la présence d'un réseau d'assainissement déjà existant constitue une contrainte d'intégration, augmentant en conséquence les coûts d'investissement.

## 6.11.2 INDUSTRIES / DATA CENTERS

La majeure partie des processus industriels génère une énergie thermique sous diverses formes : effluents gazeux, dissipation thermique dans les ateliers, effluents liquides... Cette énergie thermique, sous-produit des

processus, est dite « fatale ». Cette énergie est rarement valorisée et est même quelquefois génératrice de consommations supplémentaires.

Certaines utilités constituent une autre source d'énergie fatale mobilisable : énergie perdue sur les compresseurs d'air, les pompes à vide, les compresseurs de froid industriel ou encore les fumées de combustion.

La mise en œuvre de techniques de récupération et de stockage d'énergie à des coûts économiquement acceptables permet de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur industriel de façon rentable.

La valorisation de cette énergie s'effectue à l'intérieur du site, on parle alors de réutilisation d'énergie fatale, ou à l'extérieur du site, et dans ce cas on parle de récupération d'énergie fatale, action constitutive d'une démarche d'écologie industrielle.

Le potentiel est entièrement dépendant des types d'industries implantées sur la zone, et donc des quantités d'énergies fatales disponibles, de leur proximité avec les bâtiments demandeurs et de l'adéquation entre la demande et la production.

Les industries du papier, du raffinage, de la chimie, de la pharmacie et de la production de matériaux de construction sont les secteurs principalement concernés.

Le potentiel est à étudier au cas par cas dès lors qu'un processus industriel générant de l'énergie fatale est prévu.

#### **Synthèse du potentiel en énergie fatale industrielle / data centers :**

- Aucun processus industriel générant une quantité d'énergie fatale suffisamment importante n'est présent à proximité du site, ni prévu sur ou à proximité par le projet d'extension des tribunes ni les opérations d'aménagement des quartiers voisins.
- Cette source d'énergie n'est pas étudiée ici.

### **6.11.3 USINES D'INCINERATION ET STEP**

D'autres potentiels de récupération d'énergie existent, comme les usines d'incinération et STEP (Station de Traitement et d'EPuration).

#### **Usine d'incinération**

Dans le cas des usines d'incinération, le procédé est le même que celui de récupération de chaleur fatale à partir de processus industriels ou de data centers.

L'usine d'incinération de Clermont-Ferrand présente déjà le projet de récupération de sa chaleur fatale pour alimenter un réseau de chaleur à l'est. Cette installation est localisée dans le pôle de valorisation des déchets ménagers exploité par Vernéa (filiale de Suez) à Beaulieu, qui intègre notamment une unité de valorisation énergétique d'une capacité limitée à 150 000 tonnes par an. Ce pôle est localisé à plus de 5 km au Sud-Est du stade, à l'est de Clermont-Ferrand (plus au sud que l'aéroport).

#### **STEP**

Dans le cas des STEP, plusieurs types de valorisation énergétique peuvent exister :

- L'utilisation de la **chaleur fatale émise par le traitement des eaux** brutes en amont du rejet vers le milieu naturel, basée sur la même technique que pour les eaux usées.
- La valorisation sous forme de **gaz des boues** (hydrolyse thermique, digestion anaérobie ou « méthanisation », puis purification du biogaz en biométhane). Ce gaz peut ensuite être utilisé par la

STEP elle-même pour chauffer les boues en début de process et le surplus injecté dans un réseau de gaz. Ceci permet des recettes financières.

La station d'épuration à laquelle sont raccordées les eaux usées de Clermont-Ferrand, Gerzat et Cébazat est celle « des 3 Rivières ». Le rejet se fait dans la rivière Artière, un affluent de l'Allier. C'est un outil moderne et efficace d'une capacité de 425 000 équivalent habitants. Les boues produites sont aujourd'hui ensuite valorisées en totalité en agriculture, soit en épandage soit en compostage. La station d'épuration produit 25 000 tonnes de boues par an. Un projet d'adaptation de la station d'épuration incluant de la méthanisation a été lancé pour la période 2015/2024. Cette STEP se situe à environ 2,9 km au Sud-Est du stade Montpied (le long de l'A71).

### Synthèse du potentiel en énergie fatale d'Usines d'incinération

- Récupération de chaleur fatale sur l'UIOM de Clermont-Ferrand déjà destinée à un autre RCU.

### Synthèse du potentiel en énergie fatale de STEP

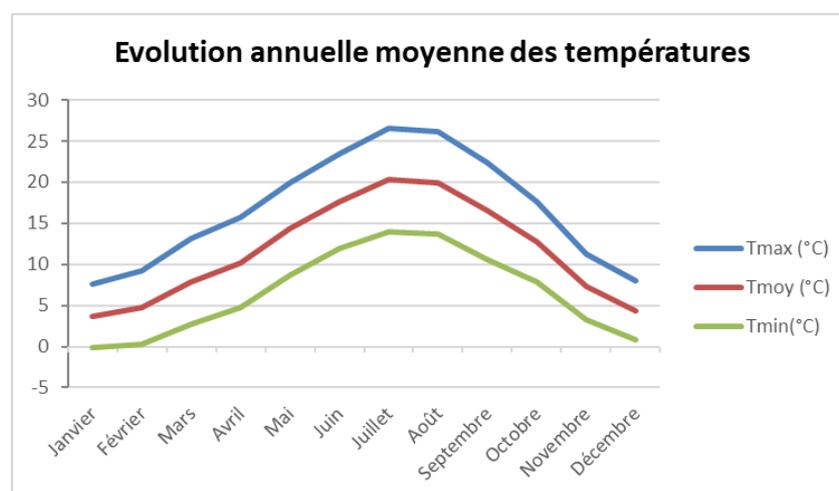
- **Valorisation chaleur** : Le tracé du réseau de chaleur existant au niveau du stade (Croix-de-Neyrat / les Vergnes) ne dessert pas cette STEP (ni ses projets d'extensions actuels). L'absence de raccordement actuel au RCU ne permet pas d'envisager une valorisation en chaleur.
- **Valorisation biogaz** : Un projet de valorisation en biométhane des boues de la STEP est déjà engagé : Le gisement de biogaz ne peut donc pas être mis à profit du projet du stade.

## 6.12 POTENTIEL AEROTHERMIE

### 6.12.1 ETAT DES LIEUX

Source(s) : Météo France Fiche Climatologique : Station de Clermont-Ferrand (63) Indicatif : 63113001, alt : 331m, lat : 45°47'12"N, lon : 03°08'54"E

L'amplitude thermique annuelle est de l'ordre de 26,6°C. Les températures les plus froides se produisent généralement en Janvier (moyenne minimale de l'ordre de 0,1°C), les températures moyennes maximales dépassent les 26°C en Juillet-Août. La température moyenne annuelle est de 11,6°C. 63,7 jours dans l'année sont considérés comme chauds (température supérieure à 25°C) dont 18,6 comme très chauds (température supérieure à 30°C). Les DJU<sub>18°C</sub> moyens annuels étaient de 2 547,9 °C de 1981 à 2010.



Source : Météo France - Station de Clermont-Ferrand (63) Indicatif : 63113001, alt : 331m, lat : 45°47'12"N, lon : 03°08'54"E

Figure 41 : Climatogramme de Clermont-Ferrand (Période 1981-2010)

La région connaît des hivers caractéristiques du climat. Le phénomène d'inversion des températures est présent à Clermont-Ferrand avec la présence des massifs des Puys environnant, ce qui accentue notamment l'effet des pics de pollution.

## 6.12.2 POTENTIEL DU SITE : AEROTHERMIE

### 6.12.2.1 Principe de fonctionnement

L'aérothermie correspond à l'utilisation de la chaleur contenue dans l'air. L'air peut être extérieur ou intérieur au bâtiment (via les réseaux d'extraction aérauliques).

### 6.12.2.2 Technologies de valorisation

La valorisation de cette chaleur se fait par l'intermédiaire d'un système thermodynamique qui transfère la chaleur de l'air vers le réseau de distribution de chauffage/ECS du bâtiment. L'utilisation d'une énergie complémentaire (électricité, gaz) est indispensable, soit pour le fonctionnement de la pompe à chaleur (PAC), soit pour le fonctionnement d'un système de ventilation (Centrales de Traitement de l'Air).

### Groupes froids

Malgré les avancées technologiques, à la fois sur les rendements et les températures atteintes en sortie de production, cette filière reste en retrait par rapport aux autres filières EnR&R en ce qui concerne la part EnR&R de la production énergétique.

- **Pour les systèmes sur air extérieur**

La performance varie principalement en fonction de la température extérieure et du régime de température de l'installation. Ainsi, ces systèmes sont peu performants pour fournir de la chaleur à haute température (environ 70 °C). C'est souvent le cas pour les installations de chauffage existantes. C'est aussi le cas des installations de production ECS. Pour le chauffage, les rendements annuels moyens de génération vont de 2 jusqu'à à peine plus de 3 suivant les configurations. Pour l'ECS, les rendements annuels moyens de génération avoisinent 2,5.

Ainsi, ces technologies ne s'avèrent réellement intéressantes que dans certains cas.

Principalement dans le cas de bâtiments neufs et combinant production de chaud et de froid.

- **Pour les systèmes sur air extrait**

Pour les systèmes sur air extrait, les rendements annuels moyens sont beaucoup plus importants (comparables à ceux de la géothermie), mais leur puissance sont limités par les débits d'air extraits. Ils sont en général pertinents pour des bâtiments passifs ou à très basse consommation, ou pour remplacer des cumulus électriques par des ballons thermodynamiques.

### Free-cooling

Le free cooling (« refroidissement gratuit ») consiste à utiliser directement l'air extérieur pour refroidir un local, en introduisant de l'air extérieur si celui-ci est d'une température plus basse que l'air intérieur.

Cette technique peut être réalisée de manière « naturelle » (en ouvrant les fenêtres au bon moment pour faire entrer de l'air frais extérieur tandis que l'air intérieur chaud est rejeté grâce à un système de tirage) ou de manière « automatique/mécanique » (mise en place et/ou régulation d'installations).

Une manière de faire du free-cooling automatique est d'utiliser le système de régulation des centrales de traitement d'air (CTA) pour assurer la gestion automatique du free-cooling. L'air entre à travers les centrales de traitement d'air (CTA) grâce au système de ventilation qui force lui-même le mouvement de l'air. Ainsi, les CTA permettent d'augmenter le volume d'air entrant dans le bâtiment, ce qui accroît l'intérêt même du free-cooling. De plus, certaines centrales de traitement d'air disposent dans leur système de régulation d'un mode "free-cooling" tandis que d'autres nécessitent une régulation préalable des consignes de température.

## Rafrâchissement adiabatique

Le principe est le suivant : l'air chaud passe à travers un échangeur humide. En s'évaporant, l'eau absorbe les calories présentes dans l'air, ce qui par conséquent le rafraîchit. Un caisson adiabatique vient se positionner en complément d'une VMC qui assure l'extraction et le soufflement d'air neuf dans les locaux.

Afin de minimiser la consommation d'eau, et de ne pas ajouter d'humidité dans l'air neuf, il est possible de placer le caisson adiabatique sur l'air extrait (adiabatique indirect) en amont d'une VMC double flux.

L'utilisation d'un module adiabatique à la reprise de la VMC permet de faire un pré-rafraîchissement de l'air neuf et réduire le temps de fonctionnement ou la puissance du circuit frigorifique.

L'adiabatique permet donc de retarder l'activation de la climatisation dans la saison, mais n'est pas toujours suffisante en période estivale où lorsque la fréquentation des espaces est trop importante.

### 6.12.2.3 Gisement

Les bâtiments prévus par le projet d'extension des tribunes du stade auront des besoins en refroidissement en été, et sont caractérisées par la nécessité d'avoir d'importants débits de ventilation, ce qui nécessite des centrales de traitement d'air et des réseaux de ventilation. Il semble donc pertinent d'étudier la mise en place de PAC sur air extrait dans ces bâtiments de manière à maximiser les rendements.

En amont, considérer la mise en place de systèmes de rafraîchissement adiabatique permet de réduire les besoins en froid.

### 6.12.2.4 Pertinence et mutualisation

Ce système ne permet pas de mutualisation avec les besoins des projets urbains voisins, ni même des différents espaces prévus au sein des tribunes.

## 6.12.3 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES

L'installation d'une pompe à chaleur doit tenir compte des exigences du code civil qui régissent les nuisances sonores.

En période hivernale, la chute des températures diminue le rendement des installations et leur impose parfois d'enclencher un mode sécurité pour se préserver des risques de gel.

Le technologie aérothermie est aujourd'hui largement répandue et présente des coûts attractifs. Compacte, elle est peu encombrante, nécessite peu de maintenance et affiche donc des coûts d'exploitation maîtrisés. Cependant, cette technologie consomme de l'électricité pour son fonctionnement. Elle est donc fortement dépendante de l'évolution du tarif de l'électricité.

### 6.12.4 SYNTHÈSE

#### **Pompes à chaleur**

- Système de pompe à chaleur adapté aux besoins de refroidissement du stade et aux débits de ventilations des installations sportive set locaux associés ce qui induit un bon potentiel de récupération sur l'air vicié
- Les performances des PAC sur air extérieur sont fortement impactées par la chute des températures en hiver.

#### **Free-cooling et Rafrâchissement adiabatique**

- En tant que système sobre en énergie, le rafraîchissement adiabatique est intéressant ici car il permettrait d'abaisser les besoins en climatisation et de retarder en saison le déclenchement de celle-ci. La présence de CTA facilite le recours à ces technologies.

## PARTIE 2 – OPPORTUNITES

À partir des données disponibles, les besoins énergétiques globaux des bâtiments sont définis.

Au vu du projet d'extension du stade (tribunes et gymnase), les postes de consommations retenus sont ceux classiquement considérés (ceux de la RT2012) :

*Chauffage des bâtiments, eau chaude sanitaire (ECS), rafraîchissement des bâtiments, éclairage des bâtiments, auxiliaires de distribution hydrauliques et aérauliques des installations techniques*

Aucun usage significatif en chaud ni froid spécifique n'a été identifié dans le cadre du projet.

A partir de la définition de ces besoins, il est possible de réaliser plusieurs scénarios à étudier ensuite au travers d'une étude technico économique et environnementale.

Dans le cas présent, ces scénarios n'ont pas été définis formellement car la conception est encore en cours (phase APD en cours) et s'appuie notamment sur des Simulations Thermiques Dynamiques pour étudier le confort thermique, qui aident à définir les besoins de manière itérative avec les systèmes retenus.

## 7 BESOINS EN ENERGIE

### 7.1 NOTIONS

#### 7.1.1 BESOINS ENERGETIQUES ET CONSOMMATIONS

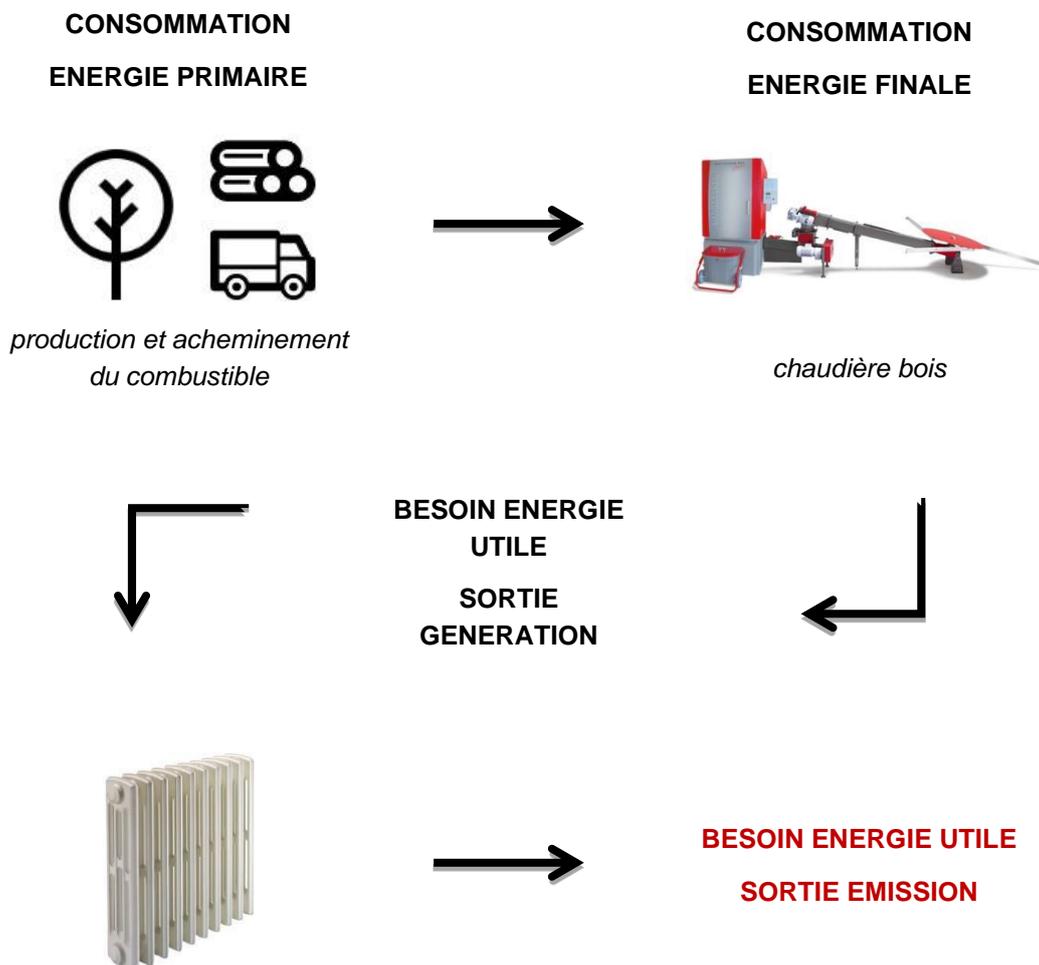
Le **besoin énergétique** correspond, pour un usage donné, à l'**énergie utile** nécessaire pour couvrir cet usage. Il peut s'agir par exemple de la quantité de chaleur émise par un radiateur pour chauffer une pièce. Ou bien de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un appareil électroménager. Le besoin énergétique fait abstraction des systèmes énergétiques produisant et distribuant l'énergie jusqu'à son lieu d'utilisation final.

Les **consommations**, quant à elles, prennent en compte les rendements des installations énergétiques : l'**énergie finale** correspond à l'énergie consommée au compteur (gaz, électricité), à l'énergie contenue dans le combustible livré (fioul, bois) ; l'**énergie primaire** correspond à l'énergie finale plus toute l'énergie nécessaire pour traiter, confectionner, acheminer le combustible jusqu'à son lieu de consommation finale.

Pour les usages thermiques, il est courant d'assimiler le besoin à la quantité de chaleur en sortie de générateur (chaudière, pompe à chaleur, sous-station de chauffage urbain).

Cette simplification permet de faire facilement des comparaisons entre solutions de productions énergétiques (chaudière gaz vs chaudière bois par exemple).

Néanmoins, quand il s'agit de comparer des installations collectives à des installations individuelles, des écarts de rendements significatifs (>10%) peuvent être constatés. C'est le cas en particulier des installations d'eau chaude sanitaires (ECS).



## 7.1.2 BESOINS DE PUISSANCE

Les besoins de puissance au niveau de l'aménagement sont nécessaires au dimensionnement des réseaux de distribution d'énergie (réseaux de chaud ou de froid, réseau d'électricité, réseau de gaz naturel).

Si les besoins de certains usages ne peuvent être couverts que par une énergie (électricité spécifique), le choix de l'énergie utilisée pour la plus grande partie des usages est lié aux solutions techniques mises en place sur l'aménagement (process, chauffage, rafraîchissement, ECS).

Il n'est donc pas possible de définir comme données d'entrées des puissances liées à une énergie. En revanche, il est nécessaire de mettre en avant l'impact des différentes solutions étudiées sur les puissances à délivrer par ces réseaux.

## 7.2 ESTIMATION DES BESOINS EN ENERGIE

L'estimation des besoins en énergie du projet est issue de l'études de faisabilité des approvisionnements en énergie, réalisée au titre du code de la construction, par EGIS (groupement maîtrise d'œuvre).

Les éléments présentés ci-dessous sont donc extraits de la version en cours d'élaboration de l'étude d'EGIS, dont la dernière version provisoire se base sur la définition du projet au stade APD<sup>8</sup>.

Dans le cadre du projet d'extension du Stade Gabriel MONTPIED, il est prévu l'implantation de 3 nouveaux espaces consommateurs d'énergie :

- **La nouvelle tribune Est** ; avec des besoins énergétique avec un usage très intermittent.
  - Très peu d'ECS ;
  - Peu de besoins de chaud sur les surfaces occupées de manière intermittentes (vestiaires, salles médias, salons VIP etc.)
  - Peu de besoins de froid (aucun sauf rafraichissement éventuel en été),
  - Seuls les quelques bureaux du personnel du stade et du club présentent des besoins réguliers, en horaires de journée (ECS minimale, chaud en hiver, froid éventuel en été)
  - Des appels de puissance et des consommations en énergie électrique très ponctuelles et supérieures aux activités tertiaires seront probables en cas d'évènements (sonorisation, lumières, écrans)
- **Un gymnase** ; avec des besoins en énergétiques plutôt importants et réguliers, notamment en Eaux Chaudes Sanitaire pour les douches du gymnase.
- **Des locaux d'activités / billetterie**, avec des besoins énergétiques avec un usage très intermittent.

De plus, des appels de puissance et des consommations en énergie électrique très ponctuelles et supérieures aux activités tertiaires seront probables en cas d'évènements (sonorisation, lumières, écrans).

### 7.2.1 DETAIL DES BESOINS ENERGETIQUES GENERES PAR LE PROJET

A ce niveau de conception, les consommations annuelles ont été estimées sur la base des résultats du calcul de Simulation Thermique Dynamique réalisée pour la phase APD, reportés dans le tableau ci-dessous.

<sup>8</sup> Avant Projet Définitif

	Tribunes		Billetterie		Gymnase	
	(kWh)	(kWh/m <sup>2</sup> )	(kWh)	(kWh/m <sup>2</sup> )	(kWh)	(kWh/m <sup>2</sup> )
Chauffage	171 604	28.4	15 367	36.6	45 324	27.7
Climatisation (avec adiabatique)	4 732	0.8	3 011	7.2	2 680	1.6
Eclairage	6 113	1.0	2 920	6.9	15 333	9.4
Ventilation	52 268	8.6	5 856	13.9	14 546	8.9

Figure 42 : Consommations d'énergie annuelles prévisionnelles (source : Notice APD / STD 12/2020)

Plus de détails sont fournis par le récapitulatif de l'Etude Thermique RT2012 Règlementaire (version APD du 18/12/2020), qui présente les indicateurs suivants pour le gymnase ainsi que le reste des locaux de la future tribune Est du stade (« Zone stade »).

### Zone stade

	SRT m <sup>2</sup>	Besoins annuels (en kWh/m <sup>2</sup> SRT)			Total annuel
		Chauffage	Refroidissement	Eclairage	
Bâtiment (Stade Montpied)	7104,4	27,3	6,4	10,1	43,8

Figure 43 : ZONE STADE : Résultats détaillés des besoins annuels de chaud, froid et d'éclairage (source : Etude thermique règlementaire RT2012 18/12/2020)

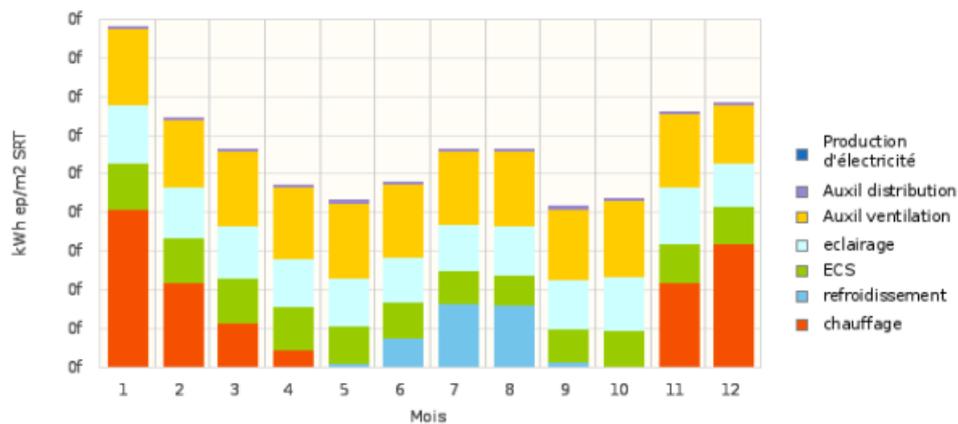


Figure 44 : ZONE STADE Répartition mensuelle des postes de consommations conventionnelles d'énergie et de production d'électricité entrant dans le calcul règlementaire du Cep (source : Etude thermique règlementaire RT2012 18/12/2020)

**Zone gymnase**

	S <sub>RT</sub> m <sup>2</sup>	Besoins annuels (en kWh/m <sup>2</sup> S <sub>RT</sub> )			Total annuel
		Chauffage	Refroidissement	Eclairage	
Bâtiment (Gymnase Montpied)	1916,8	19	0	15,9	34,9

Figure 45 : ZONE GYMNASSE : Résultats détaillés des besoins annuels de chaud, froid et d'éclairage (source : Etude thermique réglementaire RT2012 18/12/2020)

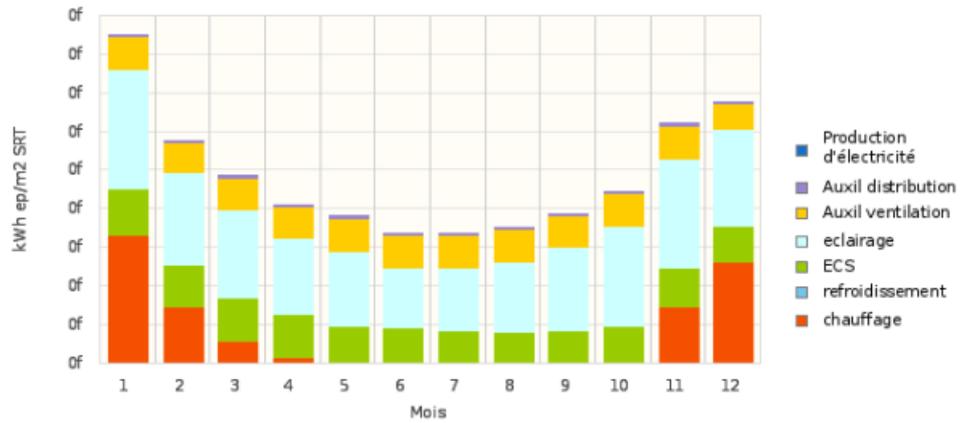


Figure 46 : ZONE GYMNASSE : Répartition mensuelle des postes de consommations conventionnelles d'énergie et de production d'électricité entrant dans le calcul réglementaire du Cep (source : Etude thermique réglementaire RT2012 18/12/2020)

## 7.2.3 ANALYSE DES BESOINS ENERGETIQUES

### 7.2.3.1 Scénarios d'usage et foisonnement

Compte tenu de la forte variabilité de la fréquentation des futurs nouveaux locaux du stade, la définition de scénarios d'usage est un préalable à toute réflexion visant une maîtrise de la demande en énergie ou de possibles mutualisations, notamment cette variabilité entraîne des phénomènes de foisonnement.

**Le foisonnement** est le phénomène par lequel la demande en énergie d'un ensemble de postes consommateurs est lissée, du fait du caractère asynchrone des différents besoins. Il permet de dimensionner les besoins au plus juste, et ainsi mutualiser l'investissement dans les équipements énergétiques.

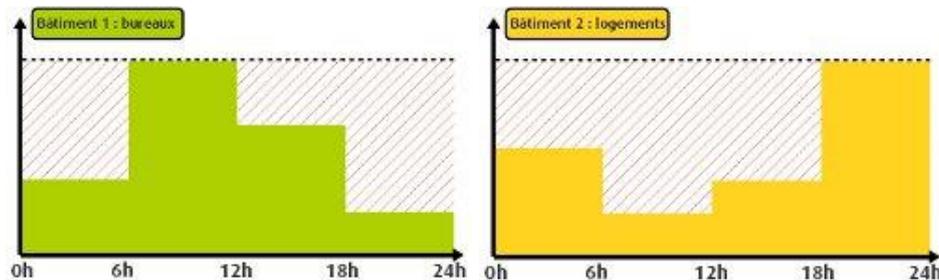


Figure 47 : Cas n°1 : 2 bâtiments disposant chacun de leur système de chauffage<sup>9</sup>

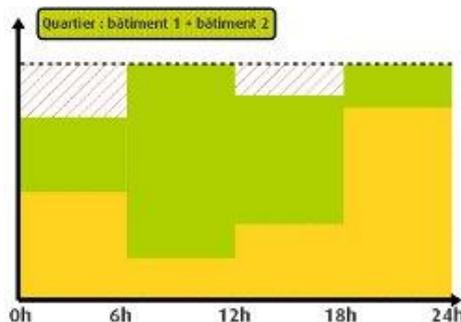


Figure 48 : Cas n°2 : 2 bâtiments constituant un « micro-quartier », chauffés par un système collectif

Dans le cas 2, les profils d'appel d'énergie (électricité, chaleur, froid) des 2 bâtiments sont strictement identiques à ceux du cas n°1. En les additionnant, on obtient une courbe d'appel sur la journée beaucoup plus stable, les pics du bâtiment 1 étant en phase avec les heures creuses du bâtiment 2. La puissance totale installée est plus faible que dans le cas n°1, et les systèmes de production énergétique fonctionnent plus souvent à un régime proche de leur puissance nominale, ce qui améliore leur rendement.

### Scénarios d'usage du projet

Dans le cadre de la réalisation de la Simulation Thermique dynamique (STD) sur le projet du stade, des scénarios d'usage ont dû être définis. Ceux-ci sont exposés ci-dessous.

<sup>9</sup> Source : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/foisonnement>

		Surface zone	Surface échantillon	Nb de pièces échantillon	Coef extrapolation	Description
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	-	-	-
<b>Billetterie</b>						
<b>Z1a</b>	Activités	168	56	1	3,0	9h-17h
<b>Z1b</b>	Bureaux	51	42	2	1,2	9h-17h
<b>Z1c</b>	Restaurant	76	76	1	1,0	9h-17h
<b>Z1d</b>	Circulation	75	75	1	1,0	-
<b>Z1e</b>	Sanitaires	8	4	1	2,0	-
<b>Z1f</b>	LT	56	56	1	1,0	-
<b>Tribune Est</b>						
<b>Z2a</b>	Echauffement	198	99	1	2,0	Pas d'occupation en semaine
<b>Z2b</b>	Vestiaires	380	132	1	2,9	Pas d'occupation en semaine
<b>Z2c</b>	Sanitaires	707	15	1	47,1	-
<b>Z2d</b>	Circulation	1241,7	34	1	36,5	-
<b>Z2e</b>	Bureaux	936,9	20	1	46,8	8h-18h
<b>Z2f</b>	Restaurant	583,6	102	1	5,7	Pas d'occupation en semaine
<b>Z2g</b>	LT	60,2	17,2	1	3,5	-
<b>Z2h</b>	Salons	2003,5	808	3	2,5	9h-16h un vendredi sur 2 (25/52)
<b>Gymnase</b>						
<b>Z3a</b>	Gymnase	1067	1067	1	1,0	8h-22h
<b>Z3b</b>	Vestiaires	194	74	4	2,6	8h-22h
<b>Z3c</b>	Sanitaires	20	10	2	2,0	-
<b>Z3d</b>	Circulation	207,5	77	1	2,7	-
<b>Z3e</b>	Bureaux	79	29	1	2,7	9h-21h
<b>Z3f</b>	LT	130,6	47,6	1	2,7	-

Figure 49 : Scénarios d'usage EN SEMAINE (source ; STD phase APD)

		Surface zone	Surface échantillon	Nb de pièces échantillon	Coef extrapolation	Description
		m²	m²	-	-	-
<b>Billetterie</b>						
Z1a	Activités	168	56	1	3,0	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
Z1b	Bureaux	51	42	2	1,2	18h-22h un samedi sur 2 (25/52)
Z1c	Restaurant	76	76	1	1,0	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
Z1d	Circulation	75	75	1	1,0	-
Z1e	Sanitaires	8	4	1	2,0	-
Z1f	LT	56	56	1	1,0	-
<b>Tribune Est</b>						
Z2a	Echauffement	198	99	1	2,0	18h-24h un samedi sur 2 (25/52)
Z2b	Vestiaires	380	132	1	2,9	18h-24h un samedi sur 2 (25/52)
Z2c	Sanitaires	707	15	1	47,1	-
Z2d	Circulation	1241,7	34	1	36,5	-
Z2e	Bureaux	936,9	20	1	46,8	Non occupés le week-end
Z2f	Restaurant	583,6	102	1	5,7	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
Z2g	LT	60,2	17,2	1	3,5	-
Z2h	Salons	2003,5	808	3	2,5	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
<b>Gymnase</b>						
Z3a	Gymnase	1067	1067	1	1,0	8h-22h samedi
Z3b	Vestiaires	194	74	4	2,6	8h-22h samedi
Z3c	Sanitaires	20	10	2	2,0	-
Z3d	Circulation	207,5	77	1	2,7	-
Z3e	Bureaux	79	29	1	2,7	9h-21h samedi
Z3f	LT	130,6	47,6	1	2,7	-
<b>Billetterie</b>						
Z1a	Activités	168	56	1	3,0	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
Z1b	Bureaux	51	42	2	1,2	18h-22h un samedi sur 2 (25/52)
Z1c	Restaurant	76	76	1	1,0	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
Z1d	Circulation	75	75	1	1,0	-
Z1e	Sanitaires	8	4	1	2,0	-
Z1f	LT	56	56	1	1,0	-
<b>Tribune Est</b>						
Z2a	Echauffement	198	99	1	2,0	18h-24h un samedi sur 2 (25/52)
Z2b	Vestiaires	380	132	1	2,9	18h-24h un samedi sur 2 (25/52)
Z2c	Sanitaires	707	15	1	47,1	-
Z2d	Circulation	1241,7	34	1	36,5	-
Z2e	Bureaux	936,9	20	1	46,8	Non occupés le week-end
Z2f	Restaurant	583,6	102	1	5,7	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
Z2g	LT	60,2	17,2	1	3,5	-
Z2h	Salons	2003,5	808	3	2,5	19h-23h un samedi sur 2 (25/52)
<b>Gymnase</b>						
Z3a	Gymnase	1067	1067	1	1,0	8h-22h samedi
Z3b	Vestiaires	194	74	4	2,6	8h-22h samedi
Z3c	Sanitaires	20	10	2	2,0	-
Z3d	Circulation	207,5	77	1	2,7	-
Z3e	Bureaux	79	29	1	2,7	9h-21h samedi
* Z3f	LT	130,6	47,6	1	2,7	-

Figure 50 : Scénarios d'usage EN WEEK-END (source ; STD phase APD)

### 7.2.3.2 Réflexion vis-à-vis des niveaux de mutualisation

La qualité et la pérennité de l’approvisionnement en énergie thermique et électrique à l’échelle d’un quartier n’implique pas seulement le choix du bouquet énergétique, mais aussi le choix du degré de mutualisation des moyens de production.

Une mutualisation maximale doit être recherchée. La mutualisation des moyens de production thermique revêt de nombreux avantages :

**Environnemental** : c’est le meilleur moyen de mobiliser massivement les énergies renouvelables. En effet, à l’échelle d’un logement ou d’un petit bâtiment, les coûts et les contraintes d’intégration générés sont souvent rédhibitoires à la mise en place d’une chaufferie bois, à la valorisation de la géothermie profonde ou sur aquifère, ou encore à la valorisation de la chaleur fatale d’installations commerciales ou industrielles ;

**Social** : c’est la garantie d’une meilleure stabilité des prix pour l’usager qui n’est pas laissé à la merci d’une hausse importante probable des prix des énergies fossiles dans les prochaines années. Pour les activités industrielles, la maîtrise de la dépense énergétique est favorable à la création et à la conservation des emplois ;

**Economique pour l’usager** : il n’a que la distribution secondaire à gérer (pas de chaudière individuelle à entretenir) ;

**Technique** : la réduction du nombre de générateurs implique une réduction des contraintes d’entretien et de maintenance, et favorise la pérennité des performances dans le temps et la continuité de fonctionnement ;

**Stratégique pour la collectivité** : couverture des besoins des bâtiments par des énergies renouvelables locales.

On cherchera systématiquement et dans un premier temps, à créer des unités de production d’énergie thermique et électrique partagées entre au moins deux bâtiments, voir l’ensemble de l’aménagement. Selon les contraintes, on réduira progressivement le niveau de mutualisation jusqu’à l’obtention d’une solution faisable techniquement, cohérente avec les plannings, et rentable.

#### Un exemple de mutualisation : le réseau de chaleur

L’application de l’article L128-4 du code de l’urbanisme inclut l’étude des opportunités de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur (chaud ou froid). Un réseau de chaleur est un ensemble d’installations qui produisent et distribuent de la chaleur à plusieurs bâtiments pour le chauffage et/ou l’eau chaude sanitaire. Sur le même principe, il existe des réseaux distribuant du froid, transporté sous forme d’eau glacée, destinés à la climatisation par exemple.

Voici une synthèse des avantages et inconvénients liés à la création d’un réseau de chaleur pour les différents acteurs concernés, rédigée par l’AMORCE dans son étude « Réseaux de chaleur & Bâtiments basse consommation : l’équation impossible ».

	Collectivité	Aménageur	Maître d’Œuvre	Promoteur	Usager
Economique	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Incertitude sur l'évolution du prix des énergies fossiles</li> <li>+ Activité locale liée à l'utilisation d'une énergie locale</li> <li>- Investissement initial lourd équilibré par le choix d'une énergie renouvelable ou de récupération</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Dans le cas d'une DSP (Délégation Service Public), cet investissement est porté par un tiers - Investissement pouvant être répercuté sur le foncier ou sur le poste VRD</li> <li>- Investissement dans la partie distribution lourd (si pas d'aides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La prise en compte du réseau de chaleur dans l'étude de faisabilité représente un surcoût non nécessairement valorisé dans le prix de vente de l'étude</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Réseau de chaleur permettant d'éviter de mettre en place de solutions individuelles</li> <li>+ Réseau de chaleur permettant le respect du label Effinergie + ou de la RT 2012 à moindre coût</li> <li>- Surcoût éventuel sur le foncier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bénéfique en coût global. TVA à 5,5% sur abonnement et consommations.</li> <li>+ Beaucoup moins de risques de subir la hausse des énergies fossiles</li> </ul>

	Collectivité	Aménageur	Maître d'Œuvre	Promoteur	Usager
		du Fonds Chaleur de l'ADEME)			
Environnemental	+ Réduction des émissions de GES et évolution possible du mix énergétique	+ Image : utilisation d'énergies renouvelables et locales (argument encore peu approprié par certains de ces acteurs)			+Consommation d'énergie renouvelable
Opérationnel	+ Instrument de planification intéressant  - Dimensionnement en fonction du phasage prévisionnel et de l'incertitude éventuelle sur les tranches successives	+ Outil de planification permettant d'avoir une vision globale sur l'énergie	+ Pas de système individuel  - Phasage important	+ Pas de système individuel  - Phasage important	-
Temps de travail : implication lors du montage	- Implications des services de la collectivité (montage juridique, DSP, demandes de subvention...)	- Aménageur pouvant être impliqué dans le montage juridique	- Implication plus importante que si gaz ou tout électrique	+ Léger gain par la non-implication sur les moyens de production de chaleur	-
Temps de travail : suivi du réseau et de la vie de l'opération	- Implication des services de la collectivité (suivi avec l'exploitant)	-	-	-	+ Pas de système individuel de production de chaleur ni à entretenir ni à renouveler

Tableau 5 : Avantages et inconvénients liés des réseaux de chaleur

### Possibilité de raccordement sur un réseau de chaleur

Il existe un réseau de chaleur qui dessert actuellement le stade : celui de « Croix-de-Neyrat/Champratel/Les Vergnes » exploité par ECLA (Energies Clermont-Ferrand Avenir), filiale d'ENGIE, auquel la tribune existante est déjà raccordée, depuis 2019.

Cependant, la puissance maximale aujourd'hui délivrée par ce raccordement ne sera pas suffisante pour les besoins des futurs locaux, car la sous-station devrait dans ce cas-là pouvoir couvrir en simultané les besoins de la tribune existante (360 kW) en plus de ceux de la nouvelle tribune.

2 solutions techniques sont alors possibles, même si aujourd'hui aucune n'est encore retenue :

1. **Création d'une nouvelle sous-station**, et d'un deuxième point d'entrée depuis le réseau primaire pour augmenter la puissance totale délivrée jusqu'à 1100 kW du fait des 360 kW déjà utilisés pour la sous-station de la tribune existante. Le choix du raccord au RCU pour la production calorifique permettrait

d'optimiser les coûts fixes, en bénéficiant du raccordement déjà existant, moyennant l'adaptation des équipements.

2. **Déploiement d'un réseau secondaire** vers l'extension mais **utilisation du seul point d'entrée existant** du RCU dans la sous-station actuelle, via un picage en aval de l'échangeur avec remplacement du poste de livraison, ce qui permet d'augmenter la puissance totale maximale délivrée jusqu'à 1500 kW au lieu des 600 kW fournis par l'équipement actuel.

### **Exemple de mutualisation : autoconsommation collective d'électricité issue du photovoltaïque**

Les services internes de la CAM responsables de la stratégie énergétique sur son territoire ont été interrogés sur l'opportunité d'utiliser les surfaces offertes par le stade (ombrières sur parkings par exemple) à l'échelle du quartier/territoire. Il s'avère que le quartier des Vergnes n'a pas été retenu par la Métropole dans sa stratégie globale de développement du photovoltaïque.

## 7.3 PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS ET MAITRISE DE LA DEMANDE

### 7.3.1 STRATEGIE D'OPTIMISATION

**Vis-à-vis des besoins en froid**, la stratégie proposée consiste à recourir en premier lieu à un système sobre en énergie, le free-cooling et le rafraîchissement adiabatique, et d'étudier, au moyen d'une Simulation Thermique Dynamique (STD), la nécessité de recourir ou non à une climatisation en supplément<sup>10</sup>. L'intérêt de la STD est d'étudier le confort et d'optimiser la conception architecturale et technique.

Le confort d'été a été étudié dans les locaux afin de s'assurer qu'ils restent confortables en occupation sans climatisation. Le rafraîchissement adiabatique permet de refroidir l'air soufflé par les CTA afin d'améliorer le confort d'été. La STD en phase APD conclue que certains espaces très vitrés orientés Est ou Ouest pourraient vite devenir inconfortables sans climatisation du fait du manque de protections solaires, et présentent un risque de surchauffe en l'absence de climatisation. L'absence de contrôle solaire sur les vitrages ou de protection mobile tels que des brise-soleil orientable risquent d'engendrer des consommations de climatisation importantes.

De plus, dans le gymnase, le débit d'air insufflé correspond à 0.3 volume par heure, ce qui est trop peu pour que le rafraîchissement adiabatique soit suffisant (il est nécessaire d'avoir au moins 2 vol/h pour qu'il soit efficace). Le recours à un système de climatisation est donc nécessaire.

En synthèse, d'après les hypothèses utilisées pour la Simulation Thermique Dynamique (phase APD) :

- Pour les bâtiments du stade (tribune et billetterie) :

**Les bâtiments Tribune sont occupés avec parcimonie** (hormis les bureaux) : 2 samedis par mois pour les parties vestiaires, restauration, échauffement, et également 2 vendredis par mois pour les salons. Le reste du temps, ils sont chauffés avec une consigne de type réduit (16 ou 17°C suivant les locaux), ne sont pas climatisés ni éclairés ou ventilés. **Ce bâtiment possède de très faibles consommations d'éclairage, de climatisation et de ventilation** du fait de sa faible occupation et de son orientation Est/Ouest. Les consommations de chauffage sont un peu élevées du fait du maintien du bâtiment à 16°C sans apport interne ni occupant.

Le bâtiment billetterie est assez déperditif car sur un seul niveau. **Les consommations de chauffage sont donc importantes. Les consommations de climatisation sont également élevées** du fait de sa grande façade vitrée orientée Sud (beaucoup d'apports solaires).

- Pour le bâtiment Gymnase :

**Le bâtiment Gymnase possède des consommations classiques** représentatives de ce type d'espace. Le rafraîchissement adiabatique de la grande salle permet de limiter les surchauffes dans les pièces adjacentes, et donc de **limiter la consommation en climatisation pour les bureaux**.

### 7.3.2 GESTION TECHNIQUE DU BATIMENT (GTB)

Une régulation des consommations énergétiques sera assurée par un système programmable. Des compteurs d'énergie (calorifique, frigorifique et électrique) permettront un suivi de ces consommations.

Ceci permettra :

- de piloter et contrôler les installations de CVC par zones,
- De contrôler les températures, débits de ventilation, volumes d'eau froide et chaude sanitaire, ...

---

<sup>10</sup> NB : La STD présentée ici n'a pas été réalisée en prenant en compte le free-cooling, mais seulement le rafraîchissement adiabatique.

- De comptabiliser les consommations par usage et par zones,

Le suivi par GTB permettra la comparaison des consommations réelles par rapport aux consommations théoriques ou celles d'une année sur l'autre pour optimiser les consommations et détecter d'éventuelles anomalies.

## 8 SYSTEMES PRESENTIS – SCENARIO D'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE

### 8.1 ELECTRICITE

#### 8.1.1 PRODUCTION SUR SITE

Aucune installation de production d'électricité sur site n'est actuellement prévue.

#### 8.1.2 RACCORDEMENT AU RESEAU D'ELECTRICITE

Les nouveaux bâtiments de la tribune Est seront raccordés au réseau de distribution d'électricité existant comme le reste du stade.

### 8.2 CHAUFFAGE

#### 8.2.1 PRODUCTION SUR SITE

Aucune installation de production d'énergie pour le chauffage des locaux n'est actuellement prévue.

#### 8.2.2 RESEAU DE CHALEUR URBAIN

Le système pressenti pour la fourniture de chaleur (**chauffage et eau chaude sanitaire**) est d'utiliser l'énergie fournie par le réseau de chaleur « Croix-de-Neyrat/Champratel/Les Vergnes » exploité par ECLA (Energies Clermont-Ferrand Avenir), filiale d'ENGIE, auquel la tribune existante est déjà raccordée, depuis 2019.

2 solutions techniques sont alors possibles, même si aujourd'hui aucune n'est encore retenue :

1. **Création d'une nouvelle sous-station**, et d'un deuxième point d'entrée depuis le réseau primaire pour augmenter la puissance totale délivrée jusqu'à 1100 kW du fait des 360 kW déjà utilisés pour la sous-station de la tribune existante. Le choix du raccord au RCU pour la production calorifique permettrait d'optimiser les coûts fixes, en bénéficiant du raccordement déjà existant, moyennant l'adaptation des équipements.
2. **Déploiement d'un réseau secondaire** vers l'extension mais **utilisation du seul point d'entrée existant** du RCU dans la sous-station actuelle, via un picage en aval de l'échangeur avec remplacement du poste de livraison, ce qui permet d'augmenter la puissance totale maximale délivrée jusqu'à 1500 kW au lieu des 600 kW fournis par l'équipement actuel.

La solution n°1 de création d'une nouvelle sous-station est détaillée ci-dessous.

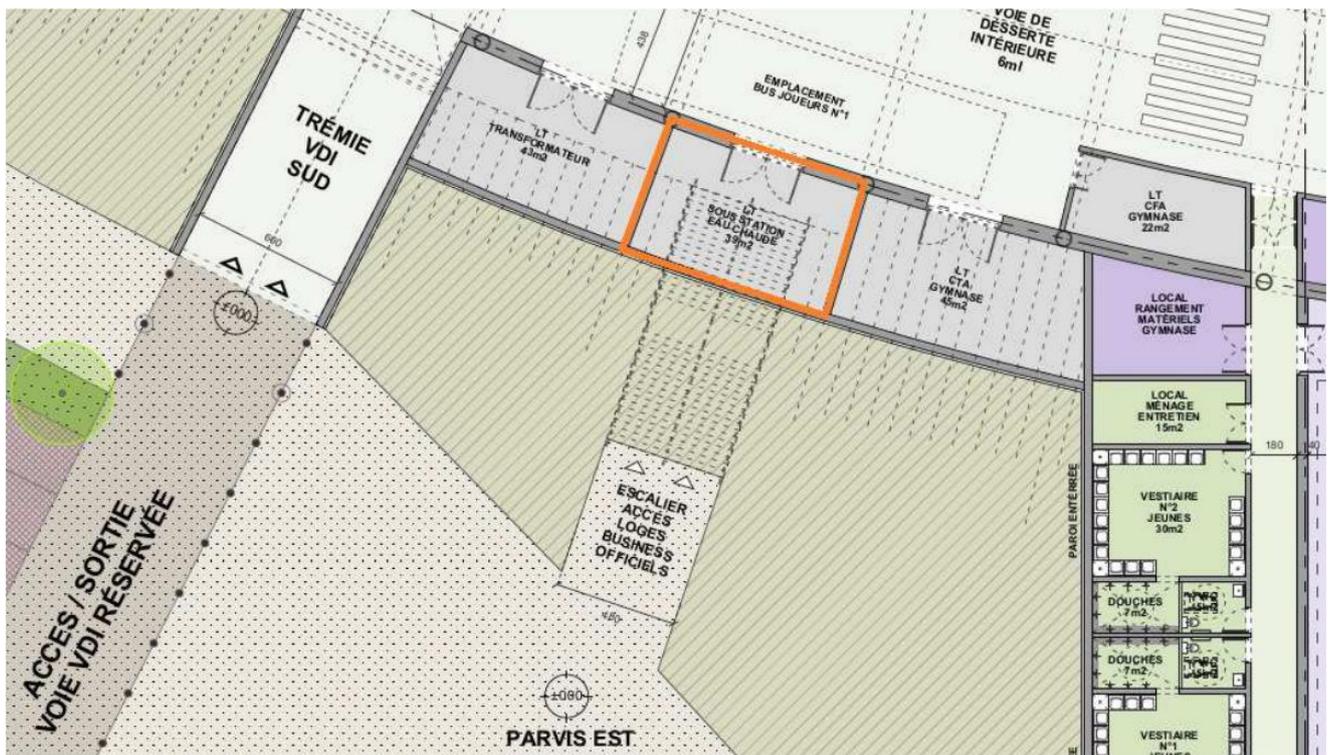


Figure 51 : Implantation de la sous-station raccordant les extensions au réseau primaire de chaleur (solution de création d'une nouvelle sous-station)

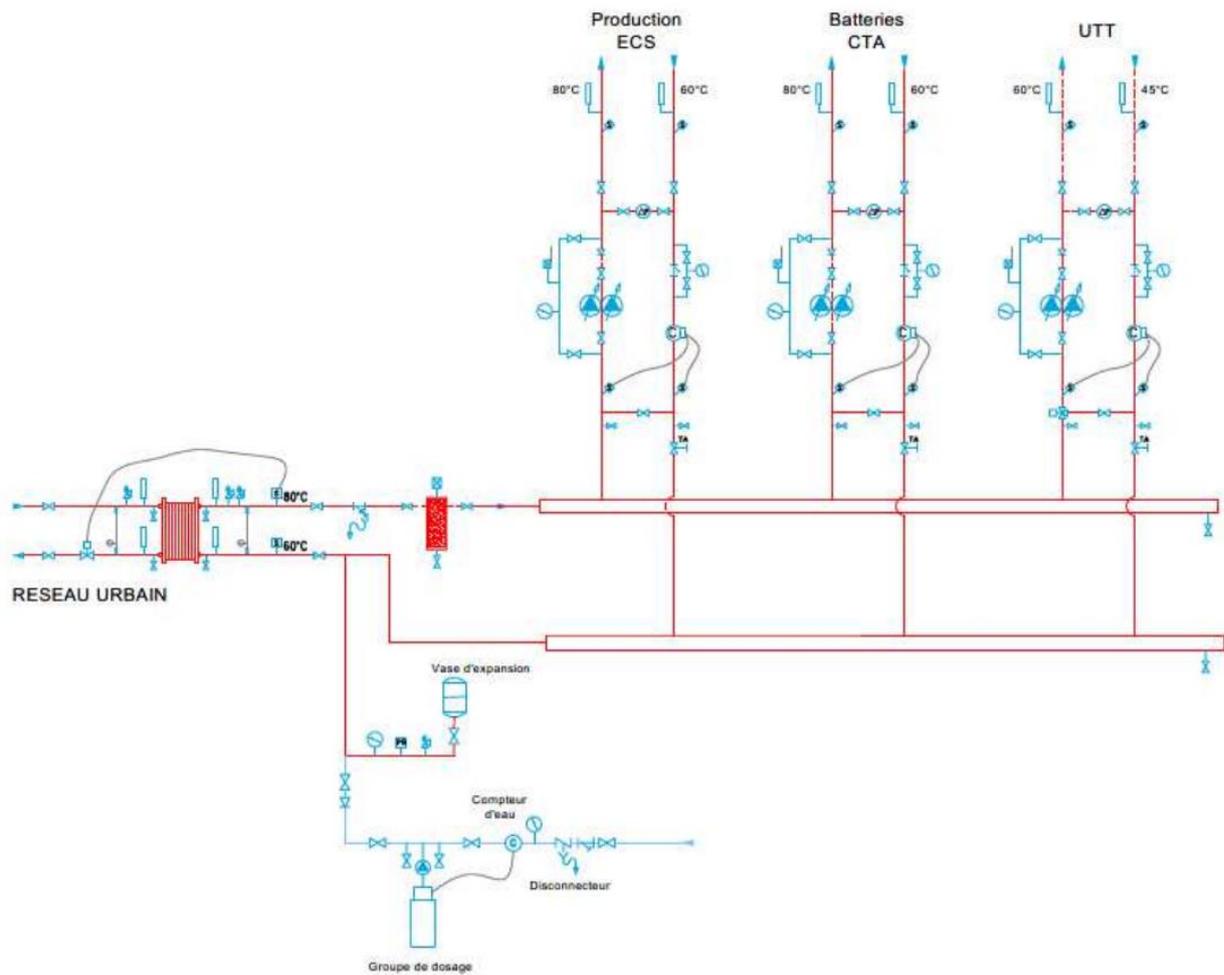


Figure 52 : Schéma de principe de raccordement des extensions au réseau primaire de chaleur (solution de création d'une nouvelle sous-station)

Les départs suivants sont créés :

- 1 départ batteries CTA + balnéothérapie à débit variable et température constante, Des radiateurs pourront être connectés sur ce circuit notamment au RDC et selon déperditions.
- 1 départ UTT à débit et température variable,
- 1 départ pour la préparation d'Eau Chaude Sanitaire. Les circulateurs sont de type pompes doubles jumelées. Chaque départ est équipé d'un compteur de calories.

Les coûts liés à l'utilisation du réseau de chaleur sont précisés ci-dessous :

- Le coût R1 concerne le coût de l'énergie consommée (€HT/MWh) : 32,83 €HT/MWh (valeur mai 2018) ;
- Le coût R2 concerne les frais d'entretien de la sous-station existante et du réseau primaire : 58,13 €HT/kW souscrit (valeur mai 2018) ;

Sur ce projet le système pressenti de raccordement des extensions au réseau de chaleur existant présente le meilleur compromis économique et environnemental, du fait que le site est déjà raccordé au réseau de chaleur sur ses bâtiments existants et du fait du très faible contenu carbone de l'énergie délivrée (source 80% biomasse).

La solution de raccord technique est encore à déterminer (création d'une nouvelle sous-station ou adaptation de l'existante).

Néanmoins, selon les hypothèses de fonctionnement des différentes extensions du stade qui restent à confirmer par le MOA, le recours en supplément à une installation solaire thermique pour la préparation d'eau chaude sanitaire alimentant les douches du gymnase peut également s'avérer intéressant sur le plan économique et environnemental.

## 8.3 EAU CHAUDE SANITAIRE

Selon les hypothèses de fonctionnement des différentes extensions du stade qui restent à confirmer par le MOA, le recours en supplément à une installation solaire thermique pour la préparation d'eau chaude sanitaire alimentant les douches du gymnase peut également s'avérer intéressant sur le plan économique et environnemental.

### 8.3.1 RESEAU DE CHALEUR URBAIN

Le système pressenti pour la fourniture d'**eau chaude sanitaire** est commun avec le chauffage : il s'agit du raccord au réseau de chaleur « Croix-de-Neyrat/Champratel/Les Vergnes », alimenté à 80% en biomasse.

### 8.3.2 PRODUCTION SUR SITE

Une installation de panneaux solaires thermiques pour une production d'Eau Chaude Sanitaire pour les douches des vestiaires du gymnase est encore à l'étude.

## 8.4 FROID

### 8.4.1 FREE-COOLING

**Toutes les CTA** (Centrales de Traitement d'Air) (double flux tout air neuf) **auront la possibilité de fonctionner en free-cooling**, le récupérateur de type « plaque » intégrant un by-pass dimensionné à 100%.

Pour assurer le confort d'été dans les locaux des niveaux 0 à 3, des UTT (Unités Traitement Terminal) seront raccordées sur un réseau change over (réversible entre chaud ou froid) et une CTA double flux avec batterie EC (Eau Chaude) et système adiabatique pour l'été.

Le fonctionnement en free-cooling permet d'abaisser en premier lieu les besoins de refroidissement.

#### 8.4.2 RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE

Des modules adiabatiques sont positionnés sur les CTA. Ainsi, l'air extrait est refroidi avant de circuler dans l'échangeur de chaleur et refroidir à son tour l'air neuf. La température soufflée est de 3 à 9°C inférieure à la température extérieure.

Un dispositif de récupération d'eaux pluviales est prévu pour le rafraîchissement adiabatique des CTA.

Le fonctionnement en free-cooling permet d'abaisser les besoins de refroidissement, que le rafraîchissement adiabatique vient ensuite abaisser également. Le rafraîchissement adiabatique permet d'économiser<sup>11</sup> :

- un tiers des consommations de climatisation pour les bâtiments Tribunes et Gymnase,
- et 13% des consommations pour le bâtiment Billetterie.

#### 8.4.3 GROUPE FROID - PAC

Un groupe froid est prévu en plus des systèmes de free-cooling et des modules adiabatiques pour assurer le rafraîchissement des locaux. Il s'agit d'une PAC à compression électrique en mode refroidissement, avec échanges thermiques entre air extérieur et eau.

Le modèle pressenti est un RTAD 085 de la marque TRANE, à haute efficacité (HE) et à niveau sonore standard (SN), qui présente une puissance frigorifique de 297,5 kW.

Ce groupe froid est positionné dans un espace technique largement dimensionné au sein de la tribune Est pour assurer une bonne circulation d'air et faciliter la maintenance.

---

<sup>11</sup> valeurs calculées sans prise en compte du freecooling en amont

## 9 SYNTHÈSE

La partie 1 qui constitue l'état des lieux de cette étude présente les sources renouvelables et de récupération présentant les gisements les plus pertinents dans le cadre du projet **d'extension des tribunes du stade**, mais aussi des **projets urbains aux alentours** (écoquartier la Grande Plaine, Les Vergnes) dans une optique de mutualisation potentielle.

Néanmoins, étant données les temporalités des différentes opérations d'aménagements qui diffèrent, la stratégie énergétique a été menée seulement sur le périmètre soumis à autorisations d'urbanisme et environnementale ; C'est pourquoi la partie 2 se centre sur l'extension du stade seule.

- **L'état des lieux et des gisements** existants et futurs amène à identifier les sources d'énergie suivantes en tant que potentiels à étudier :
  - Réseau électrique existant et raccordé
  - Réseau de chaleur urbain existant et raccordé
  - Création d'un réseau de froid à partir du réseau de chaleur existant à étudier si souhaité
  - Installation de panneaux solaires photovoltaïque et thermiques
  - Participation à un projet de méthanisation avec la tonte des pelouses
  - Récupération de l'énergie fatale des eaux usées du stade
  - Aérothermie via pompe à chaleur pour le froid
- **Les potentiels** de création d'un réseau de froid ou d'une unité de méthanisation n'ont pas été étudiés car les études nécessaires sont trop complexes, longues et ont une portée plus large que le seul projet du stade. Ces techniques n'ont donc pas été retenues. Le potentiel de production d'électricité par solaire photovoltaïque n'a pas été retenu en autoconsommation directe à cause du mauvais niveau de synchronisme entre les besoins et la production (besoins trop intermittents), et pas non plus pour une mutualisation à l'échelle du quartier car le quartier des Vergnes n'a pas été retenu par la Métropole dans sa stratégie globale de développement du photovoltaïque.
- Au vu des **besoins énergétiques** estimés, **les systèmes retenus** actuellement par la maîtrise d'Ouvrage pour le projet du stade sont les suivants :
  - **Pour les besoins en électricité** : raccordement au réseau existant. Pas de production d'EnR par le projet.
  - **Pour les besoins en chaud et ECS** : utilisation du RCU déjà raccordé (80% d'EnR), avec en supplément éventuel des panneaux solaires thermiques.
  - **Pour les besoins en froid** : recours à du free-cooling et du rafraîchissement adiabatique pour limiter les besoins complétés par un groupe froid (PAC), qui fonctionnent à l'électricité (pas de recours à des EnR&R).

En synthèse, la figure ci-dessous fournit les bilans détaillés des consommations énergétiques des extensions projetées (gymnase ainsi que le reste des locaux de la future tribune Est du stade (« Zone stade ») selon les sources d'énergie qui les alimentent. A ce niveau de conception, les consommations et productions annuelles ont été estimées sur la base de l'Etude Thermique RT2012 Réglementaire (version APD du 18/12/2020).

Stade Montpied	S <sub>RT</sub> 7104,4 m <sup>2</sup>	Consommations et productions annuelles du bâtiment par poste et par type d'énergie exprimée en énergie primaire (kWh ep/m <sup>2</sup> S <sub>RT</sub> )					
		Gaz	FOD	Charbon	Bois	Electricité	Réseau de chaleur
Poste de consommation	Chauffage	0	0	0	0	0	26,6
	Refroidissement	0	0	0	0	8,5	0
	ECS	0	0	0	0	0	23,7
	Eclairage					31,1	
	Auxiliaires VMC					44,8	
	Auxiliaires distribution					0,8	
Postes de production	Prod. Photovoltaïque					0	
	Prod. Cogénération					0	

Gymnase Montpied	S <sub>RT</sub> 1916,8 m <sup>2</sup>	Consommations et productions annuelles du bâtiment par poste et par type d'énergie exprimée en énergie primaire (kWh ep/m <sup>2</sup> S <sub>RT</sub> )					
		Gaz	FOD	Charbon	Bois	Electricité	Réseau de chaleur
Poste de consommation	Chauffage	0	0	0	0	0	19,1
	Refroidissement	0	0	0	0	0,2	0
	ECS	0	0	0	0	0	23,5
	Eclairage					53,6	
	Auxiliaires VMC					19,8	
	Auxiliaires distribution					0,9	
Postes de production	Prod. Photovoltaïque					0	
	Prod. Cogénération					0	

Figure 53 : ZONE STADE (en haut) et GYMNASE (en bas) : Résultats détaillés des consommations annuelles par poste et par énergie pour le bâtiment (source : Etude thermique réglementaire RT2012 18/12/2020)

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble de la présente étude de faisabilité sur le potentiel en énergies renouvelables pour le projet d'extension des tribunes Est du stade Gabriel Montpied (incluant le gymnase).

Tableau 6 : Synthèse des principaux gisements potentiels étudiés et des systèmes techniques retenus

Technique	Origine	Contraintes (de - à + contraignant)			Nature des besoins énergétiques possiblement couverts				Intérêt du gisement		Potentiel à étudier	Système retenu pour le stade	
		TECH	REGL	ECO	Chauffage	Froid	ECS	Electricité	Stade seul	Si mutualisation		Choix actuel	Besoin couvert
<b>RESEAUX</b>													
Electricité	Non renouvelable (actuellement)	existant						X		Pas nécessaire	🔍		Electricité à 100%
Gaz		existant			X		X			Concurrence avec RCU	✗		
Réseau de chaleur urbain (RCU)	80% renouvelable	existant			X		X				🔍	Solution technique non fixée	ECS + chauffage
Réseau de froid	/	-	-	+		X					🔍	Non, car étude complexe nécessaire	
<b>SOLEIL</b>													
Solaire photovoltaïque	Renouvelable	--	-	+				X			🔍	Non, besoins intermittents	
Solaire thermique		-	-	-				X			🔍		ECS gymnase
<b>VENT</b>													
Eolien	Renouvelable	++	++	+				X			✗		
<b>SOLS</b>													
Géothermie très basse énergie (sondes, pieux, puits, géocooling...)	Renouvelable	+	-	+	X	X	(X)		Concurrence avec RCU		✗		
Géothermie basse énergie		++	+	+	X		X						
Géothermie moyenne et haute énergie		++	+	++	X		X	X					
<b>COURS D'EAU</b>													
Centrales au fil de l'eau	Renouvelable	+	+	+				X	Cours d'eau non adapté		✗		
Centrales d'éclusées, Centrales-lacs et STEP		++	++	++									
<b>BOIS</b>													
Chaudière (bûches, plaquettes, granulés, ...)	Renouvelable	-	-	-	X		(X)		Concurrence avec RCU		✗		
Cogénération		-	-	+	X		(X)	X					
<b>BIOMASSE</b>													
Méthanisation	Renouvelable	++	++	++	X		X	(X)			🔍	Non, car étude complexe nécessaire	
<b>ENERGIE FATALE</b>													
Eaux usées	Récupération	--	-	--	X		X			Pas nécessaire	🔍		ECS gymnase
Industries / data centers		+	-	+	X	X	X				✗		
Incinérateurs et STEP		+	+	+	X		X				✗		
<b>AIR</b>													
PAC	Non renouvelable	-	-	-	X	X	X			Pas nécessaire	🔍		Froid de 66 à 87% (+ free cooling + adiabatique)

