



Construction d'un projet culturel et sportif
Commune de la Roche-sur-Foron (74)

*Etude du potentiel de développement des énergies
renouvelables*

Décembre 2023



17 cours Charlemagne – 69002 LYON
www.ameten.fr – contact@ameten.fr – [09 74 97 09 61](tel:0974970961)

Conseil Départemental de Haute-Savoie

Création d'un complexe culturel et sportif

La Roche-sur-Foron (74)

Date	Rédaction	Validation
22 Décembre 2023	Juliette MOINE	Delphine Pays

N° de dossier : 23.584-1

Coordonnées du bureau d'études :



AMÉTEN
17 cours Charlemagne
69002 LYON
www.ameten.fr | contact@ameten.fr | [09 74 97 09 61](tel:0974970961)

SOMMAIRE

1	OBJET DE L'ETUDE	4
2	CONTEXTE DU PROJET	4
2.1	HAUTE-SAVOIE ARENA	5
2.2	PARKING EN SILO	6
3	CARACTERISATION DES BESOINS ENERGETIQUES LIES AU PROJET	9
3.1	HYPOTHESES	9
3.2	ESTIMATION DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROJET HAUTE-SAVOIE ARENA	11
3.2.1	RT2012	11
3.2.2	RE2020	14
3.3	ESTIMATION DES BESOINS ENERGETIQUES DU PARKING EN SILO	19
4	ANALYSE DU POTENTIEL D'APPROVISIONNEMENT EN ENR	20
4.1	RESEAU DE CHALEUR	20
4.1.1	Raccordement à un réseau de chaleur existant	20
4.1.2	Création d'un réseau ou micro-réseau de chaleur	20
4.1	FILIERE BOIS ENERGIE	20
4.2	GISEMENT SOLAIRE	22
4.2.1	Haute-Savoie Arena	22
4.2.2	Parking en silo	26
4.3	GISEMENT EOLIEN	27
4.4	GISEMENT HYDRAULIQUE	28
4.5	GEOTHERMIE	28
5	CONCLUSIONS	32

1 OBJET DE L'ETUDE

La présente étude porte sur l'opportunité de développement des énergies renouvelables dans le cadre du projet de construction d'un complexe culturel et sportif et de son parking en silo associé.

Cette note ne traite que du potentiel d'énergie renouvelable à une échelle locale.

2 CONTEXTE DU PROJET

Le projet est localisé en Haute-Savoie (74), sur la commune de La-Roche-sur-Foron. Le projet s'étend sur deux secteurs :

- Site de la Haute-Savoie Arena ;
- Site du parking en silo.

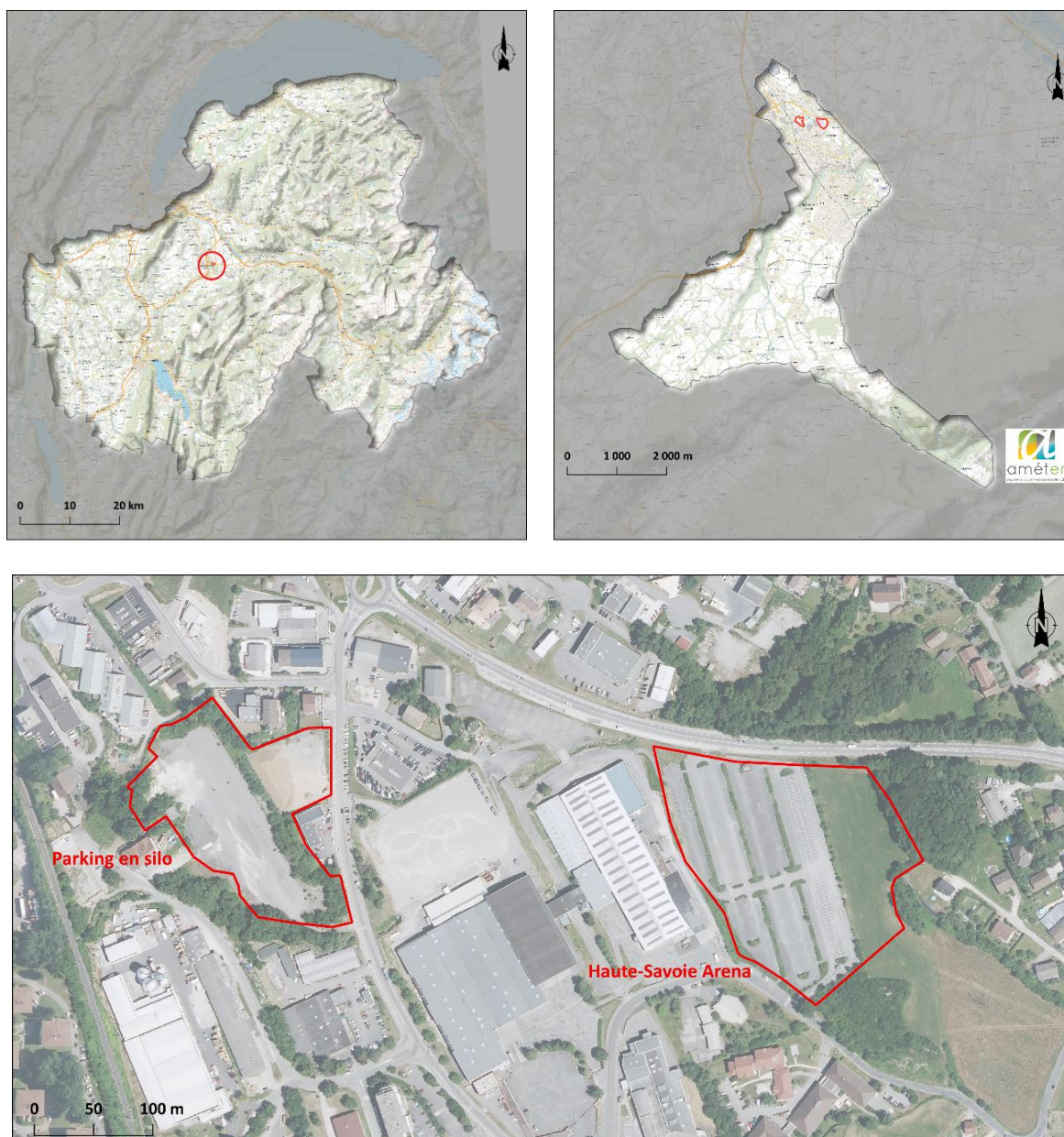


Figure 1 : Localisation du projet

2.1 Haute-Savoie Arena

Le projet vise la construction d'un complexe multi-activités culturel et sportif, situé rue des Centaures, voisin du Parc des Expositions de La Roche-sur-Foron.

Le complexe est conçu comme un bâtiment polyvalent, accueillant des activités sportives comme le cyclisme, basket-ball, badminton, gymnastique. Une salle d'escalade sera aussi présente et permettra l'accueil de compétitions. Cet espace permettra également l'accueil d'événements culturels (concerts, séminaires, conférences, expositions).

Ce complexe d'une surface plancher de 21 387 m², et 17 964 m² de surface utile de bâtiment se composera :

- L'équipement en configuration sport, qui comprendra la piste, l'aire centrale d'évolution, le mur d'escalade et la piste d'athlétisme autour des tribunes (fixes, télescopiques et mobiles).

Autour de la salle principale se trouvent les entités fonctionnelles suivantes :

- Des annexes administratives et de service ;
- Des annexes spectateurs ;
- Les espaces d'évolutions (Piste de cyclisme, anneau central, mur d'escalade) ;
- Les annexes sportives ;
- Les espaces médias ;
- Les espaces de réception ;
- Les espaces sportifs annexes intérieurs (Salle E-sport, salle de remise en forme, salle de musculation) ;
- Les espaces extérieurs ;
- Les espaces sportifs annexes extérieurs (piste de ski roues, pas de tir laser) ;
- L'espace annexe restauration.

Le projet prévoit la création de deux niveaux semi-enterrés.



Figure 2 : Schéma spatialisant les entités Haute-Savoie Arena (Source : Programme technique détaillé, Mai 2023)

Un parking de 302 places, d'environ 9 000 m², sera accolé au complexe Haute-Savoie Arena dont 6 places sont destinées aux personnes à mobilité réduite. Il sera accessible par la rue des Centaures. Un accès aux véhicules de logistique est prévu par le boulevard du marquis des Glières.

Les espaces extérieurs seront constitués de gradins paysagers d'environ 500 places, d'un pas de tir et d'une piste de ski roue.

2.2 Parking en silo

En lien avec le projet Haute-Savoie Arena, il est prévu la réalisation d'un parking en silo permettant l'accueil des visiteurs du complexe multi-activités. Il sera localisé sur des terrains en amont des bâtiments de Rochexpo et du futur complexe culturel et sportif. Ce parking silo s'étendra sur un terrain qui se compose actuellement d'une plateforme servant de parking et d'un bâtiment en ruines qui sera partiellement démoli. Son mur arrière sera maintenu et renforcé pour soutènement.

D'une capacité de stationnement de 1 760 places, environ 262 seront dédiées aux véhicules utilitaires (notamment pour les exposants), 355 seront équipées de bornes pour les véhicules électrique et 36 seront dédiées aux personnes à mobilité réduite.

Le tènement d'une surface de 23 188 m² se caractérise par une rupture de pente d'une dizaine de mètres qui séparent deux plateformes d'une altimétrie différente. L'emprise des deux bâtiments (A+B) est de 13 817 m². Le parking en silo a une hauteur de 15 m par rapport au terrain naturel, avec des niveaux en R+5 pour le bâtiment A et R+4 et pour le bâtiment B.

Les toitures terrasses des deux bâtiments seront végétalisées. Leurs surfaces permettent l'installation de panneaux solaire photovoltaïque.

Le site étant en partie déjà végétalisé, des poches supplémentaires de végétalisation permettront de renforcer le tissu végétal existant.



Figure 3 : Plan de masse de la Haute-Savoie Arena (Source : Chabanne)



3 CARACTERISATION DES BESOINS ENERGETIQUES LIES AU PROJET

3.1 Hypothèses

Dans le cadre des objectifs gouvernementaux de réduction des consommations d'énergie et de limitation des émissions de gaz à effet de serre, la réglementation environnementale 2020 (RE2020) vise à diminuer l'impact énergétique et environnemental des bâtiments neufs. Ils traduisent les trois objectifs gouvernementaux principaux concernant la RE2020 :

- donner la priorité à la sobriété énergétique et à la décarbonation de l'énergie ;
- diminuer l'impact carbone de la construction des bâtiments ;
- en garantir le confort en cas de forte chaleur.

Les premiers textes comportant des exigences de la RE2020 relatives aux bâtiments à usage d'habitation ont été publiés dès juillet 2021.

Le décret n° 2021-1004 du 29 juillet 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine réorganise notamment le code de la construction et de l'habitation, en créant 2 sections :

- La section 1, qui concerne les constructions de bâtiments à usage d'habitation, de bureaux, ou d'enseignement primaire ou secondaire, et s'applique à compter du 1er janvier 2022 pour les bâtiments à usage d'habitation, et du 1er juillet 2022 pour les bâtiments à usage de bureaux, ou d'enseignement primaire ou secondaire ;
- La section 2, qui concerne les autres constructions de bâtiments, contient de manière inchangée les exigences actuellement en vigueur de la réglementation thermique 2012. Un futur décret introduira les exigences de la RE2020 pour ces bâtiments.

Les demandes de permis de construire des bâtiments seront déposées à partir de 2024, et s'agissant de bâtiments neufs intégrant différentes fonctions, ils ne sont pas soumis à la même réglementation :

Espaces du projet	Usage réglementaire	Réglementation
Espaces accueil / Annexes sportives / Espaces de réception / Espaces médias	36 – Etablissement sportif municipal ou privé	RT2012
Espace annexe restaurant	19 – Restauration – 2 repas/jour, 7j/7	RT2012
Annexes administratives et de service	3- Bureaux	RE2020
Logements gardien	2- Bâtiment à usage d'habitation / logement collectif	RE2020
Salle d'escalade	Exclue : local chauffé à moins de 12°C	-
Salle principale	Exclue : salle avec un contrôle d'hygrométrie permanent	-

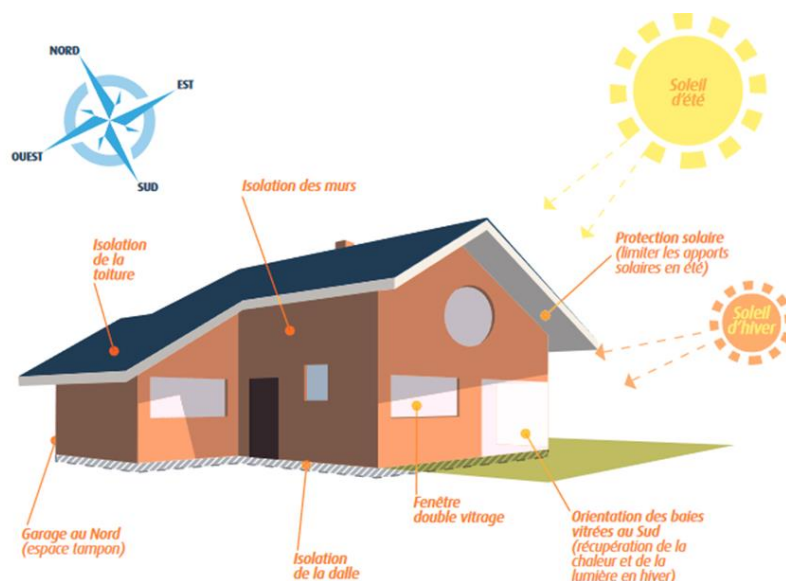


Figure 5 : Principe de base de la conception bioclimatique, limitant les besoins énergétiques (source CEREMA).

Le bilan Bepos consiste à évaluer le bilan énergétique global positif, dans un objectif que le bâtiment produise plus d'énergie qu'il n'en consomme.

Le Cep correspond aux consommations conventionnelles d'énergie primaire du bâtiment.

Le Cep peut être diminué de la part autoconsommée de la production électrique sur ses usages, mais pas de sa part exportée ni de la part autoconsommée sur les autres usages (ex : mobiliers...).

Cep,nr : **La part non renouvelable** : cet indicateur, exprimé en kWh_{ep}/m²/an, représente la **consommation conventionnelle du bâtiment pour les mêmes usages que le Cep, en ne conservant que la part non renouvelable**. C'est l'indicateur principal et le plus contraignant pour les consommations d'énergie. Il est calculé comme le Cep, à partir des consommations en énergie finale, mais avec des coefficients de transformation de l'énergie différents.

A ce stade du projet, les éléments de programmes sont bien détaillés :

	Surface programme
Grandes entités fonctionnelles	Surface utile globale (m²)
Espace d'accueil/annexes spectateurs	1365
Annexes sportives	2265
Aire d'évolution	6880
Tribune	1656
Espaces de réception	1000
Espaces médias	90
Annexes administratives et de service	945
Locaux techniques	2079
Dépôts	400
Espaces sportifs annexes intérieurs	918
Espace annexe restaurant	366
Espaces sportives annexes extérieurs	14950
Aménagements extérieurs (Parvis, cour de service)	3700
Stationnements - Parking	810
Total bâtiment	17964
Total aménagements extérieurs	19460
Total déambulatoire	1800
Total général	39224

Figure 6 : Tableau des surfaces (Source : Chabanne)

3.2 Estimation des besoins énergétiques du projet Haute-Savoie Arena

La notice environnementale produite par le maître d'œuvre définit des niveaux de performance énergétique et environnementale permettant de caractériser les performances d'un bâtiment neuf. Selon les usages, ces derniers seront calculés selon la norme RE2020 et RT2012.

3.2.1 RT2012

Les locaux soumis à la réglementation RT2012 sont présentés ci-dessous :

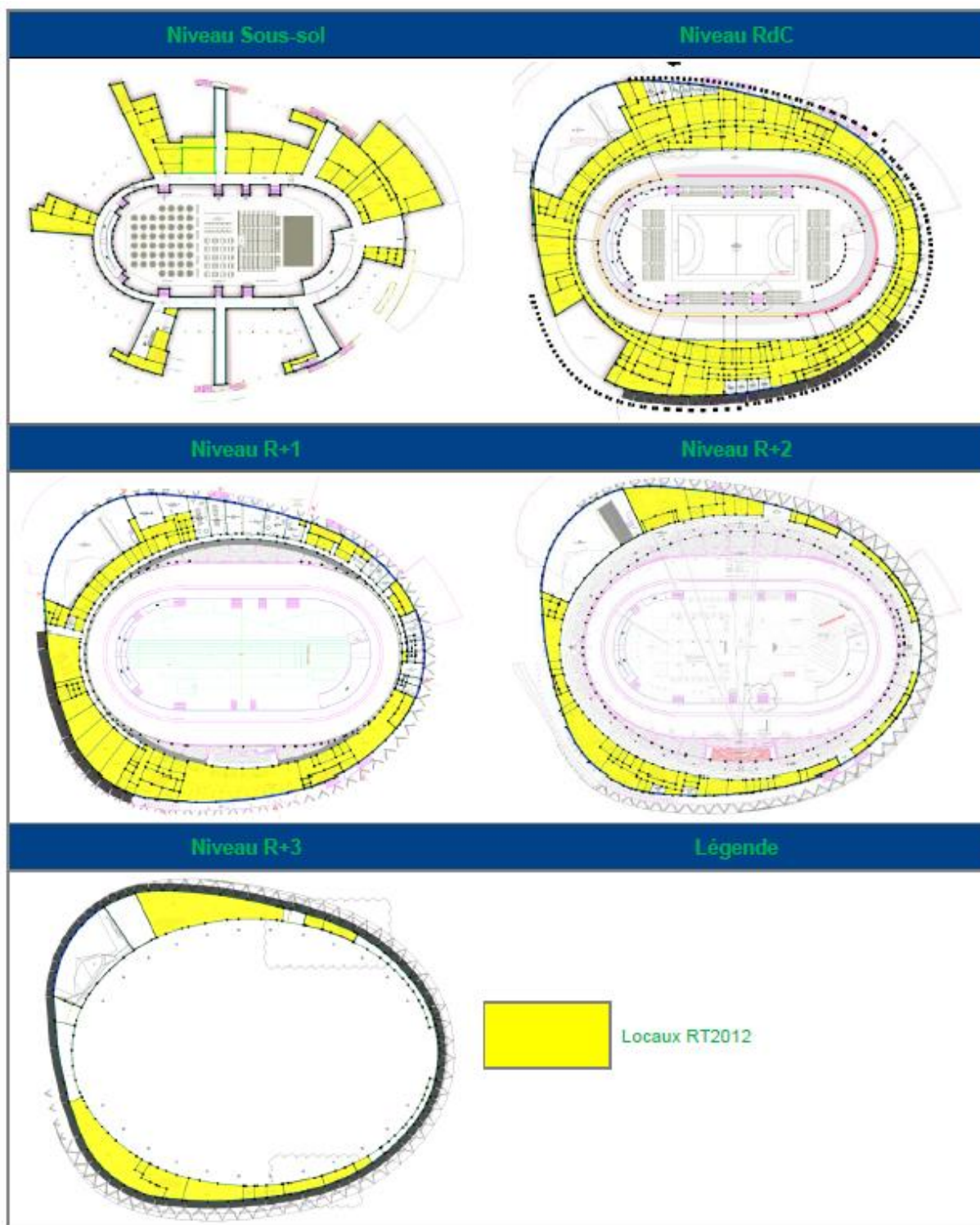


Figure 7 : Locaux soumis à la RT2012 (Source : Chabanne)

Le résultat pour les usages soumis à la RT2012 est le suivant :

Bbio	Bbio max	Gain
71,0 points	153,2 points	-53,7%

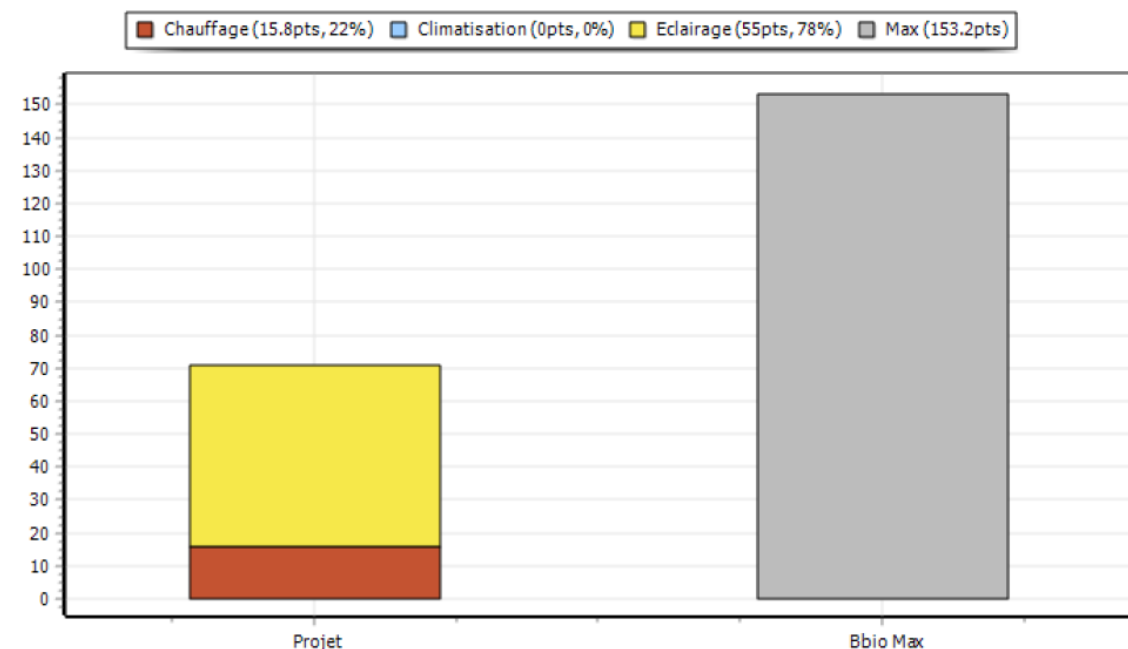


Figure 8 : RT2012 Décomposition du Bbio (pts) (Source : Chabanne)

Le calcul BEPOS, dépendant en parti du Cep de la RT2012, est présenté ci-dessous :

Cep	Cep max	Gain
117,5 kWhEP/m²SRT	192,2 kWhEP/m²SRT	-38,9%

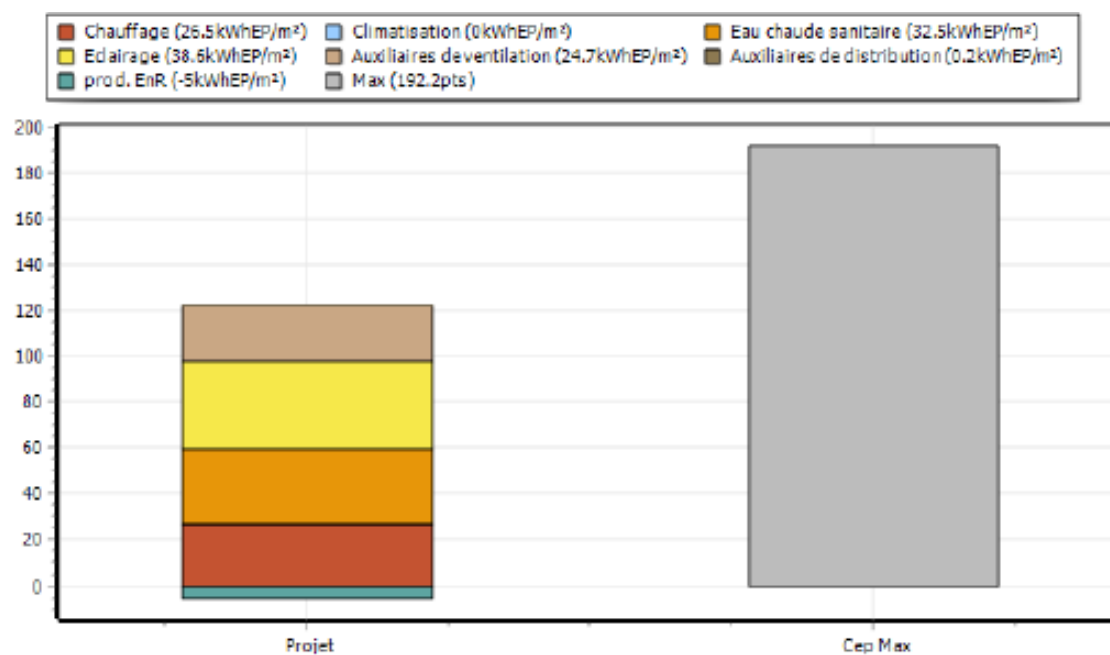


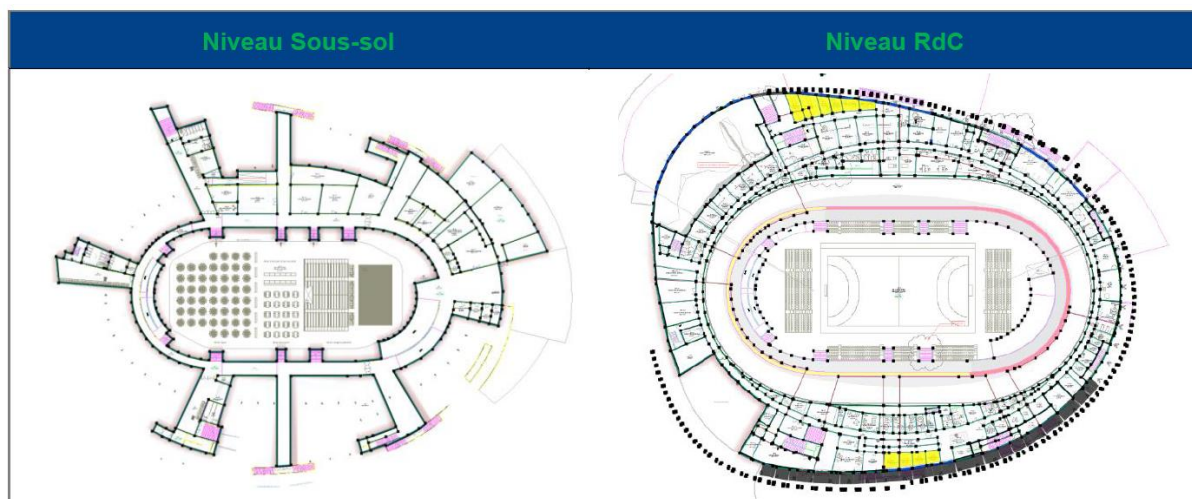
Figure 9 : RT2012 Décomposition du Cep (Source : Chabanne)

Bilan BEPOS	Bilan BEPOS max E3	Bilan BEPOS max E4	Niveau atteint
58,9 kWhEP/m ² SRT	121,2 kWhEP/m ² SRT	0,0 kWhEP/m ² SRT	E3

3.2.2 RE2020

3.2.2.1 Ic énergie

Un calcul réglementaire Thermique RE2020 a été réalisé, selon les locaux soumis à cette réglementation :



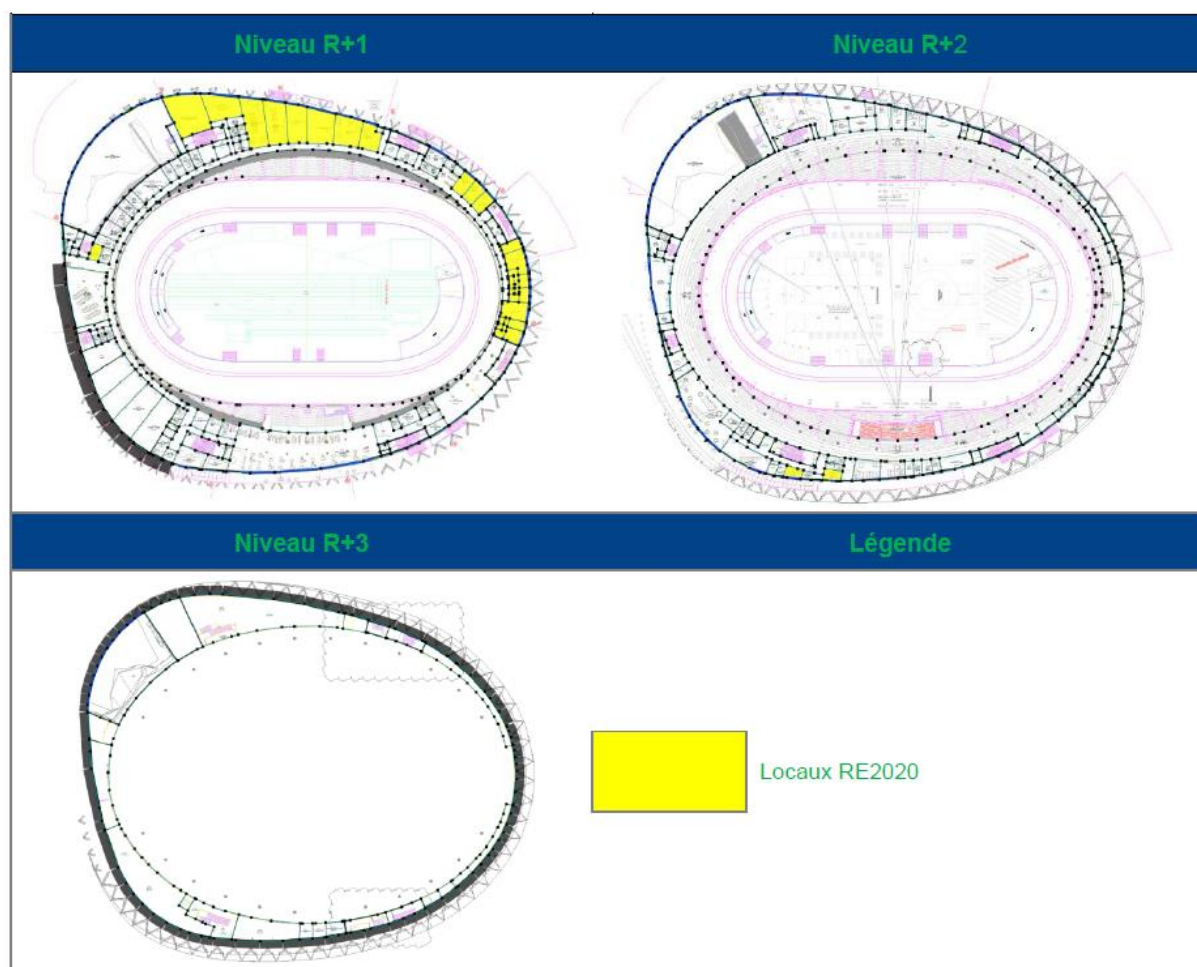


Figure 10 : Locaux soumis à la RE2020 (Source : Chabanne)

Cep	Cep max	Gain
103,9 kWhEP/m ² SRT	104,8 kWhEP/m ² SRT	-0,9 %

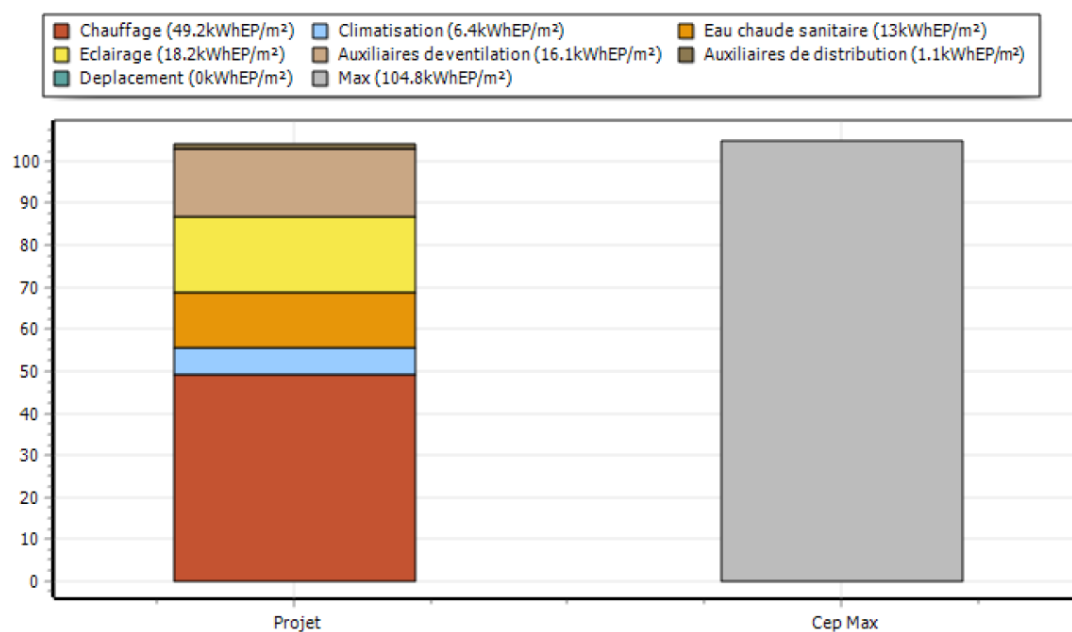


Figure 11 : RE2020 Décomposition du Cep (Source : Chabanne)

Cep nr	Cep nr max	Gain
51,4 kWhEP/m²SRT	91,2 kWhEP/m²SRT	-43,6 %

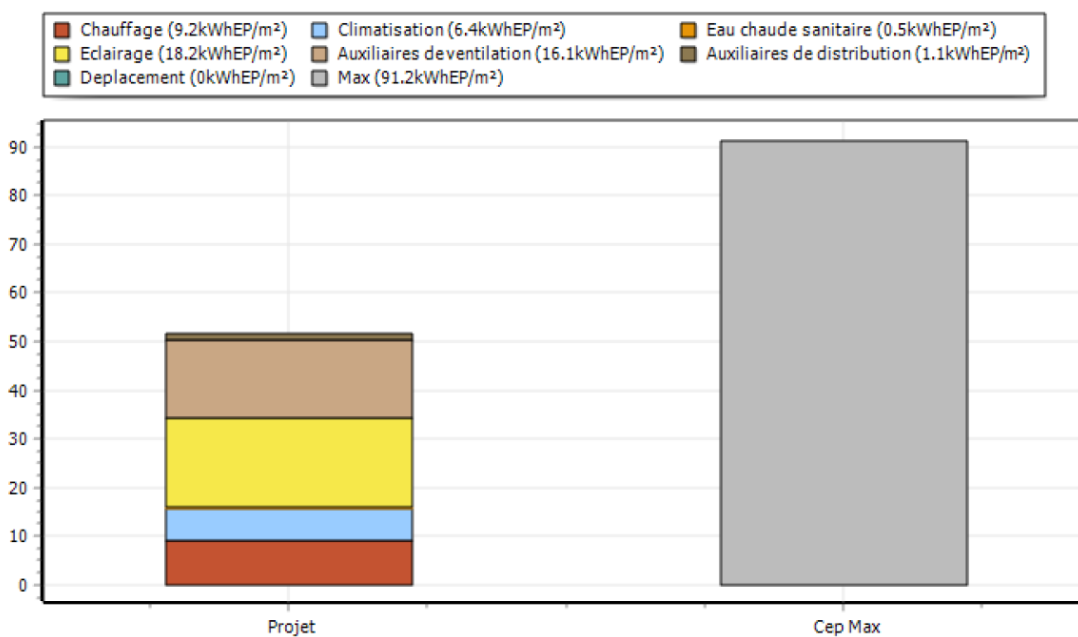


Figure 12 : Décomposition du Cep nr

3.2.2.2 Indice carbone (Ic) construction

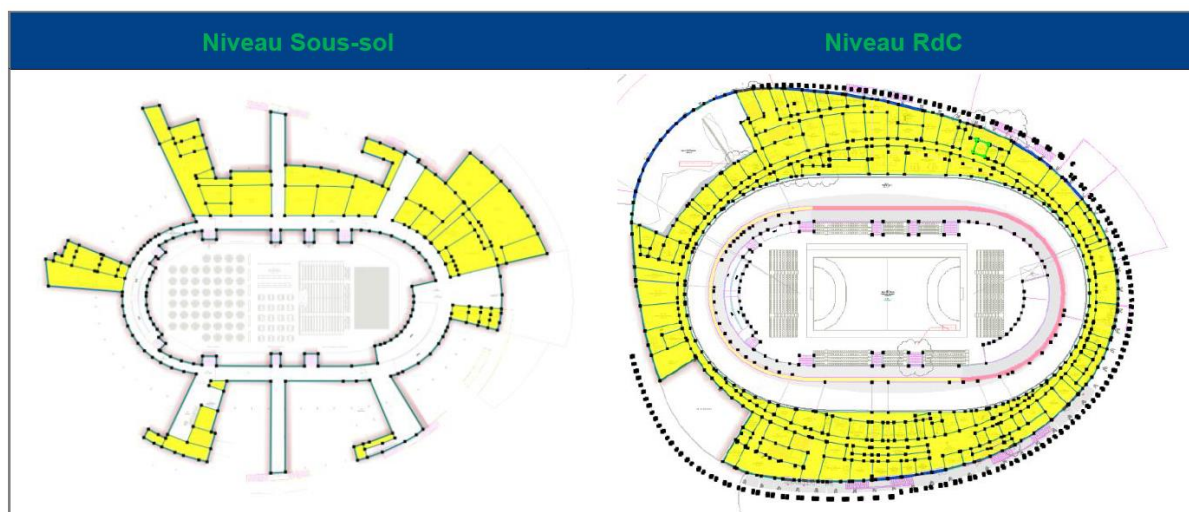
Ic construction	Ic construction max	Gain
904,6 kg eq CO2/m ²	969,1 kg eq CO2/m ²	7 %

Les quantités de produit de construction et équipement prises en compte dans le calcul Ic de la RE2020 sont définies suivant un ratio de surface en considérant que les locaux soumis à la RE2020 représentent 4% de la surface de plancher du projet.

Seule la charpente métallique a été exclue des quantités saisies pour l'étude, il est considéré que cette charpente métallique est indépendante de l'usage des locaux soumis à la RE2020 qui représente uniquement 4% de la SDP totale.

3.2.2.3 Label E+C-

Le niveau E+C- a été calculé sur les surfaces de locaux soumis aux réglementations thermique et environnementale et non sur l'ensemble de l'entité programmatique. Les locaux définis pour le périmètre du niveau E+C- sont ci-dessous :



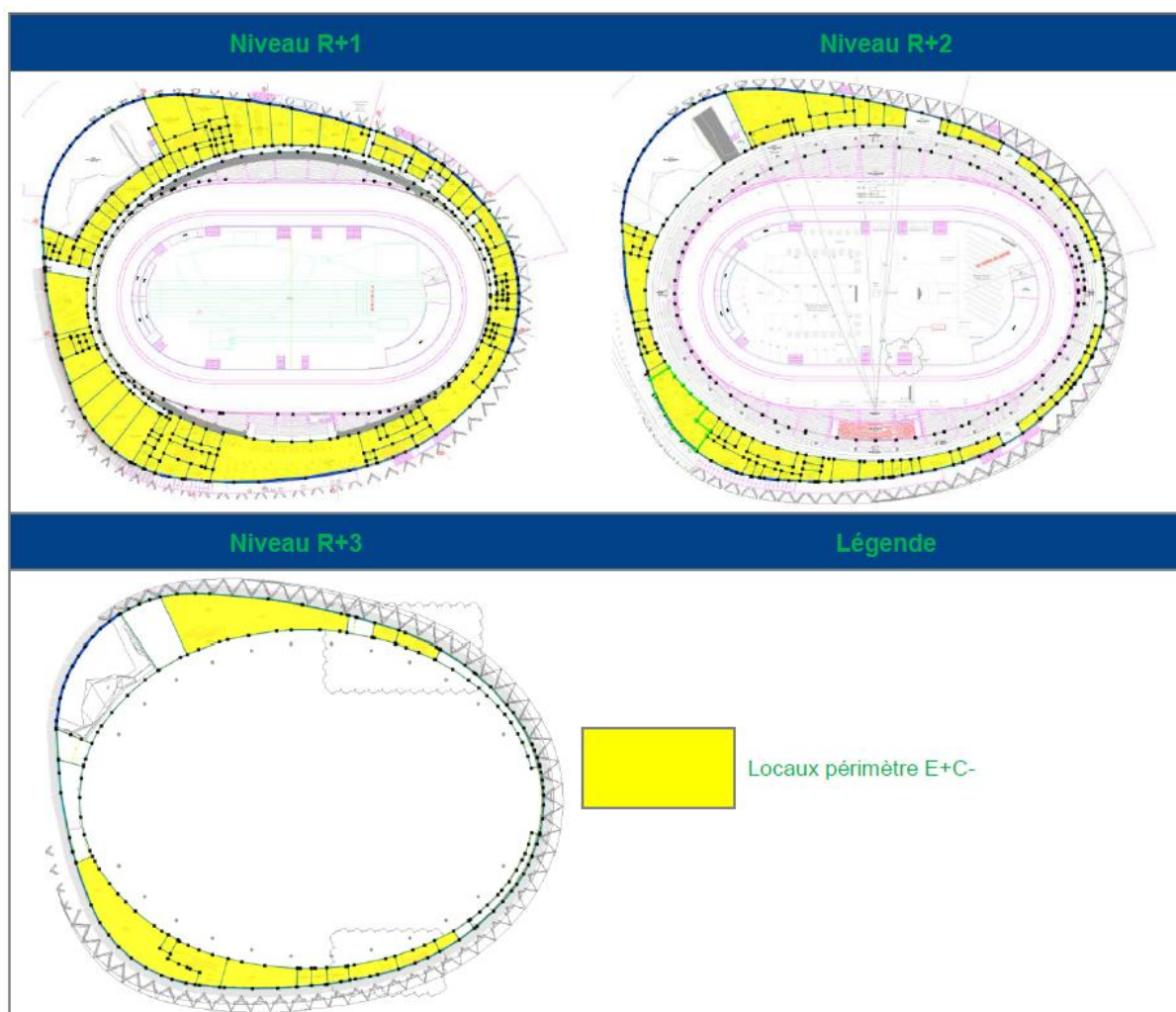


Figure 13 : Locaux soumis au périmètre E+C- (Source : Chabanne)

3.2.2.4 Niveau E+

Le résultat pour le périmètre E+C- est le suivant :

Bilan BEPOS	Bilan BEPOS max E3	Bilan BEPOS max E4	Niveau atteint
59,7 kWhEP/m ² SRT	117,6 kWhEP/m ² SRT	0,0 kWhEP/m ² SRT	E3

3.2.2.5 Niveau C-

Le projet respecte le niveau de Carbone 1 du référentiel E+C- pour le périmètre défini ci-dessus. La vérification du respect de cette exigence a été réalisée par une étude ACV de Chabanne. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Energie					
	Bilan BEPOS	Bilan BEPOS max			
Niveau	3	1	2	3	4
kWhEP/m ² SRT	59,70	157,00	139,80	117,60	0,00

Carbone			
Total			
	Eges	Eges max	
Niveau	1	1	2
Kg.eq.CO2/m² SDP	1 262,07	2 655,96	1 070,33
Produits de construction et d'équipements			
	Eges PCE	Eges PCE max	
Niveau	1	1	2
Kg.eq.CO2/m² SDP	1 014, 03	1 56,64	771,27

Le tableau suivant synthétise les éléments pour le niveau C-.

Elément	Carbone			
	Eges		Eges PCE	
	Niveau	Kg eq.CO2/m² SDP	Niveau	Kg eq.CO2/m² SDP
Annexes administratives et de service	1	1 334,17	1	1 017,33
Annexes sportives	1	1 245, 69	1	1 017,33
Espace annexe restaurant	1	1 316,65	1	1 017,33
Logement gardien	1	1 438,40	Non classé	836,33

3.3 Estimation des besoins énergétiques du parking en silo

D'après l'annexe 5 sur les facteurs d'émissions de GES du Cerema, extrait du guide pour l'aide générale sur les GES urba, des facteurs d'émissions spécifiques au parking en silo sont proposés :

Consommation d'énergie finale d'éclairage des parkings de rabattement en silo par place	550	kWh/place/an	Rapport PREDIT « L'impact des politiques de stationnement sur les émissions de gaz à effet de serre ; Tome 1, synthèse » 2008
Consommation d'énergie finale de la construction d'une place en parking en silo	504	kWh/place/an	Hypothèse à partir du coût de la construction du parking aérien et utilisant le ratio Ges aérien/silo
Facteur d'émission de GES de la construction d'une place en parking en silo	132,12	KgeqCO2/place/an	Rapport PREDIT « L'impact des politiques de stationnement sur les émissions de gaz à effet de serre ; Tome 1, synthèse » Avril 2008

Le projet prévoit la création d'environ 1 760 places de parking. On peut ainsi estimer :

Consommation d'énergie finale d'éclairage des parkings de rabattement en silo (1 760 places)	968 000 kWh/an
Consommation d'énergie finale de la construction du parking en silo (1 760 places)	887 040 kWh/an
Emissions de GES de la construction du parking en silo (1 760 places)	232 531,2 KgeqCO ₂ /place/an

4 ANALYSE DU POTENTIEL D'APPROVISIONNEMENT EN ENR

4.1 Réseau de chaleur

L'étude de potentialité du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid existant ou la création d'un réseau est un des axes de travail obligatoire de l'étude de faisabilité EnR. En effet, ces solutions mutualisées de production énergétique sont un moyen de développer à grande échelle les énergies renouvelables.

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire.

4.1.1 Raccordement à un réseau de chaleur existant

Aucun réseau de chaleur existant n'est présent sur la commune de la Roche-sur-Foron, ni sur les communes alentour d'après la consultation des bases de données de France Chaleur Urbaine.

Le raccordement à un réseau de chaleur existant n'est donc pas envisageable.

4.1.2 Création d'un réseau ou micro-réseau de chaleur

La pertinence de la création d'un réseau de chaleur local s'apprécie en premier lieu selon la densité du programme, à la longueur desservie. En effet, une densité trop basse entretient des pertes de puissance trop fortes qui limitent l'intérêt de cette solution.

Le parking en silo ne nécessitera pas le raccordement à un réseau de chaleur. Seul le bâtiment de l'Arena pourrait être concernée par cette création. Toutefois, il n'apparaît pas pertinent de créer un réseau de chaleur pour ce seul bâtiment.

La solution de création d'un réseau de chaleur est écartée pour le projet.

4.1 Filière bois énergie

Source : Atlas Bois énergie Pays de Savoie 2021, DDT Haute-Savoie

Le terme « bois-énergie » désigne l'énergie produite à partir de la dégradation du bois. Cette énergie est au départ celle du soleil, transformée par les arbres lors de la photosynthèse. Elle est libérée sous forme de chaleur lors de la combustion du bois et est utilisée directement pour produire de la chaleur.

En Haute-Savoie, la forêt couvre 178 000 hectares de forêts (source DDT74 et inventaire forestier national) soit environ 39% de la surface départementale.

La répartition du taux de boisement est très inégale sur le territoire. A l'échelle communale, les taux de boisement varient fortement. La carte départementale de répartition de la forêt identifie des espaces relativement peu boisés, comme en zone de plaine ou de collines (Faucigny : 31%) mais aussi en montagne (Pays du Mont-Blanc : 33%), et des espaces très forestiers, singulièrement dans les massifs préalpins (Fier-Aravis, Chablais, jusqu'aux Bauges : 58%).

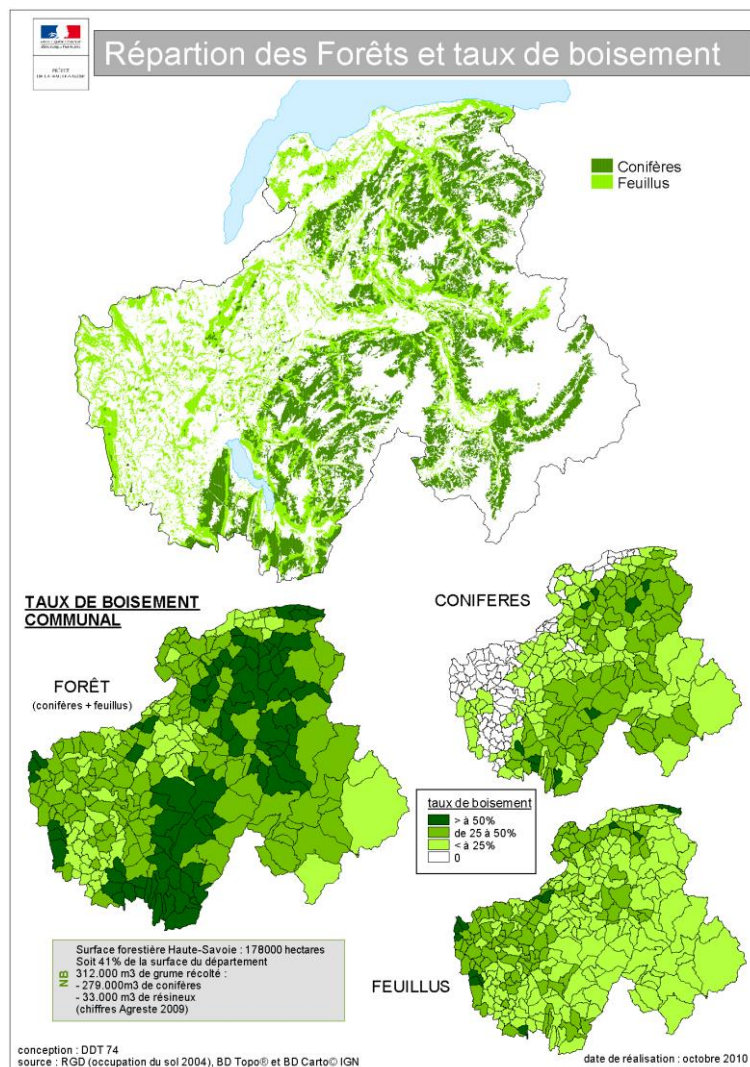


Figure 14 : Répartition des forêts et taux de boisement (Source : DDT 74)

La Haute-Savoie étant un département de montagne, les conifères sont majoritaires et représentent 60% des surfaces boisées. Les essences dominantes de ces forêts sont principalement des conifères avec l'épicéa (45% des forêts de Haute-Savoie) et le sapin (12%) puis des feuillus avec le hêtre (17%) et le chêne (10%).

Les essences les plus adaptées au bois de chauffage sont les feuillus tels que le hêtre, le frêne et le chêne. L'épicéa et le sapin apparaissent moins adaptés.

Les parcelles forestières situées en Savoie et Haute-Savoie sont difficiles d'accès pour 80% d'entre elles, ce qui implique un coût d'extraction supplémentaire. Ces éléments ne jouent pas en faveur d'un développement très important de la filière bois bûche en pays de Savoie.

Toutefois, sur les départements de Savoie et Haute-Savoie, trois entreprises ont produit environ 44 000 tonnes de granulés en 2020. Il est à noter que l'entreprise Lignalpes, située sur la commune de Saint-Pierre-en-Faucigny est distante d'environ 6,5 km par route du site de Rochexpo.

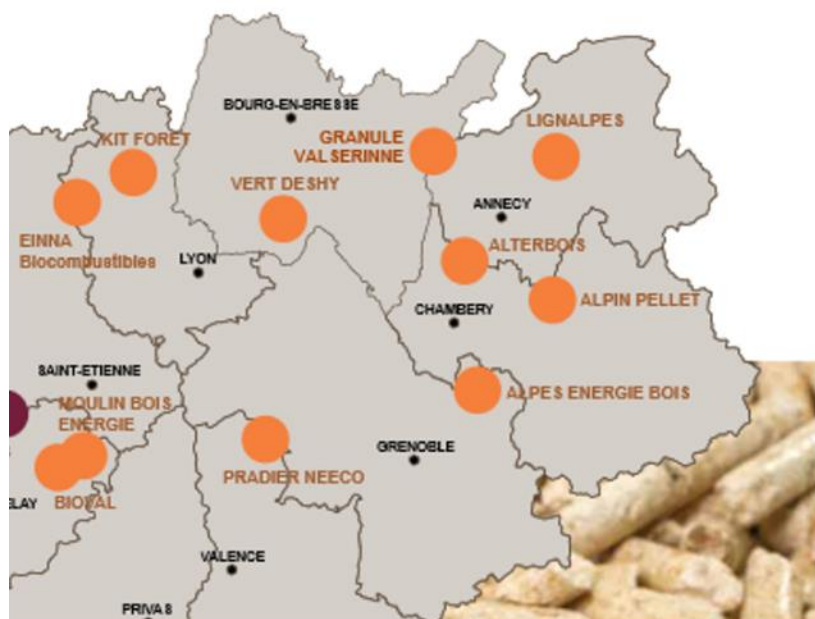


Figure 15 : Localisation d'entreprises de granulés (Source : Atlas Bois énergie Pays de Savoie 2021)

Pour le projet :

La ressource est locale, notons qu'un producteur de granulés est distant de 6,5 km par route du site de Rochexpo. Cette solution est donc pertinente pour le projet et a été retenue.

4.2 Gisement solaire

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques constituent le gisement brut des filières solaires thermiques. Ces données servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques.

Solaire photovoltaïque

Potentiellement les panneaux solaires photovoltaïques peuvent s'installer partout : en toiture ou en terrasse, en façade, au sol, en écran antibruit, etc. Autant d'endroits possibles tant qu'ils respectent quelques règles de mise en œuvre : orientation favorable et inclinaison optimale (le rendement maximal étant observé lorsque les panneaux sont perpendiculaires au rayonnement solaire direct), sans masques ni ombres portées.

Solaire thermique

Le solaire thermique correspond à la conversion du rayonnement solaire en énergie calorifique. Traditionnellement, ce terme désigne les applications à basse et moyenne température ; les plus répandues dans le secteur du bâtiment sont la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage de locaux.

4.2.1 Haute-Savoie Arena

Plusieurs contraintes sont recensées pour le site de projet : terrain en pente, bâtiment plus haut à proximité (Rochexpo) et intégration du bâtiment contre la butte du parvis de Rochexpo. Au vu de ces contraintes, une étude d'ensoleillement a été réalisée par Chabanne et est présentée ci-dessous :

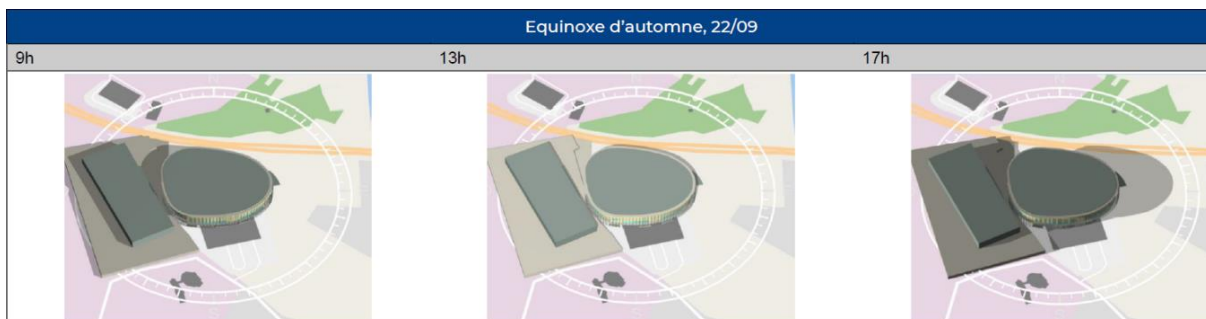
- Façade sud



En été, la façade sud-est est ensoleillée à partir de 9h. Rochexpo a un impact sur les bureaux officiels de l'Arena en fin de journée (de 17h à 19h30). L'Arena a très peu d'impact en période estivale sur le bâtiment voisin.



En hiver, la façade sud-est est ensoleillée de 9h à 16h. L'ombre portée de Rochexpo est limitée et impacte uniquement les bureaux les plus au nord-ouest du bâtiment. L'ombre portée de l'Arena est plus importante l'hiver sur le bâtiment de Rochexpo jusqu'aux environs de 10h.



En intersaison l'ombre portée de l'Arena a un impact sur le bâtiment jusqu'à 9h. Rochexpo crée une ombre portée sur l'Arena à partir de 16h, la salle de restauration et l'accueil sont les locaux les plus impactés.

- Façade nord



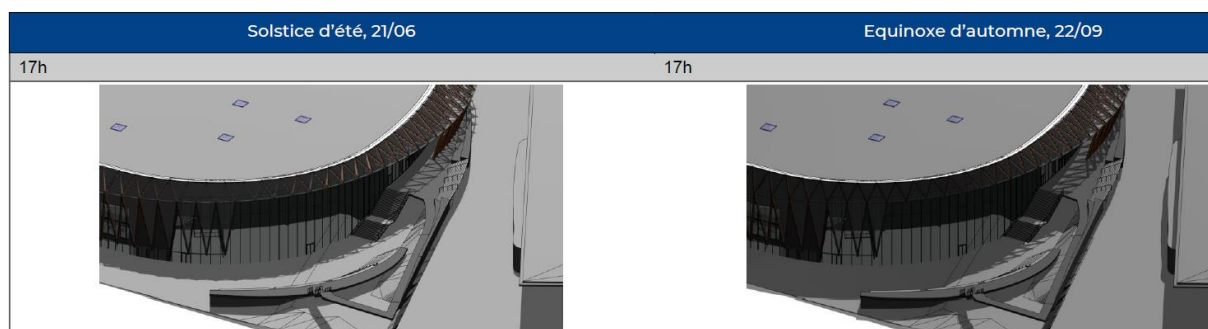
En été, la façade nord-est est ensoleillée de 6h à 10h environ. Les bâtiments voisins n'ont pas d'impact sur la façade. En fin de journée la façade nord-ouest est ensoleillée de 18h à 20h. Le relief présente à ce moment-là un léger impact sur la façade.



En hiver, la façade nord est peu ensoleillée. En fin de journée une ombre portée importante est créée par Rochexpo.



En hiver, la façade nord-est est un peu ensoleillée entre 6h30 et 8h.



La façade donnant sur le mur d'escalade se retrouve ensoleillée en fin de journée 6 mois dans l'année de l'équinoxe de printemps à celui d'automne. Cependant, aucun rayonnement direct n'impacte le mur d'escalade du fait de son retrait important vis-à-vis de la façade.

D'après cette étude d'ensoleillement, le bâtiment de Rochexpo impacte que partiellement et périodiquement le bâtiment de l'Arena.

Dans le cadre du projet de l'Arena, la toiture du bâtiment pourra donc être équipée d'une installation photovoltaïque. Cette installation a pour objectif d'alimenter le bâtiment en électricité.

Le projet prévoit donc une installation photovoltaïque en toiture. Elle permettra d'alimenter le bâtiment en électricité (autoconsommation avec revente du surplus) et de couvrir la totalité des besoins de froid par une source d'énergie renouvelable. L'installation photovoltaïque se situe en partie nord-ouest de la toiture, sur la toiture de la salle d'escalade. Les caractéristiques de l'installation sont les suivantes :

Orientation sud	
Orientation en degré	0°
Inclinaison en degré	3°
Puissance crête installée	30,8 kWc
Nombre de panneau	75
Surface	145,3 m ²
Orientation sud-est	
Orientation en degré	36°
Inclinaison en degré	3°
Puissance crête installée	75 kWc
Nombre de panneau	183
Surface	354,4 m ²

Au globale l'installation photovoltaïque de 258 panneaux représente une surface de 500m². Un diagramme solaire de l'installation intégrant les masques a été produit :

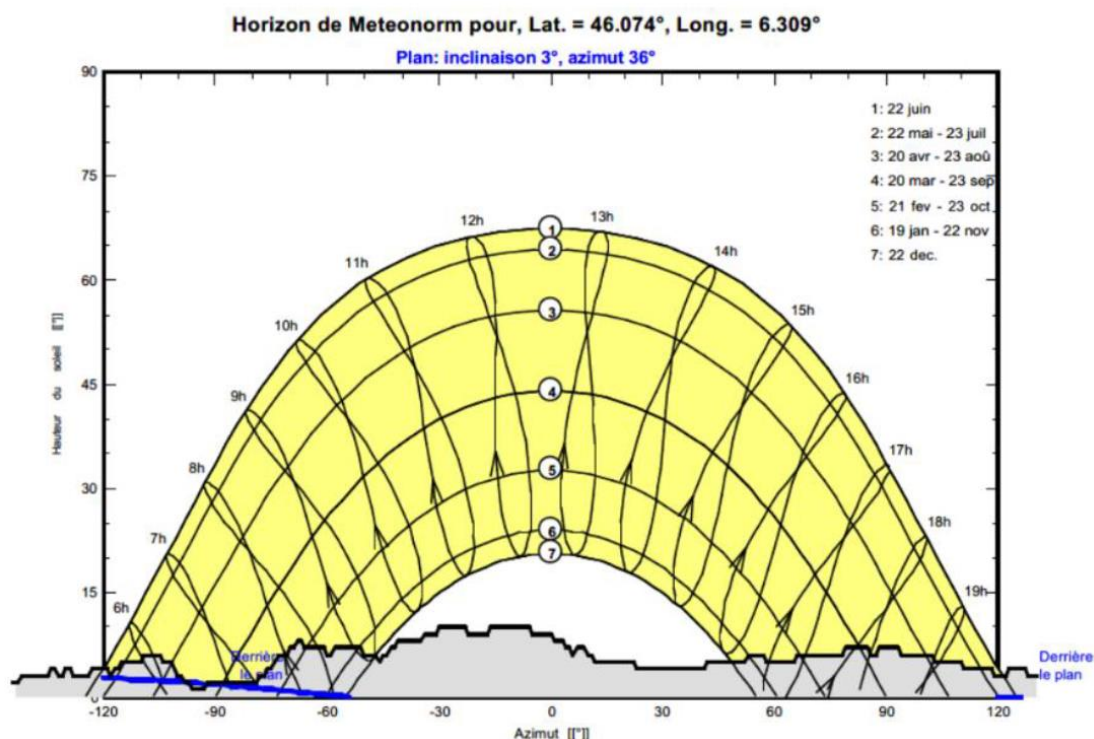


Figure 16 : Diagramme solaire (Source : Chabanne)

Les facteurs de perte du champ de photovoltaïque prit en compte sont :

Facteur de pertes thermiques	Uc (const) 20,0 W/m ² K
Perte ohmique de câblage	1,5% aux STC
Perte de « mismatch » modules	1,0% au MPP
Perte de « mismatch » string	0,10%

L'estimation de production photovoltaïque a été réalisée par Chabanne, avec le logiciel PVSyst sur la base d'une irradiation globale horizontale de 1 354 kWh/m² global incident par an de capteurs. La production totale annuelle d'électricité est estimée à **122 600 kWh/an** et **1 159,8 kWh/kWc**.

L'installation photovoltaïque ainsi que le recours à une chaufferie bois permet de couvrir 100% des besoins de chauffage et de climatisation par des énergies non renouvelables.

Le taux d'occupation de l'Arena étant fluctuant, les besoins en chaleur évolueront également et l'inertie des systèmes de solaires thermiques en font un système inadapté pour ce type de bâtiment.

4.2.2 Parking en silo

Le parking en silo prend place sur deux zones :

- Plateforme haute (bâtiment B) ;
- Plateforme basse (bâtiment A).

Chacune de ces plateformes est relativement plane. D'après les plans proposés par Ritz Architecture, la hauteur du parking de 15 m par rapport au terrain naturel, avec des étages en R+5 pour le bâtiment A (plateforme basse) et R+4 pour le bâtiment B (plateforme haute).

Au vu de sa hauteur et de l'inclinaison du soleil, l'ensoleillement sur le bâtiment ne sera pas impacté et le bâtiment pourra être équipé de panneaux solaires.

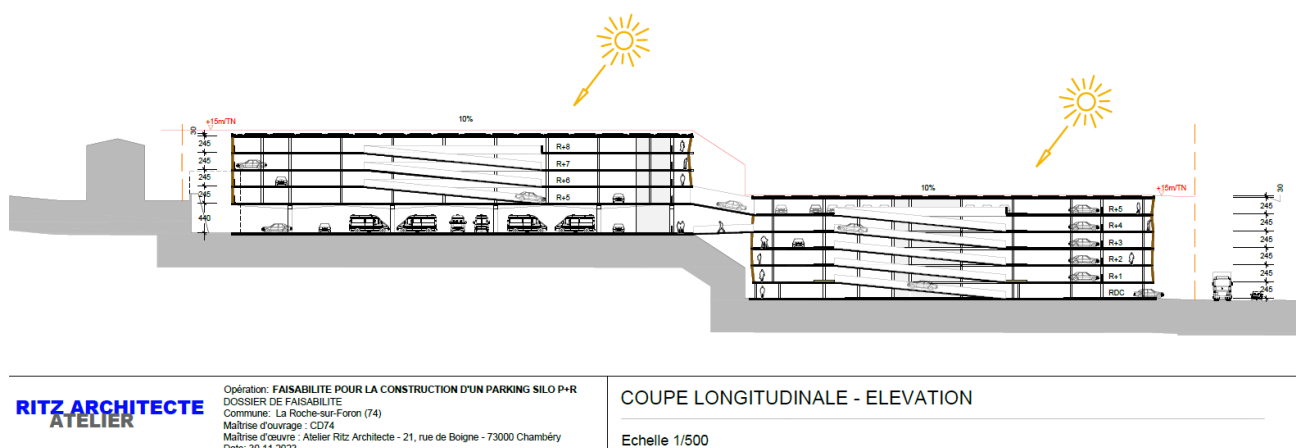


Figure 17 : Coupe longitudinale du parking en silo (Source : Ritz Architecture)

D'après ces éléments et selon les estimations de Ritz Architecte, le projet envisage 3 500 panneaux répartis sur 7 000 m² permettant une production de l'ordre de **1,4 Méga Wc**.

Le projet de parking ne silo ne nécessite aucun besoin de chaleur (bâtiment non chauffé, eau froide pour les sanitaires). Aucune installation de solaire thermique n'apparaît donc nécessaire. L'installation photovoltaïque est donc maximisée pour répondre aux besoins du projet.

Le potentiel solaire est très pertinent pour le projet. Des installations photovoltaïques seront déployées à la fois sur le bâtiment de la Haute-Savoie Arena et sur le parking en silo.

Le recours au solaire thermique n'est pas pertinent pour ces bâtiments.

4.3 Gisement éolien

L'ensoleillement du territoire étant inégalement réparti, cela crée des zones de températures et de pression différentes. De ces différences de pressions naissent des mouvements d'air, du vent, que l'éolienne exploite pour générer de l'énergie.

Le grand éolien est écarté pour ce projet. Il n'apparaît pas pertinent dans le cadre d'un aménagement urbain, d'une part pour des contraintes d'implantation et d'autre part pour son rôle plutôt structurant à échelle du mix électrique national.

Le petit éolien se positionne comme une production diffuse d'électricité renouvelable. Le petit éolien ou éolien individuel désigne des machines de petites et moyennes puissances (de 0,1 à 20 kW), montées sur des mâts de 10 à 30 mètres. En moyenne, la puissance est de 5 kW et la hauteur des mâts, de 10 à 12 m.

L'Ademe recommande de centrer le marché du petit éolien sur le domaine rural : ainsi, d'une part la ressource en vent est de meilleure qualité, d'autre part le petit éolien permet de faire levier sur l'enjeu du secteur agricole de diminution de la dépendance énergétique ou d'apporter une solution aux zones non connectées.

Sur la zone d'étude, la mise en place de tous types d'éoliennes est règlementairement interdite.

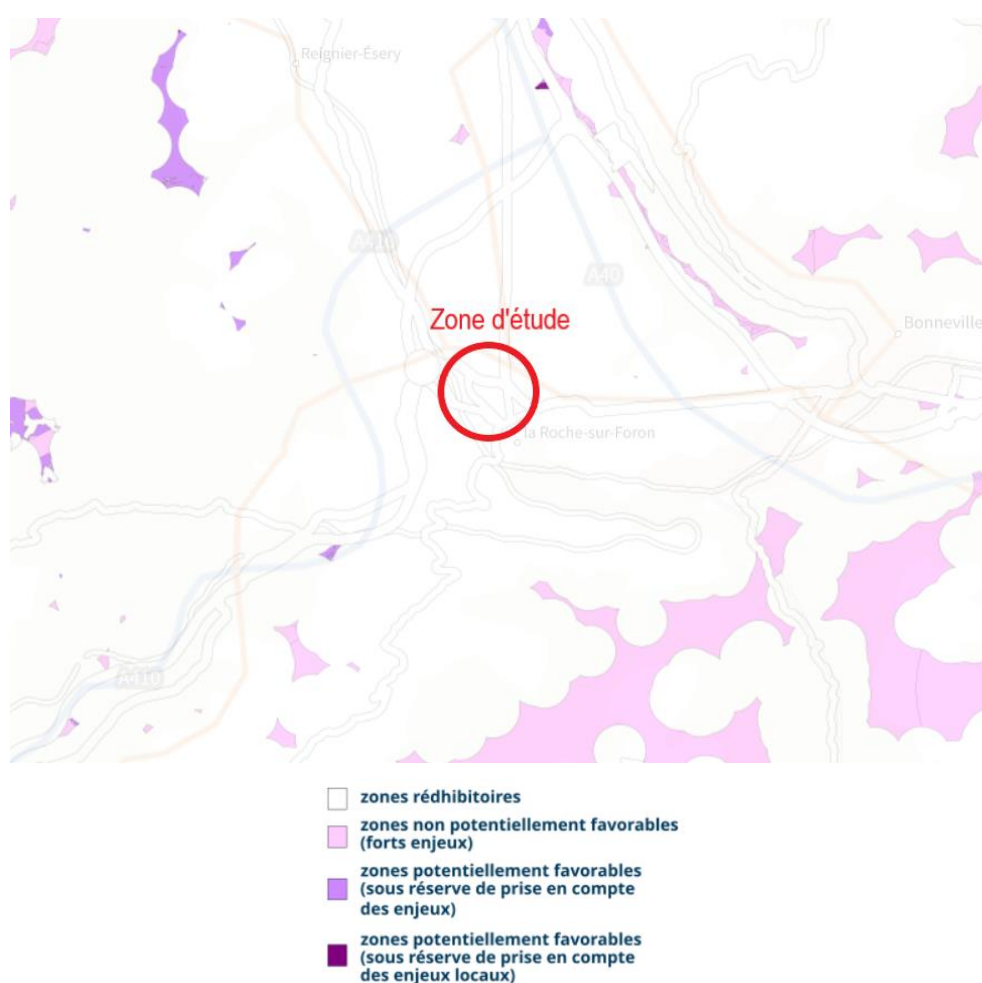


Figure 18 : Potentiel éolien terrestre (Source : Portail cartographique français des énergies renouvelables)

La solution énergie éolienne est donc à écarter dans le cadre du projet.

4.4 Gisement hydraulique

La présence du ruisseau de la Merle sur la zone d'aménagement permet d'envisager un gisement potentiel pour la mise en œuvre d'hydro-électricité. Il est rappelé que l'énergie hydraulique est la première source d'électricité renouvelable française.

Les petites centrales hydroélectriques représentent environ 10% de la production hydroélectrique française. **Le terme « petite hydraulique » réfère à une très grande variété de centrales :**

- « pico-centrale » : puissance < 20 kW
- « micro-centrale » : puissance entre 20 kW et 500 kW
- « mini-centrale » : puissance entre 500 kW et 2 MW
- « petite centrale » : puissance entre 2 MW et 10 MW

On distingue les centrales de moyenne et haute chute, pour lesquelles la puissance est principalement apportée par la hauteur de chute et l'arrivée de l'eau se fait via une conduite forcée, des centrales de basse chute, pour lesquelles la puissance provient principalement du débit turbiné et l'arrivée de l'eau se fait plutôt par un canal d'amenée.

Dans le cas du ruisseau de la Merle, on note la présence de 4 ouvrages dont certains impliquent le passage du cours d'eau sous la route (rue Adhémar Fabri, rue des combattants d'AFN, busage sous Rochexpo). Le secteur est aussi contraint par l'urbanisation (Rochexpo, habitations, entreprises). Au vu de ces caractéristiques, il apparaît en première approche que l'implantation d'une centrale n'est pas envisageable (contrainte d'espace et de fonctionnement du cours d'eau). Notons que seule une étude de faisabilité technique permettrait de préciser la faisabilité de cette solution.

A première vue, compte-tenu des besoins de chauffage et de climatisation du projet de l'Arena, il apparaît que le débit de la Merle est insuffisant.

A ce stade, il apparaît qu'une solution d'approvisionnement en hydro-électricité n'est pas pertinente pour le projet.

4.5 Géothermie

La géothermie permet de produire différents types d'énergie en fonction de la température de la chaleur puisée dans le sous-sol. En fonction des calories captées, l'eau chaude est valorisée pour des installations de chauffage ou de la climatisation à usage des maisons individuelles et des bâtiments, ou pour la production d'électricité. C'est une énergie renouvelable, source d'indépendance énergétique et à faible émission de gaz à effet de serre (GES).

Parmi les différents types de valorisation de la chaleur géothermique, peuvent être cités :

- La géothermie superficielle aussi appelé géothermie très basse température ou géothermie très basse énergie. Elle exploite la chaleur du sol ou de l'eau du sous-sol à des profondeurs généralement inférieures à 200 mètres de profondeur, pour des températures inférieures à 30°C.
- La géothermie profonde : basse température (ou basse énergie) exploite la chaleur de gisements d'eau situés à des profondeurs de quelques centaines de mètres jusqu'à environ 2 000 m, pour des températures généralement comprises entre 30°C et 90°C, ou géothermie haute température concerne les fluides dont les températures sont supérieures à 150 °C. Ceux-ci sont mis en production par forages généralement à plus de 1 500 mètres de profondeur.

En France, la géothermie profonde est principalement orientée vers la production de chaleur pour les réseaux de chaleur urbain. Les dispositifs de géothermie superficielle, selon leur dimensionnement, couvrent en partie ou en totalité les besoins de chaleur et de froid des bâtiments (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, rafraîchissement) dans les secteurs individuel, collectif et tertiaire.



Figure 19 : Principaux dispositifs de captage associés aux pompes à chaleur géothermiques (captages sur sondes géothermiques verticales, captage sur nappe, captage horizontal) source : BRGM FEDER

Les données du BRGM cartographient le potentiel géothermique des territoires.

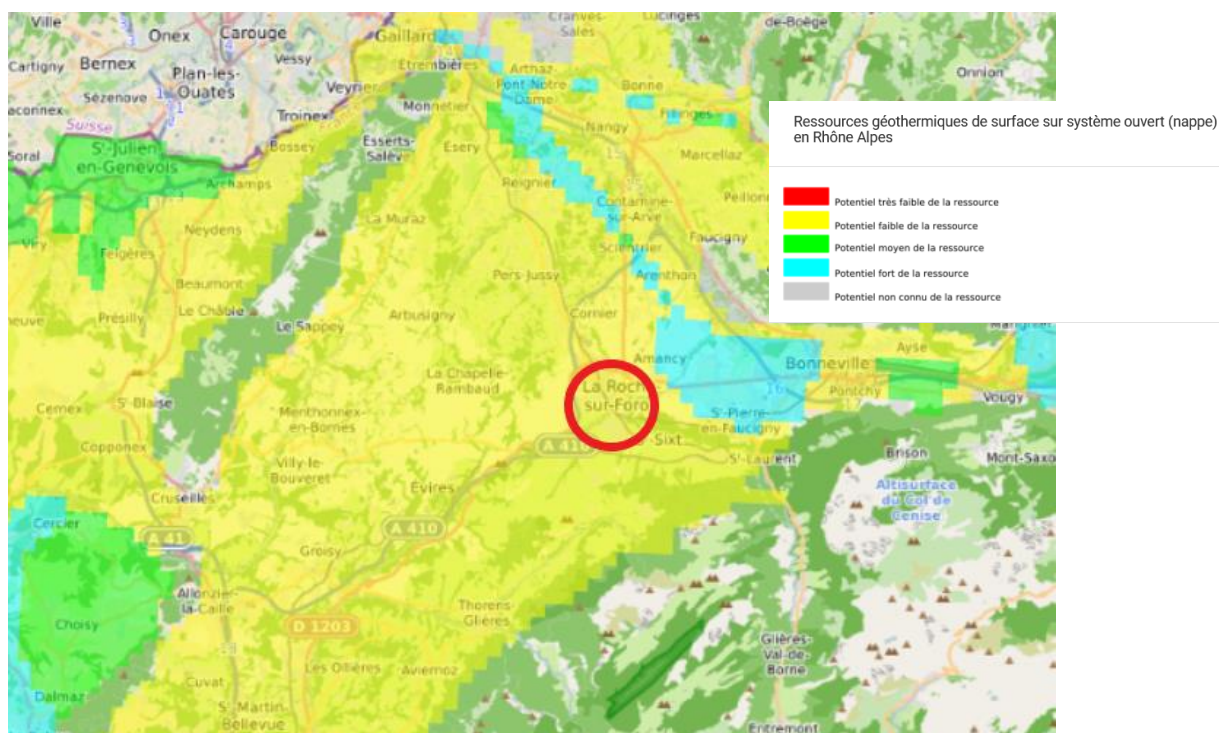


Figure 20 : Potentiel géothermique de surface sur système ouvert, Données BRGM, site : geothermies.fr

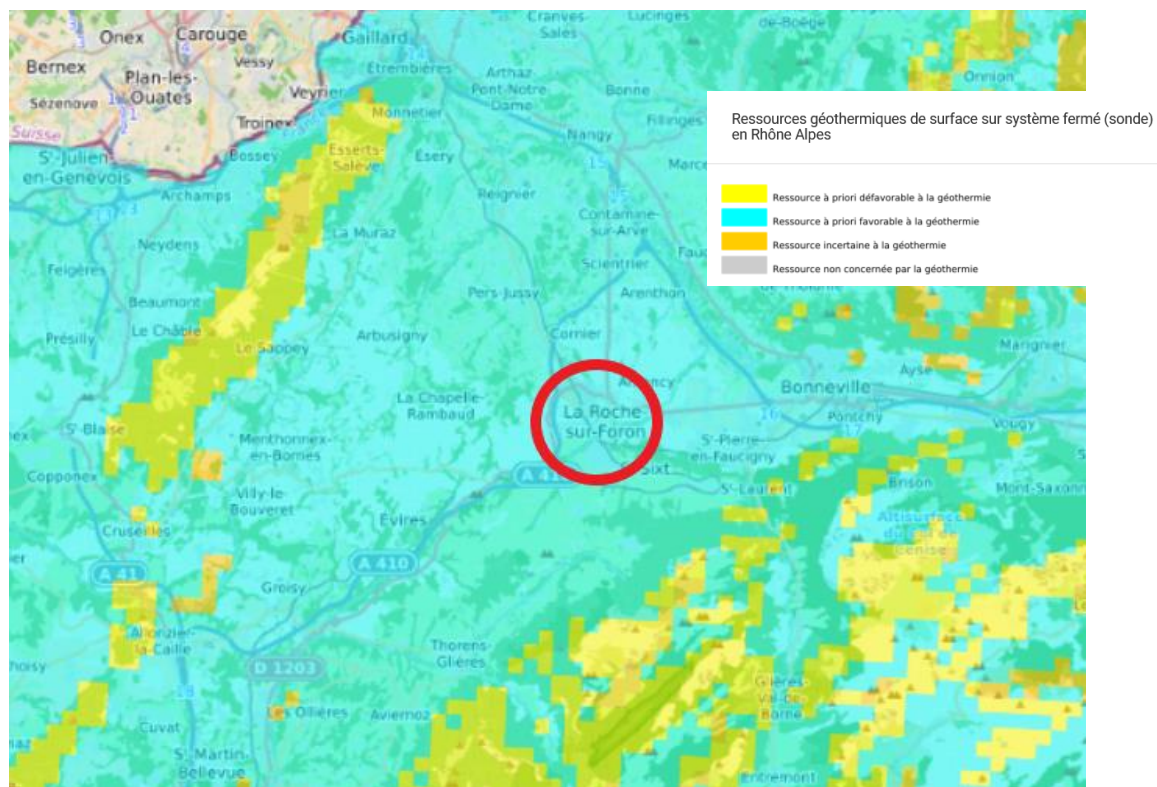


Figure 21 : Ressources géothermiques de surfaces sur système fermé, Données BRGM, site : geothermies.fr

A échelle du projet, on peut écarter la géothermie profonde ou exploitant la nappe (système ouvert) étant donné le faible potentiel recensé sur la commune. La géothermie peu profonde est par contre au vu du potentiel a priori favorable connu.

Le bâtiment aura un taux d'occupation variable, entraînant la fluctuation des besoins de chaleur. L'équilibre entre les besoins de chaud et de froid ne sera que très rarement atteint.

La solution de la géothermie superficielle est envisageable pour le projet mais non adapté.

Ressource énergétique		Disponibilité de la ressource	Gisement potentiel	Avantages	Inconvénients	Conclusion intermédiaire
Hydraulique		Ruisseau du Merle qui longe le sud de la zone d'étude	MOYEN	-	Coût Débit insuffisant Difficile à mettre en œuvre (ruisseau busé et contexte urbain)	Non retenu
Solaire	Thermique	Abondante, absence de masque solaire	FORT	Maitrise des solutions techniques	Occupation du bâtiment trop fluctuante Inertie de l'installation	Non retenu
	Photovoltaïque	Abondante, absence de masque solaire	FORT	Maitrise des solutions techniques	-	Intégré
Eolien		Règlementairement interdit	PROSCRIT	-	-	Non retenu
Bois énergie		Filière bois énergie locale existante	FORT	Maitrise des solutions techniques	-	Intégré
Géothermie		Géothermie peu profonde uniquement, principe de géothermie sur eau de nappe non retenu.	MOYEN	Coût	-	Non retenu
Réseau de chaleur		Absence de réseau de chaleur existant Mise en place d'un réseau neuf peu pertinent	FAIBLE	-	-	Non retenu

5 CONCLUSIONS

Cette analyse montre que les pistes d'approvisionnement en énergie renouvelable pour le projet les plus intéressantes concernent :

- Le gisement solaire
- Le bois énergie.

L'étude de conception du projet de la Haute-Savoie Arena a retenu :

- Une installation photovoltaïque en toiture en partie nord-ouest. L'installation sera composée de 258 panneaux sur une surface de 500 m². Ils permettront d'alimenter le bâtiment en électricité (autoconsommation, revente en cas de surplus) et de couvrir la totalité des besoins en froid. A ce jour, la production totale annuelle d'électricité est estimée à 122 600 kWh/an, soit 1 159,8 kWh/kWc
- Une production de chauffage 100% renouvelable et locale avec deux chaudières bois à granulés couvrira l'ensemble des besoins.

L'installation d'une chaufferie bois granulé et de panneaux photovoltaïque permet de couvrir les besoins de chaud et de froid par des énergies renouvelables, de surcroît avec un très bon ratio carbone avec un contenu CO₂ de 30 kg éq.CO₂/MWh.

D'après les estimations de Ritz Architecte, le projet pour le parking en silo envisage 3 500 panneaux répartis sur 7 000 m² permettant une production de l'ordre de 1,4 Méga Wc.