

Annexe 8. Étude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR)

GINGER BURGEAP

15/11/2022

Cette annexe contient 31 pages.



MAMP

Parc d'activités de Molières Nord MIRAMAS (13)

Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR)

Rapport

Réf : CICESE205564 / RICESE01149

AUME / CH

15/11/2022

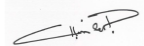


MAMP

Parc d'activités de Molières Nord MIRAMAS (13)

Etude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR)

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	15/11/2022	01	A. MERCIER 	C.HUMBERT 	C.HUMBERT

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CICESE205564 / RICESE01149
Numéro d'affaire :	A53774
Domaine technique :	ER07

Agence Sud-Est • Agroparc - 940, route de l'aérodrome - BP 51 260 – 84911 Avignon Cedex 9
Tél : 04.90.88.31.92 • Fax : 04.90.88.31.63 • agence.de.avignon@burgeap.fr

SOMMAIRE

1.	Introduction	5
1.1	Notre vision de la problématique énergétique	5
1.2	Contexte réglementaire	6
1.2.1	Cadre RE 2020	6
1.2.2	La loi Grenelle	6
1.2.3	La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte	7
2.	Méthodologie.....	8
3.	Caractéristiques du projet	8
3.1	Périmètre d'étude	8
4.	Analyse du potentiel en Energies Renouvelables et de Récupération ...	9
4.1	Réseaux de chaleur ou de froid	9
4.1.1	Raccordement à un réseau de chaleur existant	9
4.1.2	Raccordement à un réseau de froid existant.....	10
4.1.3	Création d'un réseau de chaleur et/ou de froid au périmètre du programme	10
4.2	Energie hydraulique	11
4.3	Energie solaire.....	11
4.3.1	Données climatiques et gisement	11
4.3.2	Potentielles contraintes à anticiper.....	13
4.3.3	Solaire photovoltaïque	14
4.3.4	Solaire thermique	17
4.4	Energie éolienne.....	17
4.4.1	Grand éolien (puissance > 350 kW)	17
4.4.2	Moyen et Petit éolien.....	17
4.5	Combustion de biomasse.....	18
4.5.1	Bois énergie	18
4.5.2	Biomasse agricole	19
4.6	Biogaz.....	20
4.6.1	Valorisation des déchets	20
4.6.2	Valorisation des sous-produits agro-alimentaires.....	20
4.7	Géothermie.....	20
4.8	Récupération de chaleur sur eaux usées	24
4.8.1	Installation collective (sur un réseau public).....	24
4.9	Aérothermie	24
4.10	Cogénération	25
4.11	Chaleur fatale industrielle	25
4.12	Synthèse de l'analyse de potentiel en ENR.....	26
5.	Conclusions de l'évaluation du potentiel des EnR	29

TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse de l'analyse du potentiel du site en énergies renouvelables et de récupération	26
---	----

FIGURES

Figure 1 : Ensoleillement moyen annuel en kWh/m ² /an (Source : PVSyst)	12
Figure 2 : Trajectoire du soleil à Miramas	12
Figure 3 : irradiance pour une orientation Sud et une inclinaison de 20°	13
Figure 4 : résultat de modélisation PVSyst.....	16
Figure 5 : Potentiel géothermique au droit de la zone d'étude.....	23
Figure 6 : Principe géothermie basse énergie.....	23

1. Introduction

L'analyse préliminaire de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables est initiée avec les premières étapes d'un projet d'aménagement.

Cette analyse doit permettre :

- d'identifier les énergies renouvelables ayant un potentiel de développement à l'échelle de l'opération dès l'avant-projet afin de prévoir leur intégration ;
- de savoir si les projets d'approvisionnement énergétiques associés à ces énergies sont réalisables ;
- d'évaluer les conditions de leur rentabilité.

Il s'agit donc de faire émerger, selon une analyse multicritère (technologie, contraintes de mise en œuvre, investissement, coût global, coût environnemental, etc.), les projets les plus pertinents pour maximiser la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique d'approvisionnement de l'aménagement.

Pour les scénarios d'approvisionnement jugés pertinents (à la suite de l'étude de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables), le maître d'ouvrage peut alors procéder à une étude de faisabilité qui fournit avec plus de détails les capacités du gisement, les coûts et les bénéfices du ou des scénarios d'approvisionnement retenus. Si l'intérêt de ces scénarios est confirmé, suivent les étapes de conception et d'ingénierie. Pour un projet de grande taille comme celui du Parc d'activités de Molières Nord MIRAMAS, ces dernières étapes comprennent des activités de développements, consacrées aux ententes de financement du projet et à l'obtention de tous les permis nécessaires à sa réalisation. Enfin, seulement arrive la construction puis la mise en service du projet.

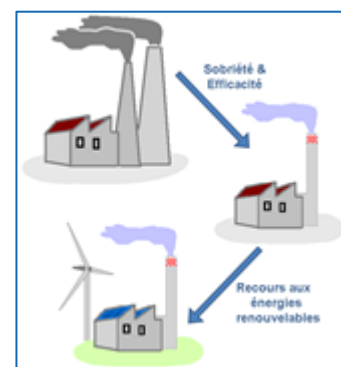
Le présent rapport constitue un guide à destination de la maîtrise d'ouvrage présentant les possibilités et le potentiel d'approvisionnement en EnR pour l'aménagement du parc d'activité. Après un bref rappel des enjeux énergétiques et climatiques à la base des évolutions de la réglementation, nous détaillerons la méthodologie que nous avons appliquée à ce projet.

La programmation du projet étant à la date de la rédaction de ce rapport encore inconnue, l'analyse du potentiel d'EnR est focalisée sur le potentiel des gisements renouvelables sans pouvoir le croiser avec l'évaluation des besoins énergétiques du programme.

1.1 Notre vision de la problématique énergétique

Dans le contexte énergétique et climatique actuel, le recours aux énergies renouvelables (ENR) doit être envisagé comme le dernier maillon d'une chaîne vertueuse visant à réduire les consommations d'énergies fossiles non renouvelables et relocaliser la production d'énergie. Il n'a de sens que si des actions prioritaires sont menées en amont sur les questions de sobriété et d'efficacité énergétique. On entend par sobriété énergétique la suppression des gaspillages par la responsabilisation de tous les acteurs, du producteur aux utilisateurs. L'efficacité énergétique quant à elle consiste à réduire le plus possible les pertes par rapport aux ressources utilisées. Ainsi les actions de sobriété et d'efficacité réduisent les besoins d'énergie à la source. La production d'ENR doit alors être encouragée et favorisée pour satisfaire le solde des besoins d'énergie dans le but d'équilibrer durablement ces besoins avec les ressources disponibles et ainsi limiter le recours aux énergies non renouvelables.

La présente étude s'inscrit dans cette démarche.



1.2 Contexte réglementaire

1.2.1 Cadre RE 2020

Depuis le 1^{er} janvier 2022, la réglementation énergétique et environnementale des nouvelles constructions de bâtiments (RE 2020) est entrée en vigueur et remplacera progressivement la réglementation thermique 2012 (RT 2012) sur l'ensemble des usages. En plus des limitations en énergie primaire que la RT 2012 imposait, la RE 2020 introduit par ailleurs des objectifs en termes d'émissions de carbone aussi bien à la conception du bâtiment qu'au cours de sa durée de vie.

Cette nouvelle réglementation implique des résultats minimaux à atteindre dans les domaines suivants :

- Le besoin en énergie du bâtiment, définie pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage ;
- La production d'énergie primaire et la consommation primaire non renouvelable calculées pour :
 - Le chauffage ;
 - Le refroidissement ;
 - La production d'eau chaude sanitaire ;
 - L'éclairage ;
 - La mobilité des occupants interne au bâtiment ;
 - Les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation.
- L'impact sur le changement climatique du bâtiment, évalué sur l'ensemble de son cycle de vie ;
- Le nombre de degrés-heure d'inconfort estival.

Les dispositions de cette réglementation s'appliquent à la construction, rénovation et démolition, de bâtiments ou parties de bâtiments qui font l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable déposée après le 1^{er} janvier 2022 pour les logements et après juillet 2022 pour le tertiaire.

À compter du 1^{er} juillet 2022, ces dispositions s'appliqueront à la construction de bâtiments ou parties de bâtiments de bureaux ou d'enseignement primaire ou secondaire ainsi que des parcs de stationnement associés à ces bâtiments. Pour les permis de construire déposés à partir du 1^{er} janvier 2023, les autres bâtiments tertiaires, les constructions provisoires, les extensions de bâtiments d'une surface inférieure à 150 m² et les constructions de bâtiments de surface inférieure à 50 m² seront également concernés par ces dispositions.

1.2.2 La loi Grenelle

La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, dite Grenelle I, établit le programme de mise en œuvre des conclusions de la consultation nationale sur la politique de l'environnement. Le texte est composé de 57 articles regroupés en 5 grands titres :

- Lutte contre le changement climatique
- Biodiversité, écosystème et milieux naturels
- Prévention des risques pour l'environnement et la santé, prévention des déchets
- Etat exemplaire
- Gouvernance, information et formation

L'article 8 de la présente loi, transcrit à l'article L300-1 du Code de l'Urbanisme stipule que « *Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le*

potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. ».

1.2.3 La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte ainsi que les plans d'action qui l'accompagnent doivent permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et de renforcer son indépendance énergétique en équilibrant mieux ses différentes sources d'approvisionnement.

Les objectifs de la loi précisent ou renforcent ceux établis par les lois Grenelle :

- Réduire nos émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (facteur 4).
- Réduire notre consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012.
- Réduire notre consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à la référence 2012.
- Porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale d'énergie en 2030 et à 40 % de la production d'électricité.
- Diversifier la production d'électricité et baisser à 50 % la part du nucléaire à l'horizon 2025.
- Réduire de 50 % les déchets mis en décharge à l'horizon 2025.

2. Méthodologie

L'étude proposée par GINGER BURGEAP présente l'analyse du potentiel en énergies renouvelables et de récupération au périmètre de l'aménagement.

Les filières renouvelables et de récupération sont évaluées indépendamment les unes des autres.

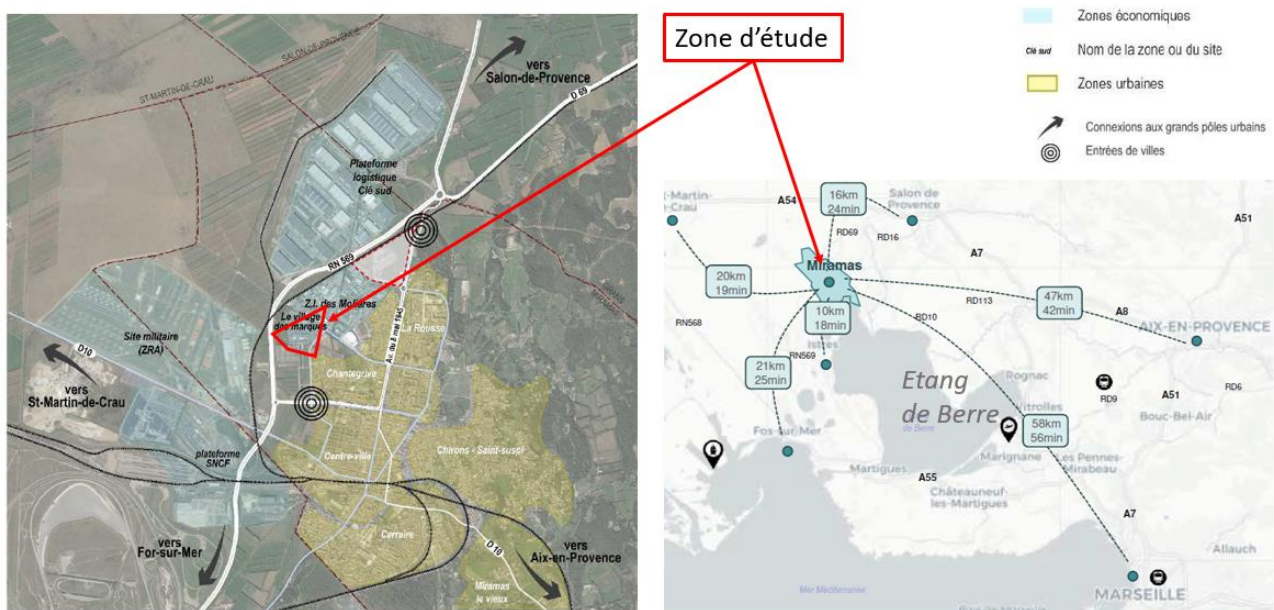
Un tableau de synthèse est ensuite communiqué.

3. Caractéristiques du projet

3.1 Périmètre d'étude

L'étude de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables et de récupération, notée étude de faisabilité ENR&R par la suite, concerne le site des « Molières Nord », situé sur la commune de Miramas, dans le département des Bouches-du-Rhône (13).

Ce site de 18,5 hectares est situé au nord de la commune, est inclus dans le périmètre de la ZAC des Molières.

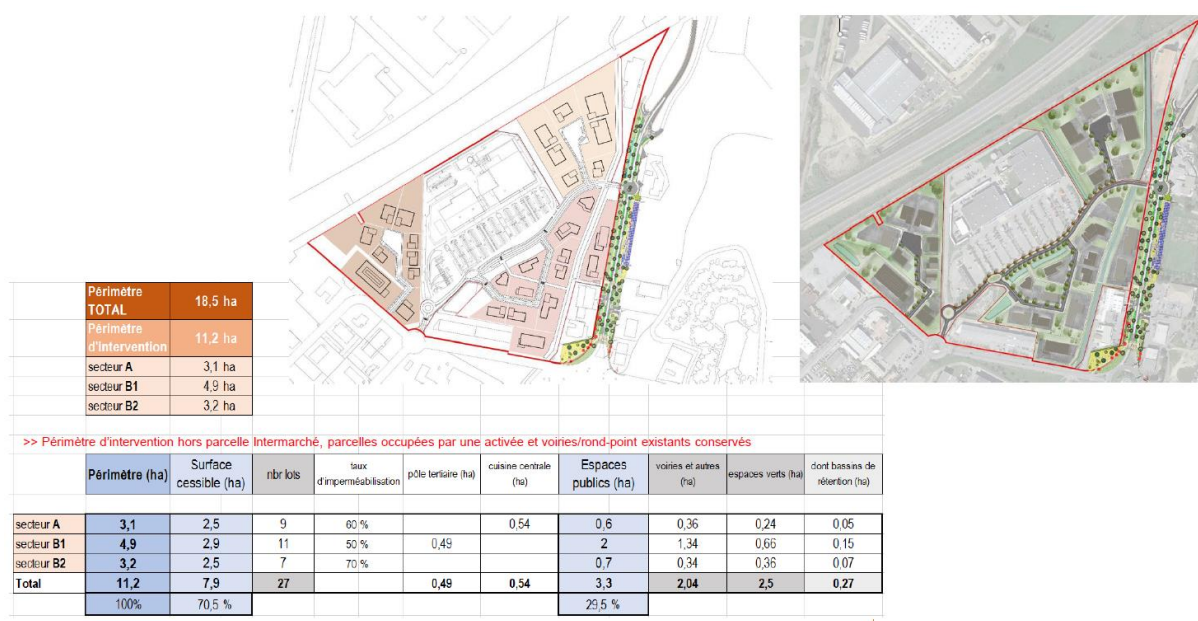


Carte 1 : Vue aérienne du site

L'opération immobilière est divisée en 3 secteurs : A, B1 et B2.

Le détail de la programmation n'est pas connu à date. Uniquement le taux d'imperméabilisation des parcelles est présenté dans le cadre de l'étude d'impact. Cette valeur ne permet pas d'évaluer les besoins énergétiques du programme. Les besoins énergétiques d'un programme sont évalués à minima avec les usages des bâtiments et leurs SDP.

La figure ci-dessous présente le détail de l'opération avec les 3 secteurs.



Carte 2 : détail de l'opération

4. Analyse du potentiel en Energies Renouvelables et de Récupération

4.1 Réseaux de chaleur ou de froid

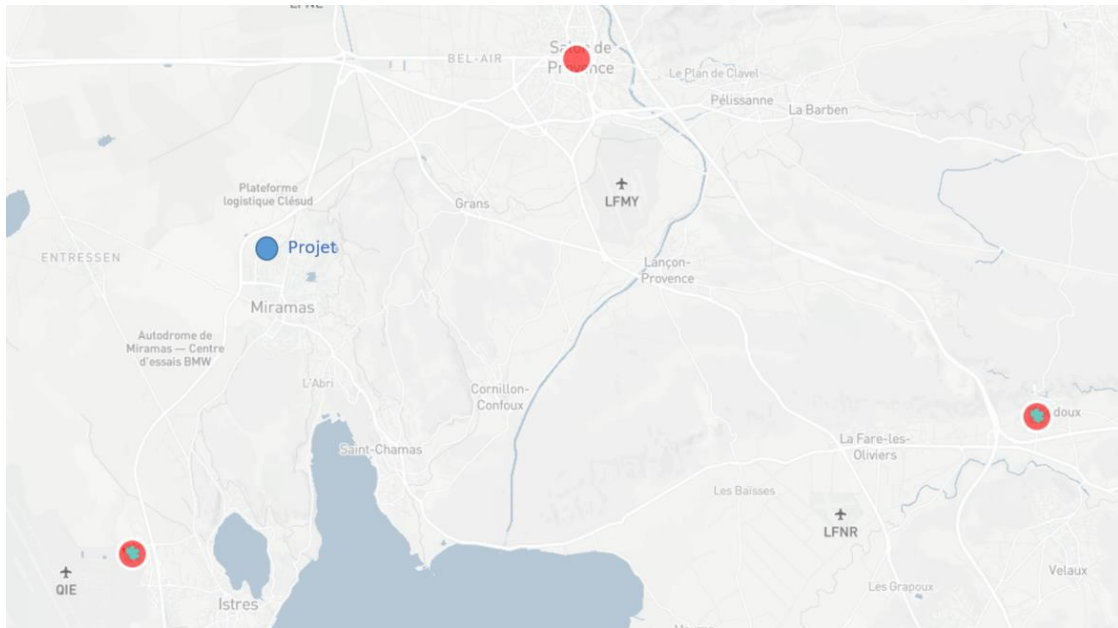
L'étude de potentialité du raccord à un réseau de chaleur ou de froid existant ou la création d'un réseau est un des axes de travail nécessaire et réglementairement obligatoire de l'étude de faisabilité ENR. En effet, ces solutions mutualisées de production énergétique sont un moyen de développer à grande échelle les énergies renouvelables. Le réseau de chaleur permet de bénéficier de l'effet de foisonnement¹ et donc parfois de diminuer les coûts d'investissement. Par contre, ils nécessitent une prise en compte particulière en amont du projet.

4.1.1 Raccordement à un réseau de chaleur existant

Aucun réseau de chaleur existant n'est référencé à proximité du programme. Les réseaux les plus proches sont ceux de Salon de Provence et de La Bayanne situés à plusieurs kilomètres.

Le raccordement à un réseau de chaleur n'est pas une solution possible pour la mobilisation mutualisée de gisements renouvelables.

¹ Le phénomène de foisonnement est observé quand les usages de chaleur/froid sont désynchronisés sur la zone (usages de jour et de nuit par exemple). Dans ce cas, la mutualisation des systèmes de production énergétique permet un dimensionnement inférieur à la somme des équipements individuels. En pratique, plus la diversité des activités de la zone alimentée par un réseau est grande, plus le foisonnement est grand. Sur des réseaux urbains importants, ce foisonnement peut atteindre 50%, ce qui signifie que l'on peut réduire de moitié la puissance des équipements par rapport à la somme de celles des solutions individuelles.



Carte 3 : Localisation du site d'étude par rapport au réseau de chaleur

Conclusion sur la ressource

Aucune ressource à proximité. Solution non retenue.

4.1.2 Raccordement à un réseau de froid existant

Après consultation des bases de données existantes, aucun réseau de froid ne passe à proximité du site.

Conclusion sur la ressource :

Aucune ressource à proximité. Solution non retenue.

4.1.3 Création d'un réseau de chaleur et/ou de froid au périmètre du programme

L'étude de potentiel pour la création d'un réseau de chaleur et/ou de froid passe par l'analyse de la densité énergétique de celui-ci en déterminant le tracer permettant de raccorder les futurs abonnés et leurs besoins énergétiques. Ce ratio de densité énergétique, exprimé en MWh délivré par mètre linéaire de réseau, permet d'évaluer la rentabilité de l'ouvrage.

Sans détail sur la programmation, il n'est aujourd'hui pas possible de se positionner sur la faisabilité d'un tel ouvrage.

Conclusion sur la ressource :

Solution à évaluer lorsque la programmation sera connue (positionnement, superficie et usage de l'ensemble des bâtiments).

4.2 Energie hydraulique

En l'absence de cours d'eau à proximité, il n'est pas possible de s'appuyer sur l'hydroélectricité. La distance entre le site du projet et le cours d'eau significatif le plus proche impliquerait des contraintes de raccordement importantes.

L'aquathermie superficielle n'est pas non plus une solution envisageable dans le cadre de l'étude pour la même raison.

Conclusion sur la ressource :

Aucune ressource à proximité.

Solution non retenue pour la suite de l'étude.

4.3 Energie solaire

L'énergie solaire est présente partout (énergie de flux), intermittente (cycle journalier et saisonnier, nébulosité), disponible (pas de prix d'achat, pas d'intermédiaire, pas de réseau) et renouvelable. Cependant, elle nécessite des installations pour sa conversion en chaleur ou en électricité. Le caractère intermittent impose de se munir d'un système d'appoint pour assurer une production énergétique suffisante tout au long de la journée et de l'année.

Le présent rapport se focalise sur les technologies jugées pertinentes à l'échelle du programme de Miramas : la production d'électricité par panneau solaire photovoltaïque et la production d'eau chaude sanitaire par panneau solaire thermique.

4.3.1 Données climatiques et gisement

Sur la commune de Miramas, le rayonnement solaire annuel reçu par une surface plane horizontale est d'environ 1 614 kWh/(an.m²), ce qui est supérieur à la moyenne nationale.

PVSYST V6.73	Burgeap (France)							14/11/22		Page 1/1				
Définition d'un site géographique														
Site géographique		Miramas - ZAC des Molières							Pays France					
Fichier Miramas - ZAC des Molières_MN71.SIT du 00/00/00 à 00h00														
Situation		Latitude		43.59° N		Longitude		5.00° E						
Temps défini comme		Temps légal		Fus. horaire TU		Altitude		51 m						
Valeurs météo mensuelles				Source Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=42%										
	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
Hor. global	55.3	76.5	129.6	160.1	200.8	221.2	231.2	193.3	143.2	93.6	61.5	48.5	1614.8	kWh/m².ms
Hor. diffuse	23.3	32.4	47.6	60.9	74.4	70.4	63.3	64.6	48.6	39.1	24.1	21.3	570.0	kWh/m².ms
Extraterrestrial	113.4	146.6	223.4	281.2	338.8	348.3	350.7	311.7	242.5	184.0	122.7	99.9	2763.2	kWh/m².ms
Clearness Index	0.488	0.522	0.580	0.569	0.593	0.635	0.659	0.620	0.591	0.509	0.501	0.485	0.584	
Amb. temper.	6.1	7.0	10.3	13.5	18.1	21.9	24.3	23.6	19.0	15.7	10.1	6.6	14.7	°C
Wind velocity	4.2	4.6	4.6	4.5	4.0	4.2	4.4	4.1	4.1	3.7	4.4	4.1	4.2	m/s

Figure 1 : Ensoleillement moyen annuel en kWh/m²/an (Source : PVSyst)

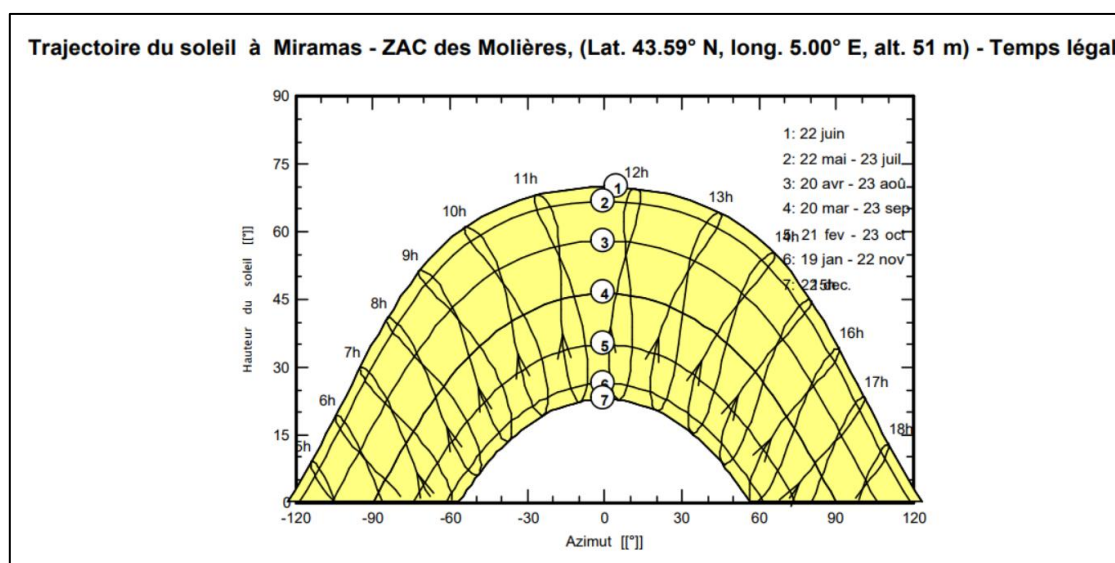


Figure 2 : Trajectoire du soleil à Miramas

Avec une **configuration optimisée (inclinaison à 20° et orientation sud)**, les modules solaires reçoivent un rayonnement annuel atteignant **1 885 kWh/m²**. Ce potentiel constitue une ressource importante par rapport à la moyenne du territoire. Le potentiel de cette ressource est étudié plus en détail.

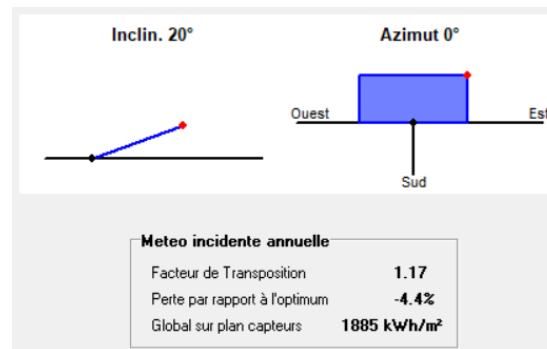


Figure 3 : irradiance pour une orientation Sud et une inclinaison de 20°

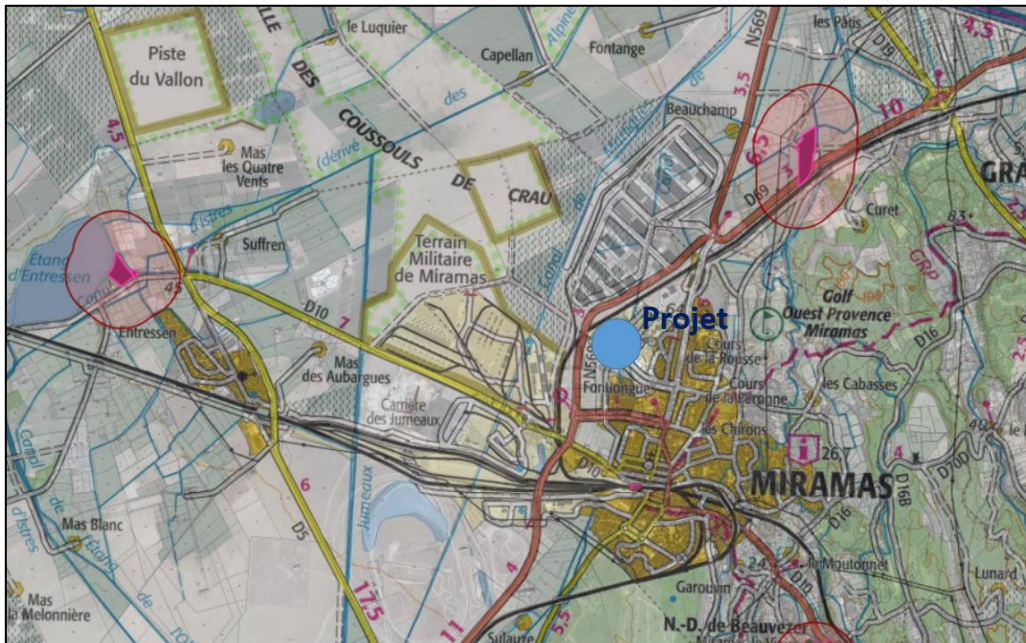
Il est important de préciser que bien que le gisement présent soit intéressant et que les technologies de production disponibles aujourd'hui soient matures et compétitives, **les solutions doivent être intégrées dans la réflexion dès la conception**, concernant notamment leur intégration à l'architecture et la disponibilité foncière à prévoir pour leur intégration que ce soit en toiture ou au sol.

4.3.2 Potentielles contraintes à anticiper

4.3.2.1 Projet à proximité de monuments historiques

Les articles L. 313-1 et 2 du code de l'urbanisme imposent la consultation de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) lorsque les projets de travaux sont situés dans un espace protégé tel que les abords de monuments historiques. La *loi du 25 février 1943* instaure également un périmètre de protection de 500 m de rayon autour des monuments historiques, classés ou inscrits.

La zone d'étude est située à proximité d'aucun bâtiment classé et inscrit.



Carte 4 : Localisation du projet (Source : Atlas des Patrimoines)

4.3.2.2 Proximité avec des aérodromes

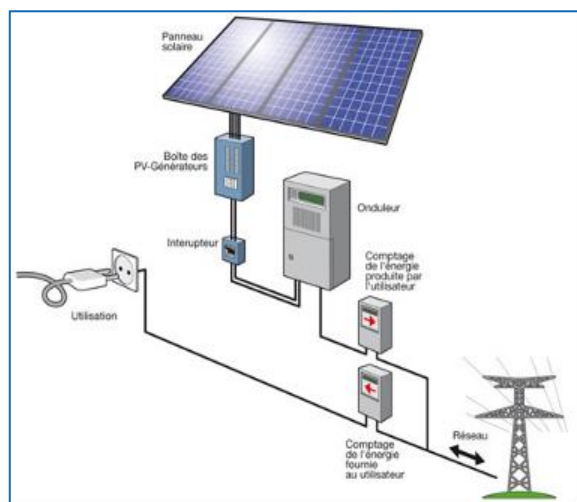
Le développement de photovoltaïque à proximité d'aérodromes peut être soumis à validation par la DGAC pour évaluer les risques d'éblouissement par reflets. La proximité avec l'aérodrome de Miramas impliquera de déclarer l'installation de panneaux photovoltaïques à la DGAC si les champs solaires sont supérieurs aux limites réglementaires en fonction de la zone de positionnement du projet par rapport à l'aérodrome.

4.3.3 Solaire photovoltaïque

La filière photovoltaïque (PV) peut être séparée en deux types d'application, à savoir les systèmes de production d'électricité autonomes et les systèmes de production d'électricité raccordés au réseau de distribution de l'électricité.

A ce niveau d'étude, uniquement le potentiel de production est évalué. Le mode de valorisation de l'énergie produite sera à considérer lorsque les usages seront identifiés afin d'évaluer leur capacité à autoconsommer ou non l'énergie produite.

Les panneaux solaires PV produisent de l'électricité à l'aide du rayonnement solaire (énergie solaire renouvelable). La performance énergétique d'un système photovoltaïque est influencée par un certain nombre de facteurs, notamment climatiques, technologiques, de conception et de mise en œuvre.



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.

L'électricité produite est sous forme de courant continu. Afin de pouvoir l'injecter dans le réseau, il faut la transformer en courant alternatif et adapter son niveau de tension. Des équipements d'électronique de puissance appelés onduleurs permettent cette transformation.

► Production :

Une évaluation détaillée du productible est réalisée à partir du logiciel spécialisé sous licence : PVSyst.

Les principaux paramètres de modélisation de l'installation sont présentés ci-dessous :

- Inclinaison des modules : 20° (inclinaison souvent observée pour une intégration en toiture avec structure d'intégration apportant une inclinaison aux modules) ;
- Orientation : Sud-Sud-ouest (d'après le plan de toiture avec la pré-identification du positionnement des modules) ;
- Type de modules : module monocristalin cadrée de 1,6m² d'une puissance unitaire de 380 Wc. Cela correspond à des modules affichant de bons rapports productible/prix aujourd'hui disponibles sur le marché ;
- Conversion à parti d'onduleur de branche ;
- Surface utile mobilisable (hors dégagement) : valeur forfaitaire considérée à ce stade, rectangle de 30 mètres de long par 20 mètres de large, soit une emprise en toiture de 600 m². **Soit l'installation de 375 modules pour une puissance installée de 142 kWc.**

D'après la modélisation PVSyst, le productible annuel est évalué à **224 MWh/an** par sous champ de 30 x 20 mètres.

D'après le plan de détail de l'opération, si chacune des 27 parcelles accueille un champ PV de 142 kWc, l'opération au global permettrait de produire annuellement 6 048 MWh.

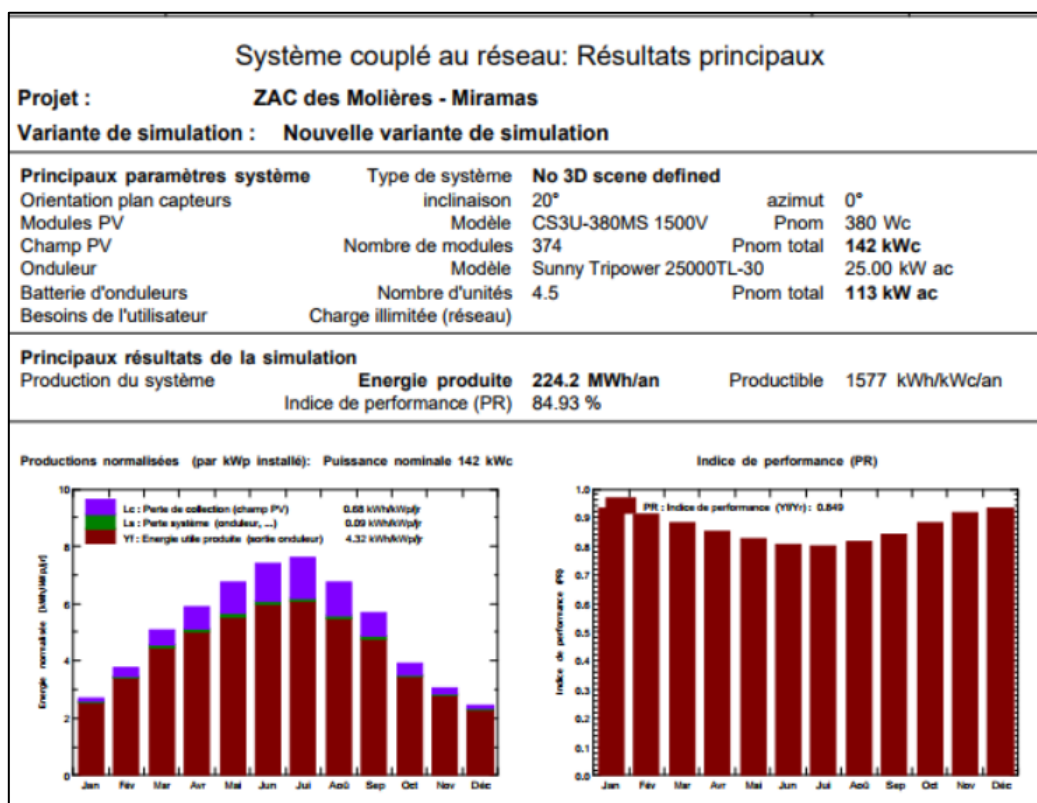


Figure 4 : résultat de modélisation PVsyst

► Condition de raccordement des installations de PV :

Pour une valorisation de l'énergie via la vente de l'énergie sur le réseau public, le tarif de vente de l'électricité photovoltaïque dépend de la puissance installée et de la date du raccordement. Les tarifs sont révisés régulièrement en fonction du nombre de raccords à l'échelle nationale.

Si la vente de toute l'électricité produite sur le réseau (mécanisme de « vente totale » via les tarifs d'achat) était la norme jusque dans les années 2010, ce système tend à s'essouffler (les tarifs d'achats baissent tous les trimestres). Inversement, l'autoconsommation (consommation prioritaire de l'électricité produite) est en plein essor, car le prix de l'électricité conventionnelle augmente et rend plus compétitif l'autoconsommation de l'énergie produite. En fonction de la taille des projets, des primes à l'achat sont mises en place dans ce cas de figure. Une étude de faisabilité photovoltaïque détaillée est à réaliser pour évaluer les montants des aides, les coûts d'investissement, la rentabilité, etc.

Après première analyse, l'autoconsommation de l'énergie photovoltaïque semble pertinente et permettrait de contribuer à la performance environnementale du programme. Le positionnement géographique du projet est fortement favorable au solaire photovoltaïque. L'installation de photovoltaïque en toiture doit être pensée dès la phase de conception des bâtiments pour que les charpentes et les systèmes d'étanchéité soient compatibles avec l'intégration de modules.

Conclusion sur la ressource

Solution à fort potentiel à considérer. Dans le cas d'une confirmation de la mobilisation de la filière solaire photovoltaïque, l'intégration des modules en toiture est à anticiper.

4.3.4 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.



Cependant, la productivité du solaire thermique est plus élevée en période estivale, lorsque chutent les besoins en chauffage. Pour cette raison, le solaire thermique est une solution utilisée le plus fréquemment pour la production d'eau chaude sanitaire, dont les besoins sont pratiquement constants toute l'année. Le programme de Miramas ne concerne pas des lots de logements. Les besoins en ECS seront alors probablement très faibles (sauf besoins liés à des process particuliers, par exemple blanchisserie).

Conclusion sur la ressource

La solution n'est pas retenue pour la suite de l'étude. La mise en place de cette solution n'est pas pertinente pour un programme qui prévoit des activités économiques et pas de logements.

4.4 Energie éolienne

L'énergie éolienne consiste à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, par l'intermédiaire d'une éolienne. Les machines actuelles sont utilisées pour produire de l'électricité qui est consommée localement (sites isolés), ou injectée sur le réseau électrique (éoliennes connectées au réseau). L'application connecté réseau ou grand éolien représente, en termes de puissance installée, la quasi-totalité du marché éolien. De même que les systèmes solaires, les systèmes éoliens nécessitent la mise en place d'un appoint.

4.4.1 Grand éolien (puissance > 350 kW)

Le site du projet étant situé en milieu périurbain, l'installation de grandes éoliennes n'est pas envisageable à cause des nuisances et des risques générés ainsi que des contraintes réglementaires.

Conclusion sur la ressource

Le grand éolien n'est pas envisageable sur le programme.

4.4.2 Moyen et Petit éolien

Le moyen éolien ($36 \text{ kW} < P < 350 \text{ kW}$) est généralement composé de petites éoliennes à axe horizontal adaptées au milieu rural.

Le petit éolien ($< 36 \text{ kW}$) en milieu urbain est peu développé. Pour répondre aux problématiques d'utilisation de l'espace, plusieurs types d'éoliennes à axe vertical ou horizontal se sont développés. Les retours d'expériences montrent une technologie peu fiable voire sans intérêt économique.



Dans les deux cas, il existe beaucoup trop d'incertitudes (vent réellement disponible, direction changeante, efficacité des systèmes) et de contraintes (bruit, structure, maintenance, esthétique) pour proposer ces

solutions à grande échelle. De plus, la faible hauteur des installations les rend très sensibles aux perturbations aérodynamiques engendrées par les bâtiments alentours.

Une note de l'ADEME parue en octobre 2013 rend compte de ces difficultés : « Dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain. Outre le fait que les éoliennes accrochées au pignon d'une habitation peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment, le vent est, en milieu urbain et péri-urbain, en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable ». De surcroît, la loi de finance 2016 a supprimé le petit éolien des systèmes éligibles au crédit d'impôt à partir du 1^{er} janvier.

Conclusion sur la ressource

Le petit et le moyen éolien présentent un potentiel faible sur le projet.

4.5 Combustion de biomasse

L'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques représente une part importante de l'objectif de la France qui, dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, s'est engagée à porter à hauteur de 32% sa part EnR dans sa consommation énergétique finale d'ici 2030.

La combustion de la biomasse est « non émettrice de Gaz à effet de serre », car l'intégralité du CO₂ rejeté dans l'atmosphère lors de sa combustion a été prélevée dans cette même atmosphère lors de la phase de croissance de la biomasse. Sous réserve d'une gestion responsable et durable des forêts (ou autres gisements en biomasse), le bilan CO₂ de photosynthèse-combustion est donc neutre.

Cependant la combustion de 1 kWh PCI de biomasse est pondérée de l'émission de 0,004 à 0,015 kgCO₂e (source : ADEME) dû aux transformations de la récolte jusqu'à sa mise en forme combustible. Au regard des autres énergies (0,235 kgCO₂e pour 1 kWh PCI de gaz produit puis brûlé), la biomasse reste une énergie peu carbonée.

4.5.1 Bois énergie

La ressource en bois énergie région PACA est importante et concerne principalement les bois déchets non souillés (classe A) provenant des déchets des ménages, des déchets du BTP et des déchets provenant d'autres activités économiques ainsi que le bois forestier.

Les chaudières bois-énergie sont plus chères à l'investissement qu'une solution plus conventionnelle (PAC aérothermique ou chaudière gaz). Pour optimiser les coûts d'investissement, il est alors souvent choisi de positionner la biomasse uniquement en couverture des besoins de basse et d'ajouter une solution moins performante sur le plan environnemental mais plus économique pour couvrir les pics de puissance. Généralement, on estime un taux de couverture des besoins de chaleur par le bois énergie de 70% à 80%. Ce qui implique, 20% à 30% des besoins restant assurés par la solution d'appoint, généralement le gaz (ces valeurs sont des moyennes et dépendent de l'usage du bâtiment et de son niveau de performance thermique).

Trois obstacles pénalisent généralement l'utilisation de la biomasse dans le cadre d'un projet.

- **Premièrement**, le trafic routier nécessaire à l'approvisionnement en biomasse est une gêne fréquente (nuisances sonores, encombrement du trafic) pour les riverains. Dans le cadre du programme de Miramas, cette contrainte est faible avec la proximité immédiate avec de grands axes routiers avec la N569 et l'avenue du 8 Mai 1945.

- **Deuxièmement**, s'ajoute la problématique de l'espace nécessaire pour la mise en place des chaufferies et pour le dépotage dans des conditions de sécurité satisfaisantes et le stockage du combustible, aspect qui doit être pris en compte en amont de la conception du programme. Il est à noter que dans le cas où les valeurs de puissances utiles estimées sont supérieures à 1 MW (appoint compris), l'intégration à des bâtiments à usage non exclusif de chaufferie ne sera pas possible. Il est donc nécessaire, dans ces cas, de prévoir des locaux à usage exclusif de chaufferie. Etant donnée la surface du programme de Miramas, une chaufferie biomasse plus son appoint couvrant même qu'une partie des besoins du programme affichera une puissance largement supérieure à 1MW et devrait donc faire l'objet d'un bâtiment spécifique. Au vu de plan de détail, l'emprise au sol nécessaire pour une chaufferie devrait pouvoir être réservée (le programme n'est pas en milieu urbain dense).
- **Troisièmement**, la combustion de biomasse est émettrice de particules, ce qui impacte la qualité de l'air. Toutefois, cette problématique est aujourd'hui globalement maîtrisée, notamment sur les installations de grande taille (plusieurs centaines de kilowatts) et récentes et les équipements actuels permettent de respecter les normes de qualité de l'air.

En conclusion, le bois-énergie présente un potentiel important, permettant de mobiliser une ressource renouvelable et des emplois régionaux. Toutefois, le trafic routier généré par les rotations pour l'alimentation en combustible sera à ajouter au trafic routier supplémentaire induit par ailleurs par le projet.

Conclusion sur la ressource

Solution pertinente à considérer

4.5.2 Biomasse agricole

On entend par biomasse agricole les sous-produits d'exploitation ne présentant plus de valorisation possible en termes d'alimentation ou d'utilisation comme matière première techniquement, économiquement et écologiquement viable. Le Grenelle 1 de l'environnement définit clairement cette priorité d'usage au recours de la biomasse en général :

- Priorité 1 : alimentaire,
- Priorité 2 : matériaux,
- Priorité 3 : énergie.

L'utilisation de ces sous-produits en valorisation énergétique est généralement rendue compliquée par la diversité des matériaux (générant autant de procédés différents), leur répartition géographique, leur périodicité de disponibilité et l'absence de filières dédiées. Une grande partie des sous-produits existants est d'ores et souvent déjà utilisée pour des usages agricoles (retour organique à la terre, constitution de litières pour le bétail, etc.). A l'échelle d'un seul programme, il est difficile de conclure sur l'existence d'un réel potentiel. Pour mettre en œuvre l'utilisation de cette biomasse, une approche directe, spécifique à chaque producteur, serait à envisager et à mener à l'échelle d'un territoire plus vaste.

Par ailleurs, les considérations menées sur les contraintes du bois énergie (fret, filtration de particules) sont applicables au cas de la biomasse agricole.

Conclusion sur la ressource

Solution non retenue pour la suite de l'étude.

4.6 Biogaz

Le biogaz est un gaz issu de la fermentation de matières organiques animales ou végétales. Une fois récupéré, il peut être valorisé sous forme de chaleur et/ou d'électricité. Deux techniques de production existent : la méthanisation ou la récupération sur centre d'enfouissement technique. Seule la méthanisation dans un digesteur semble adaptée aux contraintes d'un projet d'aménagement urbain.

4.6.1 Valorisation des déchets

Les déchets organiques peuvent produire une certaine quantité de biogaz constitué à la fois de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄) dont les proportions peuvent varier selon la qualité des déchets et le processus de méthanisation. Dans le cas d'un digesteur moderne, la teneur en CH₄ du biogaz peut aisément atteindre 50%.

Un habitant français moyen génère chaque année environ 350 kg soit un gisement en énergie de près de 250 kWh/an/personne.

Les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement pour la collecte spécifique des déchets à méthaniser rendent ces opérations difficilement rentables. De plus, les déchets issus du programme feront probablement l'objet de valorisation au niveau de l'Unité de Valorisation Energétique dont la chaleur produite doit être valorisée dans le cadre de la norme.

Pour l'ensemble de ces raisons, cette ressource ne sera pas retenue dans la suite de cette étude.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.6.2 Valorisation des sous-produits agro-alimentaires

Certaines productions ou certains résidus d'agriculture ou d'élevage ainsi que les boues de STEP peuvent également donner lieu à la production de biogaz via une unité de méthanisation mais les conclusions faites sur la méthanisation des déchets urbains sont également valables pour cette ressource qui ne sera donc pas retenue.

Conclusion sur la ressource

Le site ne présente pas de potentiel en valorisation des sous-produits agro-alimentaires.

4.7 Géothermie

On distingue en géothermie :

- **La géothermie haute énergie** (température supérieure à 150°C) : il s'agit de réservoirs généralement localisés entre 1 500 m et 3 000 m de profondeur. Lorsqu'un tel réservoir existe, le fluide peut être capté directement sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.
- **La géothermie moyenne énergie** (température comprise entre 90°C et 150°C) : le BRGM la définit comme une zone propice à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1 000 m.

Elle est adaptée à la production d'électricité grâce à une technologie nécessitant l'utilisation d'un fluide intermédiaire.

- **La géothermie basse énergie** (température comprise entre 30°C et 90°C) : elle concerne l'extraction d'eau inférieure à 90°C dont le niveau de chaleur est insuffisant pour la production d'électricité mais adapté à une utilisation directe (sans pompe à chaleur) pour le chauffage des habitations et certaines applications industrielles.
- **La géothermie très basse énergie** (température inférieure à 30°C) : elle concerne les nappes d'eau souterraine et sols peu profonds dont la température est inférieure à 30°C et qui permet la production de chaleur via des équipements complémentaires (pompe à chaleur notamment).

Les deux premiers types de géothermie nécessitent **des investissements importants et sont réservés à des projets généralement pilotés par les forces publiques** (réseau de chaleur ou production d'électricité).

La géothermie basse et très basse énergie est la plus pertinente en termes de potentiel et de faisabilité technique (réglementation, coûts, etc.) à l'échelle du programme. Seule cette forme de géothermie est donc détaillée dans ce rapport. Il est à noter que le recours à ce type de géothermie peut fournir de la chaleur mais aussi un rafraîchissement direct (géocooling) ou une climatisation (via une pompe à chaleur, ou « PAC ») pendant la période estivale. Avec des besoins en froid probables sur les zones de bureau, la géothermie permet de proposer une solution de climatisation décarbonée par rapport à une solution classique en groupe froid aérothermique.

On recense deux techniques en géothermie très basse énergie :

- La géothermie sur nappe, qui consiste à pomper l'eau de la nappe souterraine pour en extraire les calories dans la pompe à chaleur, puis à la réinjecter dans la nappe,
- La géothermie sur sondes sèches, qui consiste à faire circuler un fluide caloporteur dans des sondes (circuit fermé), puis à en extraire la chaleur.

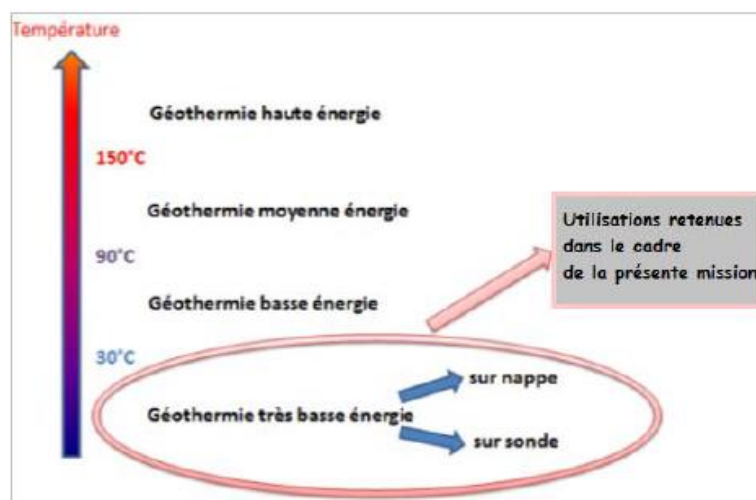


Figure 6 : Classes de géothermie

Ces usages de la géothermie nécessitent l'utilisation d'une pompe à chaleur qui permet d'exploiter l'énergie d'une source de température modérée.

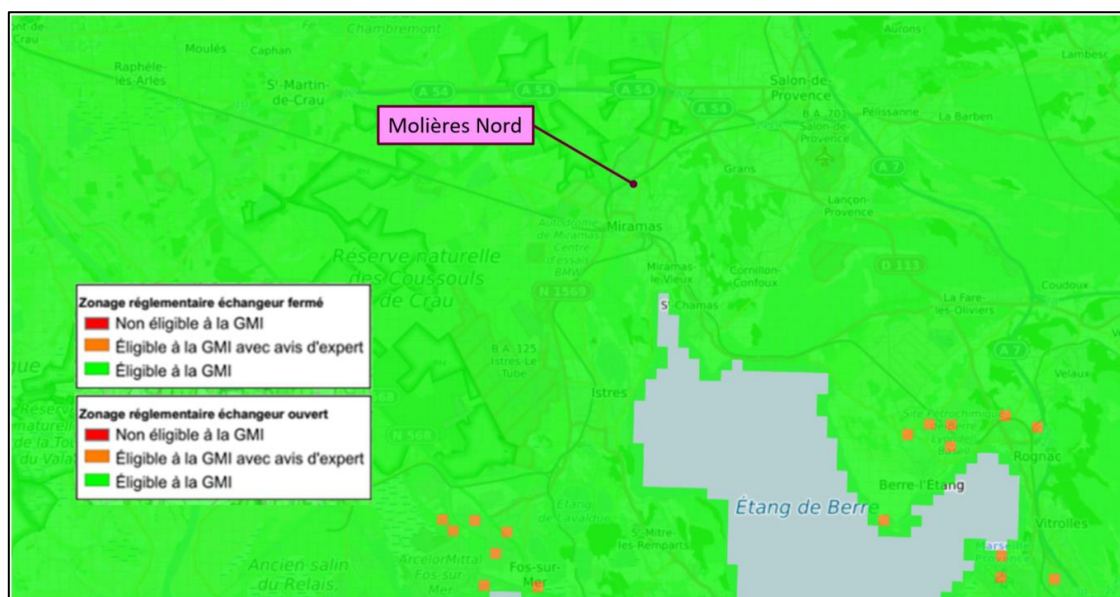
D'un point de vue réglementaire, le Code Minier a instauré une réglementation dédiée pour la géothermie. En distinguant 2 catégories de projets :

- La notion de gîte géothermique de minime importance (**GMI**) pour les projets inférieurs à 500 kW et inférieurs à 200 m de profondeur, qui sont soumis à une procédure de télé-déclaration et impose seulement le recourt à des entreprises (Bureau d'étude et foreurs) agréées.
- Les opérations de plus grandes dimensions qui doivent faire l'objet d'un dossier dit « code Minier » soumis à autorisation. Le délai d'autorisation est de 10 à 14 mois, mais il est à noter qu'il est décorrélié des autorisations d'urbanisme (PC, PLU) et que le soutien des autorités et des habitants conduit à une très grande acceptation de ces projets.

Afin de limiter les risques associés aux ouvrages, l'agrément d'un expert géologue avant la réalisation d'ouvrages géothermiques est fortement recommandé quel que soit le classement du site en GMI. Un classement « vert » ou « orange » du site permettra à une installation respectant les conditions de la GMI (puissance, profondeur, débit, etc.) de s'affranchir d'une étude réglementaire code minier. Si la géothermie est retenue dans un scénario d'approvisionnement énergétique du programme, une étude de faisabilité géothermique est indispensable afin de déterminer les puissances et énergies soutirables et de dimensionner les ouvrages.

Le site du projet de Molières Nord se trouve au droit de la nappe des cailloutis de la Crau, nappe d'importance régionale, assurant l'alimentation en eau potable. Elle est essentiellement rechargée par l'irrigation via un important réseau de canaux drainant les eaux superficielles. Située à faible profondeur (vers 7-8 m au droit) du site, elle est vulnérable vis-à-vis de pollutions de surface. Très productive, la nappe de la Crau est favorable à la géothermie de basse énergie.

La carte de GMI indique que l'emprise du projet est en « zone verte » pour la GMI sur nappe et sur sondes :



Carte 5: Classement GMI sur nappe et sur sondes (Source : geothermies.fr)

Une étude nationale menée par l'ADEME et le BRGM a permis de caractériser le potentiel géothermique sur nappe en France. Cette étude a conduit à la réalisation d'un atlas permettant de localiser les zones favorables à la géothermie par région. Comme le montre la figure ci-dessous, cette étude place le site en limite de zone favorable à la géothermie sur nappe (liée à la présence de la nappe de Crau) et d'une zone très favorable à la géothermie sur sonde géothermique verticale (SGV).

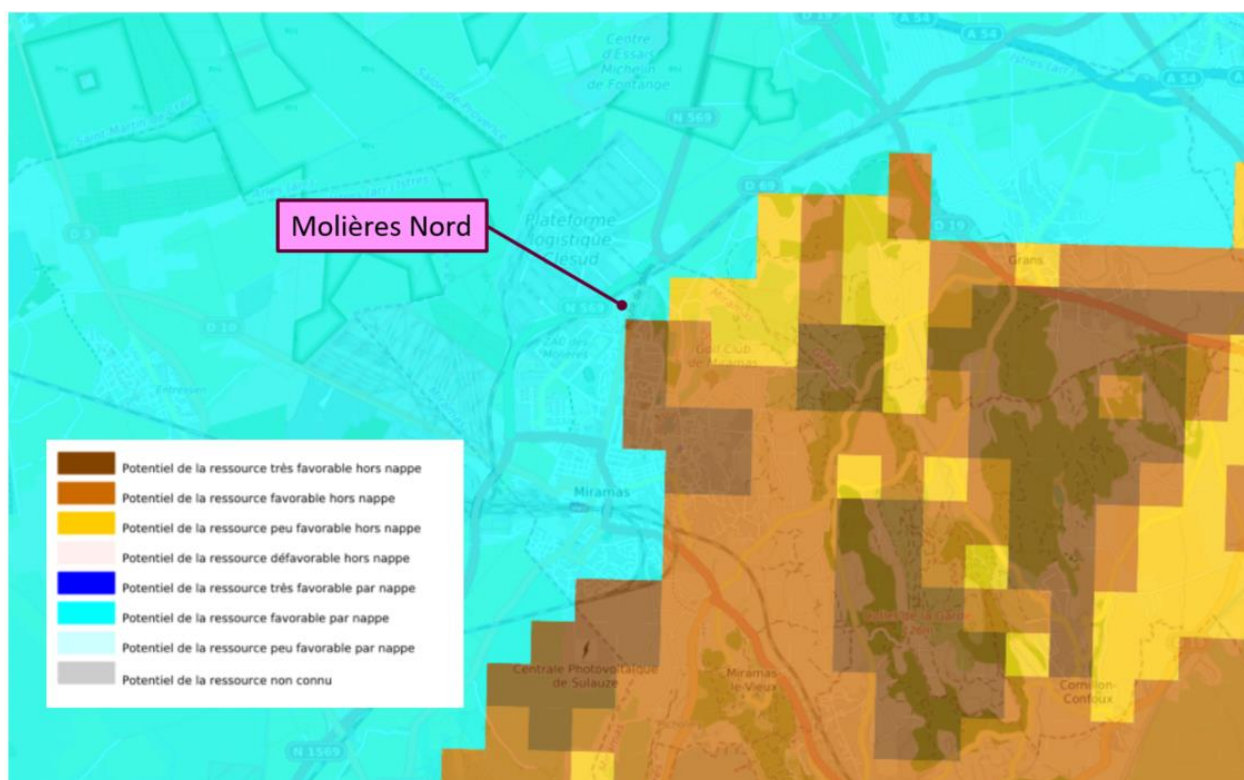


Figure 5 : Potentiel géothermique au droit de la zone d'étude

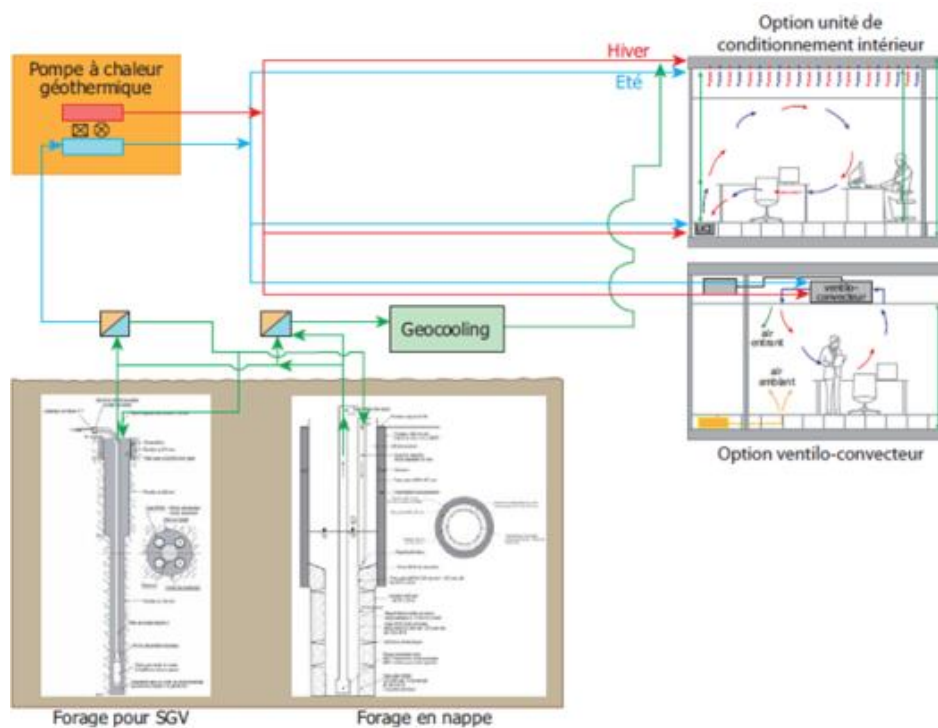


Figure 6 : Principe géothermie basse énergie

Le principe de la géothermie de basse énergie est d'extraire (ou injecter) des calories du sous-sol via une pompe à chaleur pour chauffer (ou refroidir) des bâtiments.

Les calories sont échangées avec le sol à l'aide d'un fluide caloporteur circulant dans des sondes géothermiques verticales (SGV), ou échangées avec l'eau de la nappe via un circuit de pompage et de réinjection de l'eau de la nappe. C'est un circuit indépendant, il n'y a pas de contacts entre l'eau de la nappe et le fluide caloporteur. Avec une profondeur faible (moins de 10 m de profondeur), une température moyenne estimée à 10°C et une forte productivité, la nappe de la Crau est favorable à la géothermie de basse énergie.

Conclusion sur la ressource

Solution intéressante, à retenir pour la suite. Implique la définition des besoins énergétiques du programme à partir de la programmation.

4.8 Récupération de chaleur sur eaux usées

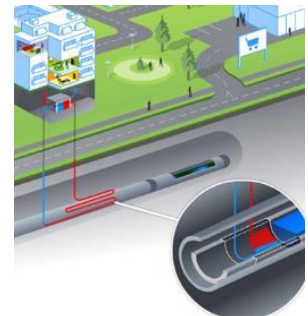
Les eaux usées (issues de nos cuisines, salles de bain, lave-linge etc.) ont une température moyenne comprise entre 10 et 20°C (cette température varie bien sûr en fonction de la région et des saisons). Leur chaleur étant une énergie disponible en quantité importante dans les milieux urbains, une installation de ce type permettrait de réduire les consommations du site.

4.8.1 Installation collective (sur un réseau public)

Un échangeur sur un collecteur important (diamètre et longueur) associé à une pompe à chaleur réversible permet de fournir les calories/frigoriques aux bâtiments afin de les chauffer ou de les refroidir.

Bien que l'installation sur un réseau collectif permette d'accéder à un gisement plus important, l'investissement est élevé et la faisabilité est conditionnée à plusieurs paramètres indispensables (continuité du gisement, caractéristiques adaptées du réseau, proximité, besoin en basse température tout au long de l'année, etc.).

Au vu de la situation géographique du programme (milieu périurbain faiblement dense), cette solution ne présente pas d'avantage notable.



Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.9 Aérothermie

L'aérothermie consiste à utiliser une pompe à chaleur sur l'air extérieur. Si les investissements sont inférieurs à la géothermie (pas de forage), le coefficient de performance du système est globalement moins bon, car la température extérieure atteint des températures plus basses (particulièrement pendant la période de chauffage). Dans les cas extrêmes, le COP (rapport de l'énergie thermique obtenue sur l'énergie électrique dépensée) tend vers 1 et le système s'approche des performances d'un radiateur électrique à convection classique. Le recours à une pompe à chaleur est donc acceptable pour des bâtiments récents et bien isolés ayant des besoins de chauffage réduits dans des zones climatiques plutôt tempérées.

Dans le cas du programme, l'aérothermie est une solution de chauffage et de refroidissement qui sera probablement retenue en substitution de solution gaz et qui doit être challengée par des filières moins carbonées (géothermique, biomasse) .

Remarque : l'aérothermie, pour comptabiliser une part d'EnR dans sa production doit afficher un coefficient de performance moyen supérieur à 2,3 afin de compenser le coefficient de conversion de l'énergie électrique en énergie primaire (1kWh d'énergie électrique implique la consommation d'une quantité d'énergie primaire plus importante).

Conclusion sur la ressource

Solution retenue pour la suite de l'étude.

4.10 Cogénération

La cogénération ne représente pas en soi une source d'énergie renouvelable au sens strict du terme, mais est plutôt une variante technique d'une chaudière à gaz ou biomasse.

Un système de cogénération est conçu pour produire à la fois de la chaleur et de l'électricité. L'électricité produite permet de combler des besoins électriques locaux (autoconsommation) ou peut être revendue sur le réseau électrique. Une partie de la chaleur de combustion est récupérée pour répondre aux besoins thermiques locaux : chauffage de bâtiments ou procédés industriels.

La viabilité financière des systèmes de cogénération est complexe et dépend de l'usage prioritaire qui en est fait. En pratique, l'intérêt n'est vérifié que pour des installations présentant des besoins très constants en chaleur, ce qui ne sera probablement pas le cas du programme de Miramas.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.11 Chaleur fatale industrielle

La récupération d'énergie sur la chaleur fatale industrielle consiste en la valorisation de la chaleur résiduelle d'un process (qui serait autrement perdue, car non utilisée par celui-ci) grâce à des échangeurs de chaleur.

Aucune industrie lourde n'est identifiée à proximité de la zone du projet. Il n'y a probablement pas de potentiel de récupération de chaleur fatale sur le programme.

Au-delà de ça, la difficulté de raccorder des réseaux de chaleur s'impose sur la partie Nord du programme avec la présence de réseaux de transport à proximité (autoroutes N569 et chemins de fer).

Conclusion sur la ressource

Solution non retenue dans la suite de l'étude

4.12 Synthèse de l'analyse de potentiel en ENR

Tableau 1 : Synthèse de l'analyse du potentiel du site en énergies renouvelables et de récupération

Ressource énergétique		Disponibilité de la ressource	Potentiel de la ressource	Avantages	Inconvénients	Conclusion intermédiaire
Hydraulique	Hydroélectricité	Pas de gisement à proximité				Potentiel nul
	Aquathermie superficielle					
Solaire	Thermique	Ressource présente sur le site. Irradiance du site importante.	Non pertinent au vu les usages probables des bâtiments du programme de Miramas	- Energie « gratuite » et sans nuisances - Energie décarbonée en termes de production	- Nécessité d'un système d'appoint - Production et consommation désynchronisées pour le chauffage - Essentiellement adapté aux logements, mais pas aux autres usages	Potentiel probablement faible pour des usages autres que logement
	Photovoltaïque		<u>Productible annuel</u> : 6 GWh/an pour une mobilisation de 600 m ² de toiture de toiture ou au sol sur chaque parcelle	- Energie « gratuite » et sans nuisances - Energie décarbonée en termes de production - Solution robuste, éprouvée	- Gestion de la concurrence d'usage en toiture (CVC, toiture végétalisée, skydome, etc.). - Coût d'investissement important	Potentiel fort

Eolienne	Grand éolien		Impossible en secteur urbain				Potentiel faible à nul
	Petit éolien		Aléatoire et d'ampleur non significative				
Biomasse	Bois-énergie		Forte au niveau régional (suivant les schémas directeurs énergie régionaux)	Suffisant au vu des besoins du projet	- Source décarbonée	- Fret à considérer - Enjeu de la qualité de l'air - Emprise foncière importante	Potentiel moyen à fort
	Biogaz		Déchets urbains	Faible			
Géothermie	Haute énergie						Potentiel inexploitable à l'échelle du site
	Moyenne énergie			Probablement inadapté face aux besoins du projet			
	Basse énergie						
	Très basse énergie	PAC sur nappe	Présence d'aquifères à confirmer Potentiel fort.	A évaluer par rapport aux besoins du projet	- Source d'énergie peu chère (électricité à haut rendement) - Nuisances réduites	- Investissement conséquent et nécessité d'un appoint	Potentiel moyen à faible
		PAC sur sondes	Potentiel fort (foncier important)			- Nécessite un équilibre relatif entre les besoins de chaud et de froid - Investissement conséquent et nécessité d'un appoint - Emprise au sol importante	Potentiel moyen à fort

Aérothermie		Oui (air)	Potentiel suffisant	- Investissements faibles	- Moins performante que la géothermie	Potentiel moyen à fort
Réseaux de chaleur		Pas de réseau à proximité de Miramas				Potentiel nul
Réseaux de froid		Non				Potentiel nul
Récupération de chaleur fatale	Eaux usées	Oui (eaux grises)				Potentiel faible à nul
	Industriels	Pas de présence de site industriel pertinent à proximité				Potentiel faible à nul

5. Conclusions de l'évaluation du potentiel des EnR

Au regard de l'analyse des besoins du site précédemment présentée et de l'analyse du potentiel en énergies renouvelables, les scénarios d'approvisionnement suivants sont identifiés comme pertinents pour le programme de Miramas :

► Scénario « conventionnel »

Couverture des besoins de chauffage et de froid à partir de **groupes aérothermiques réversibles**.

Ce scénario est le scénario identifié comme le plus simple à mettre en œuvre avec la solution énergétique la plus conventionnelle. C'est également le scénario qui présente la plus faible performance environnementale avec une mobilisation des EnR limitée à la production de la chaleur et conditionnée à des machines thermodynamiques performantes pour afficher un COP élevé.

Les principaux avantages de ce scénario sont les suivants :

- Coûts d'investissement faibles ;
- Mobilisation foncière faible ;
- Etudes de conception et phase travaux simplifiées avec une solution technologiquement simple, mature et très conventionnelle.

Les principaux points faibles de ce scénario « conventionnel » sont les suivants :

- Prix de l'énergie fortement dépendante au prix de l'électricité ;
- Taux de mobilisation d'EnR plus faible que pour les autres scénarios ;

► Scénario « EnR 1 »

Mise en place de la **géothermie** pour la couverture de 50 à 70% des besoins en chauffage et probablement de l'intégralité des besoins en froid. Cela dépendra des usages retenus pour les bâtiments, des consignes de chauffage et de froid confort et de la performance thermique. L'appoint pour les besoins en chaud est basé sur des groupes aérothermiques.

Ce scénario permet de valoriser le potentiel énergétique du sous-sol grâce à la géothermie. Avec un projet présentant des espaces extérieurs importants, le positionnement de champs de sondes ou de doublets (pompage – injection) pour de la géothermie sur nappe semble pertinent. Un champ de sonde géothermique peut également être positionné sous les bâtiments. Ce scénario doit être confirmé par une étude de faisabilité géothermique et la programmation détaillée. La géothermie doit permettre de couvrir les besoins en chaud avec un coefficient de performance bien supérieur à de l'aérothermie et permet également de mobiliser des EnR sur la couverture des besoins en froid.

Les principaux avantages de ce scénario sont les suivants :

- Forte mobilisation des EnR sur le chaud et le froid ;
- Prix de revient de l'énergie faible en exploitation et faiblement dépendant de la fluctuation des énergies primaires ;
- Solution nécessitant peu de maintenance en phase d'exploitation ;
- Possibilité de mobiliser des subventions pour alléger les coûts d'investissement.

Les principaux points faibles de ce scénario géothermie sont les suivants :

- Coût d'investissement important ;

- Etudes amonts indispensables pour caractériser le gisement et dimensionner les installations ;
- Nécessité d'un système énergétique d'appoint pour compléter la géothermie durant les périodes de fort appel de puissance.

► Scénario « EnR 2 »

Déploiement d'une solution **Biomasse pour couvrir les besoins en chauffage.**

Groupes froids individuels à l'échelle des bâtiments pour la production de froid

Ce scénario permet de valoriser la biomasse : une ressource décarbonée et identifiée comme à fort potentiel en région PACA d'après les schémas énergétiques régionaux. La chaufferie biomasse permet de créer de la chaleur en haute température adaptable à différente solution d'émission dans le bâtiment (bureau et activité).

Les principaux avantages de ce scénario sont les suivants :

- Mobilisation d'une filière énergétique renouvelable pour couvrir l'intégralité des besoins en chauffage ;
- Positionnement du projet adapté à de la biomasse avec un accès direct à de grands axes routiers pour l'approvisionnement en combustible (N569 au Nord du programme) ;
- Mobilisation d'une énergie primaire moins soumise à de fortes inflations (contrairement au gaz et à l'électricité) ;

Les principaux points faibles de ce scénario biomasse sont les suivants :

- Nécessité de positionner un bâtiment chaufferie indépendant sur le programme pour le positionnement de la chaudière et du stockage de la biomasse ;
- Nécessité de traiter et considérer les fumées ;
- Air de retournement et de déchargement des camions à considérer ;
- Maintenance plus complexe que les deux autres scénarios ;
- Pas de mobilisation d'EnR sur le froid contrairement au scénario géothermique.

► Photovoltaïque

En parallèle des trois scénarios précédents, ciblés sur les stratégies énergétiques permettant de répondre aux besoins thermiques, l'énergie photovoltaïque est identifiée comme pertinente pour couvrir partiellement les besoins en énergie électrique du programme en autoconsommant la production photovoltaïque.

Le potentiel photovoltaïque a été évalué à fort potentiel avec un gisement élevé sur le territoire. **Un programme comme celui de la ZI des Molières est une opportunité de valoriser significativement cette ressource** avec un projet sur une forte emprise foncière avec de grandes superficies de toiture et de parking. Pour cela, ce sont dès les premières phases du projet que l'insertion photovoltaïque doit être pensée afin de concevoir des toitures en capacité de reprendre les surcharges liées au photovoltaïque, de penser des parkings avec les bonnes réserves pour la VRD, etc.

Le photovoltaïque couplé aux solutions thermiques des scénarios conventionnels (aérothermie) ou EnR1 (géothermie) permet d'améliorer la performance environnementale de la production de chaud et de froid en effaçant partiellement la consommation électrique des machines thermodynamiques.

Les principaux avantages du photovoltaïque sont les suivants :

- Technologie mature et fiable présentant très peu de risque et d'aléas pour la conception ;
- Peu de maintenance à prévoir ;
- Valorisation de l'espace disponible en toitures ou en parkings pour produire de l'énergie ;

Les principaux points faibles du photovoltaïque sont les suivants :

- Le coût d'investissement ;
- La gestion de la concurrence d'usage en toiture avec les autres équipements (CVC, puits de lumière, etc.).

► Prochaines étapes

Après l'identification des scénarios d'approvisionnement énergétique présentés précédemment, la prochaine étape consiste à réaliser une **étude économique de ces scénarios**.

Ce travail consiste à :

- Déterminer les coûts d'investissement liés à la mise en place des ouvrages ;
- Evaluer les aides et subventions possibles en fonction des filières énergétiques mobilisées ;
- Calculer les coûts d'exploitation sur une durée prédéterminée (généralement 20 ans) ;
- Présenter le prix de revient de l'énergie (chaud et froid) avec une synthèse comparative des différents scénarios évalués ;
- Présenter une analyse de sensibilité et comparer les différents scénarios énergétiques sur une projection suivant différentes hypothèses (niveau d'inflation différenciée par énergie primaire, introduction d'une taxe carbone, etc.).

Pour cela, la programmation définitive devra être connue, avec les usages de chaque bâtiment, la SDP et les niveaux de performance thermique attendus.

La consolidation du scénario géothermique implique la réalisation d'une **étude de faisabilité géothermique**. Cela doit permettre de caractériser le sous-sol et de déterminer les paramètres hydrogéologiques permettant d'orienter la solution géothermique sur un captage sur sondes ou sur nappe en fonction du gisement et également de dimensionner les ouvrages.