

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

Construction d'un bâtiment pour l'accueil de l'aérogare et du SSLIA et de 3 hangars d'avions sur l'aérodrome d'Aix les Milles

Commune d'Aix-en-Provence (13290)



Construction d'un bâtiment pour l'accueil de l'aérogare et du SSLIA et de 3 hangars d'avions
sur l'aérodrome d'Aix les Milles

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

V1 –11 avril 2022

Sommaire

1.	CONTEXTE ET PRESENTATION DE L'OPERATION	4
1.1.	Contexte réglementaire	4
1.2.	Situation géographique et milieu physique.....	4
1.3.	Projet d'aménagement	7
1.4.	Comparaison du prix des énergies	9
2.	EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES	8
2.1.	Niveau d'ambition	8
2.2.	Les besoins.....	8
2.3.	Maîtrise de la consommation en énergie.....	10
3.	RESEAUX DE CHALEUR OU DE FROID	16
4.	LES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION ENVISAGEABLES.....	18
4.1.	L'énergie solaire.....	19
4.2.	La biomasse	22
4.3.	L'énergie éolienne.....	26
4.4.	L'énergie hydraulique	26
4.5.	La géothermie.....	26
4.6.	L'aérothermie	29
4.7.	La récupération d'énergie fatale	29
5.	SYNTHESE SUR LE POTENTIEL DES DIFFERENTES ENERGIES RENOUVELABLES	31
6.	CONCLUSION.....	33

Cette étude porte sur le potentiel de développement des énergies renouvelables, dans le cadre de la construction de hangars et d'une aérogare et un SSLIA dans l'aérodrome d'Aix les Milles, sur la commune d'Aix-en-Provence.

L'opération concerne la construction de **3 hangars** couvrant au total **5 940 m²** et **d'un bâtiment accueillant un programme mixte**, sur une surface de **744 m²**, où se trouveront une aérogare, les locaux SSLIA et une zone de bureaux. De plus le projet inclue l'aménagement de la voie de circulation avion déjà présente sur 1 600 m².

Les nouvelles constructions seront soumises à la **norme RT 2012**.

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

Nom et qualification des auteurs et relecteurs de l'étude

- Auteur de l'étude : **Juliette Letellier, ingénieur**
- Relecteur : **Didier LAMY**, Directeur du Cabinet Lamy Environnement

1. CONTEXTE ET PRESENTATION DE L'OPERATION

1.1. Contexte réglementaire

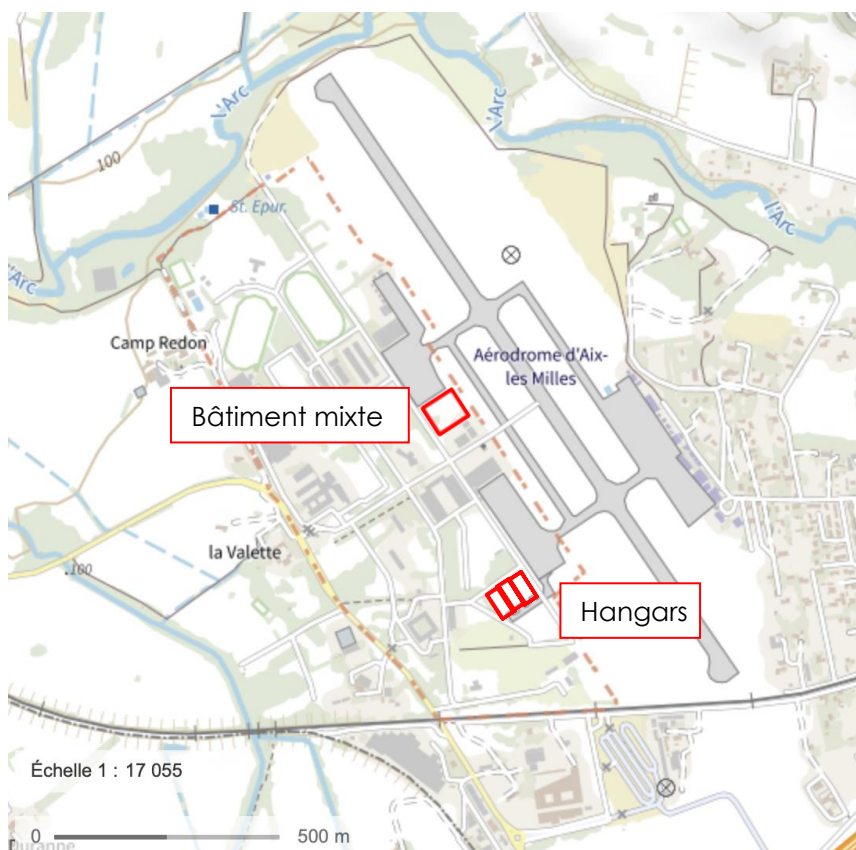
Selon l'article L300-1 du Code de l'urbanisme (article 8 de la Loi Grenelle 1) : "Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1¹ et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération."

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

1.2. Situation géographique et milieu physique

Situation

Le projet est situé en Région Provence Alpes Côtes d'Azur, dans le département des Bouches-du-Rhône, sur la commune d'Aix en Provence, à proximité du village Les Milles.



Localisation du site sur fond carte IGN – Source : Géoportail

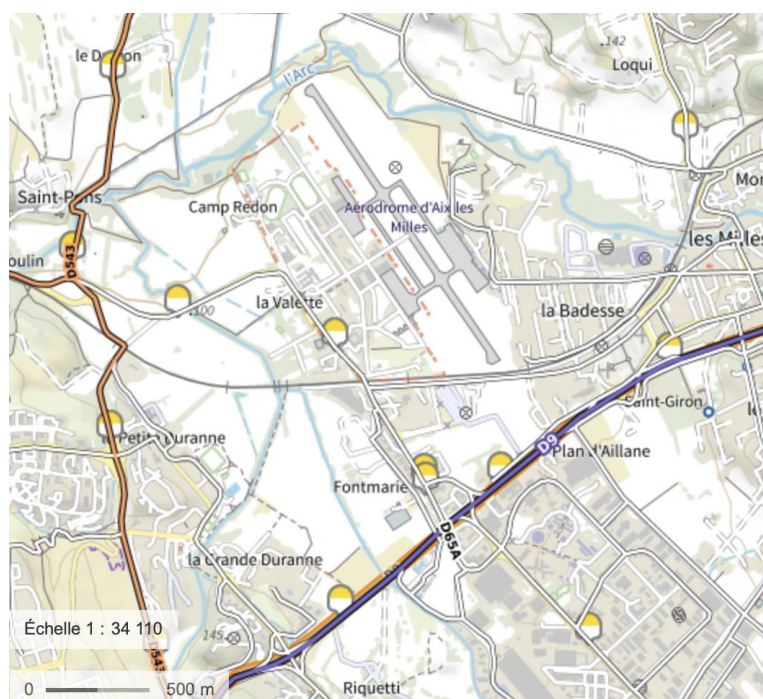
¹ Les actions ou opérations d'aménagement ont pour objet de mettre en œuvre un projet urbain, une politique locale de l'habitat, d'organiser le maintien, l'extension ou l'accueil des activités économiques, de favoriser le développement des loisirs et du tourisme, de réaliser des équipements collectifs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

Desserte

En dépit d'une situation plutôt enclavée, l'aéroport parvient tout de même à conserver une bonne accessibilité avec 3 accès depuis 3 autoroutes différentes (A51, A7 et A8). La route départementale D65 va jusqu'à l'aéroport et les D543 et D9 passent à proximité. L'aérodrome se situe à 19 minutes du centre-ville d'Aix en Provence en voiture.

Il ne se situe qu'à une quinzaine de minutes de la gare TGV d'Aix les Milles et à trente de l'aéroport de Marseille Provence. Il borde la grande zone d'activités d'Aix les Milles.

Depuis de nombreuses années un projet de halte SNCF est à l'étude dans le cadre de l'aménagement territorial d'Aix-en Provence (Plan d'Aillane). Sa concrétisation augmenterait encore plus l'accessibilité et l'attractivité du site.



Desserte de la future zone d'activités économiques - Source : Géoportail

Environnement urbain

L'aérodrome d'Aix-Les Milles est situé sur le territoire des Milles, ancien hameau désormais urbanisé au sud d'Aix en Provence, dont il dépend. Le cœur urbain de la commune d'Aix-en-Provence est construit autour du vieux centre et dispose de peu d'espaces favorables à l'épanouissement de la nature. Par ailleurs, de nombreuses zones résidentielles se sont développées autour des différents hameaux où l'on retrouve un habitat plus dispersé voire dans certains cas de type diffus, notamment au sein des boisements ou des systèmes agricoles traditionnels. Enfin, plusieurs zones d'activités économiques se sont développées autour de cette cité, en particulier au sud et au sud-est de la commune (plaine des Milles, plateau de l'Arbois).



Vue aérienne du secteur - Source : Géoportail

Climat

Le **climat du département des Bouches-du-Rhône est de type méditerranéen**, avec cependant une note continentale marquée liée à l'emplacement géographique particulier à l'intérieur de la Provence et au relief : Monts de Vaucluse, massif des Baronnies, Mont Ventoux, Luberon.

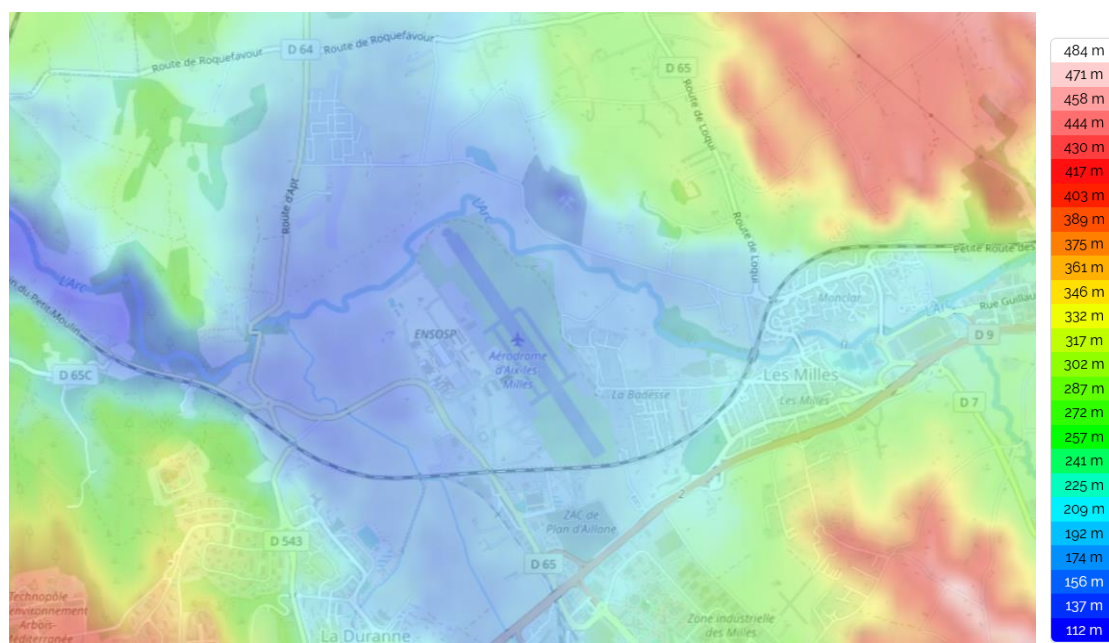
Le climat des Milles est méditerranéen.

La commune d'Aix-en-Provence à environ 7 km, où se trouve station la plus proche depuis la fermeture de celle d'Aix les Milles en 2016, connaît les caractéristiques climatiques suivantes (données sur l'année) :

- Un ensoleillement à l'année d'environ **2 861 h/an** ;
- Une hauteur de précipitation d'environ **585,8 mm/an** ;
- Température minimale **1°C** ;
- Température maximale **34 °C**.

Relief

La zone d'étude présente un relief dont l'altitude est comprise entre **107m** et **108m** pour le bâtiment mixte **avec une pente de moins d'1%**, orientée vers le Nord-Ouest, et de **111m** pour les hangars et **sans pente**.



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

1.3. Projet d'aménagement

Le projet d'aménagement consiste en la construction d'un bâtiment unique qui accueillera un programme mixte (sur une surface de plancher d'environ 800 m²) :

- Une aérogare destinée à l'aviation d'affaire : hall d'accueil, espace snack, bureau OPS, salon VIP et locaux CREW comprenant un salon et une salle de pause ; un parking de 11 places sera également aménagé pour les véhicules légers ;
- Les locaux du Service de Sauvetage et de Lutte contre l'Incendie des aéronefs (SSLIA) : garages véhicules, atelier, réserves, salle de veille, salle de pause, salle de sport et vestiaires ;
- Une zone bureaux avec salle de réunion à l'usage du personnel de l'aérogare.

Le projet prévoit également la construction de 3 hangars dédiés au stationnement et aux opérations d'entretien/ réparation des avions, pour une emprise au sol cumulée de 5940 m².

Ce projet vise à améliorer les conditions d'accueil de la clientèle, à sécuriser le site par des locaux et équipements affectés au SSLIA (le site en étant dépourvu à ce jour), et à optimiser la gestion de l'aérodrome.

2. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES

2.1. Niveau d'ambition

Les recommandations faites dans le présent rapport sont indicatives mais ont pour objectif de mettre en lumière les gains possibles pour le commanditaire du projet. Une volonté politique existe également concernant le développement du solaire photovoltaïque sur toiture.

Cependant, le développement des énergies renouvelables ne doit pas se faire à n'importe quel prix. Les élus seront vigilants à la préservation des espaces naturels et agricoles ainsi qu'au respect du patrimoine bâti et paysager.

2.2. Les besoins

Il est possible d'évaluer un ordre de grandeur des consommations des futures constructions en se basant sur les consommations actuelles de l'aérogare (100 kWh/m².an), et en considérant que le nouveau bâtiment sera plus performant. On prend l'hypothèse que les consommations seront inférieures de 20 %, même en tenant compte des équipements supplémentaires.

Pour les hangars, la seule utilisation est l'éclairage. On prend une consommation deux fois inférieure à celle de l'aérogare.

Les surfaces de plancher (SDP) sont prévues pour des activités d'aérogares ou de hangars. On retiendra donc les valeurs suivantes :

Type d'activité	Aérogare	Hangars*
(m ²)	744	5 940
Hypothèse de consommation (kWh/m ² .an)	80	40
Consommation estimée (kWh/an)	59 520	237 600

*Atelier, stockage

Estimation des consommations

Au total, on évalue donc la consommation liée aux activités de la future zone à **environ 297 000 kWh/an**, soit environ **0,3 GWh/an**.

Un éclairage extérieur à LEDs sera positionné sur les bâtiments (aérogare et hangars) afin d'éclairer le parking aéronautique, sa consommation aura un impact négligeable sur le calcul final.

2.3. Comparaison du prix des énergies

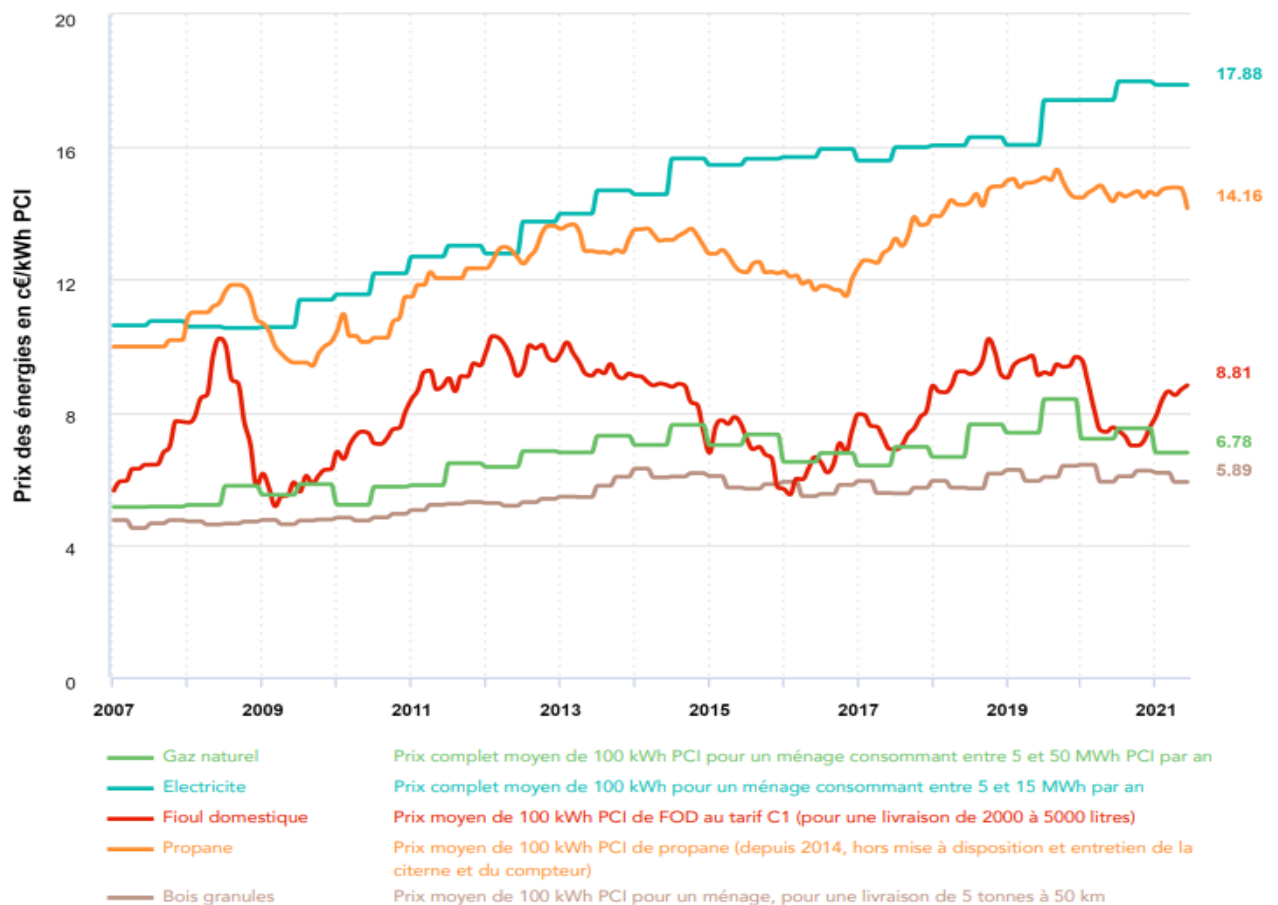


Figure X : Comparaison des prix des énergies en Euros TTC pour 100 kWh PCI
Source : GRDF (janvier 2022)²

Sur des tendances longues (2007 – 2021), **l'électricité est l'énergie la plus coûteuse** tandis que le **bois est la moins onéreuse**. Les prix du **gaz** et du **fioul** ont été progressivement impactés par la taxe carbone, et dessinent des profils *globalement* à la hausse. Récemment, le prix du gaz a flambé suite à la crise sanitaire. Le prix du gaz a connu récemment une envolée avec les tensions géopolitiques avec la Russie. Ainsi, le prix du mégawattheure était de 50 € en novembre 2021, il a atteint un sommet à 345 € début mars 2022 et se stabilise à 118 € à la mi-mars.

² <https://www.grdf.fr/particuliers/evolution-prix-energies>

2.4. Maîtrise de la consommation en énergie

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

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

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

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

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

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

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

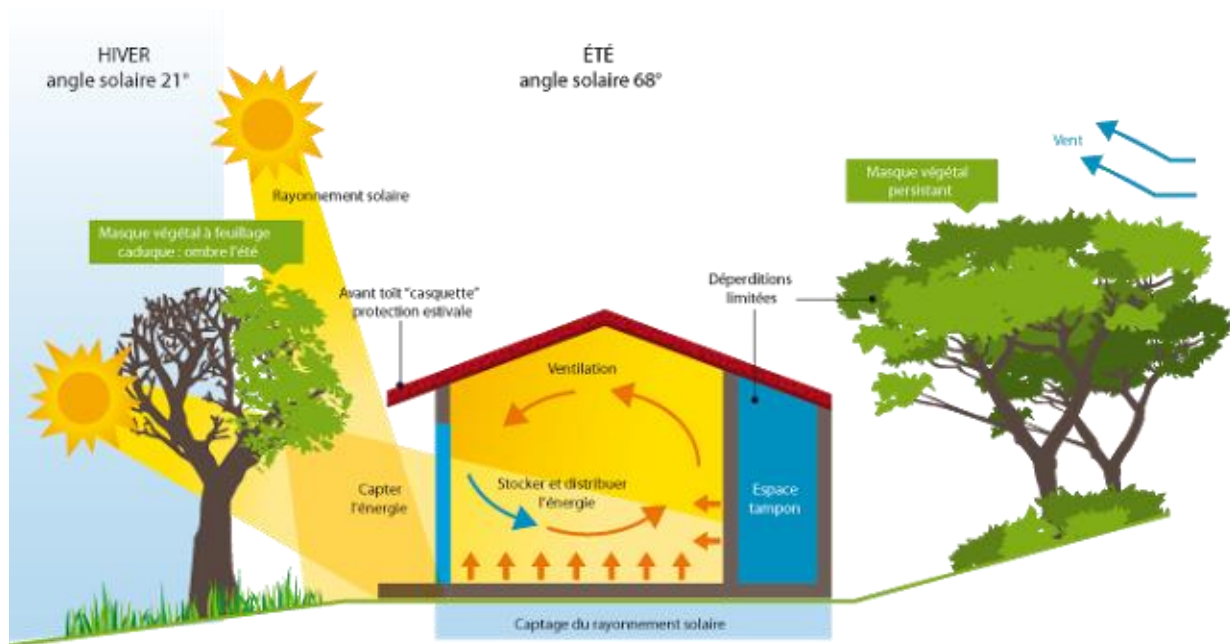
a) Bioclimatisme

N.B. Ce volet ne s'applique qu'au bâtiment à programme mixte accueillant l'aérogare. Par ailleurs la notice descriptive de la construction fait déjà état d'une prise en compte de ces enjeux que nous rappelons ici.

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

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

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



Les grands principes du bioclimatisme – Source : e-RT2012

Les grands principes du bioclimatisme

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

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

1. Capturer / se protéger de la chaleur

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

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

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

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



Captation du soleil selon les saisons – Source : ALEC Grenoble

2. Transformer, diffuser la chaleur

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

La conversion de la lumière en chaleur se fait principalement au niveau du sol. Naturellement, la chaleur a souvent tendance à s'accumuler vers le haut des locaux par convection et stratification thermique, provoquant un déséquilibre thermique. Afin d'éviter le phénomène de stratification, il conviendra de **favoriser les sols foncés**, d'utiliser des teintes variables sur les murs selon la priorité entre la diffusion de lumière et la captation de l'énergie solaire (selon le besoin) et de **mettre des teintes claires au plafond**. Les teintes les plus aptes à convertir la lumière en chaleur et l'absorber sont **sombres** (idéalement noires) et celles plus aptes à réfléchir la lumière en chaleur sont claires (idéalement blanches).

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

3. Conserver la chaleur ou la fraîcheur

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

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

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

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

4. Le bioclimatisme dans la RT 2012

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

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

Résumé et principales recommandations pour votre aménagement

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

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

L'implantation du bâtiment peut permettre de réduire les consommations d'énergie.

L'implantation optimale consiste à avoir la plus grande surface possible **orientée au sud** et à disposer des **surfaces vitrées de grande dimension en face sud**, peu à l'est et à l'ouest, et très peu en face nord. De même, la forme des bâtiments peut également être prise en compte. Les **formes compactes** contribuent à limiter les consommations en réduisant la surface d'échange thermique avec l'extérieur.

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

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

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

b) Efficacité énergétique

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

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

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

c) Sensibilisation, dialogue autour des questions énergétiques

L'atteinte des objectifs d'efficacité énergétique dépendant en grande partie du comportement des occupants, il pourrait être pertinent de leur diffuser un **Guide des bonnes pratiques**.

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

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

Transports en commun

Le site est desservi par le réseau de la Métropole Mobilité « Aix en Bus » qui dessert les communes d'Aix-en-Provence, Éguilles, Le Tholonet, Saint-Marc-Jaumegarde et Venelles. L'arrêt le plus proche « Gazel » se trouve sur le chemin de la Badesse, à 250 mètres de l'aérodrome. Cet arrêt est desservi par une seule ligne (ligne 14, P+R Krypton → Aérodrome) qui compte 14 services par jour avec une cadence d'environ 1h20 entre deux services.

Pistes cyclables

Il n'y a aucun aménagement cyclable proche de l'aérodrome, la circulation est mixte. Cependant les déplacements à vélo sont possibles au sein du site, et un projet « Aix à Vélo » est en cours, prévoyant des aménagements cyclables autour de la commune des Milles.

Pour mieux inciter à l'utilisation des modes doux, une attention particulière devra être apportée aux **actions d'accompagnement**, qui sont souvent déterminantes pour convaincre les utilisateurs de changer leurs habitudes : communication, **garages à vélo** par exemple.

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

Covoiturage

Pour l'instant, aucune aire de covoiturage n'est prévue sur l'aérodrome.

Afin d'encourager cette pratique, quelques mesures sont envisageables : forfait mobilité durable, cartographie commune des zones d'habitations, places de parking réservées..

e) Éclairage

Contrairement aux déplacements, votre responsabilité est ici plus directe : concevoir un éclairage économe est une bonne manière de montrer l'exemple.

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

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

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

3. RESEAUX DE CHALEUR OU DE FROID

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

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

Avantages des réseaux de chaleur ou de froid

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

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

Les différentes possibilités sont décrites dans le tableau suivant :

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

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

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

Réseau de chaleur ou de froid : raccordement ou création

Aucun réseau de chaleur ou de froid n'a été identifié à proximité directe du site.

Le réseau de chaleur le plus proche est celui d'Aix-en-Provence, à environ 10 km de l'aérodrome. L'ADEME évalue le seuil de rentabilité minimum pour un réseau de chaleur à 1,5 MWh/m. Ici d'après la consommation des constructions et la distance du réseau de chaleur, on se trouve en-dessous de ce ratio.

Le raccordement du site à un réseau existant n'est donc pas une option viable.

Le raccordement à un réseau existant n'étant pas envisageable, on peut étudier l'hypothèse de la création sur le site d'un réseau de chaleur utilisant les énergies renouvelables, par exemple le bois-énergie.

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

$$\frac{\text{Besoin en chaleur (chauffage, et éventuellement ECS}^3\text{)}}{\text{longueur du réseau de chaleur}}$$

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

Étant donnée la nature des activités, les besoins en chaleur et surtout en ECS sont très restreints puisqu'il ne s'agit pas de logements. L'hypothèse de la création d'un réseau de chaleur ne peut donc pas être envisagée.

³ Eau Chaude Sanitaire

4. LES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION ENVISAGEABLES

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

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

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

La loi énergie climat

L'article L111-18-1 du code l'urbanisme⁴, impose désormais pour les nouvelles constructions (pour une exploitation commerciale, industrielle, artisanale, ou espace de stationnement public couvert), dépassant une certaine emprise au sol, **d'équiper la structure, d'un système de production énergétique et thermique**. Les obligations sont réalisées **en toiture du bâtiment ou sur les ombrières surplombant les aires de stationnement sur une surface au moins égale à 30 % de la toiture du bâtiment et des ombrières créées**.

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

En détail la loi concerne donc :

- Les **nouvelles constructions**, (la loi n'est pas rétroactive, il n'y a pas d'obligation pour le foncier déjà construit)
- Les **bâtiments soumis à un permis de construire**,
- Les **bâtiments neufs dont l'emprise au sol est supérieure à 1 000 m²** (épaisseur des murs annexes et zones de stationnement comprises)

Quelques exceptions à l'article présent existent :

- Les constructions qui bénéficient déjà d'une installation d'ombrières photovoltaïques et espacées des bâtiments principaux par un espace à ciel ouvert d'au minimum de 10 mètres.
- Les ouvrages dont les dispositifs de sécurité occupent plus de 70% de la toiture.
- Les bâtiments dont la surface de toiture disponible (après exclusion de toutes les surfaces requises), s'avère être inférieur à 30% de la surface totale.

⁴ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000039360925/

A priori, cette obligation s'impose **pour les hangars**.

Une solution afin de respecter cette réglementation pourrait être **l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture**, cette solution est en accord avec la volonté des élus de **favoriser le solaire photovoltaïque sur les toitures**. Nous détaillons ce point au paragraphe suivant.

4.1. L'énergie solaire

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

Les Milles a profité d'environ **2 861 heures** d'ensoleillement en 2021⁵.

Le rayonnement solaire y est de l'ordre de **1 760 kWh/m².an**. Cette valeur se situe en haut de classement pour la France, l'ensoleillement variant de 1 050 à 1 760 kWh/m².an du nord au sud.

L'énergie solaire peut être exploitée de plusieurs façons :

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

Le solaire thermique

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

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

Il s'agit d'une **solution intéressante lorsque les besoins en eau chaude sont réguliers tout au long de l'année et suffisamment importants, ce qui n'est pas le cas pour la plupart des activités prévues sur la zone**.

L'hypothèse d'une installation solaire thermique ne semble donc pas pouvoir être retenue.

Le solaire photovoltaïque

L'exploitant de l'aérodrome a identifié des surfaces disponibles pour la création d'une ferme photovoltaïque sur le terrain (environ 14 ha à l'est et 4.35 à l'ouest). Il existe des difficultés de mise en place de l'installation (au vu de la zone inondable et des espèces protégées sur le site, nécessité d'obtention des dérogations, etc.)

*N.B : ce projet non-obligatoire **ne satisfait pas l'exigence de la loi mentionnée plus haut**, qui prévoit que les obligations sont réalisés en toiture du bâtiment ou sur les ombrières des aires de stationnement.*

Une installation solaire photovoltaïque récupère l'énergie du soleil pour la transformer en électricité. Outre les modules, l'installation comprend un onduleur. Les capteurs disponibles sur le marché atteignent des rendements de l'ordre de 15 %. Dans les zones

⁵ Source Météo France, station d'Aix-en-Provence à 7 km des Milles.

raccordées, l'électricité est réinjectée dans le réseau : il s'agit donc d'une production électrique décentralisée.

La production de panneaux photovoltaïques est généralement estimée en fonction de la puissance crête installée (kWc) ; pour la zone considérée, elle est de l'ordre de **1 300 kWh/kWc**⁶, pour des panneaux inclinés à 30°.

	0-3 kWc	3-9 kWc	9-36 kWc	36-100 kWc	100-500 kWc
En revente totale (c€/kWh)	17.89	15.20	10.89	9.47	9.80*
En autoconsommation avec revente surplus (c€/kWh)	10.00		6.00		9.80*
+ Prime autoconsommation (€/kWh)	390	290	160	80	0
Date	Prix du 01/01/2022 au 30/04/2022				Nouvel arrêté tarifaire

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

Tarifs de rachat de l'électricité photovoltaïque pour le premier trimestre 2022⁷

Grâce à l'utilisation de cellules monocristallines, on considère un rendement d'environ 150 Wc/m²⁸. Ainsi, sur la base de panneaux installés sur **30 % de la surface de toiture sur les hangars** (ici seules constructions concernées par la loi), soit **1 782 m²**, les installations sur les différents lots auraient une capacité cumulée de production de **347 MWh/an**, soit **0,35 GWh/an**. La puissance crête est de près de **267 kWc pour l'ensemble des installations**. Cette installation suffit à couvrir le besoin d'énergie des bâtiments. Cependant, le solaire photovoltaïque étant une énergie intermittente, les bâtiments resteront reliés au réseau.

Dans le cas où on utiliserait 100% de la surface de toiture, cela représenterait près de **1,2 GWh/an**, soit plus de **900 kWc**.

Au-delà de 100 kWc, il est intéressant d'autoconsommer puisque le prix de rachat est le même en vente totale qu'en autoconsommation.

Le coût d'investissement de l'installation photovoltaïque est de l'ordre de 2 000 à 3 500 € par kWc en fonction de la puissance installée (incluant la main d'œuvre pour la pose, le matériel et les démarches administratives), avec un temps de retour sur investissement de l'ordre de 10 ans (selon la zone géographique et les tarifs d'achat pratiqués).

Le coût d'investissement des installations photovoltaïques serait dans une fourchette de 1 000 k€ à 3 000 k€ pour l'ensemble des lots, avec un temps de **retour sur investissement d'environ 10 ans**.

Par ailleurs des **subventions** existent et **raccourciraient** le temps de retour sur investissement.

⁶ https://outils-numeriques.ines-solaire.org/calsol/pvreseau_1.php

⁷ <https://selectra.info/energie/guides/environnement/rachat-electricite-gaz-edf#solaire>

⁸ La "puissance-crête" (en Wc) est une donnée normative utilisée pour caractériser les modules photovoltaïques, mesurée lors d'un test effectué en laboratoire, sous une irradiation de 1000 W/m² (correspondant à l'ensoleillement à midi en zone tempérée, sans nuages) et à une température des panneaux de 25°C. Elle correspond à la puissance que peut délivrer un panneau photovoltaïque dans ces conditions standard (STC) et optimales (puissance maximale atteignable). En France, la distribution de la puissance atteinte sur une année dépasse rarement 80% de la puissance crête.

Ce coût varie selon le type de pose choisi (surimposition, intégration au bâti) et le type de panneau installé (monocristallin, polycristallin)°.

A l'échelle des besoins d'électricité estimés (0,3 GWh/an), **le potentiel du solaire photovoltaïque est fort**. En effet on couvre déjà les besoins avec seulement 30 %, et dans le cas où 100% du potentiel est exploité, cela représenterait un bénéfice considérable.

	30% de toiture couverte	100% de toiture couverte
Capacité de production	0.35 GWh/an	1.2 GWh/an
Puissance crête	267 kWc	912 kWc
Reste après couverture du besoin	0.05 GWh/an	0.88 GWh/an
Bénéfice /an	1 900 €	35 000 €*

* Comme indiqué ci-dessus, au-delà de 1 100 kWh/kWc, le tarif de rachat est de 4c€/kWh.

• Précisions sur le photovoltaïque sur toiture

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

- l'inclinaison optimale est aux alentours de 30° (compte tenu de la latitude de la commune, c'est ici **38°**)
- la meilleure orientation est le sud.

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

Il existe différentes façons d'installation de panneaux solaires :

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

Ces différentes méthodes présentent chacune des avantages et des inconvénients. On retiendra que le mode d'installation le plus pratiqué est la **surimposition** : les panneaux solaires sont installés par-dessus une toiture existante, ce qui la rend moins chère et plus simple à installer. Ceci permet de surélever les panneaux solaires par rapport à la toiture, ce qui a pour effet de favoriser leur rafraîchissement. Par ailleurs, l'installation est sans impact sur l'étanchéité des locaux et diminue les risques d'incendie, car les tuiles ou les ardoises isolent de la charpente les boîtiers de connexion pouvant surchauffer et provoquer un incendie.

De plus cette technique peut également être adaptée **pour les toitures plates**, en effet on peut installer des rails pour poser les panneaux sur le toit, cela présente par ailleurs l'avantage de pouvoir régler directement l'angle d'inclinaison à l'optimum de 38 degrés.

• Aide de l'ADEME

L'ADEME PACA propose un dispositif d'aide aux études pour accompagner entreprises et collectivités dans la mise en place de leur toiture ou ombrière solaire photovoltaïque en

⁹ <https://www.hellowatt.fr/panneaux-solaires-photovoltaïques/combien-coute-installation-photovoltaïque>

autoconsommation individuelle, par un prestataire de bureaux d'études ou un cabinet conseils d'assistance à maîtrise d'ouvrage.

Selon les conditions d'éligibilités, l'aide peut aller jusqu'à 70 % du coût, avec un plafond de 50 000 € pour une étude de diagnostic et de 100 000 € pour une étude d'accompagnement de projet.

- **Les limites du photovoltaïque**

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

Le but principal du développement des énergies renouvelables est donc de permettre au territoire de réduire les tonnes de CO₂ émises chaque année. Or, la différence de CO₂ entre le photovoltaïque et le mix énergétique moyen de l'électricité est faible :

- le contenu en CO₂/kWh de l'énergie photovoltaïque est d'environ 45 gCO₂/kWh¹⁰ pour des panneaux produits en Chine et 25 pour des panneaux français,
- le contenu en CO₂/kWh du mix électrique français est de 60 gCO₂/kWh.

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

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

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

À noter également que des **études d'éblouissement** seront à réaliser, l'utilisation des panneaux spéciaux seront à prévoir pour être compatibles avec la circulation aérienne

4.2. La biomasse

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

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

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

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

¹⁰ Cette valeur de 55 gCO₂/kWh est une valeur moyenne. La valeur dépend de l'origine des panneaux et est plus élevée en région nord qu'en région sud.

Le bois-énergie

Le bois-énergie est une source d'énergie intéressante, puisqu'elle est à la fois renouvelable, disponible à (relativement) bon marché, et avec très peu d'émissions de gaz à effet de serre¹¹.

- **Contexte**

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

La ressource en bois sur le territoire

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

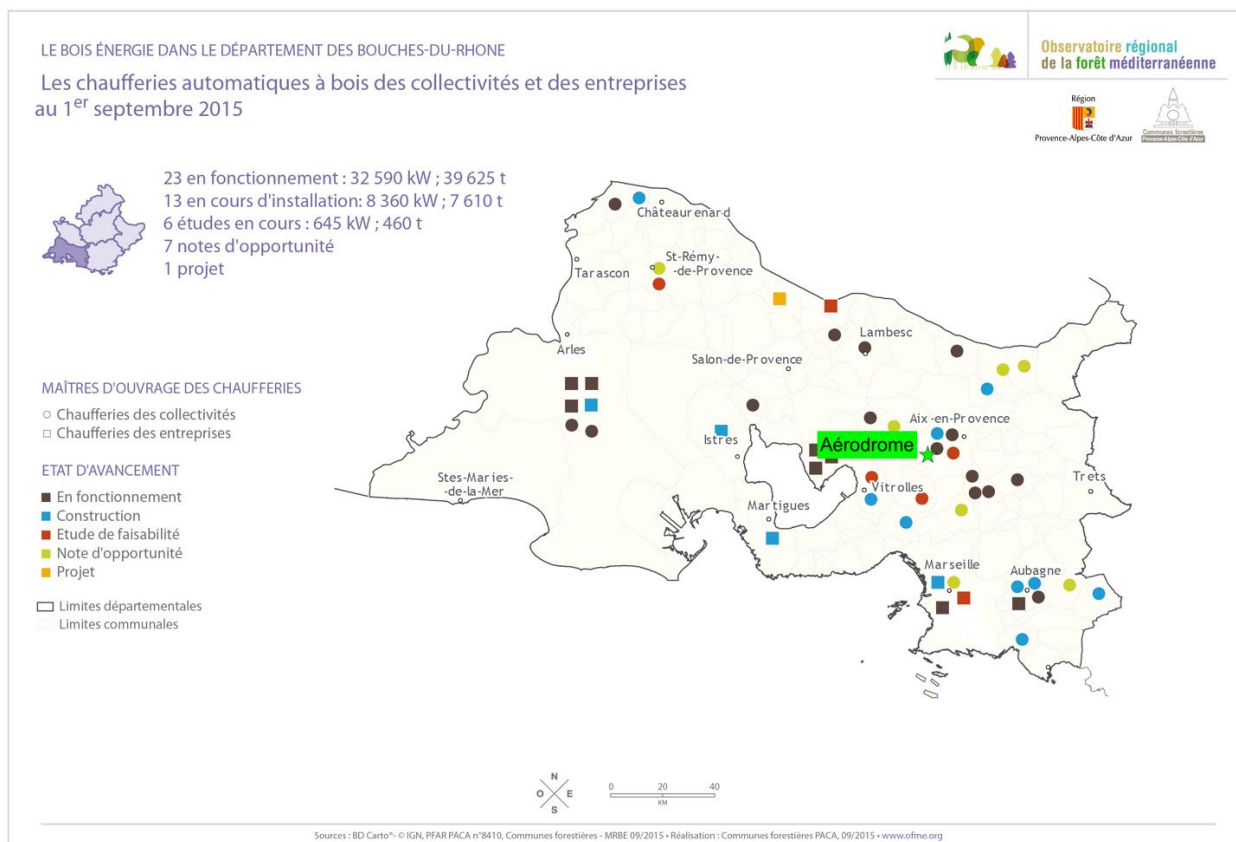
Ressource forestière

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est la **2^e région la plus boisée en France**, derrière la Corse. Ses 1,613 millions d'hectares de forêt représentent 10% de la surface forestière nationale (16,8 M ha), et 30% des forêts ouvertes de France

Le territoire du Pays d'Aix, auquel appartient l'écart de commune Les Milles, possède une ressource forestière conséquente : 58 000 m³ (soit ~50 000 Tonnes) de bois résineux pourraient être exploités chaque année dans le cadre d'une gestion durable des forêts sans compromettre l'avenir de la ressource.

¹¹ Du moins dans le cadre d'une exploitation forestière raisonnée.

Valorisation du bois



Le bois énergie dans les Bouches-du-Rhône

Le bois énergie s'est bien développé dans les Bouches-du-Rhône avec, en 2020, **36 chaufferies bois et réseaux de chaleur en fonctionnement**, ce qui représente une consommation de plus de **31 700 tonnes de plaquettes forestières** soit **25% de la consommation régionale**.

Le bois-énergie reste une activité annexe de l'exploitation forestière, principalement orientée sur la production de bois d'œuvre. Il est cependant tout à fait possible d'implanter des chaufferies, quitte à jouer sur différentes sources d'approvisionnement dans un périmètre raisonnable. Le bois est utilisable sous des formes variées : bûches, plaquettes, granulés, pellets, sciure... Ces différentes formes de bois ont un coût et des performances thermiques variables.

Si on envisage la mise en œuvre du bois énergie sur la zone, on peut faire l'hypothèse d'un approvisionnement en produits alternatifs comme les copeaux de bois recyclé. Les études d'opportunité et de faisabilité permettront d'éclairer ce choix.

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

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

- **Différentes hypothèses pour l'approvisionnement**

On trouve des fournisseurs de bois de chauffage dans les environs (Mathieu Bois de Chauffage, RAPH bois Ventabren, EGC bois, Au bois de l'Étang, etc...)

Le bois est utilisable sous des formes variées : bûches, plaquettes, granulés, pellets, sciure... Ces différentes formes de bois ont un coût et des performances thermiques variables.

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

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

- **Risque de pollution atmosphérique**

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

- **Les choix techniques et financiers**

Comme vu précédemment, les besoins en ECS et chaleur sont limités, il est donc peu envisageable d'installer une chaudière collective au sein de la zone.

Il est intéressant d'installer une chaudière bois dans les bâtiments pour lesquels la demande en ECS et en chauffage pourrait être assez importante et régulière. Ce ne sera à priori pas le cas des bâtiments de la zone d'activité.

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

- **Aides de l'ADEME**

Il est à noter que les **études de faisabilité sont financées jusqu'à 70 %** par l'ADEME PACA, dans le cadre du **Fonds chaleur**¹².

Il est possible de prendre contact avec l'ADEME de la Région PACA afin d'étudier les financements possibles en fonction de votre situation pour l'étude de faisabilité ou l'approvisionnement de chaufferies bois du Fonds chaleur ou encore la réalisation de votre installation production de chaleur à partir de biomasse.

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

La méthanisation

La méthanisation permet de produire de l'énergie à partir d'une grande variété de produits fermentescibles. Il existe autour de la zone d'étude des sources de produits fermentescibles (exploitations agricole), cependant elles ne présentent pas une ressource

¹² <http://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref>

suffisante ni assez facilement exploitable pour être intéressante. De plus l'aérodrome ne produit pas suffisamment de déchets pour alimenter un méthaniseur.

Le site ne présente donc **pas de potentiel particulier** pour la méthanisation.

4.3. L'énergie éolienne

Bien que l'éolien présente un potentiel en zone périurbaine, l'installation d'éolienne au sein d'un aérodrome n'est **pas envisageable**.

4.4. L'énergie hydraulique

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

4.5. La géothermie

La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Cette exploitation peut s'effectuer à différents niveaux :

- la géothermie très basse énergie (ou géothermie de surface) jusqu'à environ 100 m,
- la géothermie basse énergie (ou géothermie profonde) jusqu'à 2 000 m de profondeur,
- la géothermie haute énergie (ou géothermie très profonde) jusqu'à 10 000 m.

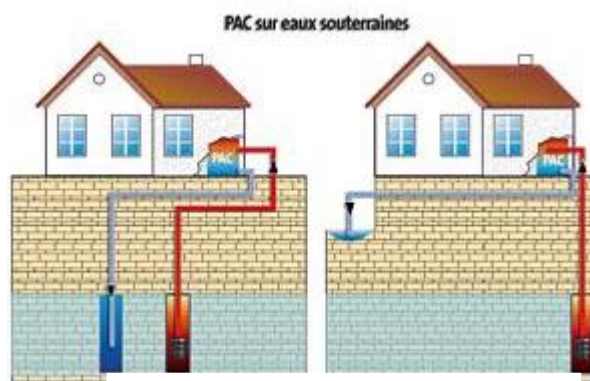
Pour l'instant, peu d'études ont été faites au niveau national pour évaluer le potentiel des ressources en géothermie profonde. Seuls le bassin Aquitain et l'Ile-de-France ont fait l'objet d'investigations dans les aquifères profonds. Compte-tenu des coûts d'exploitation et des difficultés techniques, ces technologies se sont peu développées¹³.

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

Géothermie en eaux souterraines (aquifères ou nappe)

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

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



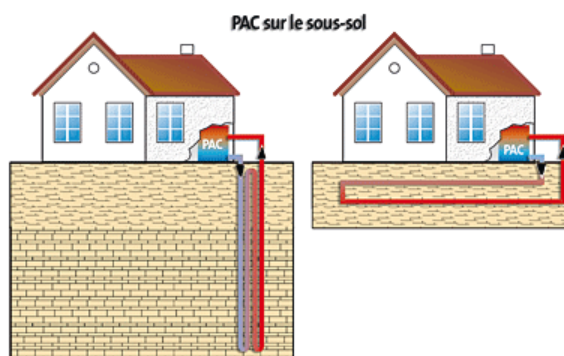
Géothermie en eaux souterraines

¹³ L'Ile de France a fait figure de précurseur avec des installations mise en œuvre au début des années 80 pour alimenter du chauffage collectif.

Géothermie en sous-sol

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

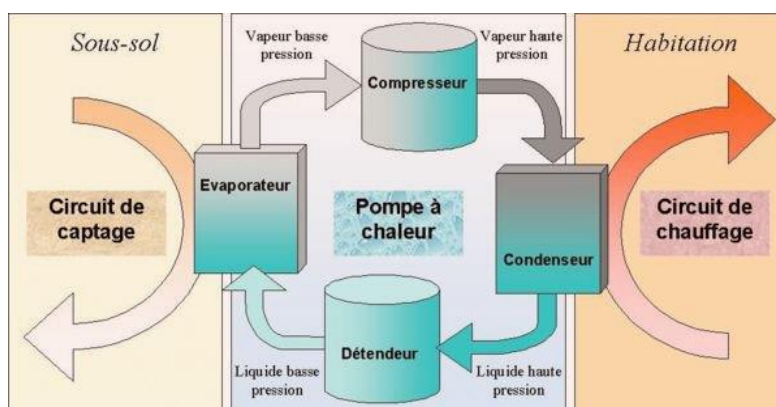
La chaleur emmagasinée dans le sol est accessible en tout point du territoire.



Géothermie en sous-sol

Comment fonctionnent ces systèmes ?

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



Principe de fonctionnement d'un chauffage avec pompe à chaleur

[Source : ADEME]

En mode chauffage :

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

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

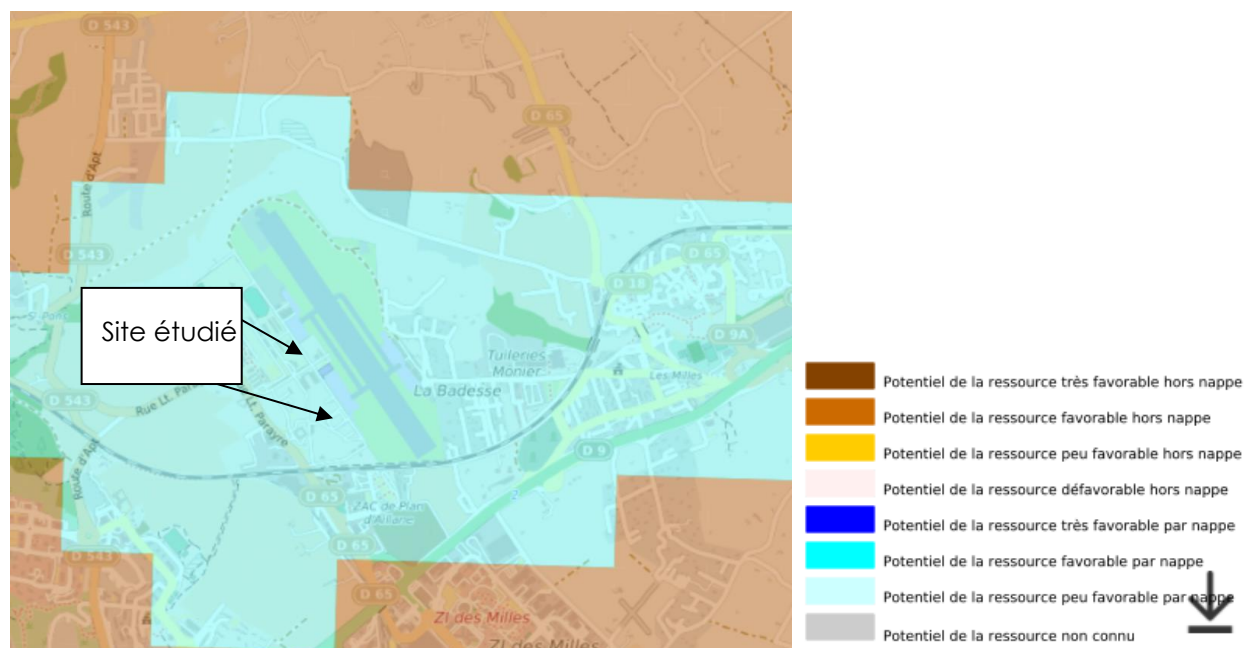
La température de l'eau ou du sous-sol proche de la surface est de l'ordre de 12 à 14°C tout au long de l'année. Pour un rendement optimal, il est recommandé d'utiliser ces technologies pour du chauffage basse température. Elles sont donc privilégiées pour des solutions de chauffage par plancher chauffant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

Quel potentiel pour la zone ?

D'après les atlas de potentiel géothermique réalisés par le BRGM, les DREAL et l'ADEME, il existe seulement deux installations géothermiques dans la région :

- Thassalia, la centrale géothermique sur eau de mer d'Engie, à Marseille, alimente, via un réseau de chaleur et de froid, le quartier Euroméditerranée,
- A Mane, l'institut des huiles essentielles Les Condamines est équipé avec une pompe à chaleur sur champ de sondes géothermiques verticales afin de couvrir la totalité de ses besoins en chauffage.

Sur la commune, il n'existe aucune installation géothermique de surface ou profonde.



Ressources géothermiques sur la zone d'étude (Source : Geothermie.fr)

Selon le Schéma Régional Climat Air-Énergie de la région PACA de juin 2013, les Bouches-du-Rhône présentent un potentiel géothermique **important par nappe et particulièrement important par sonde**. Comme on peut le voir sur la carte ci-dessus, le **potentiel géothermique par nappe de la zone étudiée est favorable à très favorable**.

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

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

- **Aides de l'ADEME**

L'ADEME PACA peut vous accompagner dans la réalisation d'un test de réponse thermique, la subvention pouvant aller jusqu'à 70 % du coût.

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

4.6. L'aérothermie

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

Le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur diffère en fonction de la température extérieure. Le COP diminue lorsque la température extérieure baisse. Ainsi le COP est de l'ordre de 3 à 4 à + 7°C et de l'ordre de 2 à 2,5 à - 7°C. À très basse température (environ -10°C), le COP est de l'ordre de 1, ce qui revient à un chauffage 100% électrique. Cette technologie permet de chauffer des bâtiments et/ou de l'eau chaude sanitaire. Tout comme la géothermie, elle est à privilégier pour du **chauffage basse température (~30°C)**.

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

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

En 2021 :

- La température moyenne mensuelle la plus basse est de 7 °C en janvier (avec un record quotidien de + 1 °C pour la température la plus basse).
- La température moyenne mensuelle la plus haute est de 27 °C en juillet (avec un record quotidien de + 34 °C pour la température la plus haute).

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

4.7. La récupération d'énergie fatale

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

Les installations susceptibles de produire cette énergie fatale sont des installations industrielles, des stations d'épuration, des usines de traitement d'ordures ménagères, les data centers etc... Il n'existe pas de telles installations dans l'environnement proche de l'aérodrome.

Par ailleurs, n'ayant que très peu de besoin en ECS, **le potentiel de récupération n'est pas adapté aux besoins des activités de l'aérodrome.**

La récupération de chaleur fatale n'est donc pas concevable pour ce projet.

5. SYNTHÈSE SUR LE POTENTIEL DES DIFFÉRENTES ÉNERGIES RENOUVELABLES

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

La dernière colonne du tableau, "Intérêt global", propose une évaluation synthétique de l'opportunité que constitue chaque énergie dans le cadre d'une mise en œuvre sur l'aérodrome d'Aix les Milles.

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

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

6. CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'analyser le potentiel des différentes énergies renouvelables dans le cadre de la construction de locaux et hangars à l'aérodrome d'Aix les Milles.

Nos conclusions sont les suivantes :

- L'installation de **panneaux solaires photovoltaïques** présente un bon potentiel, l'installation sur toiture est une possibilité qu'il faudra envisager.
- **L'aérothermie** apparaît comme un levier efficace pour limiter la dépendance du site aux énergies fossiles, bien qu'il y ait une contrainte de bruit (contrainte limitée sur un aéroport).
- Une des pistes intéressantes concerne l'utilisation de la **géothermie** pour alimenter un ou plusieurs bâtiments.
Une **étude de faisabilité** permettrait de préciser les hypothèses de périmètre et de fonctionnement.
- Pour la **biomasse**, étant donné la nature des activités prévues sur le site, la création d'un réseau de chaleur utilisant le bois-énergie n'est pas recommandée puisque les besoins en ECS seront très faibles.
L'installation d'une **chaudière-bois à l'échelle d'un bâtiment**, voire de deux bâtiments proches, reste envisageable.
- L'énergie de **méthanisation** présente un potentiel limité et ne semble pas adaptée à la zone d'activité.
- Le **solaire thermique**, parce qu'il n'est pas adapté aux besoins énergétiques des activités prévues sur la zone, n'est pas une hypothèse à privilégier.
- Enfin, l'énergie de **récupération de chaleur fatale** ne semble pas non plus pertinente pour le type d'activité.

Maîtrise des consommations d'énergie

En ce qui concerne les mesures permettant de limiter les consommations d'énergie, la collectivité et le maître d'ouvrage sont essentiellement concernés par les déplacements et l'éclairage (voir ci-dessus page 14).

L'information et la **sensibilisation des futurs occupants** sont également des enjeux importants pour réduire les consommations (voir également page 14).

Le point le plus important concerne l'**implantation des bâtiments** (voir paragraphe sur le bioclimatisme page 10).

Réduction des émissions de GES

L'utilisation des solutions d'énergies renouvelables préconisées permettra de **réduire les émissions de gaz à effet de serre** de manière significative, par rapport aux énergies fossiles classiquement utilisées. En effet en exploitant pleinement le potentiel photovoltaïque seul, on arrive déjà à **une réduction d'environ 50% des émissions de GES**.