

SNC Sainte Louise

*Etude de potentiel
de développement
des Energies
renouvelables*

PROJET D'AMENAGEMENT URBAIN SUR UNE FRICHE INDUSTRIELLE (Site de
SAINTE-LOUISE)
COMMUNE DE NARBONNE (11)



Dossier 15-PS-600-B – version du 07/12/2016

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE.....	1
2. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE NATIONAL.....	1
3. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE RÉGIONAL.....	1
4. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE LOCAL.....	2
5. LES SOURCES D'ÉNERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES.....	2
5.1 L'électricité.....	2
5.2 Le fioul.....	2
5.3 Le gaz naturel.....	3
5.4 Le gaz propane en bouteille ou en citerne.....	3
5.5 Le bois.....	3
5.6 L'énergie solaire.....	3
5.6.1 L'énergie solaire passive.....	3
5.6.2 L'énergie solaire active.....	3
5.6.3 Gisement solaire disponible.....	3
5.7 L'énergie éolienne.....	4
5.8 L'énergie hydraulique.....	5
5.9 La géothermie profonde.....	5
5.10 Les réseaux de chaleur et de froid.....	5
5.11 Bilan des potentialités énergétiques du site.....	5
6. LES SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ADAPTÉES AU SITE.....	6
6.1 L'énergie solaire.....	6
6.1.1 Le solaire passif.....	6
6.1.2 Le solaire actif.....	7
6.2 Biomasse.....	10
6.2.1 Biomasse : solutions individuelles.....	10
6.2.2 Biomasse : chauffage collectif.....	11
6.2.3 réseau de chaleur bois.....	11
6.3 Géothermie ou aquathermie.....	14
6.3.1 Principe et fonctionnement.....	14
6.3.2 Impact environnemental.....	14
6.4 Approche énergétique du projet urbain de Sainte Louise.....	14
6.4.1 La filière solaire.....	14
6.4.2 La filière éolienne.....	15
6.4.3 La filière biomasse.....	16
6.4.4 La filière géothermique ou aquathermique.....	16

6.4.5 Les réseaux de chaleur.....	16
6.4.6 La filière solaire.....	17
6.4.7 La filière biomasse.....	17
6.4.8 La filière géothermique et aquathermique.....	18
6.4.9 Les autres éléments de gestion et d'économie ayant une incidence sur la consommation d'énergie à développer à l'échelle de la zone.....	18
6.4.10 Rappel sur les Etudes d'approvisionnement en énergie des bâtiments.....	19
7. SYNTHÈSE DES ATOUTS ET CONTRAINTES DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉTUDIÉES.....	20

TABLES DES ILLUSTRATIONS

CARTES

☞ Carte 1 : Heures d'ensoleillement par an en France.....	4
☞ Carte 2 : Répartition du gisement solaire en France.....	4
☞ Carte 3 : Extrait du Schéma Régional Eolien.....	4

FIGURES

☞ Figure 1 : La production d'électricité en France en 2014 (source : RTE).....	1
☞ Figure 2 : La production d'énergie en Languedoc Roussillon en 2011 et 2012 (source : DREAL LR).....	1
☞ Figure 3 : La production d'électricité issue des énergies renouvelables en Languedoc Roussillon en 2012 (source : DREAL LR).....	2
☞ Figure 4 : Fréquence moyenne des directions des vents par groupe de vitesses.....	5
☞ Figure 5 : Trajectoires annuelles du soleil pour un bâtiment orienté au Sud.....	6
☞ Figure 6 : Vue de deux bâtiments séparés d'une distance $L < 3,1xH$, le 21 décembre à 12h00.....	6
☞ Figure 7 : Vue de deux bâtiments séparés d'une distance $L = 3,1xH$, le 21 décembre à 12h00.....	7
☞ Figure 8 : Schéma de fonctionnement d'une installation photovoltaïque.....	7
☞ Figure 9 : Exemple de schéma d'installation solaire thermique (source : Simsol).....	8
☞ Figure 10 : Schéma de principe d'une chaufferie bois.....	11
☞ Figure 11 : Schéma de principe du cycle Bois Energie.....	12
☞ Figure 12 : Caractéristiques des installations en fonction de leur taille.....	12
☞ Figure 13 : Le principe du cycle du carbone dans l'utilisation d'une chaufferie bois.....	12
☞ Figure 14 : Le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur.....	14

PHOTOGRAPHIES

☞ Photographie 1 : Mise en place de membrane photovoltaïque (Source : Solaris energy).....	7
☞ Photographie 2 : Panneaux photovoltaïque intégrés en toiture.....	8
☞ Photographies 3, 4 et 5 : Candélabres photovoltaïques et à basse consommation.....	15
☞ Photographies 6 et 7 : Candélabres équipé d'une éolienne et mixte éolienne/photovoltaïque.....	15

TABLEAUX

☞ Tableau 1 : Bilan des énergies mobilisables sur le site.....	5
☞ Tableau 2 : Facteurs de correction pour une inclinaison et une orientation données.....	9
☞ Tableau 3 : Facteurs de correction pour une inclinaison et une orientation données.....	10
☞ Tableau 4 : Le système de pompe à chaleur en fonctionnement hivernal.....	14
☞ Tableau 5 : Le système de pompe à chaleur en fonctionnement estival.....	14

1. PRÉAMBULE

Le présent document constitue l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables pour le projet d'aménagement du site « Sainte Louise » sur la commune de Narbonne dans le département de l'Aude.

La première loi issue du Grenelle de l'Environnement adoptée par l'Assemblée nationale le 29 juillet 2009 définit 13 domaines d'action visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Parmi ces domaines d'action, le recours aux énergies renouvelables est particulièrement mis en avant.

La loi Grenelle 1 a introduit l'obligation de réaliser une étude de faisabilité relative au développement des énergies renouvelables, incluant un volet « réseaux de chaleur », pour toutes les nouvelles actions ou opérations d'aménagement soumises à étude d'impact.

Introduite à l'article L128-4 du Code de l'urbanisme, cette disposition est applicable depuis juillet 2009 :

« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 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. »

L'étude, objet de ce document, entre dans le cadre de cette réglementation. Cette étude vise à dresser un état des lieux des énergies renouvelables qui pourraient être utilisées sur le projet et à définir notamment les possibilités d'implantation de systèmes centralisés permettant de fournir l'énergie nécessaire aux bâtiments à travers des réseaux de chaleur par exemple.

L'évolution culturelle et réglementaire actuelle impose en effet la réalisation de bâtiments de plus en plus performants (approche bioclimatique, meilleure isolation, utilisation d'équipements performants et d'énergies renouvelables) afin de limiter globalement l'impact du secteur du bâtiment sur l'appauvrissement des ressources fossiles et sur le dérèglement climatique.

2. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE NATIONAL

La France a pris des engagements européens à travers différentes directives.

Il s'agit notamment du Paquet Energie-Climat qui prévoit l'amélioration de l'efficacité énergétique de 20 %, la part de renouvelable dans la consommation finale d'énergie à 20 % et la réduction de 20 % des émissions de CO₂ par rapport à leur niveau de 1990.

En France, le bouquet énergétique est largement dominé par l'énergie nucléaire, et ce depuis les années soixante-dix. Encore faible, la part des énergies renouvelables (hors hydraulique) devrait s'accroître dans les années à venir. Ce bouquet énergétique ou mix énergétique français est la proportion de chaque source d'énergie dans la production totale d'électricité.

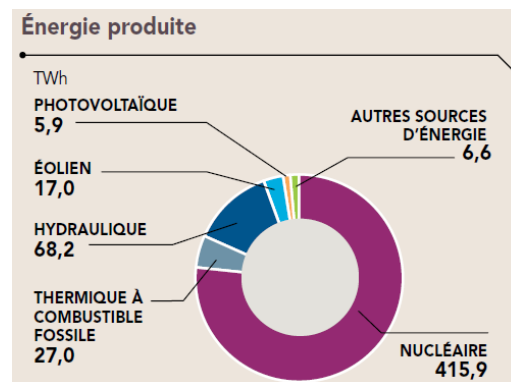


Figure 1 : La production d'électricité en France en 2014 (source : RTE)

En 2014, la puissance installée du parc de production d'électricité en France était de 128 943 MW.

Pour cette même année, la production totale d'électricité a été de 540,6 TWh.

La production issue de l'ensemble des sources d'énergies renouvelables a atteint 19,5 %.

3. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE RÉGIONAL

En 2012, la production d'énergie en Languedoc Roussillon s'élevait à 9855 GWh. Les quatre principales sources de production d'énergie de la région (87 %) sont :

- l'hydroélectricité ;
- le bois-énergie (bois-bûche et chaufferies collectives) ;
- les biocarburants ;
- l'énergie éolienne.

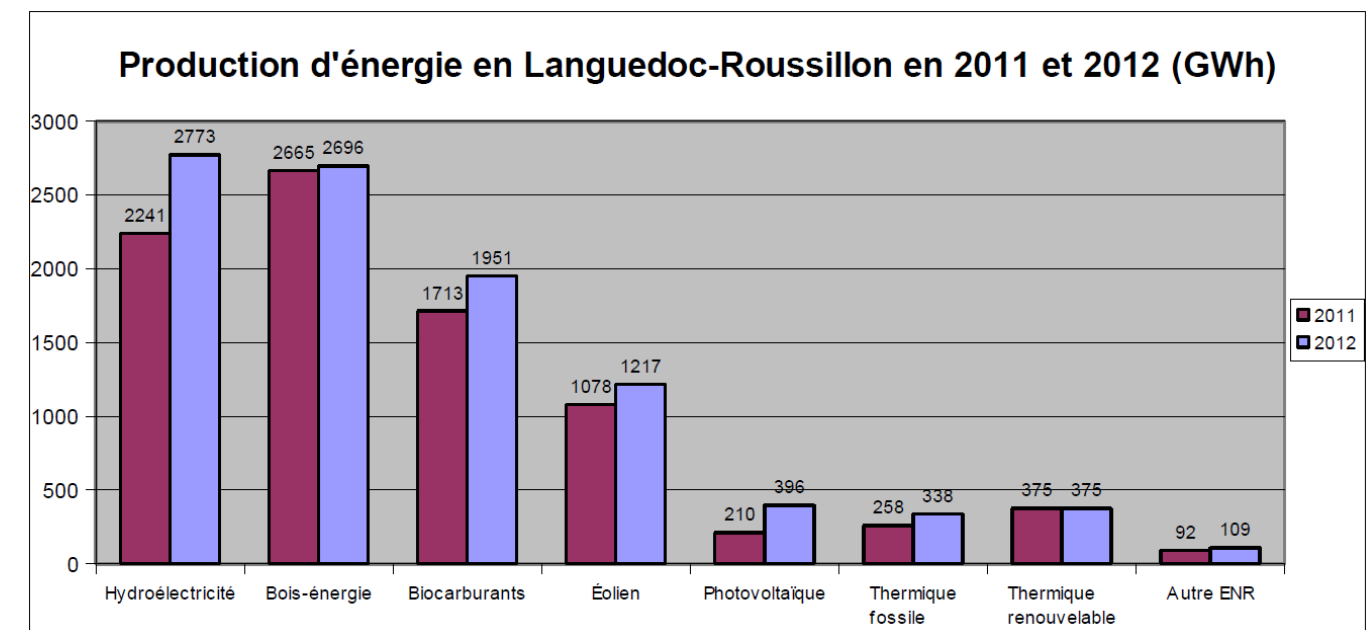


Figure 2 : La production d'énergie en Languedoc Roussillon en 2011 et 2012 (source : DREAL LR)

97 % de la production d'énergie régionale est d'origine renouvelable, l'unique production d'énergie non renouvelable provient de la centrale thermique d'Aramon. La production d'électricité d'origine nucléaire est nulle depuis la fermeture de la centrale Phénix en 2009.

La production totale d'électricité issue des énergies renouvelables s'élevait à 5208 GWh en 2012.

Le parc de production d'électricité d'origine renouvelable a atteint 1668 MW de puissance raccordée au réseau fin 2012.

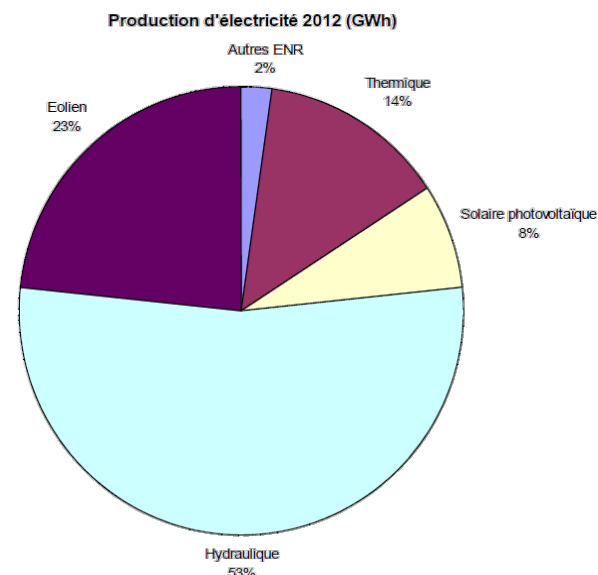


Figure 3 : La production d'électricité issue des énergies renouvelables en Languedoc-Roussillon en 2012 (source : DREAL LR)

4. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE LOCAL

Le département de l'Aude se caractérise par des gisements conséquents en matière hydraulique, solaire et éolienne (2/3 du département bénéficient de vents entre 6 et 9 m/s) et contribue de manière importante en matière d'énergies renouvelables.

En matière d'énergie éolienne, l'Aude dispose de 59 % de la puissance régionale installée (478 MW - donnée mi-2013).

Concernant l'énergie photovoltaïque l'Aude dispose de 23 % la puissance régionale installée (78,5 MW - donnée mi-2013).

Les opportunités du territoire audois : son régime de vents, son ensoleillement, son réseau hydrographique couplé à son relief, et son économie agricole et forestière, permettent l'opportunité certaine de développement de production d'énergies renouvelables arrivées à maturité (hydroélectricité, éolien, bois-énergie et solaire), et encore innovantes (biomasse et biogaz).

Malgré un climat favorable, l'intégration des énergies renouvelables et les conceptions bioclimatiques sont encore marginales.

Parmi les explications, les documents d'urbanisme ne permettent pas toujours l'intégration du bois dans la construction ou la pose de panneaux solaires en toiture.

5. LES SOURCES D'ÉNERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES

Cette première approche permet d'étudier l'éventail complet des différentes sources d'énergie disponibles ou mobilisables de tous types, renouvelables ou non, pour desservir le secteur urbain de Saint Louise.

5.1 L'ÉLECTRICITÉ

Bien que difficilement stockable, cette énergie a l'avantage d'être simple à utiliser et très polyvalente.

Cependant, le Languedoc-Roussillon ne contribue qu'à moins de 1 % à la production nationale d'énergie et se trouve éloignée des sources principales de production.

L'impact de l'électricité sur l'environnement est principalement lié au mauvais rendement de production de l'électricité puisque, uniquement un tiers de l'énergie qui entre dans la centrale ressortira sous forme d'électricité. Majoritairement, les deux tiers restant sont perdus.

Du fait de ce mauvais rendement conduit l'électricité est une grande consommatrice de ressources fossiles (uranium, gaz, charbon, fioul) et donc mal positionnée pour une approche écologique de l'énergie.

Ainsi, l'électricité sera plutôt réservée aux usages spécifiques : éclairage, bureautique, électroménager, etc.

5.2 LE FIOUL

La tendance actuelle va vers la disparition du fioul dans les nouvelles installations depuis plusieurs années. Initialement rentable, il a connu ses dernières années des augmentations très importantes en liaison avec le cours croissant du pétrole.

De plus, le fioul est une source fossile qu'il serait nécessaire de préserver davantage. Il impacte également fortement sur le dérèglement climatique par ses rejets carbonés, et parfois soufrés.

Pour ces raisons, l'utilisation de fioul est déconseillée sur le secteur de Sainte Louise pour l'ensemble de ces inconvénients.

5.3 LE GAZ NATUREL

Le gaz naturel est une énergie fossile comme le fioul. Cependant, sa combustion rejette légèrement moins de CO₂ que le fioul pour une énergie produite équivalente. Le gaz naturel est acheminé par des canalisations terrestres, ou sous forme liquéfiée par voie maritime.

Le raccordement du territoire en fait une énergie facile d'accès, moins chère que le fioul. Le réseau gaz actuel dessert le centre-ville de Narbonne, il n'est pas prévu l'extension du réseau dans le cadre du projet.

5.4 LE GAZ PROPANE EN BOUTEILLE OU EN CITERNE

Le gaz en bouteille (propane) ou en citerne peut également être utilisé lorsque le gaz naturel n'est pas disponible.

Ce gaz est directement issu du pétrole et son utilisation constitue également un appauvrissement des ressources. Il est plus polluant que le gaz naturel mais moins que le fioul.

L'impact visuel des citernes de stockage de propane peut être particulièrement fort.

5.5 LE BOIS

Le bois énergie est l'une des sources énergétiques les plus intéressantes actuellement :

- Renouvelable : en effet, le bois est une source renouvelable puisqu'il peut être planté en quantité et disponible pour la production énergétique dans un délai cohérent par rapport à notre échelle de temps (quelques années à quelques dizaines d'années selon les essences) ;
- Neutre pour l'effet de serre : dans le cadre d'une gestion raisonnée (un arbre planté pur un coupé), sa combustion aura un impact neutre sur l'effet de serre puisque le CO₂ dégagé par sa combustion sera remobilisé par la biomasse en croissance grâce à la photosynthèse ;
- Bon marché : selon les solutions retenues (bûches, granulés, bois déchiqueté) et la filière locale, le prix du bois énergie reste intéressant en comparaison avec les autres types d'énergie ;
- Performant : les équipements actuels (poêles, chaudières) affichent des rendements tout à fait intéressants et sont de plus en plus automatisés.

Quelques difficultés peuvent cependant être mises en avant :

- Manutention et modes de vie : il est nécessaire de choisir la technique la plus adaptée au futur utilisateur. En effet, la solution bois bûche ne sera pas toujours adaptée à des populations vieillissantes par exemple. Le poêle à bûches sera également plus difficile à réguler ou à automatiser par rapport à un poêle à granulés ou à une chaudière bois.
- Le traitement des fumées : il est nécessaire de mettre en œuvre des poêles ou des chaudières performants pour l'ensemble des petites installations afin de favoriser une bonne combustion et

ainsi des rejets moins chargés. Les installations plus importantes devront disposer d'équipements de traitement des fumées.

D'une manière générale, nous sommes favorables à l'utilisation forte du bois énergie sur le site de Sainte Louise, que ce soit pour les lots individuels ou les logements collectifs ou semi-collectifs. Il conviendra cependant de valider la filière de livraison pour s'assurer de la disponibilité du bois sur le moyen terme.

5.6 L'ÉNERGIE SOLAIRE

5.6.1 L'ÉNERGIE SOLAIRE PASSIVE

Le solaire passif est la moins chère et l'une des plus efficaces puisqu'elle concerne directement l'approche bioclimatique : l'idée simple est d'orienter et d'ouvrir au maximum les façades principales du bâtiment au Sud. Il convient cependant d'intégrer des protections solaires (casquettes solaires, volets) pour limiter les apports en mi-saison et en été afin d'éviter les surchauffes. Cette énergie est directement liée au plan masse du projet urbain et à l'organisation des bâtiments sur chaque parcelle.

5.6.2 L'ÉNERGIE SOLAIRE ACTIVE

L'énergie solaire dite « active » se décline sous la forme thermique (production d'eau chaude, chauffage) et photovoltaïque (production d'électricité). Ces deux types d'énergie pourront être utilisés pour le projet de Sainte Louise.

Pour ses qualités environnementales (énergie renouvelables à très faible impact) et durable (simplicité des équipements), l'énergie solaire devra être intégrée fortement au sein du projet urbain.

La topographie relativement plane du site permet de faciliter la réflexion afin de favoriser un accès au soleil pour tous, au maximum.

5.6.3 GISEMENT SOLAIRE DISPONIBLE

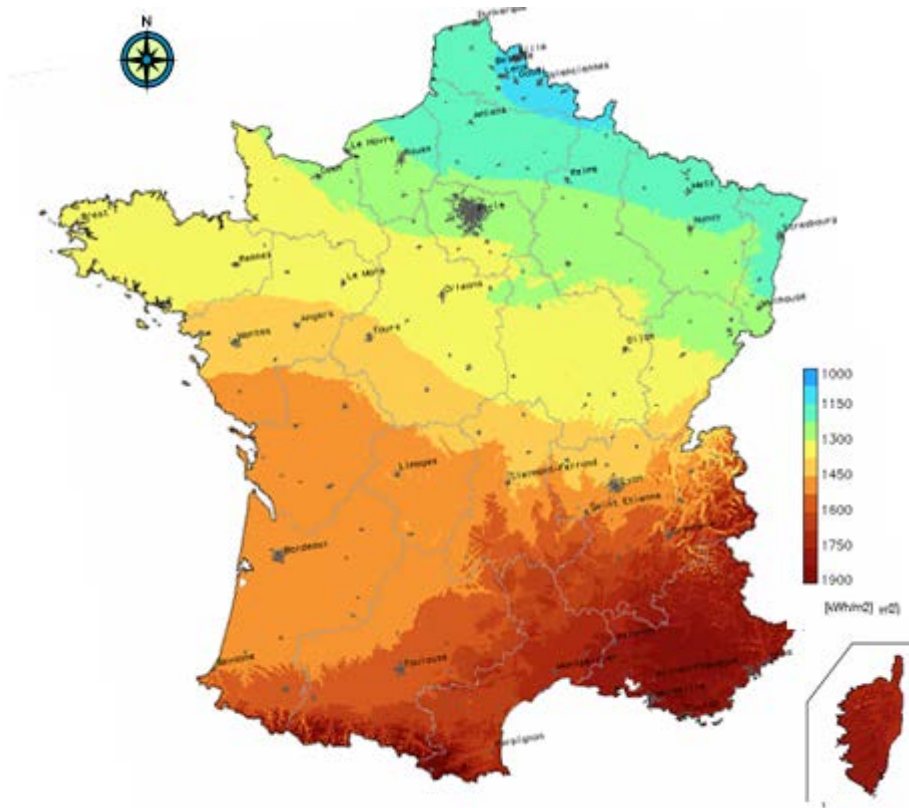
Le gisement solaire (ou ensoleillement) se mesure en kWh/m²/an et se définit comme l'énergie reçue et potentiellement valorisable par les systèmes solaires :

- les systèmes solaires thermiques convertiront 30 à 70 % de cette irradiation en chaleur,
- les systèmes solaires photovoltaïques convertiront en électricité entre 6 et 15 % de l'irradiation.

Narbonne se trouve dans une zone présentant un fort potentiel solaire en France. En effet, avec en moyenne chaque année 2500 heures d'ensoleillement et un gisement solaire annuel supérieure à 1600 kWh/m² le département de l'Aude fait partie des plus ensoleillés de France.

Les cartes ci-contre présentent les moyennes annuelles des heures d'ensoleillement et de l'énergie reçue sur une surface orientée au Sud et inclinée d'un angle égal à la latitude (en kWh/m².jour).

Le gisement solaire du site est très favorable au développement de l'énergie solaire localement.



☞ Carte 1 : Heures d'ensoleillement par an en France



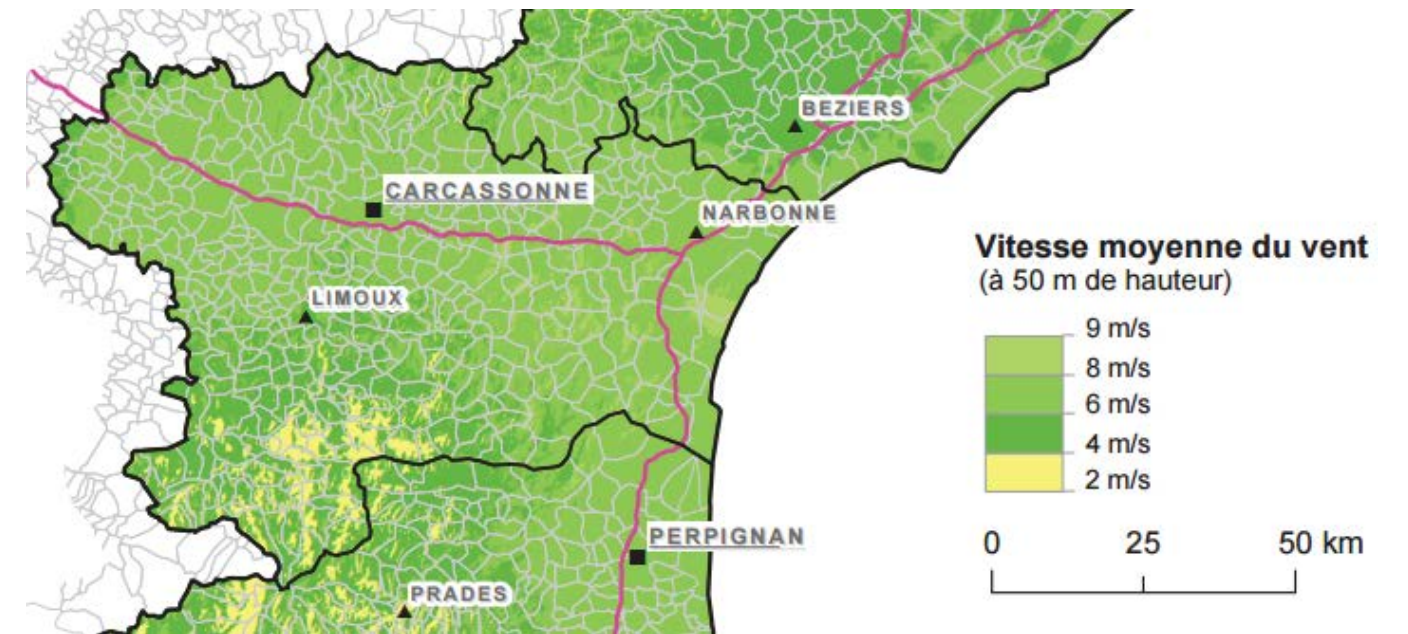
☞ Carte 2 : Répartition du gisement solaire en France¹

5.7 L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Globalement, le domaine de fonctionnement d'une éolienne correspond à une vitesse du vent comprise entre 3 et 25 m/s à 50 m au-dessus du sol, mais il convient aussi de tenir compte de la topographie du site et de la végétation.

Pour déterminer le potentiel éolien d'un site, il est indispensable de réaliser une étude de vent.

Une première estimation globale peut être réalisée à partir de cette carte des vents :



☞ Carte 3 : Extrait du Schéma Régional Eolien²

La région narbonnaise est exposée en particulier à un régime de vent : la Tramontane. C'est un vent de secteur Nord-Ouest, sec et souvent très violent qui souffle par rafales. Elle est généralement accompagnée d'un temps clair lumineux et bien ensoleillé, ainsi que d'un taux d'humidité extrêmement faible. Elle souffle en toute saison, fréquemment avec une évolution diurne qui présente un maximum en cours d'après-midi.

Les entrées maritimes ou vent marin, de secteur Sud-Est, apportent de fortes pluies sur la plaine. Elles peuvent parfois prendre des caractères violents, atteignant des vitesses supérieures à 100 km/h.

Les vents de Sud-Ouest ou vents d'Espagne, toujours chauds, soufflent également.

Le vent est très présent à Narbonne, une moyenne de plus de 117 jours par an de vents de plus de 55 km/h y est relevée. Ce sont des vents d'Est, vents marins, ou des vents d'Ouest appelés Cers.

Le secteur d'étude est très venté, avec une fréquence bien répartie dans l'année. Au niveau de la station météorologique de Narbonne la vitesse moyenne du vent est enregistrée à 5 m/s. Le vent souffle à plus de 55 km/h plus de 107 j par an avec un record de vent de 140 km/h noté en décembre 1999.

¹ Source : JRC (Joint Research Centre) de l'Union Européenne

² Source : Annexe n°1 du SRCAE LR

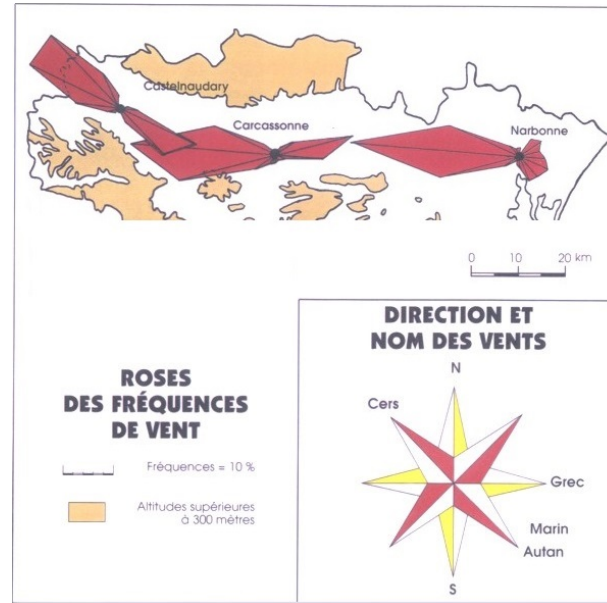


Figure 4 : Fréquence moyenne des directions des vents par groupe de vitesses

Le gisement éolien est très bon sur le secteur d'étude, Narbonne se développe sur une zone présentant des enjeux jugés forts dans la synthèse des enjeux du Schéma Régional Eolien du Languedoc-Roussillon.

5.8 L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

L'énergie hydraulique ne peut être développée sur le site ou à proximité de ce dernier du fait du réseau hydrographique constitué essentiellement de cours d'eau ne présentant pas de dénivellés permettant la création d'une chute suffisante et d'une débit associé important, mais également faisant l'objet d'une protection réglementaire (Canal de la Robine).

5.9 LA GÉOTHERMIE PROFONDE

L'énergie issue de la chaleur originelle de la terre peut également être considérée comme de l'énergie renouvelable car la quantité d'énergie stockée dépasse également de loin toutes nos échelles de temps. Elle peut cependant être récupérée uniquement lorsque des failles particulières lui permettent de remonter proche de la surface.

Concernant l'aménagement du site de Sainte Louise, le SAGE de la Basse Vallée de l'Aude restreint son utilisation.

5.10 LES RÉSEAUX DE CHALEUR ET DE FROID

Pour rappel, un réseau de chaleur est une installation comprenant une chaufferie fournissant de la chaleur à plusieurs bâtiments raccordés par l'intermédiaire de canalisations souterraines.

La chaleur peut être produite soit par des chaudières spécifiques au réseau de chaleur (fonctionnant au gaz, fioul, bois, etc.), soit par cogénération grâce à des incinérateurs d'ordures ménagères ou des centrales thermiques.

En ce qui concerne le réseau de froid, le principe est sensiblement le même que pour les réseaux de chaleur : une centrale produit de l'eau glacée amenée par des canalisations jusqu'aux bâtiments raccordés.

Le site n'est pas desservi par un réseau de chaleur/froid.

5.11 BILAN DES POTENTIALITÉS ÉNERGÉTIQUES DU SITE

Au vu de son important potentiel, le développement de l'énergie solaire photovoltaïque semble le plus adapté aux caractéristiques du site.

L'utilisation de petites éoliennes paraît également intéressante pour valoriser le vent très fréquent dans le secteur étudié.

Le tableau ci-contre présente les différentes formes d'énergie mobilisables ainsi que les avantages et les inconvénients de chacune.

Tableau 1 : Bilan des énergies mobilisables sur le site

FORMES D'ÉNERGIE	ATOUTS/AVANTAGES	CONTRAINTES/INCONVENIENTS
ELECTRICITE	Disponibilité, à réserver aux usages spécifiques	Faible rendement global
FIOUL	-	Energie fossile Très fort impact environnemental
GAZ NATUREL	Réseau existant (mais raccordement au site non prévu), impact environnemental plus limité que le fioul	Energie fossile à fort impact environnemental
PROPANE	Impact environnemental plus limité que le fioul	Positionnement des citernes ou réseau gaz sur le secteur
GÉOTHERMIE PROFONDE (ENR)	Pas de possibilité sur le site (SAGE de la Basse Vallée de l'Aude)	
GÉOTHERMIE - AQUATHERMIE (faible profondeur)	Disponibilité	
BOIS (ENR)	Zone rurale propice, disponibilité de la ressource Facilité de mise en œuvre en habitat individuel Chaudière collective possible en habitat collectif	Densité énergétique à valider pour la mise en œuvre des réseaux Niveau d'automatisation à adapter selon les utilisateurs
SOLAIRE (ENR)	Site dégagé et fort potentiel	
EOLIEN (ENR)	Pas de possibilité sur le site (zone à forts enjeux)	
HYDRAULIQUE (ENR)	Pas de possibilité sur le site (protection du canal de la Robine et conditions hydrologiques défavorables)	

6. LES SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ADAPTÉES AU SITE

6.1 L'ÉNERGIE SOLAIRE

6.1.1 LE SOLAIRE PASSIF

Optimiser les apports solaires passifs permet de limiter les besoins en chauffage. C'est la base pour la construction des bâtiments peu consommateurs d'énergie.

Cette démarche peut être décrite à en plusieurs échelles et selon différentes étapes :

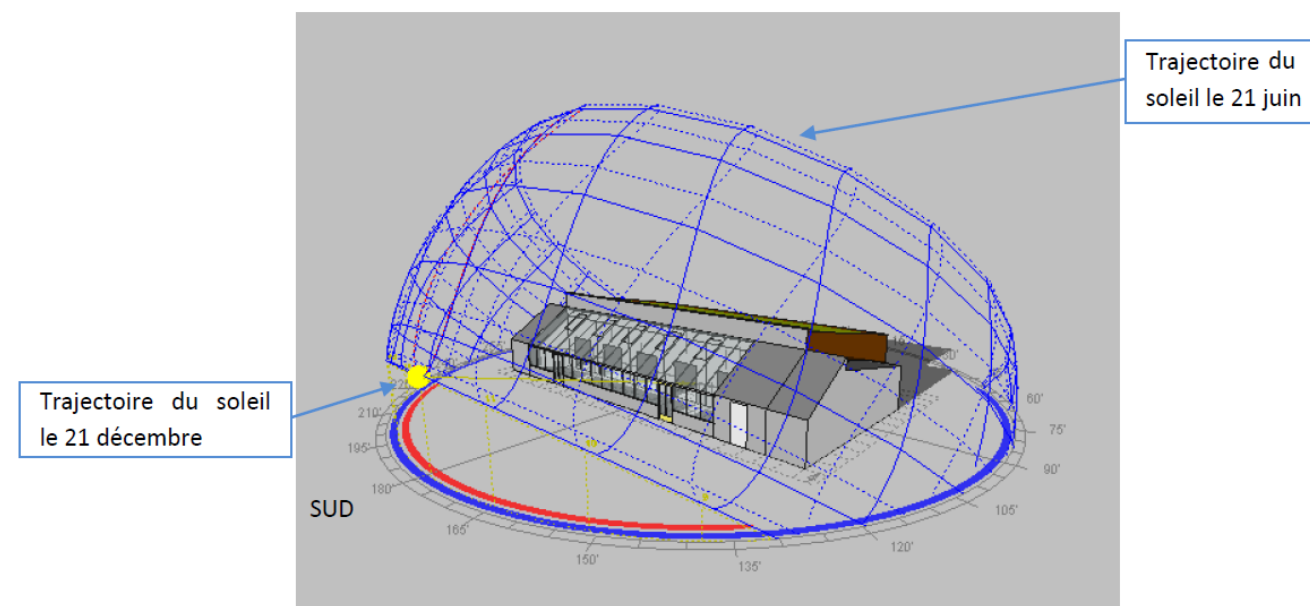
- **A l'échelle du bâtiment :**

- Prévoir les façades principales au Sud.
- Assurer un recul suffisant entre les bâtiments pour permettre un accès au soleil au Sud dans les conditions les plus défavorables.

L'orientation du bâtiment au Sud permet de capter le maximum de rayonnement direct en hiver et à la mi-saison lorsque le soleil est bas sur l'horizon et qu'il y a des besoins en chauffage.

Cette orientation permet également de limiter le rayonnement incident en mi-saison chaude et en été lorsque le soleil est haut dans le ciel et que sa course favorise le rayonnement à l'Est et à l'Ouest.

Le schéma suivant illustre ces conditions d'ensoleillement.



☞ Figure 5 : Trajectoires annuelles du soleil pour un bâtiment orienté au Sud

- **A l'échelle des logements :**

- Préférer une orientation des logements Nord-Sud : espaces tampons au Nord, espaces de vie au Sud.
- Éviter les logements Mono-orientés à l'Est, à l'Ouest ou au Nord.

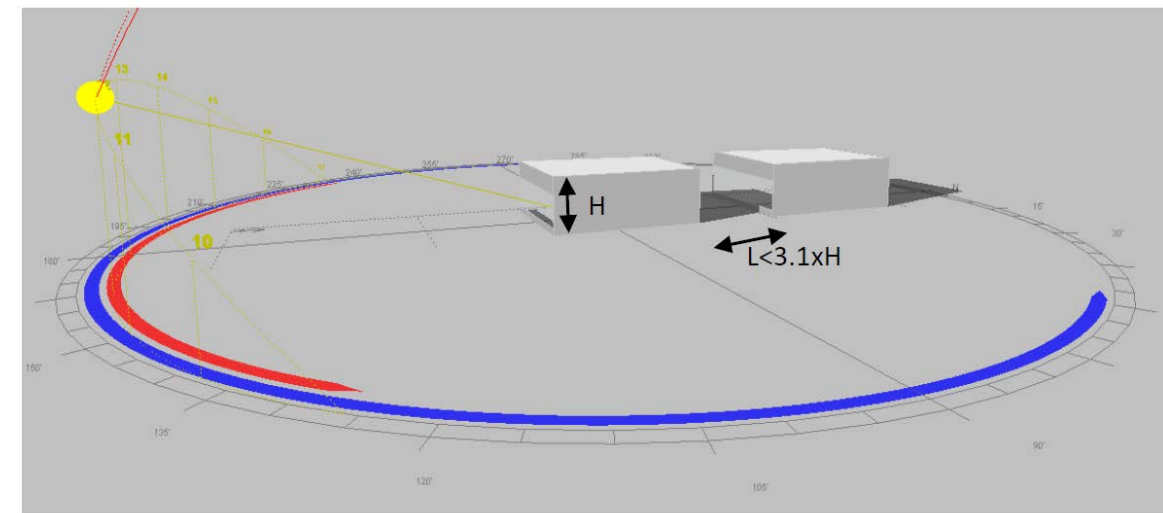
Cette démarche mise en œuvre à l'échelle du Plan Masse permet directement de favoriser l'implantation de capteurs solaires, qu'ils soient thermiques ou photovoltaïques.

Le site spécifique de Sainte Louise présente une topographie favorable pour l'accès au soleil, si les bâtiments sont majoritairement orientés au Sud.

Sur la base d'un accès au soleil en pied de bâtiment (pour bénéficier d'un maximum de soleil notamment en apport passif), le 21 décembre à 12 h, l'angle libre au sud doit représenter 18°.

Sur une surface plane, cet angle impose ainsi un recul de 3,1 fois la hauteur des bâtiments situés juste au Sud du bâtiment étudié.

Dans une optique uniquement axée sur l'accès au soleil pour la production d'énergie solaire thermique ou photovoltaïque, il convient donc de respecter ce recul pour optimiser la production.



☞ Figure 6 : Vue de deux bâtiments séparés d'une distance $L < 3,1xH$, le 21 décembre à 12h00

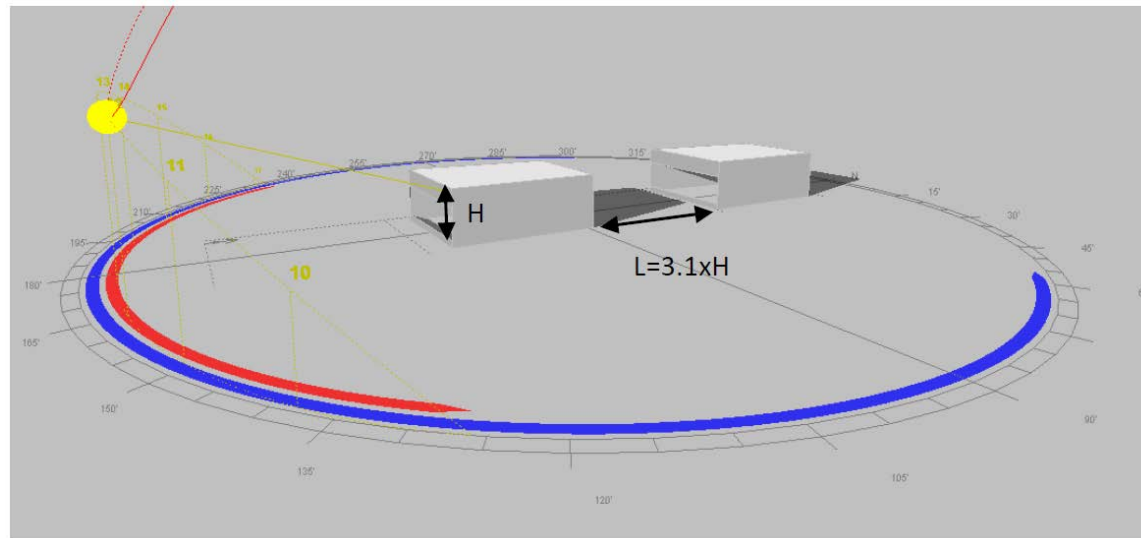


Figure 7 : Vue de deux bâtiments séparés d'une distance $L=3,1xH$, le 21 décembre à 12h00

6.1.2 LE SOLAIRE ACTIF

6.1.2.1 Energie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est une solution de production d'énergie électrique décentralisée qui peut être avantageusement étudiée lors de la construction de bâtiments neufs, comme c'est le cas du projet urbain de Sainte Louise.

Cependant, même si l'intégration de tels systèmes de production doit être réfléchi le plus en amont dans les projets de construction afin d'assurer leur intégration, il est toujours préférable de considérer le photovoltaïque en dehors de la phase d'optimisation énergétique d'un bâtiment.

En effet, le bâtiment doit d'abord être performant par son orientation (démarche bio-climatique), son enveloppe (isolation, vitrage), avant d'être performant par l'intégration de systèmes énergétiques complexes.

L'installation de panneaux photovoltaïques pourrait être envisagée afin de produire de l'énergie électrique localement, et de revendre la production à EDF.

Bien que les tarifs de rachat aient fortement chuté récemment, les coûts des panneaux ayant réduit, ce type de production décentralisée reste intéressant à étudier.

Cependant, afin de bénéficier d'un tarif de rachat optimal, il est nécessaire d'intégrer les capteurs photovoltaïques au bâtiment : remplacement de bardage horizontal, membrane d'étanchéité, casquettes solaires, etc. En effet, dans le cas d'une production à partir d'un système intégré, le tarif de rachat est majoré.

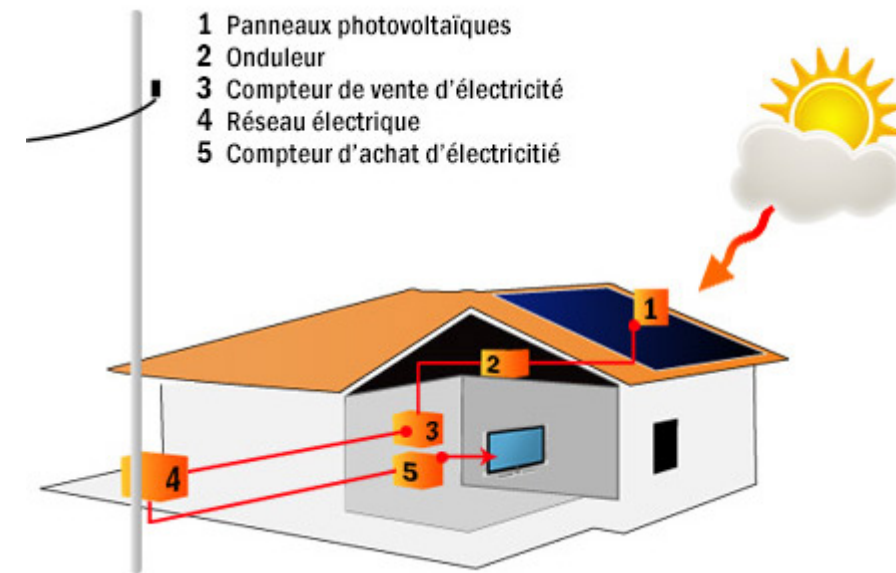


Figure 8 : Schéma de fonctionnement d'une installation photovoltaïque

Diverses solutions techniques peuvent être envisagées sur les bâtiments de la ZAC, selon leur configuration et l'architecture des constructions.

Pour les bâtiments collectifs par exemple, il pourrait être envisagé d'intégrer des panneaux tout en assurant l'étanchéité des toitures. Des modules photovoltaïques sont directement intégrés, en usine, sur une membrane d'étanchéité, ainsi que l'ensemble des connectiques

Pour une surface équivalente, ces modules sont moins performants que des modules classiques mais le coût de ces solutions et l'intérêt technique de mutualiser l'étanchéité avec une production photovoltaïque rendent ce produit aujourd'hui adapté à certains projets.



Photographie 1 : Mise en place de membrane photovoltaïque (Source : Solaris energy)

La seconde solution repose sur des modules plus classiques à base de silicium polycristallin. Généralement adaptés pour la maison individuelle, ces systèmes peuvent être posés sur quasiment tous les types de support.

Les modules polycristallins offrent une puissance située autour de 130 W à 140 W par m². La performance de ces capteurs est donc supérieure par rapport à celle des membranes. En revanche, l'intégration dans les bâtiments nécessite des structures spécifiques plus difficiles et coûteuses à mettre en œuvre que les modules membranes.



☞ Photographie 2 : Panneaux photovoltaïques intégrés en toiture

6.1.2.2 Energie solaire thermique

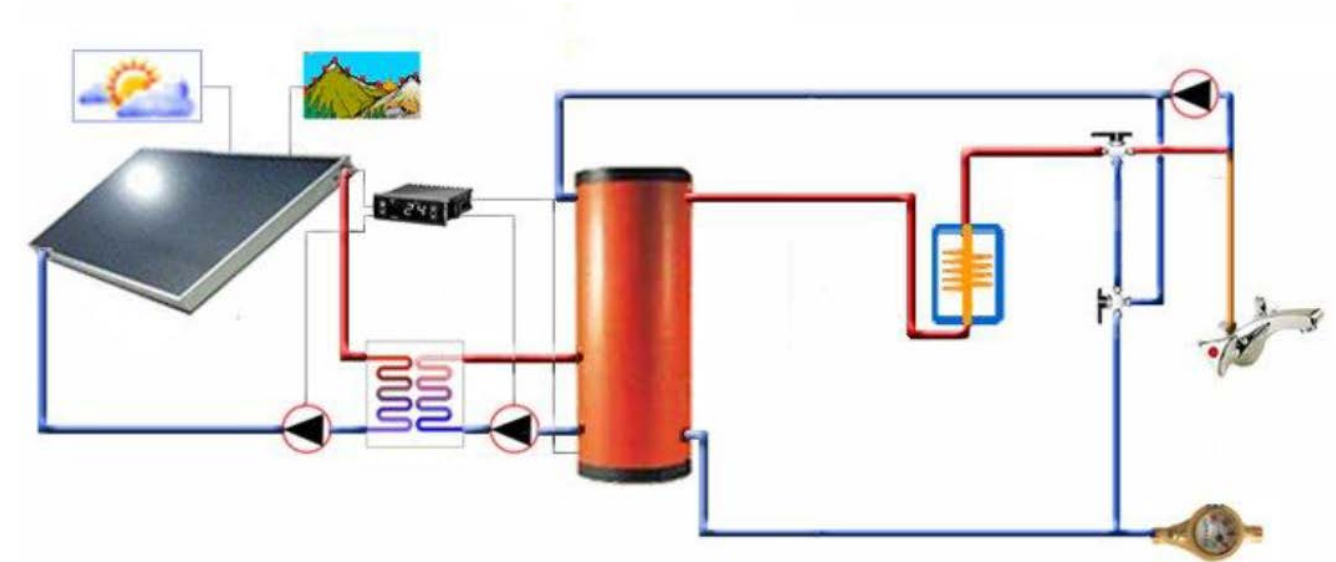
L'énergie solaire est une énergie gratuite, abondante et renouvelable. C'est l'énergie renouvelable de prédilection pour la production d'eau chaude, notamment celle à basse température.

Un rayonnement global d'environ 2500 kWh/m² irradie par an Narbonne, ce qui correspond à peu près à 250 litres de fioul par m².

Cette énergie arrive sous deux formes, le rayonnement direct provenant directement du soleil et le rayonnement diffus lorsque le ciel est nuageux.

Une installation solaire thermique permet de récupérer environ 40 à 60% du rayonnement global provenant du soleil.

Le schéma suivant présente une installation simplifiée de type solaire collectif pour la production d'eau chaude :



☞ Figure 9 : Exemple de schéma d'installation solaire thermique (source : Simsol)

Une installation solaire comprend les éléments suivants :

- un réseau de capteurs solaires qui permet de transférer l'énergie solaire au fluide qui le traverse au moyen de l'absorbeur,
- le circuit primaire qui permet de transporter et de transférer l'énergie solaire vers l'eau à travers un échangeur externe ou interne,
- le ballon de stockage solaire qui permet d'accumuler l'eau chaude pour une utilisation ultérieure,
- une source d'énergie d'appoint, instantanée ou couplée à un stockage d'eau chaude,
- différents organes en fonction des systèmes : circulateurs primaires et secondaires, régulateurs, sondes, etc.

• Types d'utilisation

L'énergie solaire thermique peut être utilisée sans restriction particulière, autant dans les logements individuels que les logements collectifs. Plusieurs réalisations sur le département illustrent ces deux utilisations.

Les établissements scolaires sont de bon candidats à l'utilisation du solaire thermique car les besoins en eau chaude sanitaire peuvent être importants toute l'année.

En revanche, les locaux tertiaires et les commerces ont généralement de faibles besoins en eau chaude. Il n'est donc pas judicieux de le prévoir pour ces bâtiments (en dehors de commerces spécifiques avec des forts besoins d'eau chaude).

Le solaire thermique est généralement utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire. Il est important de rappeler que les systèmes solaires thermiques peuvent également participer à réduire de manière globale les besoins thermiques des bâtiments en produisant également une partie du chauffage.

Les installations solaires thermiques permettent de faire des économies d'énergie qui représentent environ :

- 40 à 50 % des besoins d'eau chaude sanitaire lorsque le solaire est uniquement dimensionné pour la production d'eau chaude,
- 30 % environ sur le chauffage et 60 à 65 % sur l'eau chaude lorsque le système est dimensionné pour assurer une part des besoins de chauffage en complément de l'eau chaude.

D'autre part, il est nécessaire de rappeler que la future réglementation thermique (RT2012), en vigueur dans les bâtiments d'habitation au 1er janvier 2013 imposera, pour les logements individuels et assimilés, l'utilisation d'énergie renouvelable pour la production d'eau chaude sanitaire. Le solaire est, à ce titre, l'une des sources privilégiées pour répondre à ce principe.

6.1.2.3 Influence de l'orientation et de l'inclinaison sur la performance des panneaux

Concernant le solaire photovoltaïque, le rendement optimum est obtenu pour une inclinaison des panneaux de 30° à 45° et une orientation plein Sud.

Le tableau ci-dessous indique quels sont les facteurs de corrections applicables lorsqu'on s'éloigne de l'orientation la plus performante (indiquée à 1,00).

A sa lecture, on constate que les écarts sont très faibles : les panneaux photovoltaïques peuvent donc être orientés à l'horizontale comme à la verticale.

☞ Tableau 2 : Facteurs de correction pour une inclinaison et une orientation données

INCLINAISON \ ORIENTATION		FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES			
		0°	30°	60°	90°
Est		0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est		0,93	0,96	0,88	0,66
Sud		0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest		0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest		0,93	0,90	0,78	0,55

Source : Hespul

- Orientation la plus performante
- Orientation à éviter si l'intégration architecturale ne l'impose pas

La perte énergétique induite pourra être compensée par une légère augmentation de la surface de capteurs.

Sur Narbonne, cette perte énergétique est compensée par la qualité de l'ensoleillement.

6.1.2.4 Principes de base pour une intégration réussie

Les différents dispositifs existants sont : les panneaux photovoltaïques, les capteurs photovoltaïques souples ou encore les tuiles et les ardoises photovoltaïques.

L'intégration des panneaux solaires en toiture doit être étudiée précisément, tant pour assurer une bonne productivité des équipements que pour obtenir une qualité esthétique satisfaisante tout en respectant les règlements d'urbanisme.

Préalablement à l'implantation des panneaux photovoltaïques en toiture, il est nécessaire d'identifier les points hauts desquels ils seraient visibles, afin que leur positionnement préserve le contexte urbain et paysager environnant.

Il est important de considérer les panneaux solaires comme des éléments d'architecture intégrés et non des rajouts.

Une intégration architecturale réussie dépend de la forme du champ de panneaux et de sa position dans la toiture qui doit s'harmoniser avec les proportions du bâtiment.

La pose de panneaux solaires en toiture appelle certains principes généraux déclinés ci-après, permettant un compromis entre rendement et intégration architecturale :

- Effectuer une approche paysagère permettant de vérifier l'impact des panneaux solaires depuis le domaine public et depuis les points hauts dans le paysage.
- Créer un ensemble de panneaux le plus homogène possible en les regroupant : assembler les panneaux solaires en bandeaux ou en frises verticales (selon la configuration de la toiture) pour ne pas les éparpiller sur le toit.
- Vérifier que l'emplacement retenu offre un plan compatible avec la bonne orientation du panneau solaire.
- Favoriser une proportion satisfaisante entre la surface du pan de toiture et celle des panneaux. Lorsque c'est envisageable couvrir l'intégralité d'un pan de toiture.
- Tenir compte de la composition des façades : trouver un emplacement qui accompagne ou prolonge les rythmes verticaux de la façade, implanter les panneaux en continuité des ouvertures, en privilégiant une certaine symétrie.
- Vérifier que l'emplacement retenu n'est pas soumis à des ombres portées du relief, de la végétation, d'immeubles voisins ou de souches de cheminées. Au moindre doute, recourir à une étude de masques.
- Choisir des coloris et des éléments techniques en harmonie avec la couleur de la toiture.
- Eviter l'effet de surbrillance et de reflet.
- Incorporer les capteurs dans l'épaisseur de la toiture : ils deviendront partie intégrante de la couverture, et de ce fait seront moins perceptibles.

NB : Il sera préférable d'installer les panneaux solaires en partie supérieure du toit pour éviter au maximum tout ombrage.

Remarque : Intégration des panneaux en toiture terrasse

Les toitures terrasses laissent peu de place à une intégration réussie. En effet, les panneaux solaires seront disposés sur un châssis dont l'orientation et l'inclinaison auront été optimisés.

Néanmoins, on s'attachera à :

- reculer suffisamment les panneaux solaires de l'acrotère afin de les masquer depuis la rue,
- soigner la symétrie avec les composantes du bâtiment si cet acrotère n'est pas présent,
- faire attention à ce que les panneaux ne soient pas en contrebas d'un bâtiment avoisinant,
- vérifier la conformité de l'ancrage des panneaux avec les DTU neige et vent et préserver l'étanchéité,
- selon leur perception utiliser un habillage latéral pour masquer la structure métallique porteuse.

La conception de l'installation nécessite une réflexion préalable et doit être réalisée par un maître d'œuvre ou un professionnel suivant les recommandations précitées.

6.1.2.5 Masques solaires

Il conviendra donc de prendre en compte les arbres qui seront conservés ou plantés dans le projet de manière à ce que leur ombre portée ne limite pas trop les apports solaires. Dans l'ombre d'une haie de grande taille, un espace de jeux ou un parking collectif pourraient être aménagés par exemple.

6.2 BIOMASSE

6.2.1 BIOMASSE : SOLUTIONS INDIVIDUELLES

Par biomasse, nous entendons dans cette étude l'ensemble de la filière « bois énergie ».

L'utilisation du bois dans les logements individuels ou intermédiaires se développe relativement bien depuis quelques années. Les solutions disponibles permettent généralement de chauffer l'ensemble du logement avec un système simple et performant.

Celui-ci pourrait être de quatre types :

TYPE	AVANTAGES	INCONVENIENTS	REMARQUE
Foyer fermé	Facilité d'installation Alimentation à partir de bûches Possibilité de récupération de chaleur pour l'étage Coût de la bûche	Faible autonomie Impossibilité de réguler la diffusion de chaleur Rendement moyen Temps d'entretien important	Pas de dispositif de chauffage central
Poêle à bois bûche	Facilité d'installation Alimentation à partir de bûches Coût de la bûche	Faible autonomie Impossibilité de réguler la diffusion de chaleur Rendement supérieur à celui du poêle Temps d'entretien important	Pas de dispositif de chauffage central
Poêle à granulés	Autonomie pouvant être importante Possibilité de régulation Stockage en format sac ou vrac Bon rendement	Bruit généré (parfois) Coût du granulé Nécessite un branchement électrique Temps d'entretien limité	Pas de dispositif de chauffage central
Chaudière granulés	Automatisation équivalente à une chaudière fioul ou gaz Rendement très bon Autonomie très importante	Installation nécessitant une chaufferie et de l'espace de stockage Coût de la chaufferie au regard de besoins faibles en BBC Temps d'entretien très faible	Chauffage central, couplage possible avec du solaire Vigilance sur la puissance à installer

☞ Tableau 3 : Facteurs de correction pour une inclinaison et une orientation données

Toutes ces solutions sont envisageables.

En maison individuelle, les systèmes de chauffage divisé type poêles ou foyer fermé sont très bien adaptés : le logement doit être conçu de manière à ce que la chaleur puisse facilement desservir toutes les pièces.

Le choix se fera selon la volonté de l'utilisateur de passer du temps à la manipulation du bois bûche et du décendrage.

L'automatisation des poêles à granulés permet d'améliorer le niveau de confort des usagers en limitant la manutention et en offrant la possibilité de programmer des plages de chauffage.

Les chaudières à granulés sont adaptées en maison individuelle sous réserve :

- d'avoir de la surface disponible pour la chaufferie: chaudière + silo de stockage (10 m² environ),
- d'installer un système de chauffage central,
- d'adapter la puissance à installer aux besoins de la maison.

En effet, la réglementation thermique 2012 imposera un standard BBC en termes de besoins : le coût d'un système de chauffage central pourra apparaître trop important au vu de faibles besoins en chaleur. La puissance nécessaire sera elle aussi assez faible, il est donc important que les chaudières installées présentent des petites puissances (6-8-10 kW).

C'est dans cette optique que de plus en plus de constructeurs se penchent sur des matériels de faible puissance adaptés aux maisons performantes.

6.2.2 BIOMASSE : CHAUFFAGE COLLECTIF

Comme pour le chauffage collectif au fioul ou au gaz, il est possible d'installer une chaudière granulés pour desservir des logements collectifs.

Il s'agit de réaliser une chaufferie collective qui dessert les logements avec comptage de chaleur ou non selon les modalités de gestion du bâtiment.

Il est dans ce cas nécessaire de prévoir une chaufferie dédiée avec un silo de stockage dimensionné en fonction des besoins et un accès pour le camion de livraison. En termes de maintenance, il faut prévoir le passage régulier d'un agent pour le déchargement et l'entretien annuel de la chaufferie. La valorisation des cendres doit également être prévue.

6.2.3 RÉSEAU DE CHALEUR BOIS

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, notamment bois.

Aucun réseau n'existe actuellement sur le site, il ne s'agira donc pas d'un raccordement mais bien d'une création.

6.2.3.1 Principe de fonctionnement des chaudières automatiques

Les chaudières automatiques à bois utilisent du bois déchiqueté ou des granulés de bois pour produire de la chaleur.

Le combustible est convoyé automatiquement dans le foyer par un système de transfert de type vis sans fin ou tapis convoyeur. Il supprime les manipulations quotidiennes de bois nécessaires avec une chaudière à bûches.

La combustion est complètement maîtrisée grâce à la gestion des arrivées d'air comburant et de la quantité de combustible apportée au foyer.

Le rendement atteint 80 à 90 % ce qui a plusieurs conséquences : températures de fumée très basses (110°C), cendres très fines produites en faible quantité (1 à 2 % en volume), faibles dégagements de poussières et de produits de combustion incomplète dans les fumées.

Le bois est stocké dans un silo attenant à la chaufferie, dimensionné selon la consommation prévisionnelle de l'installation.

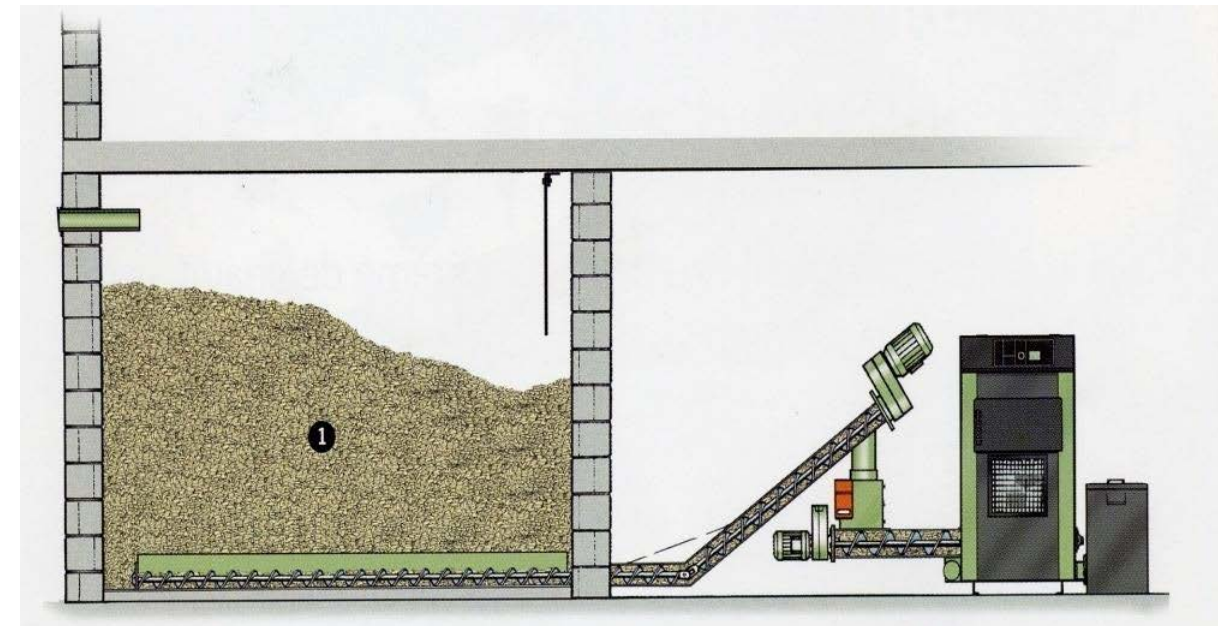


Figure 10 : Schéma de principe d'une chaufferie bois

6.2.3.2 Combustible

Le bois déchiqueté ou plaquette peut être d'origine industrielle ou agricole.

Le bois déchiqueté d'origine industrielle provient :

- de connexes d'industrie du bois,
- de DIB : palettes ou cageots en fin de vie,
- de bois d'éclaircies forestières.

Le bois déchiqueté d'origine agricole provient de la valorisation des branchages issus de l'entretien des boisements.

Les granulés de bois sont fabriqués avec de la sciure issue de l'industrie du bois : ces sciures sont transformées en granulés par pressage si elles sont sèches, elles sont préalablement séchées avant compression si elles sont humides.

Dans les deux cas, les granulés ne comportent pas d'additifs.

Le granulé de bois est un produit beaucoup plus homogène que la plaquette, donc plus facilement utilisable, mais il nécessite plus d'énergie pour sa fabrication.

Quelle que soit l'origine du bois, le maître d'ouvrage devra être vigilant sur les caractéristiques techniques suivantes :

- granulométrie maximale tolérée par la chaudière,
- taux d'humidité maximum tolérée par la chaudière,
- taux de poussières,
- absence de terre ou de sable,
- absence de corps étrangers.

Ces caractéristiques étant variables en fonction des gammes de puissance et des constructeurs de chaudière, le maître d'ouvrage devra exiger un engagement du fournisseur sur la base de la qualité du bois préconisée par le constructeur de la chaudière.

Une attention particulière devra être portée sur les points suivants :

- stockage du bois : le bois déchiqueté doit être stocké sur dalle, sous hangar couvert et aéré, au moins 6 mois après déchiquetage, pour permettre le séchage. L'aération du hangar ne nécessite pas forcément de ventilation mécanique : des ouvertures latérales ou zénithales doivent permettre l'évacuation de la vapeur d'eau produite par la fermentation du bois.
- corps étrangers : le lieu de stockage et la manutention du bois doivent permettre de limiter au maximum l'introduction accidentelle de corps étrangers (outils, pièces métalliques, ficelles etc.) susceptibles de bloquer les vis de convoyage du bois dans la chaudière.
- gestion des stocks : le bois déchiqueté en hiver doit sécher 6 mois à 1 an. La production de l'année suivante devra être stockée séparément de manière à ne pas ré-humidifier de la plaquette sèche. Le hangar devra se prêter à ce type de gestion des stocks.

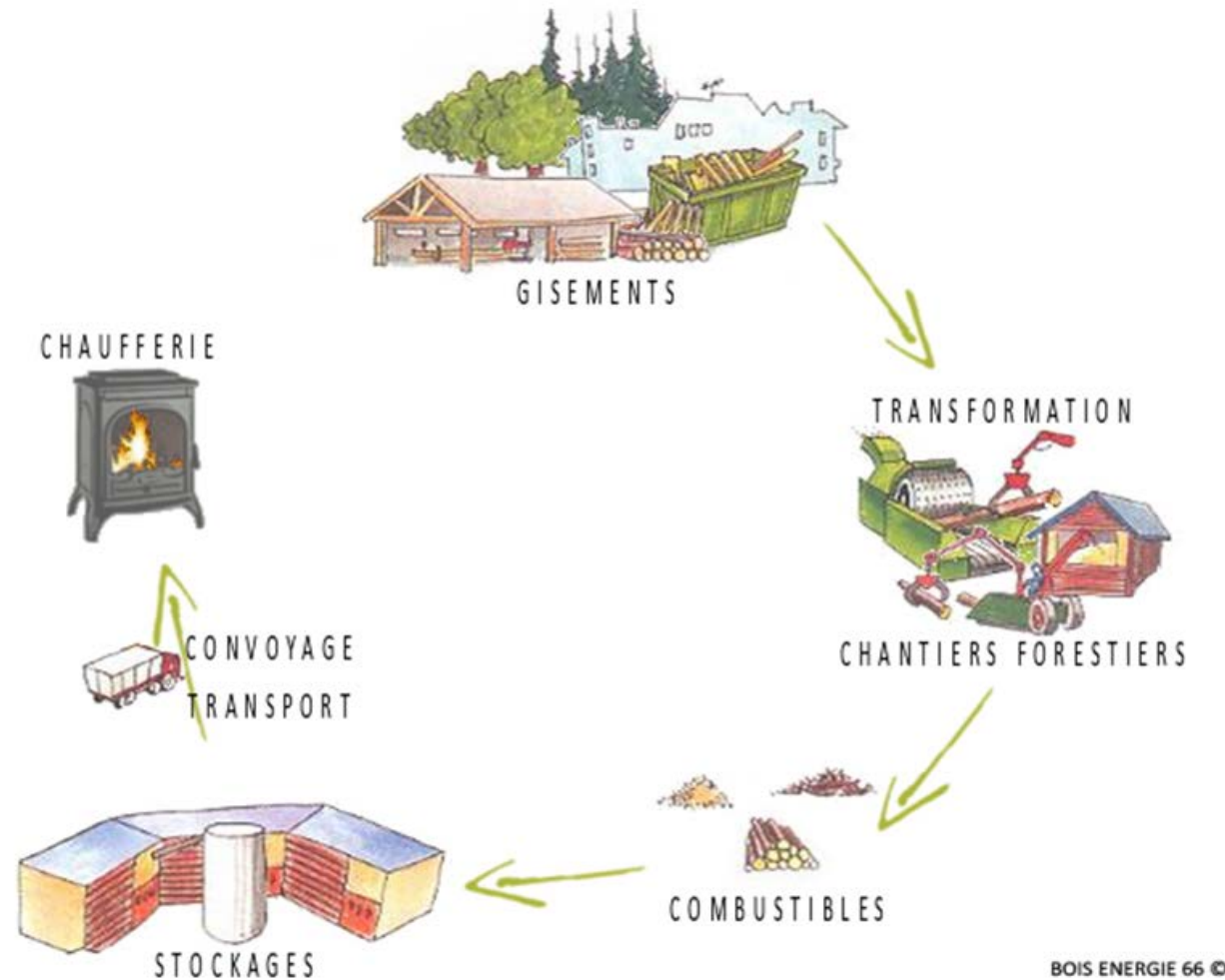


Figure 11 : Schéma de principe du cycle Bois Energie

6.2.3.3 Gamme de puissance

La gamme de puissance couverte par les chaudières automatiques est très étendue : de 20 kW (chauffage d'une maison), à plusieurs MW pour les usages industriels.

A chaque gamme de puissance correspond un système de convoyage de bois déchiqueté. Plus la puissance augmente, plus la granulométrie du bois peut être grossière et plus le taux d'humidité acceptable est élevé.

Le granulé est plus adapté aux chaudières de petites à moyennes puissances : de 8 kW à 300 kW lorsque plusieurs chaudières sont installées « en cascade ».

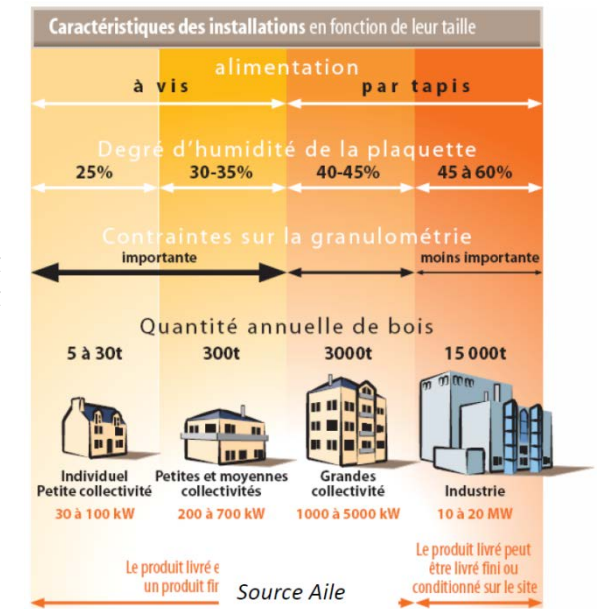


Figure 12 : Caractéristiques des installations en fonction de leur taille

6.2.3.4 L'impact environnemental

- Généralité

Le bois énergie est considéré comme énergie renouvelable. En effet, le bilan carbone du bois énergie est neutre car le gaz carbonique (CO₂) dégagé par la combustion est réabsorbé par la forêt pour la photosynthèse, à condition que la gestion des forêts soit durable (ce qui est le cas en France) et que la filière d'approvisionnement en bois soit locale.

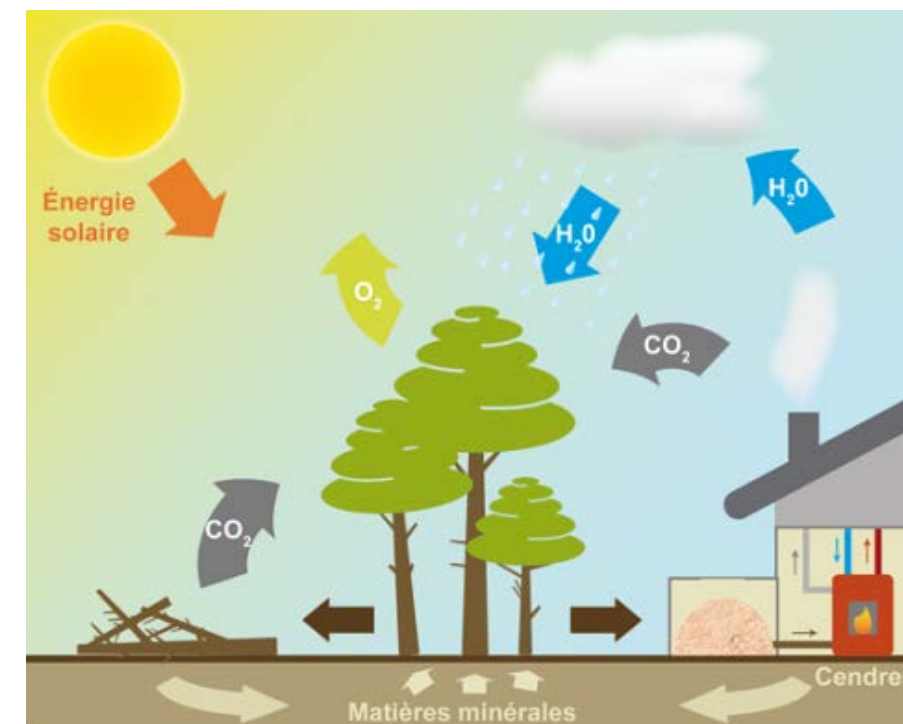


Figure 13 : Le principe du cycle du carbone dans l'utilisation d'une chaufferie bois

- **Chaudières bois et qualité de l'air**

Une note de synthèse ADEME-MEEDDAT, intitulée « Le bois énergie et la qualité de l'air » a été rendue publique en mars 2009.

Les principaux enseignements que l'on peut en tirer sont :

- le bois énergie contribue pour une très faible part aux émissions nationales de dioxyde de soufre (SO₂) et d'oxydes d'azote (NO_x) (2% environ) et contribue à hauteur de 10% environ aux émissions de dioxines et de poussières totales ;
- le bois énergie contribue de manière significative aux émissions nationales de :
 - composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) : 22%,
 - de monoxyde de carbone (CO) : 31%,
 - d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (77% pour la somme des 4 HAP),
 - de particules : 27% pour les PM 10³ et 40% pour particules les plus fines (PM 2,5).

En résumé, le bois-énergie ne constitue pas actuellement au niveau national et en termes de bilan d'émissions, une source majeure de pollution par le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et les dioxines.

Cependant sa contribution, en l'état actuel des technologies ou des pratiques, est notable vis-à-vis des poussières fines, des composés organiques volatils, du monoxyde de carbone, et des hydrocarbures aromatiques polycycliques, et en raison surtout de la combustion du bois en maison individuelle dans de mauvaises conditions.

Le secteur domestique est responsable en grande partie des émissions de polluants atmosphériques liés à la combustion du bois :

- 81% du bois consommé en France l'est par le secteur domestique.
- Le combustible utilisé est de qualité très variable ce qui impacte considérablement la qualité de la combustion.
- Le parc d'appareils de chauffage au bois est ancien et la combustion y est mal maîtrisée.
- Ainsi, la combustion du bois dans des appareils neufs et a fortiori dans des chaudières automatiques permet de réduire considérablement l'impact de la combustion sur la qualité de l'air.

6.2.3.5 Principe d'implantation du silo

Le choix de l'implantation du silo est un des points clés de la réussite d'une installation de chaufferie bois. Il doit être facilement accessible pour les livraisons de combustible et permettre un remplissage aisé au moment de la livraison. Son volume doit assurer une autonomie suffisante en chauffage.

La chaudière pourra être installée au même niveau que le silo. Si ce n'est pas le cas, un système de convoyage spécifique devra être prévu pour amener le combustible au niveau du corps de chauffe.

6.2.3.6 Silo pour bois déchiqueté

La livraison de bois déchiqueté en vrac s'effectue grâce à des camions de livraison ou des attelages tracteurs remorque : ce type de livraison par bennage nécessite une **réflexion en amont sur l'accès à la parcelle et les manœuvres réalisables sur le site (rayon de courbure du véhicule)**.

Si le site présente un dénivelé naturel, le silo pourra être conçu en aérien ou semi-enterré afin de limiter les frais de génie civil.

Dans le cas contraire, un silo enterré est incontournable (sauf dans le cas de chaudières de grosse puissance avec désilage par échelles carrossables).

Les silos doivent être étanches à l'eau et disposer d'un système d'aération du bois, souvent raccordé à la chaufferie

Le dispositif de fermeture du silo peut prendre plusieurs formes : trappes carrossables, trappe coulissante latéralement, trappe à ouverture verticale. Dans tous les cas, le dispositif devra être adapté aux dimensions du véhicule de livraison des plaquettes, et assurer la sécurité des intervenants autour de la livraison ainsi que l'étanchéité du silo.

6.2.3.7 Silo pour granules

L'approvisionnement en granulés étant plus simple à assurer que l'approvisionnement en plaquettes, la conception des silos est plus facile. La livraison du granulé est réalisée par camion souffleur. Cet approvisionnement se fait en aérien grâce à l'utilisation d'un tuyau flexible de soufflage, raccordé au silo par un raccord pompier.

De fait, la chaufferie et le silo peuvent être :

- de plain-pied avec raccord pompier à hauteur accessible
- en sous-sol, avec raccord pompier rapporté au niveau du Rdc.

6.2.3.8 Approvisionnement

L'approvisionnement des chaufferies à partir des plateformes de stockage ou directement depuis les forêts, peut se faire à l'aide de différents camions :

- Petits camions de types communaux avec ridelles : Ce type d'approvisionnement est typique des installations de petites et moyennes puissance alimentées en auto approvisionnement ou à partir de plateformes toutes proches. Le volume transporté est faible (3-4 MAP). On parle d'auto approvisionnement lorsque le maître d'ouvrage s'occupe lui-même d'alimenter sa chaufferie généralement à partir d'une ressource qu'il possède (forêt communale dans le cas où le maître d'ouvrage est une commune).
- Poly-benne : C'est le type de transport le plus répandu. D'une capacité de 20 à 35 MAP en fonction des bennes utilisées, ils garantissent un accès relativement facile aux installations et une grande rapidité de livraison.
- Semi à fond mouvant : Les semis sont utilisés pour des installations de moyennes à grosses puissances. Le volume est de 90 MAP.
- Camions souffleurs : Ce sont des camions qui permettent de livrer des chaufferies qui rencontrent des difficultés d'accès. Les tuyaux et le mécanisme de soufflage garantissent une livraison jusqu'à 20 mètres environ. Ce système est très courant pour la livraison de granulé et tend à se développer pour les plaquettes. La vitesse de livraison est moins importante que pour un bennage classique.

³ Particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres

Le département de l'Aude abrite 11 plateformes de stockage de bois déchiqueté, dont une localisée sur Narbonne.

6.3 GÉOTHERMIE OU AQUATHERMIE

La géothermie et l'aquathermie sont des principes de production d'énergie renouvelable, disponible à volonté.

Il s'agit de prélever la chaleur directement dans le sol à l'aide de capteurs (dans la terre ou l'eau), pour la transformer en chaleur utilisable en chauffage dans les locaux. La chaleur captée dans le sol ne permet pas son utilisation directe en chauffage, car elle se situe toute l'année aux alentours de 14°C.

6.3.1 PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT

Ce principe nécessite l'installation d'une pompe à chaleur qui prélève cette énergie basse température pour en augmenter la température, pour usage de chauffage des locaux.

Les pompes à chaleur fonctionnent à l'aide de compresseur dont la puissance est assez élevée. Lors des pics de grand froid, le démarrage quasi-simultané des pompes à chaleur contribue à la fragilisation de l'approvisionnement électrique de la Région, par une trop importante demande en pointe.

La pompe à chaleur est une machine thermodynamique récupérant de la chaleur à une source froide pour la restituer à une source chaude.

En dehors des pompes à chaleurs géothermiques qui tirent parti d'une énergie bien particulière, les pompes à chaleur « classiques » sont souvent considérées comme utilisant des énergies renouvelables.



Figure 14 : Le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur

L'avantage de ce type de système est qu'il est réversible (utilisation été et hiver) : les rôles de la source chaude et de la source froide en fonctionnement « été » sont inversés par rapport au fonctionnement « hiver ».

Tableau 4 : Le système de pompe à chaleur en fonctionnement hivernal

Pompe à chaleur	Système de chauffage (source chaude)	Source d'énergie (source froide)
Air/eau	Air pulsé	Sol (récupération de l'énergie grâce à un fluide caloporteur) ou eau de nappe
Eau/eau	Réseau d'eau de chauffage	-
Air/air	Air pulsé	Air extérieur
Eau/air	Réseau d'eau de chauffage	Air extérieur

Tableau 5 : Le système de pompe à chaleur en fonctionnement estival

Pompe à chaleur	Système de climatisation (source froide)	Capteur d'énergie (source chaude)
Air/eau	Fonctionnement échangeur*	Fonctionnement échangeur*
Eau/eau	Fonctionnement échangeur*	-
Air/air	Air pulsé	Air extérieur
Eau/air	-	Air extérieur

La pompe à chaleur est déconnectée en été car la température de la source chaude est plus faible que celle de la source froide, ce qui ne permet pas son fonctionnement. Un système d'échangeurs prend alors le relais, ce qui est plus avantageux car il ne consomme pas d'électricité.

6.3.2 IMPACT ENVIRONNEMENTAL

L'utilisation d'une pompe à chaleur n'est pas neutre :

- Utilisation de fluides à fort pouvoir de réchauffement de la planète ;
- Fonctionnement à l'électricité (déchets radioactifs, combustion d'énergie fossile).

Cependant, l'utilisation d'une pompe à chaleur dont le COP (ratio entre l'énergie thermique récupérée et l'énergie électrique fourni au système pour le faire fonctionner) est supérieur à 3,5 donc positive tant du point de vue énergétique qu'écologique : rendement énergétique élevé et moins de CO₂ émis.

6.4 APPROCHE ÉNERGÉTIQUE DU PROJET URBAIN DE SAINTE LOUISE

6.4.1 LA FILIÈRE SOLAIRE

Le Cahier de Prescriptions Architecturales qui va être élaboré sur la zone pourra être incitatif vis-à-vis de la mise en œuvre de ces types de dispositifs.

Rappelons également que depuis la Loi Grenelle 2, un nouvel article du Code de l'urbanisme permet de ne pas s'opposer, nonobstant toute disposition d'urbanisme contraire et motivée, à l'installation de systèmes solaires thermiques ou photovoltaïques ou de tout dispositif individuel de

production d'énergie renouvelable, à l'utilisation en façade du bois ou de tout autre matériau renouvelable permettant d'éviter des émissions de gaz à effet de serre ni à la pose de toitures végétalisées ou retenant les eaux pluviales.

6.4.1.1 Solaire passif : approche bioclimatique des constructions

Rappelons que l'optimisation des apports solaires passifs permet de limiter les besoins en chauffage. La réalisation de bâtiments peu consommateurs d'énergie passe ainsi par :

- un bon choix d'orientation et d'implantation ;
- la conception même de l'habitation : architecture et forme, etc.
- le choix des matériaux ;
- l'obligation du respect de la réglementation thermique 2012.

Ainsi, dans un premier temps, une réflexion sur l'architecture et la volumétrie des constructions s'impose. Le recours aux énergies renouvelables vient compléter la réduction de la consommation par la couverture « passive » des besoins.

6.4.1.2 Solaire photovoltaïque

A l'échelle du site il est possible de :

- installer des luminaires comportant des panneaux photovoltaïques intégrés pour l'éclairage public et potentiellement le mobilier urbain (signalétique,...) ;
- améliorer la consommation de l'énergie produite par l'installation de systèmes de gestion performants et/ou l'utilisation de luminaires à basse consommation.



☞ Photographies 3, 4 et 5 : Candélabres photovoltaïques et à basse consommation

A l'échelle de la parcelle, il s'agit d'installer des panneaux photovoltaïques en toiture pour produire de l'énergie qui sera revendue à EDF.

Afin d'estimer le potentiel photovoltaïque du secteur Sainte Louise, nous retiendrons les données d'entrée suivantes :

- La durée d'ensoleillement à Narbonne est d'environ 2500 heures par an.
- Coordonnées du projet : (43°11'43" Nord ; 3°0'29" Est).
- Sur l'année, l'irradiation sur le plan horizontal est d'environ 1500 kWh/m².

L'irradiation pour une inclinaison des panneaux de 25° et une orientation de 30° par rapport au Sud est de 1635 kWh/m².

La zone géographique impose de privilégier des modules multi-cristallins, moins sensibles aux surchauffes. Le ratio Wc/m² à ce jour pour ce type de module, est compris entre 120 et 150 Wc/m² de capteurs. En prenant un ratio prudent de 120 Wc/m² et en tenant compte d'un ratio de performance moyen (Rp = 0,75), la production prévisible pour une inclinaison à 25° et une orientation moyenne par rapport au Sud de 30°, sera environ de 15000 kWh par an pour 100 m² (12 kWc) de panneaux installés.

Sur la base de ces données, un calcul de potentiel photovoltaïque peut être mené sur le site de Sainte Louise.

Ainsi, pour le projet, sur la base de 50 % de la surface des toitures potentielles, soit environ 16000 m² couverts par des panneaux photovoltaïques (puissance installée d'environ 1920 à 2400 kWc), la production annuelle peut être estimée à environ 2400 MWh. Cette production permettra d'éviter le rejet de plus de 760 tonnes de CO₂ par an⁴.

6.4.1.3 Solaire thermique

Ce type d'énergie ne peut être envisagé sur le périmètre du projet urbain de Sainte Louise qu'à l'échelle de la parcelle.

Il s'agit d'installer des panneaux solaires thermiques en toiture pour produire du chauffage ou de l'eau chaude, permettant ainsi de réduire la consommation électrique à l'échelle des habitations.

NOTA : Pour ces deux dernières ressources de production solaire active il est important de privilégier la mise en place de capteurs intégrés directement en toiture ou en façade.

6.4.2 LA FILIÈRE ÉOLIENNE

La mise en place d'éoliennes de grandes hauteurs n'est pas possible sur le secteur, cependant des éoliennes horizontales sont envisageables à l'échelle des bâtiments.

Il pourrait donc seulement être intégré des systèmes d'éoliennes urbaines intégrées sur les bâtiments eux-mêmes (éoliennes horizontales, éoliennes urbaines). Toutefois, ces implantations resteraient conditionnées au respect des préconisations édictées dans le cadre du Cahier des Prescriptions Architecturales et Paysagères qui sera établi sur la zone.

Cependant, la mise en place de candélabres équipés d'éoliennes pourra être étudiée.



☞ Photographies 6 et 7 : Candélabres équipés d'une éolienne et mixte éolienne/photovoltaïque

⁴ 1 MWh ↔ 0,086 tep (tonne équivalent pétrole) et 1 tep ↔ 3,7 tonnes de CO₂

6.4.3 LA FILIÈRE BIOMASSE

Il n'est pas prévu dans le projet urbain de Sainte Louise la création d'une chaudière bois collective avec mise en place d'un réseau de distribution de chaleur.

Cependant, à l'échelle de chaque bâtiment, maison individuelle ou collectif, la filière bois reste très intéressante notamment du fait de la facilité de mise en œuvre d'un poêle ou d'une chaudière en habitat individuel ou collectif.

De plus, les rendements actuellement atteints par ce type d'installations sont importants et leur niveau d'automatisation permet une meilleure souplesse d'utilisation.

Dans le cas du chauffage individuel, il peut être en appoint au système combiné de la filière solaire thermique, sous forme par exemple d'un poêle à bois (alimentation par buches).

Pour le chauffage collectif, il sera privilégié la chaufferie bois à alimentation automatique (alimentation par granulés ou briquettes bois).

Dans le cas d'une installation collective qui nécessite une chaufferie à réaliser au sein d'un bâtiment spécifique, ce dernier devra respecter les préconisations architecturales qui seront établies sur la zone.

6.4.4 LA FILIÈRE GÉOTHERMIQUE OU AQUATHERMIQUE

A l'échelle du projet, la filière géothermique ne peut être utilisée qu'à l'échelle de la parcelle.

Il s'agit d'installer des systèmes de production de chaleur pour le chauffage sous forme d'une pompe à chaleur utilisant comme source d'énergie le sol ou l'eau, en fonction de la nature des sols ou de la présence de nappes d'eau souterraine.

Une étude géotechnique devra être réalisée pour connaître le potentiel énergétique des sols.

L'utilisation des eaux souterraines sera à éviter.

Dans le cas d'installation de capteurs horizontaux, la surface de la parcelle devra être suffisante du fait de l'emprise nécessaire (terrains d'une superficie supérieure à 300 m² pour 100 m² à chauffer).

6.4.5 LES RÉSEAUX DE CHALEUR

La mise en place d'un réseau de chaleur aurait pu être envisagée à l'échelle du projet de Sainte Louise.

Cependant, la mise en place d'un tel réseau représente un investissement de départ important (chaufferie, sous-stations et canalisations) qui doit pouvoir être équilibré par la suite, tout en représentant, en plus de ses atouts environnementaux, un prix compétitif par rapport aux autres solutions de chauffage.

La réalisation d'un réseau de chaleur doit également être mise en relation avec l'assurance que les bâtiments s'y raccorderont effectivement, condition d'équilibre financier du réseau.

Ce choix de mise en place d'un réseau de chaleur n'a pas été intégré en amont de l'étude, et au vu de l'équilibre financier de l'opération, de la surface de la zone et de l'inconnu quant aux besoins des acquéreurs en termes de chauffage, le développement d'un réseau de chaleur ne semble pas opportun.

Une gestion individuelle à l'aide d'une combinaison filières biomasse et solaire apparaît plus judicieuse sur le site de Sainte Louise.

6.4.5.1 Les préconisations pour le développement d'énergies renouvelables

Dans l'objectif global de développer un projet urbain utilisant au mieux les énergies renouvelables mobilisables sur le territoire de Narbonne, différentes préconisations peuvent être formulées.

6.4.6 LA FILIÈRE SOLAIRE

6.4.6.1 Le solaire photovoltaïque

Usage envisageable :

A l'échelle de la zone :	A l'échelle des parcelles :
<ul style="list-style-type: none"> - Installer des luminaires comportant des panneaux photovoltaïques intégrés pour l'éclairage public et potentiellement le mobilier urbain (signalétique,...). - Améliorer la consommation de l'énergie produite par l'installation de systèmes de gestion performants et/ou l'utilisation de luminaires à basse consommation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Installer des panneaux photovoltaïques en toiture pour produire de l'énergie, et revente éventuelle des kwh à EDF. - La production d'énergie renouvelable produite à partir du solaire photovoltaïque et utilisée directement dans la construction peut permettre d'atteindre un niveau de performance énergétique du bâtiment de type passif (bâtiment produisant plus d'énergie qu'il n'en consomme).

Opportunités locales : Ensoleillement très favorable.

Obstacles au développement local : Aucun.

Contraintes de mise en œuvre : Orientation Sud à privilégier pour une exposition optimisée des capteurs.

Adéquation en termes d'intégration paysagère : Privilégier des capteurs intégrés directement à la toiture ou en façade.

6.4.6.2 Le solaire thermique

Usage envisageable :

A l'échelle de la zone :	A l'échelle des parcelles :
<ul style="list-style-type: none"> - Néant. 	<ul style="list-style-type: none"> - Installer des panneaux solaires thermiques en toiture pour produire du chauffage ou de l'eau chaude, permettant ainsi de réduire la consommation électrique à l'échelle des bâtiments. - En complément d'autres systèmes de réduction de la consommation électrique, la production d'énergie renouvelable produite à partir du solaire thermique peut également permettre d'atteindre un niveau de performance énergétique du bâtiment de type passif (bâtiment produisant plus d'énergie qu'il n'en consomme).

Opportunités locales : Ensoleillement très favorable.

Obstacles au développement local : Aucun.

Contraintes de mise en œuvre : Orientation Sud à privilégier pour une exposition optimisée des capteurs.

Adéquation en termes d'intégration paysagère : Privilégier des capteurs intégrés directement à la toiture ou en façade.

6.4.7 LA FILIÈRE BIOMASSE

Usage envisageable :

A l'échelle de la zone :	A l'échelle des parcelles :
<ul style="list-style-type: none"> - Le porteur de projet n'envisage pas réaliser une chaudière collective au regard des investissements déjà réalisés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Installer des systèmes de production de chaleur pour le chauffage individuel ou collectif utilisant le bois comme source d'énergie. - Dans le cas du chauffage individuel, il peut être en appoint au système combiné de la filière solaire thermique, sous forme par exemple d'un poêle à bois (alimentation par buches). - Pour le chauffage collectif, il sera privilégié la chaufferie bois à alimentation automatique (alimentation par granulés ou briquettes bois).

Opportunités locales : La structure Pôle Energies 11 dans le but d'accompagner le développement des chaufferies automatiques au bois collectives ainsi que les filières locales d'approvisionnement en bois.

Le Plan Bois Energie de l'Aude se décline en 2 volets :

- L'animation bois énergie :
 - accompagner les projets collectifs tant sur le plan technique qu'administratif ;
 - communiquer afin de faire émerger cette filière ;
 - suivre son avancement sur le département ;
 - accompagner les installations dans leur fonctionnement, en lien avec les professionnels de l'approvisionnement.
- Les aides aux investissements.

Obstacles au développement local : Aucun.

Contraintes de mise en œuvre : Aucune.

Adéquation en termes d'intégration paysagère : Pas de contrainte visuelle, sauf dans le cas d'une installation collective qui nécessite une chaufferie à réaliser au sein d'un bâtiment spécifique qui devra donc respecter les préconisations architecturales qui seront établies sur la zone.

6.4.8 LA FILIÈRE GÉOTHERMIQUE ET AQUATHERMIQUE

Usage envisageable :

A l'échelle de la zone :	A l'échelle des parcelles :
- Néant.	- Installer des systèmes de production de chaleur pour le chauffage sous forme d'une pompe à chaleur utilisant comme source d'énergie le sol ou l'eau, en fonction de la nature des sols ou de la présence de nappes d'eau souterraine. Une étude géotechnique devra être réalisée pour connaître le potentiel énergétique des sols.

Opportunités locales : Valeur énergétique des sols favorable devant être confirmée au cas par cas par une étude géotechnique spécifique.

Obstacles au développement local : SAGE de la Basse Vallée de l'Aude.

Contraintes de mise en œuvre : Nécessité de réaliser une étude géotechnique spécifique aussi bien dans le cas d'une installation géothermique qu'aquathermique, et, dans le cas d'installation de capteurs horizontaux, nécessité d'avoir une emprise au sol suffisante (terrains de plus de 300 m² pour 100 m² à chauffer).

Adéquation en termes d'intégration paysagère : Pas de contraintes particulière.

6.4.9 LES AUTRES ÉLÉMENTS DE GESTION ET D'ÉCONOMIE AYANT UNE INCIDENCE SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE À DÉVELOPPER À L'ÉCHELLE DE LA ZONE

- **L'approche bioclimatique des constructions**

Réflexion à mener :

- Choix d'orientation, d'implantation et des matériaux visant à réduire à l'extrême les consommations d'énergie.
- Obligation d'obtenir du respect de la réglementation thermique 2012.

Systèmes développables :

- Approche bioclimatique pour une couverture dite « passive », couvrant le maximum, ou la totalité des besoins énergétiques dans le cadre du plan masse défini.
- Réduction de la consommation d'énergie primaire et recours aux énergies renouvelables.
- Panneaux solaires thermiques pour les sanitaires et/ou les ateliers, et photovoltaïques à intégrer au mieux dans l'architecture des bâtiments.

Mise en œuvre :

Dans le cadre d'une telle approche, il est souhaitable que 80 % des pièces à vivre bénéficient d'une exposition Est, Sud ou Ouest. L'orientation optimale des fenêtres devra apporter une contribution du solaire passif à près de 40,0 % du chauffage des locaux.

Des systèmes de protection contre les surchauffes dues au soleil d'été devront être prévus.

Les systèmes de chauffage à énergie renouvelable (géothermie, aquathermie, etc.) limiteront l'utilisation du chauffage électrique direct dit à effet Joule.

Les températures réglementaires seront respectées par la mise en place de thermostat et d'horloge de programmation permettant de limiter le chauffage en période de non occupation.

- **La gestion de l'eau**

Réflexion à mener :

- Maîtriser et réduire la consommation en eau dès la conception du réseau.
- Faciliter l'entretien et la gestion du réseau.

Systèmes développables :

- Installation de dispositifs de gestion et d'économie dans la conception des bâtiments.
- Installation de dispositifs de récupération des eaux pluviales.
- Gestion des espaces publics.

Mise en œuvre :

Privilégier les appareils sanitaires économes en eau (temporisation des robinets, mitigeurs et mitigeurs thermostatiques, chasse d'eau économe, etc.

- **La gestion des déchets**

Réflexion à mener :

- Réduire les déchets à la source.
- Mettre en place un mode de gestion collective des déchets sur la zone.

Systèmes développables :

- Respecter le système de tri sélectif prévu par la collectivité.

Mise en œuvre :

Valoriser les déchets produits sur le site de Sainte Louise, et garantir un minimum de rejets de déchets non recyclables.

- **Le confort thermique**

Tendre vers un « bâtiment passif » pour réduire au strict minimum, par la qualité des enveloppes, les consommations d'énergie tous usages confondus. Cette recherche d'économie d'énergie se fait dans une optique de confort thermique d'été comme d'hiver.

La recherche de l'optimum énergétique est illustrée par la recherche du meilleur compromis de surface vitrée avec une limitation haute par les déperditions (ou les apports) et une limitation basse par l'éclairage naturel.

Les principaux moyens techniques à employer pour aboutir au standard « bâtiment passif » sont considérés parmi les suivants :

- L'utilisation du solaire passif, notamment avec une orientation optimale des fenêtres vers le Sud (et la protection contre les surchauffes dues au soleil d'été).
- Un vitrage très isolant allant jusqu'au triple vitrage calorifuge.
- Des châssis très isolants et une isolation thermique importante de l'enveloppe.
- Une construction limitant les ponts thermiques.
- Une enveloppe étanche à l'air.
- Une aération d'hygiène (environ 30m³/h par personne).
- Double orientation des bureaux et des ateliers.
- Composition des parois type double vitrage avec Ug vitrages < 1,1 W/m².K, ou, protections solaires des vitrages au moins égales à celles exigées pour la référence dans la réglementation thermique 2012.

Dans le cas d'une infrastructure béton, l'inertie moyenne à forte est recommandée afin de bénéficier du rafraîchissement naturel nocturne.

Dans le cas d'une structure bois l'inertie légère est acceptée avec une isolation de type laine de bois. L'inertie n'a de sens que si une ventilation naturelle est possible (double orientation). Le type de ventilation double flux avec récupération sera toujours envisagé.

Les ventilations spécifiques, pourront être pilotées par une horloge.

6.4.10 RAPPEL SUR LES ETUDES D'APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE DES BÂTIMENTS

Le décret 2007-363 du 19 mars 2007 oblige les Maîtres d'ouvrage à réaliser une étude d'approvisionnement en énergie pour les bâtiments, extensions de bâtiments ou groupes de bâtiments de plus de 100 m².

Depuis le 1^{er} janvier 2008, le Maître d'ouvrage doit réaliser, avant le dépôt du permis de construire, une étude de faisabilité technique et économique des diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la construction (article L.111-9 du Code de la construction et de l'habitation introduit par la loi du 13 juillet 2005).

Cette mesure est destinée à favoriser les recours aux énergies renouvelables et aux systèmes les plus performants.

Le Maître d'ouvrage aura la liberté de choisir la ou les sources d'énergie de la construction, guidé par les conclusions de cette étude qui visent notamment à montrer les bénéfices engendrés en matière de consommations d'énergie, d'émissions de gaz à effet de serre et de frais énergétiques annuels par rapport aux investissements supplémentaires éventuels

7. SYNTHÈSE DES ATOUS ET CONTRAINTES DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉTUDIÉES

Préconisations	Avantages	Contraintes	Impact environnemental
0- Solaire passif	Faible coût car intégré à la conception du bâtiment.	Favoriser une orientation nord/sud déjà prise en compte dans le projet.	Impact environnemental le plus faible : pas de technique, simplicité des principes, durabilité optimale car directement lié au bâti. Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO ₂ de l'atmosphère (au sens où l'utilisation de solaire « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
1 - Solaire thermique	Permet de réduire la consommation d'énergie fossile de manière efficace. Positionnement clair du quartier vis-à-vis de l'extérieur (le solaire thermique est visible).	Investissement parfois élevé, notamment sur les lots individuels. Etude spécifique sur les collectifs pour assurer un dimensionnement optimal.	Impact environnemental très faible de cette solution. Peu de consommation énergétique pour son fonctionnement, peu d'impact lié à la production des composants du système, durée de vie importante, proche de la durée de vie du bâtiment. Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO ₂ de l'atmosphère (au sens où l'utilisation de solaire « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
2 – Solution bois individuelle (poêle, insert, chaudière)	Solution simple, investissement limité. Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz	Poêle et insert : manutention plus importante qu'une solution « tout automatique », notamment pour les personnes âgées. Chaudière : chaufferie nécessaire.	Bilan comptable « neutre » sur la concentration en CO ₂ de l'atmosphère (la combustion du bois n'ajoute pas de carbone lorsque les forêts sont replantées, ce qui est le cas en France). La combustion en poêle ou insert est cependant moins complète qu'en chaudière.
3 - Réseau bois pour certaines zones en collectifs	Solution qui permet de produire la quasi-totalité des besoins des bâtiments collectifs à partir d'énergies renouvelables. Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz	Investissement plus lourd, organisation juridique à mettre en œuvre pour la répartition ou la revente de chaleur.	Bilan comptable « neutre » sur la concentration en CO ₂ de l'atmosphère (la combustion du bois n'ajoute pas de carbone lorsque les forêts sont replantées, ce qui est le cas en France).
4- Chaufferie bois collective	Chaufferie collective par bâtiment : fonctionnement et gestion mutualisés Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz	Surface nécessaire pour une chaufferie collective. Frais de maintenance plus élevés que le Gaz. Pas de subvention du projet.	Bilan comptable « neutre » sur la concentration en CO ₂ de l'atmosphère (la combustion du bois n'ajoute pas de carbone lorsque les forêts sont replantées, ce qui est le cas en France).
5 - Solaire photovoltaïque	Production d'énergie verte locale. Positionnement clair du quartier vis-à-vis de l'extérieur (le solaire thermique se voit !) Rentabilisation par le rachat de l'énergie	Investissement important. Attention à ne pas négliger la performance énergétique des bâtiments au profit de l'investissement en photovoltaïque.	Réduction de l'impact environnemental de l'ensemble du projet urbain par la production d'électricité verte.
6 - Géothermie et aquathermie	Production d'énergie verte locale. Ressource disponible à volonté.	SAGE de la Basse Vallée de l'Aude.	L'utilisation d'une pompe à chaleur n'est pas neutre : - Utilisation de fluides à fort pouvoir de réchauffement de la planète. - Fonctionnement à l'électricité (déchets radioactifs, combustion d'énergie fossile).