

# Aménagement et construction

## Les clés de l'énergie

Agence Locale de l'Energie et du Climat de la Métropole Marseillaise  
Guide pratique



AGENCE LOCALE DE  
L'ENERGIE ET DU CLIMAT  
Métropole Marseillaise



A la fois consommatrices et productrices d'énergie, autorités organisatrices des aménagements et de la construction, les collectivités constituent un pilier incontournable pour la transition énergétique des territoires. Intégrer ces enjeux dans la politique locale constitue à la fois un défi et une opportunité pour améliorer la qualité de vie et garantir la création d'emplois non-délocalisables et la préservation des ressources naturelles.

L'ALEC propose un accompagnement adapté aux besoins et priorités de la commune, inscrit dans la durée pour concilier qualité de vie, performance énergétique et maîtrise budgétaire.

### **Vous êtes agent ou élu(e), ce guide vous aidera à:**

- **Fixer des objectifs réalistes à l'échelle d'un bâtiment, d'un îlot ou d'un quartier.**
- **Eviter de payer des études inutiles qui reprennent des ratios connus sans contextualisation.**

**Les préconisations énergétiques doivent être adaptées à chaque projet, prenant en compte le contexte géographique, climatique, économique et urbain.** L'impossibilité d'atteindre des objectifs est souvent rencontrée. Par exemple :

- Un taux de couverture en énergie renouvelable inatteignable alors que la consommation des ascenseurs ne pourra être couverte.
- La construction de bâtiment BBC sur un site qui ne bénéficie d'aucun apport solaire passif.

## **1. Consommations d'électricité**

### **ELECTRICITE SPECIFIQUE**

Il s'agit des consommations d'électroménagers, d'appareil Hi-fi, etc., hors consommations de l'éclairage, des auxiliaires de chauffage et de ventilation.

En moyenne, un logement qui n'utilise pas d'électricité pour sa cuisson, sa production d'eau chaude sanitaire et son chauffage, consomme en moyenne en France, 3 000 kWh/an.

**À confort égal on peut, sans trop d'effort, diviser par 2 cette consommation et passer à 1 500 kWh/an. Avec un peu d'ingéniosité il est possible, à confort égal, de diviser par 4 cette consommation et passer à 750 kWh/an.**

### **ASCENSEURS**

On estime les consommations d'un ascenseur à environ 3 kWh/m<sup>2</sup>/an dans le logement (source : ENERTECH).

Pour rappel dans la plupart des cas, la réglementation accessibilité impose la mise en place d'ascenseur dès R+4.

Pour plus de précisions :

[www.accessibilite-batiment.fr/bhc-neufs/circulations-interieures-verticales-des-parties-communes/ascenseur/circulaire.html](http://www.accessibilite-batiment.fr/bhc-neufs/circulations-interieures-verticales-des-parties-communes/ascenseur/circulaire.html)

### **AUXILIAIRES DE VENTILATION ET DE CHAUFFAGE**

Ces consommations sont d'environ 4 à 8 % des consommations totales réglementaires d'un logement RT 2012, considérant par exemple un logement qui consommerait environ 40 Wh/m<sup>2</sup>/an à Nice ou 70 kWh/m<sup>2</sup>/an à Nancy. En valeur absolue cela correspondrait, pour un logement, à environ 3 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Source :

[www.effinergie.org/images/BaseDoc/43/guideEFFInationale.pdf](http://www.effinergie.org/images/BaseDoc/43/guideEFFInationale.pdf)

Typologies de bâtiments autres que logements :

<b>TYPE DE BÂTIMENT</b>	<b>CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ</b> (tous usages confondus en énergie finale)
<i>Hôpital</i>	113 kWh/m <sup>2</sup> /an ou 9 700 kWh/lit/an
<i>École</i>	17 kWh/m <sup>2</sup> /an ou 393 kWh/an/élève
<i>Mairie</i>	20 kWh/m <sup>2</sup> /an
<i>Hôtel / Restaurant</i>	100 kWh/m <sup>2</sup> /an
<i>Tertiaire (bureaux)</i>	120 kWh/m <sup>2</sup> /an
<i>Piscine couverte</i>	1 000 kWh/m <sup>2</sup> bassin/an

Source : [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

### **QUELQUES CHIFFRES A RETENIR :**

- Eclairage public de voies éclairées villes < à 2000 habitants : Environ 16 000 kWh/km/an
- Consommation par habitant et par an : Environ 100 kWh/habitant/an

Source : ADEME, 2005

### **ECLAIRAGE PUBLIC**

L'éclairage public fonctionne en moyenne 4 300 heures par an. N'est-il pas possible et opportun de diminuer ce temps de fonctionnement voire d'éteindre en milieu de nuit sur certaines zones. A-t-on besoin d'éclairer avec la même intensité, une voie cyclable, une voie piétonne, un passage piéton, etc. ?

**Un éclairage public bien conçu et bien utilisé peut consommer 4 fois moins d'énergie qu'une installation classique à efficacité lumineuse identique.**

## 2. Consommations de chauffage et Eau chaude sanitaire (ECS)

### CHAUFFAGE

Quelques repères pour estimer les consommations de chauffage d'un bâtiment ou d'un site existant projeté :

TYPE DE BÂTIMENT	PUISSANCE NÉCESSAIRE (W/m <sup>2</sup> )	CONSO. CHAUFFAGE TERTIAIRE ESTIMÉE (kWh/m <sup>2</sup> /an - énergie finale)	CONSO. CHAUFFAGE LOGEMENT ESTIMÉE (kWh/m <sup>2</sup> /an - énergie finale)
BÂTIMENT ANCIEN NON ISOLÉ (années 60-70)	150 à 200	De 180 à 240	De 240 à 320
ANCIEN ÉTAT MOYEN (années 90-2000 ou avant 48 ou ayant fait l'objet d'une petite réhabilitation)	100	120	160
BBC	Env. 20	24	32
PASSIF	9	11	15

Source : HESPUL

### ECS

Les consommations d'eau chaude sanitaire sont négligeables dans le tertiaire (bureau, école, etc.). **Pour le logement, on les estime à environ 650 kWh/personne/an.** Autre exemple : 1000 kWh/lit/an pour les hôpitaux.

Dans le cas de bâtiment passif ou BBC la consommation d'eau chaude sanitaire est souvent le plus gros poste des usages thermiques.

### SOLAIRE THERMIQUE

Le productible de kWh que peut fournir du solaire thermique se mesure au m<sup>2</sup> installé.

**kWh productible pour des besoins d'eau chaude sanitaire :**

- 500 kWh/m<sup>2</sup> de capteurs installés pour du collectif.
- 400 kWh/m<sup>2</sup> de capteurs installés pour de l'individuel.

Ceci est une moyenne nationale. Pour aller plus loin : [www.solaire-collectif.fr](http://www.solaire-collectif.fr)

### RAFRAICHISSEMENT

Dans le cadre de la réalisation de bâtiments performants, il convient de mettre en œuvre des systèmes de rafraîchissement passif.

Il convient dans la commande du bâtiment de fixer une exigence concernant la température intérieure de confort à atteindre en période estivale. **Elle doit être inférieure à 28 C°.** Dans le cas où cette température serait atteinte, voire dépassée, le nombre d'heures en situation d'inconfort ne doit pas dépasser **40 heures** sur l'année. Pour vérifier que cet objectif est atteint, il conviendra d'exiger des simulations thermiques dynamiques des phases Esquisse à APD. Ces simulations valideront que les systèmes passifs pressentis (ventilation naturelle, brise soleil, rafraîchissement, etc.) fonctionneront.

### ENERGIE GRISE

La dépense énergétique liée à la fabrication des matériaux, dite énergie grise, représente l'équivalent de plusieurs années de consommation de chauffage. Il est donc nécessaire de réduire cette dépense en définissant par exemple des seuils d'énergie grise à ne pas dépasser pour la construction d'un bâtiment.

On peut considérer que la seule enveloppe thermique représente environ 50 % de l'énergie grise d'une construction. Ainsi dans une construction « conventionnelle » l'énergie grise de l'enveloppe thermique représente environ 750 à 1000 kWh/m<sup>2</sup> alors qu'une enveloppe thermique construite en ossature bois et en isolants issus de matériaux bio-sourcés représente environ 300 à 400 kWh/m<sup>2</sup> **soit 60 % de moins.**

**La collectivité ou l'aménageur peut donc imposer des valeurs de contenu énergétique inférieures aux seuils proposés ci-dessus.**

Si les méthodes de calcul du contenu énergétique des matériaux sont assez fastidieuses et les valeurs compliquées à vérifier : La valeur des matériaux bio-sourcés et locaux est une valeur sûre.

Pour limiter l'énergie grise et le contenu carbone des matériaux les maîtres d'ouvrages devront privilégier les matériaux à faible contenu énergétique et les matériaux d'origine végétale à stockage de carbone.

Exemple de préconisation :

Exiger l'ossature bois pour les matériaux de structure et privilégier les matériaux bio-sourcés pour les isolants.

### 3. Le potentiel de production des énergies renouvelables

Ce chapitre vise à fournir quelques ratios sur le potentiel de production d'une énergie renouvelable ou de récupération. Loin d'être exhaustifs, ces ratios permettent une réflexion en première approche.

#### SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

**Puissance disponible en fonction de la technologie utilisée :**

TYPE DE MISE EN ŒUVRE	TYPE DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES	PUISSANCE PAR m <sup>2</sup> DE TOITURE	NOMBRE DE m <sup>2</sup> DE TOITURE NÉCESSAIRES PAR kWc
Toiture inclinée	Modules standards à base de silicium cristallin	125 Wc/m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup> /kWc
Toiture inclinée	Bac-acier ou alu PV à base de silicium cristallin ou couche mince	45 à 65 Wc/m <sup>2</sup>	15 à 22 m <sup>2</sup> /kWc
Toiture inclinée	Tuiles PV à base de silicium cristallin	80 à 125 Wc/m <sup>2</sup>	8 à 12,5 m <sup>2</sup> /kWc
Toiture terrasse	Modules standards à base de silicium cristallin montés sur bacs plastiques	45 Wc/m <sup>2</sup>	22 m <sup>2</sup> /kWc
Tous types de toitures	Verrière photovoltaïque	Sur commande de 50 à 125 Wc/m <sup>2</sup>	Sur commande de 20 à 50 m <sup>2</sup> /kWc

#### **Processus :**

- Estimer la puissance installable.
- Estimer la production envisageable en kWh/kWc installé

Par exemple : On estime à 1000 kWh productible pour 1 kWc en Rhône-Alpes.

Pour aller plus loin : [www.photovoltaique.info/Estimer-la-production.html](http://www.photovoltaique.info/Estimer-la-production.html)

**Correspondance entre la forme urbaine et le potentiel de production photovoltaïque** (référence géographique Lyon) :

Orientation Sud	PUISSANCE INSTALLÉE / EMPRISE AU SOL (Wc/m <sup>2</sup> )	PRODUCTIVITÉ (kWh/Wc)	PUISSANCE PV POUR 1 000 m <sup>2</sup> DE SURFACE BÂTIE (kW)	PRODUCTION ANNUELLE CORRESPONDANTE (MWh)
Toiture inclinée monopan, modules standards cristallins	117	1060	117	124
Toiture inclinée Double pan, modules standards cristallins	59	1060	59	62
Toiture terrasse, capteur couche mince	45	951	45	42
Toiture terrasse, modules standards cristallins	45	1060	45	47
Toiture terrasse avec attique modules standards cristallins	15	1060	15	15

## **BOIS ENERGIE**

**De la maison individuelle performante, chauffée avec un simple petit poêle, jusqu'au quartier entier, chauffé par un réseau de chaleur, le bois peut couvrir près de 100 % des consommations de chauffage d'un bâtiment, d'un îlot ou d'un quartier.**

À chaque usage, il conviendra d'utiliser le bon combustible. Plus les consommations seront importantes, plus les volumes de stockage et de convoyage du combustible seront importants. **Tout est question de place disponible.**

Pour l'habitat individuel ou même certains petits logements collectifs, le granulé de bois et/ou les bûches peuvent être des solutions adaptées.

- **Chaudières bûches** : chaufferies jusqu'à 50 kW.  
1 stère (bûche de 33 cm) occupe environ 0,7 m<sup>3</sup> et fournit environ 1 000 kWh de chaleur.
- **Chaudières à granulés** de bois, alimentées de manière automatique par un silo de stockage du granulé : jusqu'à 150-200 kW.  
1 tonne de granulés occupe environ 1,2 m<sup>3</sup> et fournit environ 4 800 kWh de chaleur.
- **Chaudières à plaquettes forestières ou déchet industriel de bois**, brûlent un combustible plus humide, plus volumineux. Elles sont adaptées à divers usages, jusqu'au quartier entier.  
1 MAP (m<sup>3</sup> apparent plaquette à 25 % d'humidité) fournit environ 900 kWh de chaleur. (1 m<sup>3</sup> de bois plein = 2,5 à 3 MAP).

Source : HESPUL

## **GEOOTHERMIE**

Les réserves de chaleur à faible température du sous-sol et à faible profondeur (de moins d'un mètre à une centaine de mètres) peuvent être récupérées par des PAC (Pompes à Chaleur). Les PAC peuvent produire 2,5 à 4 kWh de chaleur pour 1 kWh d'électricité (2,5 à 3,5 kWh d'énergie renouvelable « pompée ») selon les technologies.

Les systèmes les plus efficaces font appel à des forages verticaux. On estime que l'on peut produire environ 100 kWh/ml/an avec de bons rendements.

## **4. Le potentiel des énergies de récupération ou énergie fatale**

### **LA COGENERATION**

La cogénération permet de fabriquer de l'électricité en même temps que l'on produit de la chaleur ou l'inverse. On considère ici la production d'électricité fabriquée à partir d'une chaudière qui produirait de toute façon de la chaleur comme une énergie de récupération. On considère que l'on peut fabriquer **3 à 5 kWh d'électricité par 10 kWh thermique utile.**

Les chaudières à micro cogénération ne prennent pas beaucoup plus de place que les « chaudières classiques » de puissance équivalente.

### **L'ENERGIE DES EAUX USEES**

La chaleur contenue dans les eaux usées est récupérable de deux manières différentes :

- soit dans les conduits entre les bâtiments et la station d'épuration.
- soit en aval de la station d'épuration.

En récupérant la chaleur contenue dans l'eau usée, on peut fournir une source de chaleur qui permettra de faire fonctionner une pompe à chaleur avec de haut rendement.

**Puissance en kW valorisable en chauffage dans un bâtiment = débit (l/s) x 8**

**Exemple** : si on a un débit de 15 litres / seconde, on peut apporter 120 kW de puissance, en couplant avec une PAC, dont le COP serait de 4.

**À la sortie d'une station d'épuration (STEP) :**

Valorisation des boues = 88 kWh/équivalent Habitant/an

Sources :

« Chauffer et rafraîchir grâce aux eaux usées », Guide pour les maîtres d'ouvrage et les communes – Étude des potentialités de récupération des calories des eaux usées : Agence Urbanisme Bordeaux Métropole Aquitaine

## 5. Exemple de taux de couverture envisageable

**Un quartier de 200 logements sur 2 hectares.  
Densité : 100 log/ha. Quel taux de couverture des consommations d'électricité peut-on raisonnablement viser ?**

Evaluer les besoins énergétiques du site très grossièrement :

- Consommation d'électricité spécifique pour les logements :  
1 500 kWh x 200 logements = 300 MWh
- Consommation d'éclairage public :  
200 logements x 3 habitants x 100 kWh = 60 MWh
- Consommations des autres usages électriques (auxiliaire, ascenseur, etc.) :  
4 kWh x 200 logements x 70 m<sup>2</sup> = 56 MWh soit  
416 MWh / an.

La production d'électricité la plus simple à mettre en œuvre et la plus répandue du fait d'une politique de tarif d'achat à peu près adaptée, est aujourd'hui le solaire photovoltaïque. Combien peut-on produire d'électricité grâce à des panneaux solaires photovoltaïques ?

Si on considère des lots de 8 logements avec une moyenne de R+4, on considère 2 logements par étage donc environ 25 lots.

Avec une surface de toiture maximale d'environ 150 m<sup>2</sup> par lot, on peut raisonnablement espérer pouvoir installer 100 Wc/m<sup>2</sup> de puissance photovoltaïque au maximum. Ce qui ferait 100 Wc x 150 m<sup>2</sup> toiture x 25 lots = un total maximum de 0,375 MWh qui produirait environ 375 MWh.

**Le taux de couverture maximal envisageable serait de 90 % grâce à du photovoltaïque en considérant l'ensemble des consommations d'électricité du site.**

Cette approche rudimentaire par ratio doit être vue comme une première approche qui nécessitera d'être vérifiée. Pour autant, elle permet d'exiger raisonnablement un taux de couverture de :

- **50 % sans prendre le moindre risque d'infaisabilité.**
- **80 % ce qui serait un peu plus ambitieux.**
- **100 % qui semble faisable mais cela demanderait des efforts sur la réduction des besoins à la source** et des solutions d'intégration du photovoltaïque innovantes (100 % de la toiture sud + façade + brise soleil, etc.)

## 6. Conclusion

**La forme urbaine impacte directement le taux couverture possiblement réalisable par du photovoltaïque : Plus la densité de logements est élevée, plus il est difficile de couvrir la totalité des consommations électriques.**

Il conviendra donc :

- de **privilégier la réhabilitation ou la construction de R+4 maximum** ;
- d'opter autant que possible pour des **solutions passives (rafraîchissement, éclairage naturel) et sobre (sans ascenseur, parking etc.)** ;
- d'envisager une autre source de production d'électricité in situ : **la cogénération** ;
- d'essayer d'exploiter des toitures disponibles alentours (gymnase, école, industrie, etc.).

**Il est primordial de d'abord réfléchir à la réduction des besoins** en électricité qui par une conception ingénieuse peut être assez facilement optimisée. L'efficacité des systèmes utilisés pour répondre à ses besoins aura également un rôle prépondérant. Un suivi tout au long du projet pour veiller à l'application des préconisations sera donc nécessaire à chaque étape, à chaque passage de relais entre les différents acteurs (collectivité, urbaniste, aménageur, promoteurs, entreprises usagers, etc.).

## CONTACT

**Marie Durand**

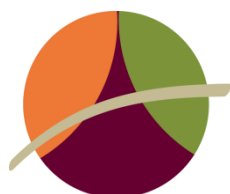
Architecte / urbaniste

Chargée de mission énergie et territoire

m.durand@alecmm.fr

09 72 43 76 65

38 rue Breteuil – 13006 Marseille



**AGENCE LOCALE DE  
L'ÉNERGIE ET DU CLIMAT**  
Métropole Marseillaise

---

[www.alecmm.fr](http://www.alecmm.fr)

*Avec le soutien de*

