



# Bâtiment à énergie positive

**Abdellatif TOUZANI**

**8 Mars 2017**

Un **bâtiment à énergie positive** (parfois abrégé en « **BEPOS** ») est un bâtiment qui produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Cette différence de consommation est généralement considérée sur une période lissée d'un an.

Il s'agit généralement d'un **bâtiment passif** très performant et fortement équipé en moyens de production d'énergie par rapport à ses besoins en énergie. Les toits, murs, voire les fenêtres ou d'autres éléments (verrières de véranda ou balcons, murs d'enceinte, toiture de garage ou appentis, fondations, etc.) peuvent être mis à profit pour accumuler et restituer de la chaleur ou produire de l'électricité

# Principes

La conception d'un habitat à énergie positive reprend généralement les grands principes de la maison passive, en y ajoutant des éléments de productions d'énergie :

1. Isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité ;
2. Suppression des ponts thermiques et isolation par l'extérieur ;
3. Excellente étanchéité à l'air ;
4. Forte limitation des déperditions thermiques par renouvellement d'air via une ventilation double flux avec récupération de chaleur sur air vicié ;
5. Captation optimale de l'énergie solaire de manière passive ;
6. Protections solaires et dispositifs de rafraîchissement passifs ;
7. Limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers ;
8. Équipement en moyens de captage ou production d'énergie (capteur photovoltaïque, capteur solaire thermique, aérogénérateur, pompe à chaleur sur nappe, *free cooling* par plancher rayonnant, rafraîchissement adiabatique, sondes géothermiques verticales, etc.)
9. Récupération et utilisation optimales des eaux pluviales.
10. Épuration naturelle par lagunage

L'énergie excédentaire peut être fournie aux bâtiments voisins, mais peut généralement être injectée sur des réseaux électriques ou de chaleur, privés ou publics.

## Quelques exemples de BEPOS en France



Elithis, précurseur du BEPOS dès 2009 avec sa « Tour Elithis ». La société de conseil en efficacité énergétique du bâtiment, a conçu et construit son siège social à énergie positive (5000 m<sup>2</sup> avec un restaurant en rdc) à un coût standard (1400 €/m<sup>2</sup>). La tour inaugurée en avril 2009 à Dijon, fait l'objet d'un suivi de performances énergétiques qui indique une production d'énergie renouvelable de l'ordre de 190 000 kWhep et une économie sur la facture d'électricité de plus de 65 000 €/an



## Projet « Sunstone » : parc tertiaire à énergie positive (Lyon)

Le projet « Sunstone » est un parc tertiaire à énergie positive, réalisé par Bouygues Immobilier. Sur près de 6 hectares, Sunstone se compose de 15 bâtiments répartis en 6 îlots, pour 30 000 m<sup>2</sup> de bureaux pour 2 300 personnes avec un hôtel 3\*, restaurant et salles de séminaires.

L'architecture conçue, apporte une gestion optimale du rayonnement solaire (confort d'été avec brise-soleil extérieur ; chaleur et lumière en hiver).

Les bâtiments intègrent sur leur toit des panneaux photovoltaïques produisant pour la totalité du parc (environ 1 MW installé) pour atteindre le niveau à énergie positive.



# Et au Maroc



Année de construction : 2015  
 Surface nette : 55 m<sup>2</sup>  
 Coût de construction : 22 000 €  
 Coût/m<sup>2</sup> : 400 €/m<sup>2</sup>

Ventilation naturelle  
 PV



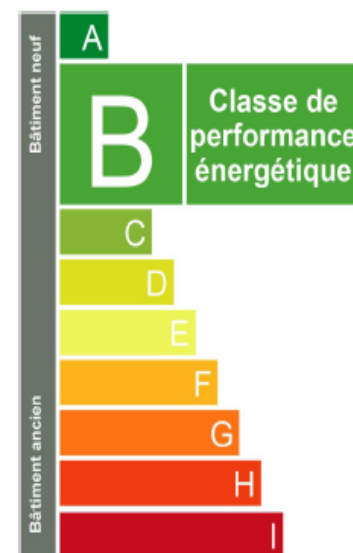
Besoin en énergie primaire :	68,50 kWh PE/m <sup>2</sup> /an
Besoin en énergie primaire bâtiment standard :	120,00 kWh PE/m <sup>2</sup> /an

UBat de l'enveloppe :	0,86 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Information sur l'enveloppe : Vide Sanitaire U = 0,75 Murs Façade U = 0,70 Vitrage + Menuiserie U = 2,05 Toiture U = 0,35	
Coefficient de compacité du bâtiment :	0,73



- Project type : Extension + refurbishment
- Building Type : Preschool, kindergarten, nursery
- Construction Year : 2013
- Climate zone : [Cfb] Marine Mild Winter, warm summer, no dry season.
- Net Floor Area : 1 666 m<sup>2</sup>
- Construction/refurbishment cost : 4 304 000 €
- Number of Child : 88 Child
- Cost/m<sup>2</sup> : 2 583 €/m<sup>2</sup>
- Cost/Child : 48 909 €/Child

rue de l'école , 5870 Alzingen, Luxembourg



## Energy consumption

Primary energy need : 126,60 kWh PE/m<sup>2</sup>/an

Primary energy need for standard building : 194,20 kWh PE/m<sup>2</sup>/an

Calculation method : RGD du 31 août 2010 - bâtiment fonctionnel

CEEB : 0 kWh PE / €

Final Energy : -45 196,00 kWh FE/m<sup>2</sup>/an

Breakdown for energy consumption : Thermal final energy demand: 11549 Electrical final energy demand: -20,266

Whole final energy demand: -8717

## Envelope performance

Envelope U-Value : 0,29 W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>

Building Compactness Coefficient : 0,45

Indicator : DIN EN 13829 - q50 » (en m<sup>3</sup>/h.m<sup>3</sup>) (I4) m<sup>3</sup>/H.m<sup>2</sup> n50 (Vol/H) Q4

Air Tightness Value : 1,50

## Systems

Heating system :

- Condensing gas boiler

Hot water system :

- Solar Thermal

Cooling system :

- No cooling system

Ventilation system :

- Double flow

Renewable systems :

- Solar photovoltaic
- Solar Thermal
- Heat pump



- Project type : Renovation
- Building Type : Collective housing > 50m
- Construction Year : 2014
- Climate zone : [Dfb] Humid Continental Mild Summer, Wet All Year
- Net Floor Area : 1 833 m<sup>2</sup>
- Construction/refurbishment cost : 1 058 056 €
- Number of Dwelling : 30 Dwelling
- Cost/m<sup>2</sup> : 577 €/m<sup>2</sup>
- Cost/Dwelling : 35 269 €/Dwelling

, 01013 VITORIA-GASTEIZ, España



## Energy consumption

Primary energy need : 25,00 kWh PE/m<sup>2</sup>/year

Primary energy need for standard building : 32,00 kWh PE/m<sup>2</sup>/year

Calculation method : Other

CEEB : 0 kWh PE / €

Final Energy : 36,00 kWh FE/m<sup>2</sup>/year

Initial consumption : 36,00 kWh PE/m<sup>2</sup>/year

## Envelope performance

Envelope U-Value : 0,25 W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>

## Systems

Heating system :

- Condensing gas boiler

Hot water system :

- Condensing gas boiler

Cooling system :

- Others

Ventilation system :

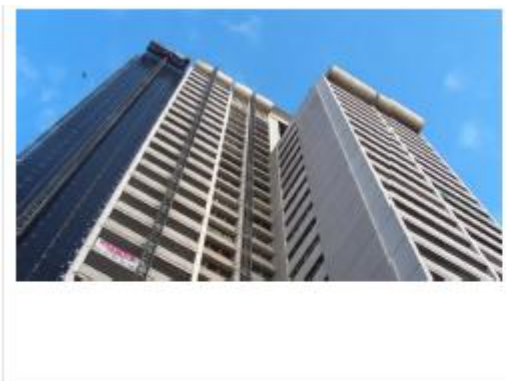
- Double flow heat exchanger

Renewable systems :

- Solar photovoltaic

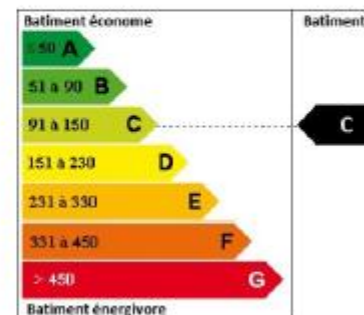


# Supermontparnasse Tower



- Project type : Renovation
- Building Type : Collective housing > 50m
- Construction Year : 1968
- Climate zone : [Cfb] Marine Mild Winter, warm summer, no dry season.
- Net Floor Area : 15 000 m<sup>2</sup>
- Construction/refurbishment cost : 5 000 000 €
- Number of Dwelling : 270 Dwelling
- Cost/m<sup>2</sup> : 333 €/m<sup>2</sup>
- Cost/Dwelling : 18 519 €/Dwelling

15 rue Georges Pitard , 75015 Paris, France



## Energy consumption

Primary energy need : 111,85 kWh EP/m<sup>2</sup>/an  
 Primary energy need for standard building : 73,82 kWh EP/m<sup>2</sup>/an  
 Calculation method : RT existant  
 CEEB : 0 kWh PE / €  
 Initial consumption : 206,00 kWh EP/m<sup>2</sup>/an

## Envelope performance

Envelope U-Value : 0,80 W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>

## Systems

- Heating system :**
- Urban network
- Hot water system :**
- Urban network
- Cooling system :**
- No cooling system
- Ventilation system :**
- humidity sensitive Air Handling Unit (hygro A)
- Renewable systems :**
- No renewable energy systems

- **Bâtiment à Energie Positive ( BEPOS )**
  - « Un bâtiment produisant plus d'énergie qu'il n'en consomme. »
  - Minimisation des besoins énergétiques
  - Compensation par une production de photovoltaïque
- **Bâtiment Basse Consommation ( BBC ) sans production photovoltaïque**
  - « Un bâtiment réellement économe en énergie. »
  - Renforcement de l'enveloppe thermique du bâtiment
  - Choix d'équipements faiblement énergivores
- **Démarche HQE**
  - Intégration lors de la conception de cibles HQE telles que:
    - Gestion de l'énergie
    - Qualité sanitaire des espaces
    - Qualité sanitaire de l'air

# Une Conception Énergétiquement Sobre

## ► Orientation du bâtiment

- Rechercher une orientation de la façade principale au sud dans la mesure du réalisable

## ► Espaces tampon au Nord

- Exposition nord des pièces de service (Sanitaires, local technique, archives, ...)

## ► Optimisation des ouvrants au Sud

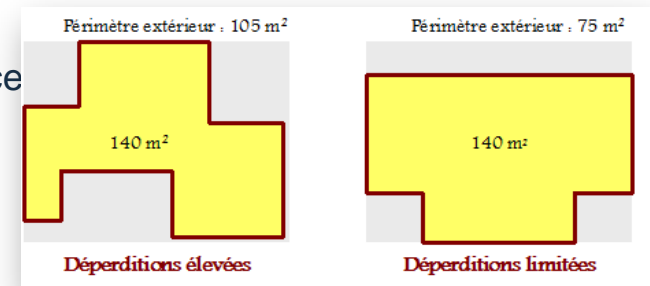
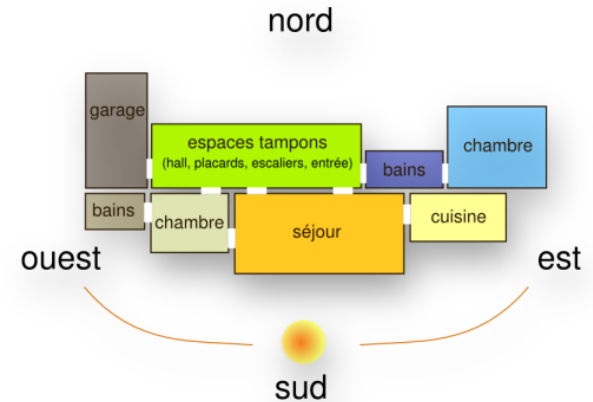
- Favoriser les apports solaires gratuits par l'implantation des fenêtres sur la façade sud le plus possible
- Réduire les déperditions thermiques en minimisant les surfaces vitrées au nord

## ► Compacité du bâtiment.

- Concevoir une forme de bâtiment compacte pour réduire les surface déperditives

## ► Isolation

- Minimiser les déperditions des parois extérieures.



Malgré une très bonne isolation thermique :

L'étanchéité à l'air n'est pas bonne

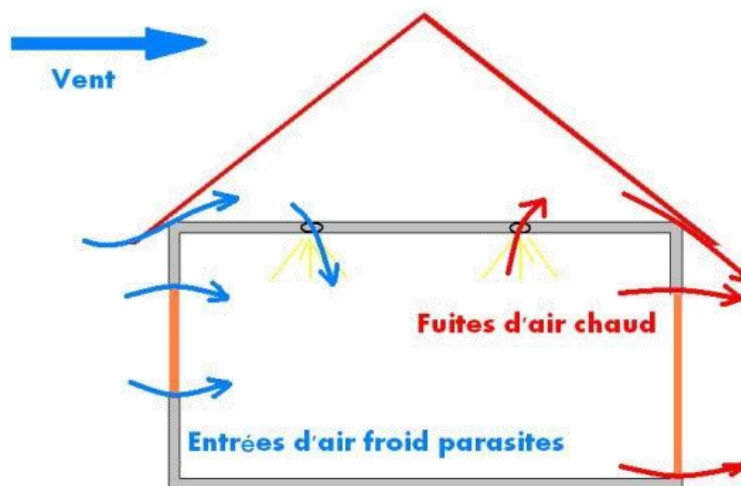
## Impact de la perméabilité

- Perte énergétique : **besoin en chauffage multiplié par 2 ou 3**
- Qualité de l'air intérieur médiocre
- Le rendement de la VMC double flux passe de 0,9 à 0,5 voir 0
- Les débits de VMC calculés sont impossibles à garantir
- **Risque important de condensation dans la paroi**

# Une Conception Énergétiquement Sobre

## ► Étanchéité à l'air

- Éviter l'entrée incontrôlée d'air neuf dans le bâtiment et la fuite d'air chaud dans l'environnement extérieur.
- Une isolation de bâtiment de qualité doit être accompagnée d'un bon traitement de l'étanchéité pour optimiser les gains énergétiques.





- Isolation thermique

- Ponts thermiques traités au maximum par le principe de double isolation

- Ventilation

- Ventilation double flux haute efficacité.
- Récupération de la chaleur de l'air extrait.



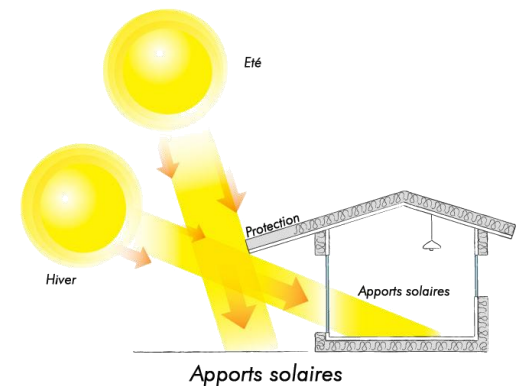
- Eclairage

- LED pour l'éclairage des circulations et des sanitaires
- Consommation très faibles
- Sondes de détection de présence



# Un dimensionnement adapté

- **Prise en compte des apports solaires gratuits**
  - Favoriser les apports solaires en hiver afin de réduire les consommations de chauffage
  - Se protéger des apports solaires en été afin de garantir un confort thermique sans besoin de climatisation
- **Ventilation**
  - Un réglage fin des débits de renouvellement d'air
- **Chauffage**
  - Un système de chauffage venant en appoint étant donné la performance de l'enveloppe et la prise en compte des apports gratuits.
- **Simulation thermique Dynamique**
  - Accepte le bâtiment comme un objet vivant, réactif aux éléments extérieurs, et non comme un objet inerte.
  - Mesure la réaction des matériaux à des variations d'apports thermiques internes ou externes (inertie thermique).
  - Permet une maîtrise des apports solaires en évaluant les gains solaires utiles et en contrôlant la surchauffe estivale: Contrôle de la température intérieure heure par heure.



# Une Gestion énergétique intelligente

## Mise en place d'une GTB « Gestion Technique du Bâtiment »

- Mutualisation de la gestion des équipements énergétiques.
- **Ventilation**
  - Réduction nocturne de ventilation l'été pour rafraichir le bâtiment
  - Un renouvellement d'air adapté à l'utilisation des locaux
  - Mise en place de détecteurs de présence contrôlant les débits de ventilation
  - Mise en place de sonde à détection de CO2 dans les locaux à occupation multiple (type salle de réunion)
  - Contrôle des consommations de la centrale
- **Eclairage**
  - Un éclairage des locaux à luminosité constante, s'adaptant aux variations de l'éclairage naturel
  - Un éclairage régulé par détection de présence et de luminosité
  - Maitrise des consommations d'éclairage
- **Chauffage**
  - Gestion automatique de la température intérieure des locaux
  - Réduction nocturne permettant une baisse des consommations
  - Relance programmable afin d'assurer un confort thermique





Siège du Syndicat d'Electricité,  
du Syndicat des Eaux  
et de l'Association des Maires de France

EXEMPLE





- **Objectifs du démonstrateur**

- **Effacement** des pointes (auto-alimentation)
- Fonctionnement **iloté** du bâtiment en cas de black-out
- **Lissage** de la courbe de charge réseau
- Détourner toutes les **contraintes** (techniques, économiques, juridique...)
- Utilisation des batteries pour fournir de la **puissance** au réseau de distribution



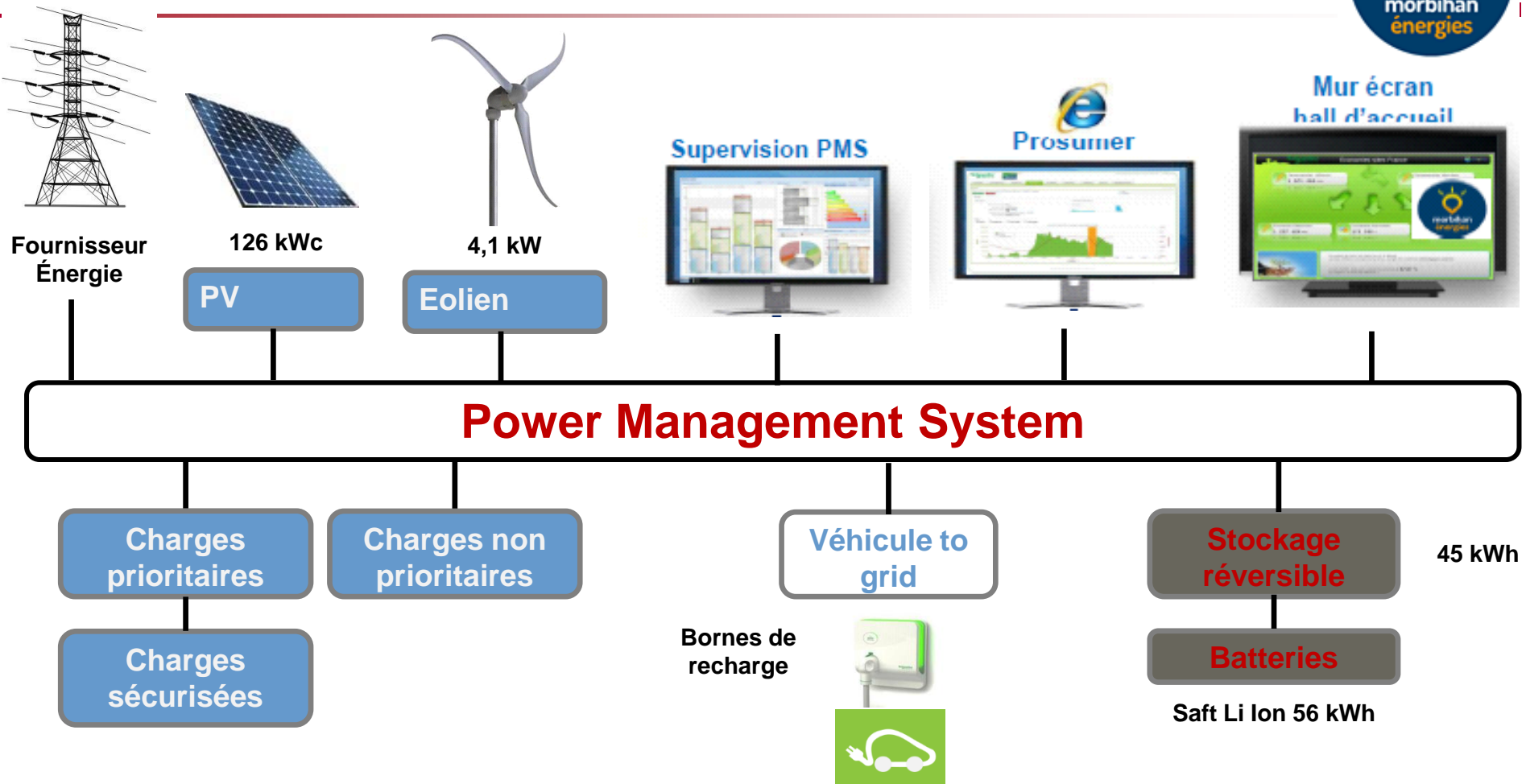
- **Aspect économique**

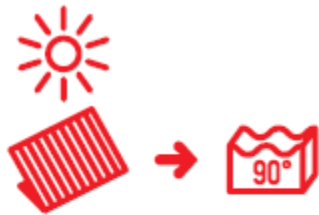
- **Autoconsommation** le plus souvent possible
  - Revente du **surplus** d'énergie
- Identifier les nouveaux **modèles économiques**  
Industrialisation de **l'innovation**





# Architecture de principe





## L'eau chaude pour l'habitant

Sur la toiture, des panneaux solaires permettent de chauffer l'eau sanitaire. Elle est ensuite stockée et redistribuée dans tout le bâtiment.

## Serre d'hiver, balcon d'été

Les loggias prolongent l'espace de vie vers l'extérieur. Équipées de volets repliables à lames orientables, elles permettent des utilisations différentes au fil des saisons.

## L'hiver au chaud

En hiver un système de pompe à chaleur collective distribue de l'air chaud dans chaque appartement. Chacun peut régler sa température selon son bien-être.

L'économie d'énergie est très conséquente par rapport à un système de chauffage classique : en utilisant 1 KWh d'électricité pour faire fonctionner la pompe à chaleur, on récupère jusqu'à 3 KWh naturellement présents dans l'environnement.

## Produire de l'énergie renouvelable

Sur la toiture des panneaux photovoltaïques produisent toute l'année de l'électricité qui est dirigée vers le réseau EDF. Celle-ci compense les consommations de fonctionnement et assure un revenu qui réduit la facture électrique de l'habitant.

# Vivre dans un bâtiment à énergie positive

## Bien isolé pour faire des économies

Comme un manteau de protection, une très bonne isolation par l'extérieur de 20 cm assure la continuité thermique et une excellente étanchéité à l'air froid. Les parois vitrées permettent une vue panoramique sur les collines de la Saône, leur triple vitrage anti-émissif évite l'effet de paroi froide en hiver.

## Consommer moins d'énergie pour le bien de la planète

S'équiper de matériels électroménagers basse consommation de profil A, c'est participer à un équilibre des consommations énergétiques à l'échelle nationale.



## L'eau de pluie pour le jardin

Un système de collecte de l'eau de pluie est prévu pour l'alimentation de bassins d'agrément et pour l'arrosage du jardin collectif.