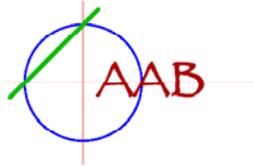




IZUBA énergies  
22 bd Foch, 34140 Mèze  
Tél : 04 67 18 31 10 - Fax : 04 67 74 18 67  
Courriel : [contact@izuba.fr](mailto:contact@izuba.fr) - [www.izuba.fr](http://www.izuba.fr)



Atelier d'architecture bioclimatique  
Xavier BELHOMME  
7 Faubourg de Figuerolles  
34070 Montpellier  
Tel : 04 67 58 04 54 Courriel : [bioclimatique@free.fr](mailto:bioclimatique@free.fr)



Les Charpentiers d'Uzès  
Constructions basse énergie  
Roland STUDER  
Chemin du Plan d'Albi  
30700 AIGALIERS  
Tel : 04 66 03 08 71 Courriel : [studer@charpentiers.fr](mailto:studer@charpentiers.fr)  
[www.charpentiers.fr](http://www.charpentiers.fr)

## Vers une ZAC à énergie positive !

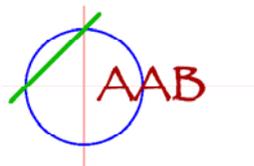
### PRESENTATION DU PROJET

- 1 - Le projet architectural
- 2 - Analyse énergétique et environnementale



IZUBA énergies  
22 bd Foch, 34140 Mèze  
Tél : 04 67 18 31 10 - Fax : 04 67 74 18 67  
Courriel : [contact@izuba.fr](mailto:contact@izuba.fr) - [www.izuba.fr](http://www.izuba.fr)

---



Atelier d'architecture bioclimatique  
Xavier BELHOMME  
7 Faubourg de Figuerolles  
34070 Montpellier  
Tel : 04 67 58 04 54 Courriel : [bioclimatique@free.fr](mailto:bioclimatique@free.fr)

---



Les Charpentiers d'Uzès  
Constructions basse énergie  
Roland STUDER  
Chemin du Plan d'Albi  
30700 AIGALIERS  
Tel : 04 66 03 08 71 Courriel : [studer@charpentiers.fr](mailto:studer@charpentiers.fr)  
[www.charpentiers.fr](http://www.charpentiers.fr)

## Vers une ZAC à énergie positive !

---

### 1 - Le projet architectural

## Le site d'implantation du projet

Le site d'implantation du projet est situé en amont de l'entrée de la ville de Limoux, dans une zone où le champ visuel est marqué, pour quelqu'un arrivant en voiture, par la présence de la distillerie.

Le terrain, situé à l'Ouest de la Départementale, est encadré, à l'Est, par cette dernière dont elle est protégée par un rideau d'arbres et, à l'Ouest et au Nord par un relief qui la défend de l'impact des vents dominants.



## Les accès du terrain

Les accès au terrain se pratiquent par une voie à créer, parallèlement à la Départementale.

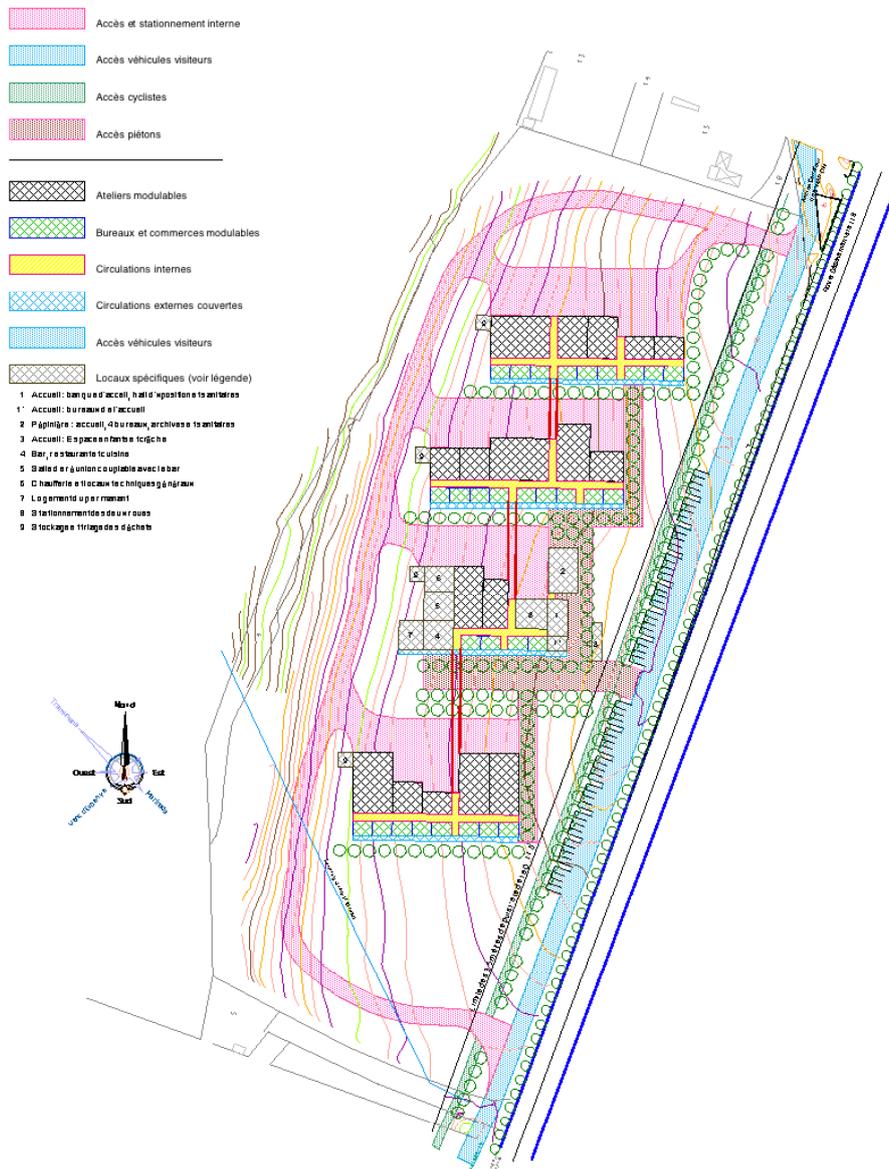
Dans sa forme primaire, l'accès se fera uniquement par le Nord. Le développement de cette voie, plus au Sud, permettra à l'avenir la circulation dans les deux sens.

Une piste cyclable doublera cette voie. Un garage à vélos, situé à l'entrée principale, facilitera l'usage externe et interne des deux roues.

L'accès arrière (Ouest) est réservé aux livraisons à l'usage de ceux qui travaillent sur le site.

Le programme nécessite 48 places de stationnement. Le projet en prévoit 60 pour les visiteurs, sans compter les parkings internes situés à l'arrière des ateliers.

Les visiteurs pénètrent sur le site par une large esplanade ombragée. Cette esplanade dessert le pavillon d'accueil et d'exposition, le siège administratif de la Pépinière d'entreprises, une première galerie de commerces et de bureaux, le bar-restaurant et les accès piétons vers les autres bâtiments en façade Est du site.



## Dispositions générales du projet

### Organisation spatiale générale

Le projet est composé de quatre bâtiments principaux comprenant chacun, depuis le Sud vers le Nord :

- Une galerie déambulatoire ombragée,
- L'espace modulable qui accueillera les commerces, les bureaux du plateau tertiaire, des entreprises utilisant des ateliers classiques et ceux de la pépinière,
- La coursive de circulation et de distribution interne,
- Les ateliers,
- Un espace couvert situé au Nord des ateliers.

### Le projet et le programme

Le projet propose plusieurs options qui vont au-delà du programme initial. Cependant le projet, par sa modularité, reste efficace en dehors de ces options.

- Les différentes unités prévues au programme sont mixées afin de permettre une meilleure cohérence de l'ensemble. La liaison entre les différentes unités et les différents acteurs, hors de son rôle énergétique primordial, est assurée par les coursives de circulation interne,
- A proximité de l'accueil et de l'espace enfants, une crèche est prévue pour accueillir les enfants de ceux qui travaillent sur le site (3),
- Le café-restaurant peut se moduler avec une salle de réunion. Ces deux unités n'ont pas un usage permanent et on peut ainsi élargir le champs des activités et des événements accueillis (4 et 5),
- Une chaufferie centralisée produira l'énergie de chauffage d'appoint. Elle utilisera des combustibles locaux, soit en collaboration avec la distillerie proche, soit à partir du recyclage de déchets locaux (chaudière à plaquettes avec aire de préparation) (6),
- L'habitation de personnes permanentes sur le site permettra de dynamiser le facteur humain de son bon fonctionnement,
- Des installations spécifiques sont réservées, à proximité de chaque bâtiment, pour le tri et le stockage des déchets,
- Enfin, une zone de recyclage des eaux de ruissellement, de pluie, ainsi que des eaux usées et des eaux-vannes trouvera sa place au Nord, dans la partie basse du terrain.

## Structure et enveloppe des bâtiments

La structure et l'enveloppe des bâtiments permettent la flexibilité et l'adaptation de ceux-ci au programme et à l'évolution des besoins.

Une structure en bois permet l'ancrage des parois et supporte la couverture. Elle détermine l'emprise de l'enveloppe générale du bâti et la répartition et les caractéristiques des différentes zones à l'intérieur de celui-ci :

- La largeur du pare-soleil de la galerie Sud est déterminée en fonction des pénétrations solaires selon les saisons,
- La largeur de la travée accueillant bureaux et commerces permet d'obtenir une largeur utile de 6,00 mètres,
- La largeur de la coursive intérieure permet circulation, ventilation et éclairage naturels des locaux selon leurs besoins,
- La profondeur flexible de la travée des ateliers permet à ceux-ci d'avoir une surface au sol variant de 100 à 400 m<sup>2</sup>.

L'enveloppe des bâtiments est constituée, pour les parties demandant des performances thermiques optimales et un stockage important d'énergie, de briques de terre crue, et pour les ateliers de parois composites menuisées, structurées par l'ossature bois.

La couverture métallique permet cette forme douce respectueuse de l'environnement visuel de chacun et accueille une grande surface de capteurs solaires photovoltaïques ainsi que quelques unités de capteurs thermiques produisant de l'eau chaude là où elle sera utilisée.

La travée accueillant bureaux et commerce permet, grâce aux caractéristiques de la façade Sud et de la structure du bâtiment, d'y réaliser selon les besoins, des locaux ayant une surface de 15 à 60 m<sup>2</sup> modulables.

Enfin, la végétation à feuilles caduques disposée devant les façades Sud fait partie de l'enveloppe des bâtiments puisqu'elle protège la façade et les abords publics des excès du soleil en saison chaude et permet la pénétration de son rayonnement en hiver.

Le plan et la coupe de la "tranche de bâtiment" présentée sur le panneau illustrent les différents éléments présentés ci-dessus, avec, dans cet exemple, des commerces ou bureaux de 40 m<sup>2</sup> utiles et des ateliers de 150 m<sup>2</sup> de surface au sol.

## Une ZAC à énergie positive

La ZAC à énergie positive régule sa température intérieure à partir des apports du soleil, du puits thermique, de ses dispositions architecturales, des caractéristiques de son enveloppe et des apports d'énergie complémentaire fournis par la chaufferie.

Elle est conçue pour permettre l'usage maximum de l'éclairage naturel.

Elle trie et recycle ses déchets.

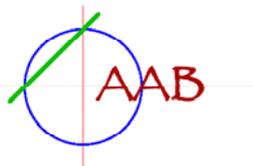
Elle produit, avec ses capteurs photovoltaïques, plus d'énergie électrique qu'elle n'en consomme.

Dans ce cadre, il nous paraît important qu'un opérateur spécifique gère cette énergie de manière globale sur l'ensemble du site afin d'en tirer le meilleur parti. Comme il nous a semblé important qu'une ou plusieurs personnes résident (habitent) en permanence sur le site afin d'y dynamiser la part humaine et d'en assurer la cohérence dans le temps.



IZUBA énergies  
22 bd Foch, 34140 Mèze  
Tél : 04 67 18 31 10 - Fax : 04 67 74 18 67  
Courriel : [contact@izuba.fr](mailto:contact@izuba.fr) - [www.izuba.fr](http://www.izuba.fr)

---



Atelier d'architecture bioclimatique  
Xavier BELHOMME  
7 Faubourg de Figuerolles  
34070 Montpellier  
Tel : 04 67 58 04 54 Courriel : [bioclimatique@free.fr](mailto:bioclimatique@free.fr)

---



Les Charpentiers d'Uzès  
Constructions basse énergie  
Roland STUDER  
Chemin du Plan d'Albi  
30700 AIGALIERS  
Tel : 04 66 03 08 71 Courriel : [studer@charpentiers.fr](mailto:studer@charpentiers.fr)  
[www.charpentiers.fr](http://www.charpentiers.fr)

## Vers une ZAC à énergie positive !

---

### 2 - Analyse énergétique et environnementale

## Implantation et organisation des locaux

L'implantation générale des bâtiments s'effectuera selon un axe Est-Ouest afin de favoriser les expositions Sud avec l'organisation générale des locaux suivante :

Au sud, une combinaison de vitrages (gains directs solaires) et de murs capteurs (vitrages devant des murs à forte inertie) permettant de tempérer naturellement les locaux en hiver.

Au nord, les ateliers seront recouverts d'une double toiture, la partie supérieure étant une couverture photovoltaïque sur bac acier ou aluminium.

Des espaces de circulation entre les bureaux et les ateliers auront une triple fonction :

- faciliter la liaison entre les zones Sud et Nord,
- favoriser l'éclairage naturel tant vers les bureaux, en second jour, que vers les ateliers,
- faciliter la ventilation naturelle des locaux, par effet de « cheminée solaire » par la double toiture, l'air étant rejeté à l'extérieur après passage entre la sous-toiture (le plafond des ateliers) et la sur-toiture composée de bacs métalliques avec surfaces photovoltaïques.



### Bâti

Un soin très particulier sera apporté à l'isolation thermique des bâtiments : il est avant tout essentiel de réduire les besoins par un bonne compacité de locaux et une isolation renforcée.

### Chauffage

Le chauffage de base sera assuré par un petit réseau de chaleur à partir d'une chaufferie située sur le nord de la parcelle.

Les chaudières seront alimentées par un combustible biomasse renouvelable, tels de la plaquette forestière ou du broyat de déchets végétaux.

Le réseau sera constitué d'une boucle d'eau chaude sur laquelle se brancheront des sous-stations par groupe de bâtiment.

Par ailleurs en hiver l'air chaud circulant entre les deux toitures pourra être récupéré par des échangeurs double flux, participant ainsi au préchauffage des locaux.

### Eau chaude sanitaire

A part le restaurant, les besoins d'eau chaude sanitaire (ECS) sont peu élevés (sauf installation sur place d'une unité de fabrication ayant de besoins spécifiques, comme la transformation agro-alimentaire). Ces besoins seront assurés par des capteurs solaires répartis sur les bâtiments, assurant 65 à 70 % de la couverture annuelle des besoins.

La couverture solaire sera de 100 % de mai à octobre, permettant ainsi l'arrêt du réseau de chaleur, et évitant de le faire fonctionner à faible charge, donc à faible rendement.

Lorsque les besoins en ECS sont importants - comme le restaurant - l'appoint sera assuré par un couplage avec le réseau de chaleur ou par des appoints individualisés.

## Confort d'été

La question du confort d'été est cruciale pour des bâtiments à très forte performance énergétique : plus les pertes sont faibles, plus un effet « thermos » risque de créer des surchauffes.

Un soin tout particulier a été pris pour résoudre cette question :

- sur les surfaces ensoleillées, l'orientation Sud (+ ou - 10°) permettra d'utiliser avec efficacité des **masques fixes**, tels des avancées de toitures.
- Le règlement de ZAC imposera de recourir dans les bureaux à des **appareils et éclairages électriques performants**, ce qui permet de réduire les apports internes et de limiter les apports de chaleur inutiles.
- La nuit, les locaux seront rafraîchis naturellement par **des ouvertures en partie haute des circulations centrales** favorisant la ventilation nocturne.
- Le jour il sera nécessaire de tout fermer et d'éviter ainsi des entrées directes de chaleur, l'aération étant réalisée en rafraîchissant l'air neuf après transit par un **puits climatique** (« puits canadien + provençal »)
- Notons à ce sujet, que la formation des utilisateurs aux contraintes spécifiques de l'architecture bioclimatique est un élément à ne pas négliger.

## Eclairage

Un soin tout particulier sera pris pour favoriser dans les locaux un éclairage naturel, exempt d'éblouissements. L'espace central de circulation permettra de privilégier les lumières indirectes et de créer de second jour évitant un recours trop fréquent à la lumière artificielle.

## Production locale d'énergie

Il n'est pas, pour nous, question de réaliser une simple vitrine où les énergies renouvelables ne seraient présentes que de façon limitée, voire anecdotiques : la ZAC utilisera une combinaison judicieuse d'énergies renouvelables, chacune utilisée de façon optimale en fonction de l'usage, mais à un niveau très significatif par rapport aux besoins.

### Biomasse

Réseau de chaleur à base de combustible biomasse renouvelables (plaquette forestière ou broyats de déchets végétaux). En phase projet, la possibilité d'utiliser les sous-produits énergétiques de la distillerie située à proximité (marc de raisins) sera étudiée.

### Géothermie sol-air

Utilisation l'été de « puits climatiques » pour tempérer l'air neuf, c'est-à-dire de la fraîcheur prise dans le sol à environ 2 m du sol.

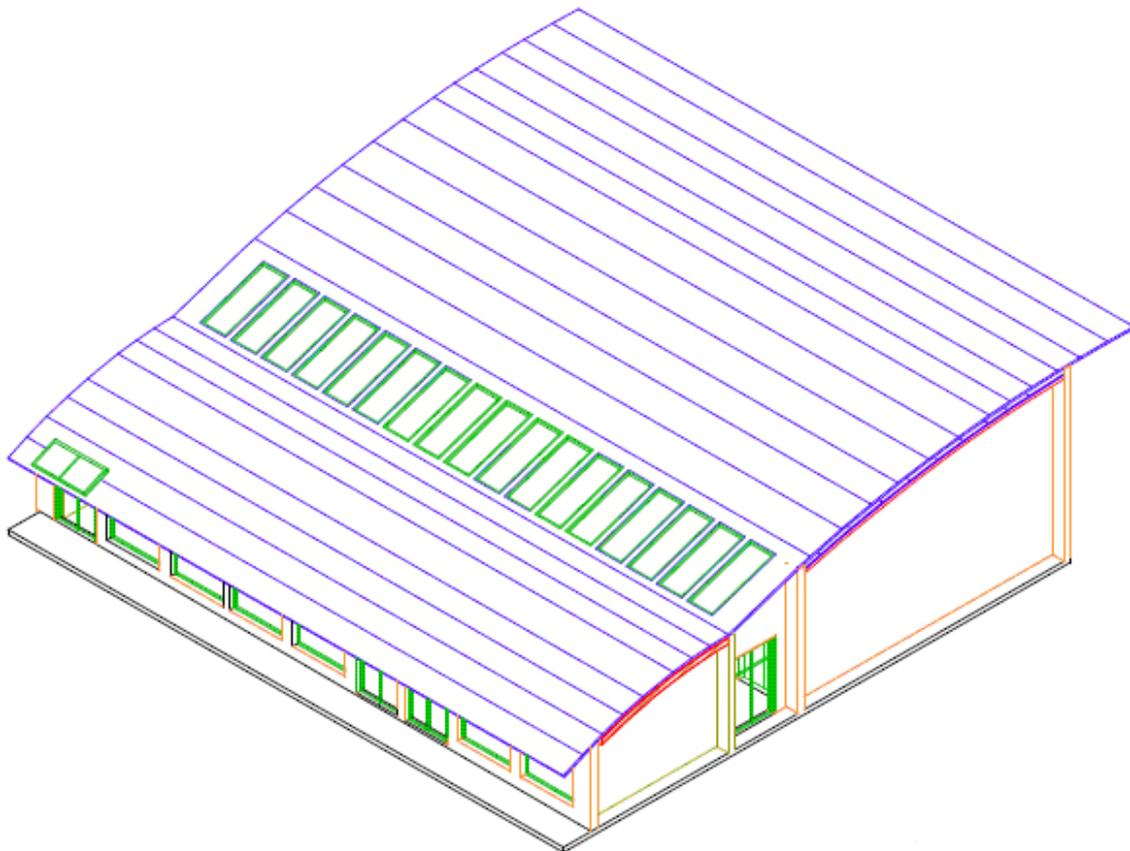
Ces « puits climatiques » permettront également de participer en hiver au pré-chauffage de l'air extérieur.

### Solaire thermique

Production d'eau chaude sanitaire solaire par capteurs solaires.

### Production d'électricité photovoltaïque

La configuration du terrain, assez bien protégé du vent, ne permet pas en première approche d'utiliser l'énergie éolienne. On privilégiera donc la production d'électricité solaire photovoltaïque sur les toitures des bureaux et des hangars au moyen de cellules solaires à couches minces (technologie amorphe), se présentant sous forme de rubans collés en usine sur de bacs métalliques ou aluminium.



## Coûts

### Bâti et production renouvelables (hors photovoltaïque)

Le surcoût généralement constaté dans des opérations où la qualité thermique de l'enveloppe est très performante est de 10 à 20 % du coût d'investissement d'une opération conventionnelle de surface et destination identique.

Envisagés en coût global, intégrant les dépenses de consommation énergétique et les frais d'entretien et de maintenance des structures, le retour sur investissement est de l'ordre d'une dizaine d'année au coût actuel de l'énergie.

### Solaire photovoltaïque

Le recours au photovoltaïque peut s'envisager comme une opération réalisée par un tiers-investisseur, et financièrement indépendante du budget initial de l'opération.

Ce tiers-investisseur peut en effet prendre à sa charge l'investissement initial, puis se rembourser sur la vente du courant électrique à un tarif d'achat garanti de 0,55 €/kWh pour du photovoltaïque intégré en toiture. Les temps de retour constaté sont actuellement inférieurs à 10 ans.

## Analyse énergétique : une ZAC « à énergie positive »

Une première analyse du programme des **besoins énergétiques** (thermiques, électriques et eau) a été effectuée sur les postes de dépenses suivants : chauffage, eau chaude sanitaire, appareillages électriques, éclairage privé, éclairage public, rafraîchissement ou climatisation de locaux spécifiques, appareillage électrique sur les parties communes (services généraux).

A partir de ces besoins, nous avons ensuite estimé les **consommations finales** en fonction des rendements et pertes des équipements préconisés, puis une estimation des **ressources énergétiques primaires nécessaires** (pétrole, gaz, charbon, uranium, solaire, hydraulique, éolien, biomasse, déchets) et des **impacts environnementaux correspondants**.

Cette analyse a ainsi permis de comparer trois variantes :

#### **[Ref] : ZAC courante**

Pour comparaison avec notre proposition, cette variante serait une « ZAC conventionnelle », aux normes thermiques RT2005, recourant au gaz naturel (GDF) pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, et à l'électricité pour les autres usages (réseau EDF).

#### **[Prop sans PV] : Proposition sans photovoltaïque**

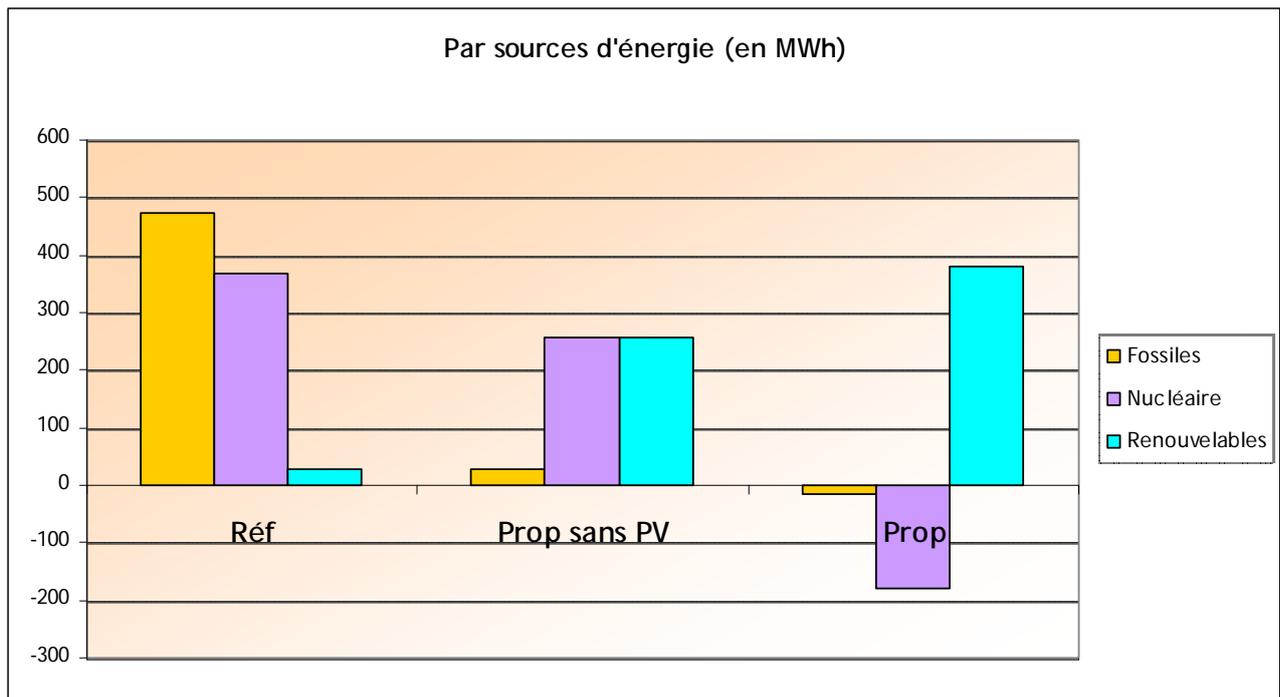
ZAC selon la présente proposition, mais sans aucune toiture photovoltaïque

#### **[ Prop avec PV] : Proposition avec photovoltaïque**

La présente proposition, comprenant les toitures photovoltaïques. Dans ce cas la production photovoltaïque est réinjectée sur le réseau, vendue à un tarif garanti de 0,55 €/kWh garanti par contrat sur 20 ans.

Les résultats sont les suivants :

	Réf ZAC courante EDF + GDF	Prop Performant = Passif + Biomasse + ECS solaire	Prop + PV idem + Photovoltaïque = "énergie positive"
Besoins (MWh)	381	217	217
Energie finale (MWh)	518	320	320
Chauffage	328	198	198
Clim	14	3	3
ECS	56	28	28
Cuisson	3	2	2
Eclairage	46	32	32
Appareils	41	29	29
Services généraux	30	28	28
<b>Chauff + clim + ECS</b>	<b>398</b>	<b>229</b>	<b>229</b>
1 Ateliers	145	86	86
2 Bureaux	89	51	51
3 Accueil Jeux	69	39	39
4 Expo Magasin	82	47	47
5 Restaurant	13	6	6
<b>Production (MWh)</b>	<b>518</b>	<b>320</b>	<b>476</b>
Locale (sur site)	0	15	169
% production locale	0 %	5 %	35 %
<b>Primaire (MWh)</b>	<b>868</b>	<b>542</b>	<b>184</b>
Facteur de réduction		1,60	4,71
<b>Fossiles</b>	<b>473</b>	<b>27</b>	<b>-15</b>
Gaz naturel	451	10	-7
Pétrole	1	3	2
Charbon	21	14	-10
<b>Nucléaire (MWh)</b>	<b>368</b>	<b>257</b>	<b>-180</b>
<b>Renouvelables (MWh)</b>	<b>28</b>	<b>257</b>	<b>380</b>
Solaire	0	13	169
Biomasse	0	225	225
Eolien	0	0	0
Hydraulique	28	19	-14
Déchets	0	0	0
Géothermie	0	0	0
<b>TEP non renouvelables</b>	<b>72</b>	<b>24</b>	<b>-17</b>
<b>Tonnes CO2</b>	<b>134</b>	<b>20</b>	<b>-13</b>
Facteur de réduction		6,6	-10,2
<b>Kgs déchets nucléaires</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,1</b>
Facteur de réduction		1,4	total



*Comparaison par type de sources d'énergie*

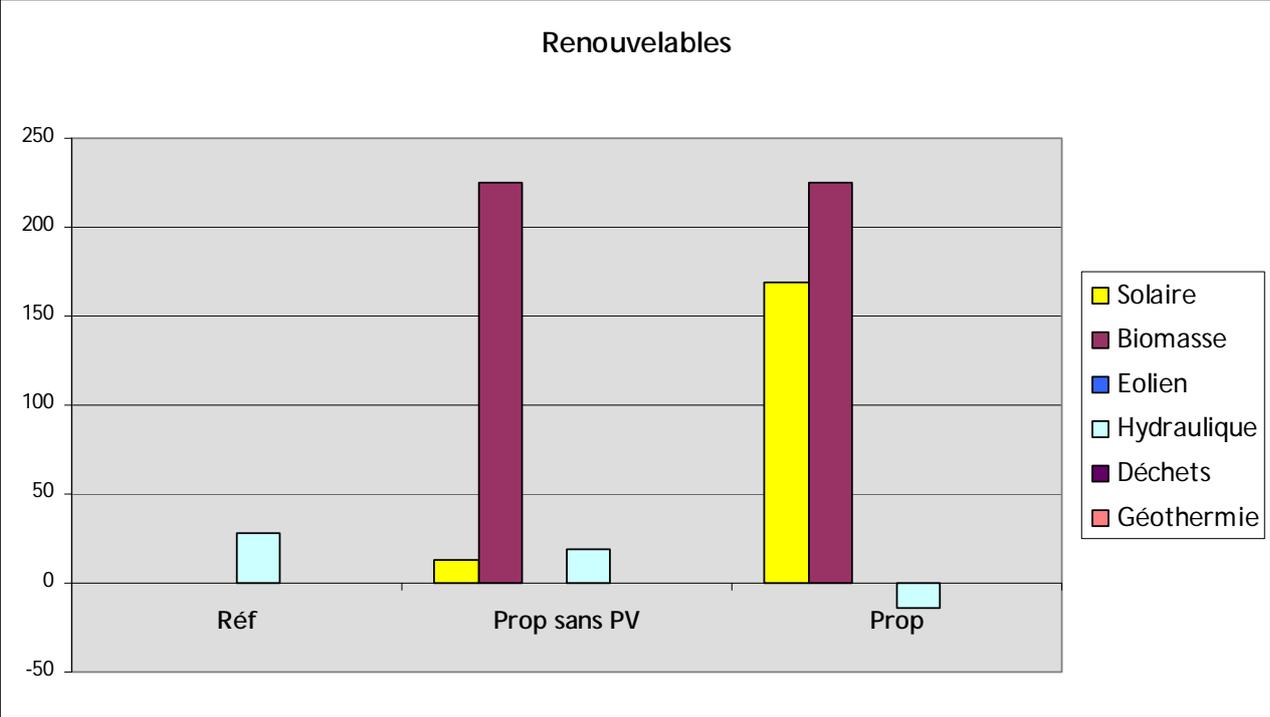
Sans photovoltaïque [Prop sans PV], le recours aux énergies renouvelables est de 259 MWh d'origine biomasse (réseau de chaleur) + solaire + part du grand hydraulique dans l'électricité réseau EDF) contre 28 MWh pour une ZAC conventionnelle [Ref] où le recours aux renouvelables est limité à l'hydraulique dans l'électricité réseau EDF.

Le recours au renouvelables est donc 9 fois plus important.

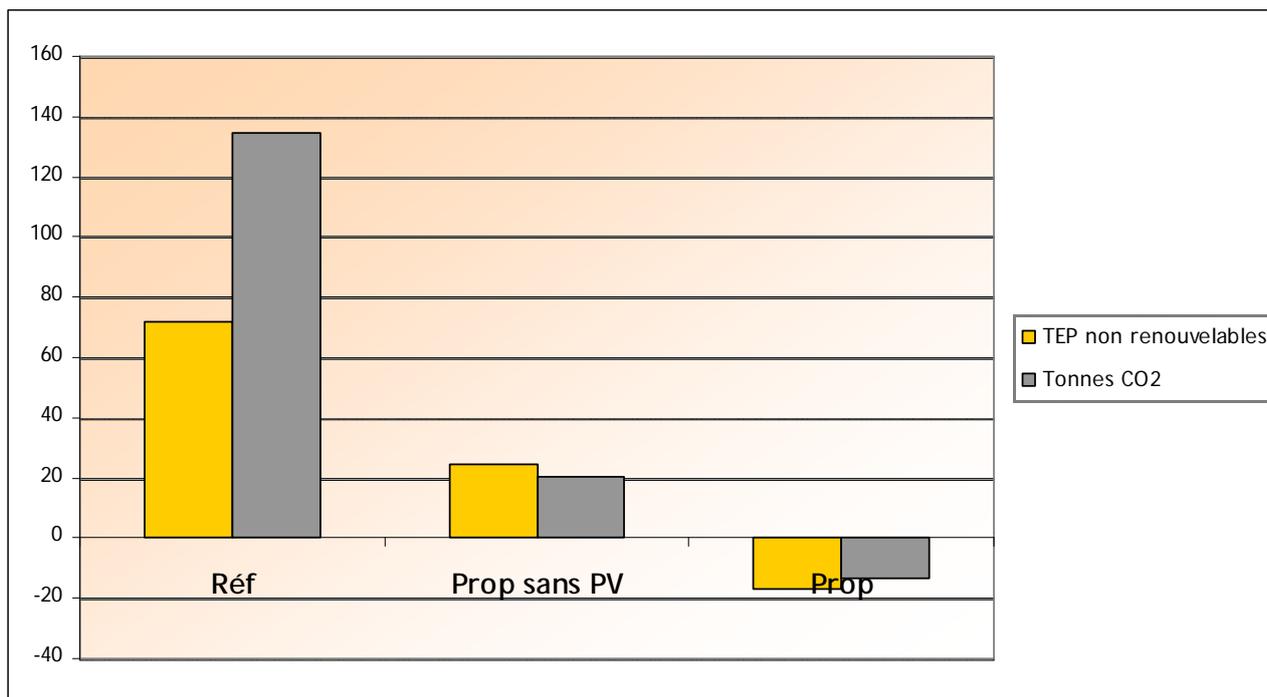
Notre proposition avec photovoltaïque [Prop] supprime totalement - et au-delà - le recours à des énergies fossiles et fissiles, c'est-à-dire à des énergies de stock. L'« énergie verte » produite sur la ZAC vient en effet en substitution de l'énergie électrique qui aurait été produite par EDF selon son « mix » de production actuel. Cette réinjection diminue donc les quantités d'énergie primaire et les impacts environnementaux correspondants : 1 MWh photovoltaïque évite en effet, en tenant compte des rendements de production par les centrales thermiques ou nucléaires, près de 3 MWh d'énergie fossiles (gaz, charbon, fioul) ou fissiles (uranium).

La « ZAC à énergie positive » que nous proposons non seulement n'impacte pas sur ces énergies mais réduit globalement leur utilisation : elle s'insère parfaitement dans la démarche de développement soutenable pour les générations futures, et rend de plus la ZAC très peu dépendantes de l'évolution des tensions à venir sur les énergies conventionnelles.

La ZAC sera donc globalement productrice d'énergie au-delà de ces propres consommations : elle sera une « ZAC à énergie positive ».



## Impacts environnementaux : une ZAC « puits de carbone »



*Comparaison des impacts environnementaux en tonnes d'équivalent pétrole (TEP) d'origine non renouvelables, en tonnes d'émissions de CO2*

Sans recours au photovoltaïque [Prop sans PV], les émissions de CO2 sont réduites d'un facteur 6,6 par rapport à une ZAC conventionnelle [Ref], passant de 134 à 20 tonnes de CO2 par an.

Notre proposition avec photovoltaïque [Prop] permet en outre à la ZAC d'éviter les émissions de CO2 générées par les centrales thermiques (gaz, charbon, fioul) lors de la production d'énergie électrique par le réseau, soit 33 tonnes de CO2 évitées par an.

Le bilan global est donc de 20 tonnes - 33 tonnes, soit : - 13 tonnes de CO2.

La ZAC non seulement n'émettra localement pas de CO2, mais diminuera globalement les émissions : on peut parler de « ZAC puits de carbone ».

## Impacts sur le bilan global des choix constructifs et des méthodes de transport des utilisateurs

Les méthodes de construction choisies auront un impact fondamental sur le problème des émissions de carbone.

En effet il serait inutile de vouloir faire des économies de fonctionnement si le bilan GES de départ est grevé par des méthodes de construction fortement productrices de gaz à effet de serre.

Selon des calculs rapides à partir des chiffres issus des statistiques de l'école des Mines de Paris et de l'ETH de Zurich, La ZAC construite selon des méthodes conventionnelles devrait EMETTRE dans l'atmosphère environ **900 tonnes** de CO<sub>2</sub>, ce qui revient à annuler pendant 7 ans (voir tableau page 7) les efforts par ailleurs consentis sur la consommation ...

Le choix de matériaux et des procédés respectueux de l'environnement basé sur l'utilisation de matériaux végétaux et crus peut en revanche inverser la tendance en provoquant une SEQUESTRATION dans les structures d'environ **6000 tonnes** de CO<sub>2</sub>, l'équivalent de 44 ans de consommation

Dans le même esprit, on constate que l'impact des transports du personnel pour ses déplacements liés à l'activité professionnelle avoisine les 60 tonnes par an si chaque employé utilise une voiture particulière pour se rendre à son travail. Le projet devra donc être envisagé en tenant compte d'un développement souhaitable des modes de transport économes.