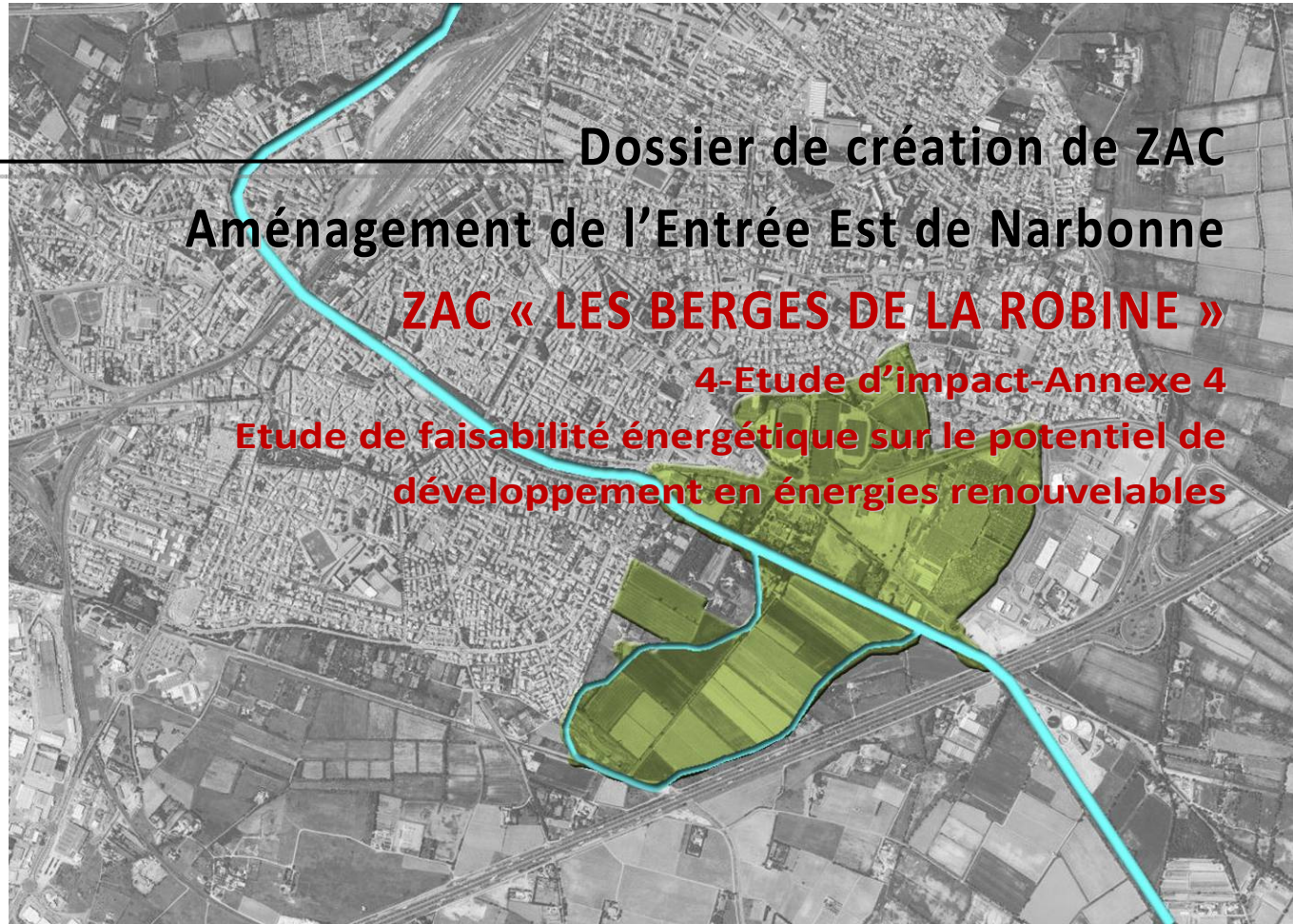


VILLE DE NARBONNE (AUDE)



Agence **RAYSSAC**
ARCHITECTES

Agence **RAYSSAC**-Architectes-Urbanistes
2 rue des Remparts 11100 Narbonne

AZUR environnement
SOCIETE D'ETUDES EN SAN, AMENAGEMENT ET ENVIRONNEMENT

AZUR Environnement-BET Hydraulique
29, rue des Cystericiens 11100 Narbonne



BET Gaxieu-BET VRD
1 bis Place des Alliés 34555 Béziers

HORIZON
CORAJOU - SALLIOT - TABORDA

Atelier **CORAJOU-SALLIOT-TABORDA**
23 rue Sébastien Mercier 75015 Paris

SNC-LAVALIN

SNC LAVALIN-BET Energies Renouvelables
78 Chemins des Sept Deniers 31024 Toulouse

Sommaire

I. Préambule	4
II. Hypothèses - Bases de calcul de l'étude.....	6
A. <i>Bases de calcul</i>	<i>6</i>
B. <i>Composition de la ZAC et répartition des usages.....</i>	<i>8</i>
C. <i>Bilan des besoins énergétiques par type de bâtiment</i>	<i>8</i>
1. <i>Besoins de Chauffage</i>	<i>8</i>
2. <i>Besoins en froid</i>	<i>9</i>
3. <i>Besoins en Eau Chaude Sanitaire (ECS).....</i>	<i>10</i>
4. <i>Besoins en électricité.....</i>	<i>11</i>
D. <i>PREMIERE APPROCHE</i>	<i>12</i>
1. <i>Système pressenti.....</i>	<i>12</i>
E. <i>Variantes envisageables et non envisageables.....</i>	<i>13</i>
1. <i>Raccordement à un réseau de chauffage urbain biomasse.....</i>	<i>13</i>
2. <i>Récupération de chaleur sur les eaux usées.....</i>	<i>13</i>
3. <i>Pompe à chaleur géothermique (capteurs verticaux</i>	<i>13</i>
4. <i>Pompe à chaleur géothermique (capteurs horizontaux).....</i>	<i>14</i>
5. <i>Système de production combinée de chaleur et d'électricité.....</i>	<i>14</i>
F. <i>Coût et impact des énergies.....</i>	<i>14</i>
III. ETUDE : SYSTEME PRESENTI	15
A. <i>Consommation conventionnelle d'énergie primaire</i>	<i>16</i>
B. <i>Emissions de gaz à effet de serre</i>	<i>16</i>
C. <i>Coût d'investissement</i>	<i>17</i>
D. <i>Coût annuel d'exploitation.....</i>	<i>18</i>
IV. ETUDE DE LA VARIANTE N°1 : RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHAUFFAGE URBAIN BIOMASSE	20
A. <i>Emissions de gaz à effet de serre</i>	<i>21</i>

B.	<i>Coût d'investissement</i>	21
C.	<i>Coût annuel d'exploitation</i>	22
D.	<i>Avantages et inconvénients liés à la variante</i>	23
V.	ETUDE DE LA VARIANTE N°2 : RECUPERATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USEES	24
A.	<i>Consommation conventionnelle d'énergie primaire</i>	25
B.	<i>Emissions de gaz à effet de serre</i>	26
C.	<i>Coût d'investissement</i>	26
D.	<i>Coût annuel d'exploitation</i>	27
E.	<i>Avantages et inconvénients liés à la variante</i>	27
VI.	CONCLUSIONS	29

I. Préambule

Pour la création de la ZAC de la ville de Narbonne, l'étude de faisabilité énergétique sur le potentiel de développement en énergies renouvelables est imposée par l'article L128-4 du code de l'Urbanisme. Cette obligation permet aux collectivités de constater la compétitivité énergétique et économique des systèmes d'énergies renouvelables à l'échelle d'une ZAC, notamment celle des réseaux de chaleur (biomasse, récupération de chaleur sur les eaux usées...).

De plus, cette étude prend d'autant plus de sens avec l'arrivée de la nouvelle Règlementation Thermique du bâtiment : la RT 2012. En effet d'ici janvier 2013, cette dernière imposera à toute nouvelle construction d'habitation à Narbonne une Consommation d'Energie Primaire inférieure à 40 kWh/m².an (octobre 2011 pour les bâtiments tertiaires).

En outre, la RT 2012 valorisera la réduction des émissions de gaz à effet de serre mais aussi et surtout le raccordement à un réseau de chaleur avec plus de 60% d'énergie renouvelable et le recours au bois énergie.

Condition de Consommation d'Energie Primaire RT 2012 sur Narbonne quelle que soit la production énergétique hors bois énergie et réseau de chaleur utilisant des énergies renouvelables:

Cep ≤ 40 kWh/m².an

Condition de Consommation d'Energie Primaire RT 2012 sur Narbonne :

- Si bois énergie:

Cep ≤ 65 kWh/m².an

- Si Réseau de chaleur (+60% d'ENR) avec rejet Co₂ < 50gCo₂/kwh:

Cep ≤ 65 kWh/m².an

- Si Réseau de chaleur (+60% d'ENR) avec 50gCo₂/kwh < rejetCo₂ < 100gCo₂/kwh

Cep ≤ 60 kWh/m².an

L'utilisation d'une production de chaleur bois énergie ou avec un réseau de chaleur permet d'accroître la consommation d'énergie primaire jusqu'à 65 kWh/m².an ce qui s'avère très intéressant à l'échelle d'une ZAC.

C'est pourquoi, pour répondre à ce seuil énergétique performant et règlementaire, il est important de mener en amont du projet une étude de faisabilité énergétique.

En outre, au-delà des qualités énergétiques de chaque solution thermique à énergie renouvelable, l'étude de faisabilité permettra d'avoir une vision globale sur les impacts de chaque système envisagé.

En effet, pour chaque solution cette étude analysera et comparera:

La consommation d'énergie finale économisée

Le coût d'investissement de la solution

Les coûts d'exploitation et de maintenance de la solution

Les subventions, les aides financières, les montages de dossiers possibles

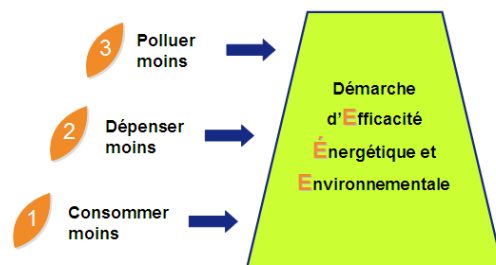
Le temps de retour sur investissement

L'impact environnemental (rejet gaz à effet de serre...)

L'impact social (utilisation d'une filière locale...)

Les avantages et inconvénients des systèmes (conditions de mise en œuvre, conditions de gestion et de maintenance... etc.).

Ainsi tout en tenant compte de l'environnement général du projet notre démarche sera structurée par 3 piliers



II. Hypothèses - Bases de calcul de l'étude

Pour pouvoir effectuer l'étude de faisabilité énergétique sur le potentiel de développement en énergies renouvelables, il est essentiel d'estimer les besoins énergétiques de la future ZAC. Pour cela des hypothèses ont été prises.

Nota :

Cep: Consommation d'Énergie Primaire par m² SHON et par an (kWh/m².an) : c'est une forme d'énergie disponible dans la nature avant transformation. Pour l'obtenir, on multiplie l'énergie électrique par 2.58 et les autres énergies par 1. Pour certains cas, l'énergie biomasse est multipliée par 0.6 (plus avantageux). Au sens RT 2005 et RT 2012 cette consommation prend en compte les consommations d'éclairage, du chauffage, de la climatisation, de la ventilation des auxiliaires de chauffage et de climatisation, les énergies renouvelables du bâtiment ...

La consommation d'énergie du projet à prendre en compte pour la réalisation des études est la consommation primaire conventionnelle du bâtiment liée au chauffage, au refroidissement, à la production d'eau chaude sanitaire, à l'éclairage et aux auxiliaires, déduction faite de la production d'électricité à demeure.

A. Bases de calcul

Ci-dessous les bases de calcul utilisées dans le logiciel pour le calcul des consommations conventionnelles :

- Localisation du projet : Narbonne (11)
- Température extérieure : été 35°C . hiver - 5°C
- Température intérieure : 19°C
- Coefficients de déperditions surfaciques et linéiques : Coefficients conformes à la réglementation thermique RT 2012

	Exigence RT 2005	Exigence BBC/RT 2012 Prises dans notre étude
Isolation des parois opaques		
R mur extérieur (m².K/W)	2.2 à 3.2	3.8 à 6
R Plancher (m².K/W)	2.4 à 3.1	3.5 à 4.5
R toit (m².K/W)	3 à 3.7	6 à 10
Ponts thermiques	Moyens à faibles $\Psi \leq 1.2W(m.K)$	Faibles $\Psi < 1.1W(m.K)$
Baies vitrées		
Uw (W/m².K)	2 à 1.8	- uw ≤ 1.8 - menuiserie à rupture de pont thermique et à faible émissivité - Facteur solaire des menuiseries g stores abaissés : * Baies verticales nord $g \leq 0.25$ * Baies verticales autres que nord $g \leq 0.15$ * Baies – locaux à occupation passagère $g \leq 0.65$
Protections solaires	Souvent nécessaires	Indispensables (brises soleil, casquettes, stores extérieurs...)
Conception architecturale		
Compacité	A envisager	- Bâtiment compact
Orientation sud	A envisager	- Indispensable mais avec protection solaire - Eviter les orientations à l'ouest pour les surchauffes en période estivale - Protection aux vents dominants
Perméabilité à l'air	1.7 m ³ /h.m ²	1 m ³ /h.m ²
Equipements techniques		
Puissance Eclairage	P < 12W/m ²	- P < 10W/m ² - détection de présence, horloge, gradation lumineuse...
Production chaud / froid	Fonction de la saisie	- Recours aux énergies renouvelables - Système à haut rendement - pompes à débits variables
ventilation	Fonction de la saisie	- Ventilateurs basse consommation (P < 0.25w/m ³ /h)

B. Composition de la ZAC et répartition des usages

- 75 000 m² de logements collectifs
- La surface moyenne prise en calcul thermique pour un logement sera de ~72m²
- On considèrera 60 logements par bâtiment, soit un total de 17 bâtiments de logements collectifs
- 8 000m² de bureaux
- 7 500 m² de commerces et hôtellerie
- 1 000 m² d'équipements

C. Bilan des besoins énergétiques par type de bâtiment

1. Besoins de Chauffage

- Pour les 75 000m² de logements :
 - Déperditions moyennes niveau BBC/RT 2012 : 34w/m²

→ Puissance chauffage totale requise pour les 1020 logements : 2520kW
- Pour les bureaux :
 - Surface : 8 000 m²
 - Déperditions moyennes niveau BBC/RT 2012 pour des bureaux : 30w/m²

→ Puissance chauffage totale requise pour les bureaux : 240 kW
- Pour les commerces, hôtels et équipements:
 - Surface totale: 9500 m²
 - Déperditions moyennes niveau BBC/RT 2012 pour des commerces : 30w/m²

→ Puissance chauffage totale requise pour les 9500m²: 285 kW

Puissance chauffage totale : 3 045 kW

Nota : Degrés Jours Unifiés à Narbonne : DJU = 1488 pour 166 jours de chauffe

2. Besoins en froid

- Pour les 75 000m² de logements : pas de rafraichissement

- Pour les bureaux :
 - Surface : 8 000 m²
 - Apports moyens niveau BBC/RT 2012 : 40 w/m²

→ Puissance froid totale requise : 320 kW

- Pour les commerces, hôtels et équipements:
 - Surface : 9 500 m²
 - apports moyens niveau BBC/RT 2012 : 60 w/m²

→ Puissance froid totale requise : 470 kW

Puissance froid totale : 795 kW

3. Besoins en Eau Chaude Sanitaire (ECS)

- Pour les 75 000m² de logements :
 - Méthode de calcul Qualitel (référentiel Millésime 2008)
 - Production collective semi accumulation
 - 1 sous station pour 60 logements (~ 1020 logements)
 - Stockage de 4000 litres par sous stations soit 66.7 litres par logement
 - $P \geq 0.943$ kW/logement (selon les bases Qualitel)

→ Puissance ECS totale requise : 900 kW

- Pour les 1000 m² d'équipements

→ Puissance ECS totale requise : 30 kW

- Pour les 15500 m² de bureaux, commerces et hôtels

Les besoins en ECS sont négligeables dans le tertiaire par rapport aux besoins de l'habitat. Il pourra être prévu des petits ballons électriques semi instantané à proximité des points de puisage.

Puissance ECS totale : 2250 kW

Puissance totale en chaud (ECS + Chauffage): 8430 kW

Nota : Les consommations des chauffages et d'ECS seront détaillées ultérieurement car elles dépendent du système et du type d'énergie utilisés.

4. Besoins en électricité

Les besoins électriques pris en compte dans cette étude sont ceux issus de l'éclairage intérieur, de la ventilation et des consommations électriques des auxiliaires des systèmes de chauffage et refroidissement. Les hypothèses de consommations électriques sont issues des ratios BBC/RT 2012.

- Pour les 1020 logements :
 - Eclairage 2.5 kWh/m².an
 - Ventilation 2.2 kWh/m².an
 - Auxiliaire 1.2 kWh/m².an

→ Puissance électrique totale requise : 436 MWh/an

- Pour les bureaux :
 - Eclairage 2.5 kWh/m².an
 - Ventilation 2 kWh/m².an
 - Auxiliaire 1.2 kWh/m².an

→ Puissance électrique totale requise : 45 MWh/an

- Pour les commerces et hôtels :
 - Eclairage 3 kWh/m².an
 - Ventilation 2 kWh/m².an
 - Auxiliaire 1.1 kWh/m².an

→ Puissance électrique totale requise : 59 MWh/an

Consommation électricité totale : 540 MWh/an

D. PREMIERE APPROCHE

L'objectif de cette étude de prendre une solution de base dit « système pressenti » et de la comparer à des solutions utilisant des énergies renouvelables. Vu les délais de construction de la ZAC, le système pressenti propose des équipements techniques permettant de répondre à la RT2012.

1. *Système pressenti*

Le système pressenti pour l'approvisionnement en énergie (consommation conventionnelle du bâtiment liée au chauffage, au refroidissement, à la production d'eau chaude sanitaire, à l'éclairage et aux auxiliaires, déduction faite de la production d'électricité à demeure) du projet est composé :

- D'une production de chaleur par 2 chaudières gaz à condensation collective pour chaque bâtiment (109% sur PCI)
- D'une production d'eau chaude sanitaire assurée par capteurs solaires thermiques (50m² de capteurs par bâtiment dotés d'une production ECS collective) et de 2 ballons de stockage solaires de 2000 litres par bâtiments avec appoint assuré par la chaufferie gaz décrite ci-dessus. Ce système assure 50% des besoins en ECS.
- D'une production frigorifique par groupe froid à condensation à air fonctionnant avec un fluide frigorigène respectant l'environnement et ayant un rendement (EER>2.9) pour les bureaux et commerces

La demande en ECS est permanente et conséquente dans les logements par rapport aux bâtiments tertiaires. C'est l'un des postes de consommation énergétique le plus important c'est pourquoi l'usage d'énergie renouvelable telle que le solaire thermique s'avère intéressant pour diminuer les consommations énergétiques globales, pour abaisser les charges des utilisateurs mais aussi pour limiter les émissions des gaz à effet de serre. La production solaire thermique sera menée par 50m² de capteurs solaires thermiques par bâtiment. L'appoint sera assuré par les chaudières gaz (capteurs solaires thermiques orientés Sud et inclinés de 30° assurant ~45 % des besoins en ECS).

E. Variantes envisageables et non envisageables

Le système pressenti sera comparé aux variantes suivantes :

1. Raccordement à un réseau de chauffage urbain biomasse

Cette variante sera étudiée : variante n°1

La mise en place d'un réseau de chaleur permet de centraliser toute la production énergétique de la ZAC et de limiter les coûts de maintenance. En outre l'usage d'énergie renouvelable dans le réseau de chaleur permet non seulement de tendre vers les exigences RT 2012 mais aussi de limiter les émissions de gaz à effet de serre. Il est important de noter que ce système favorise une partie de l'économie locale notamment la filière bois énergie locale.

2. Récupération de chaleur sur les eaux usées

Cette variante sera étudiée : variante n°2

Ce système récupère la chaleur présente dans les canalisations d'eaux usées via un échangeur et un système de pompes à chaleur. En effet dans les canalisations, la température des eaux usées demeure quasi constante. Le projet de construction de la ZAC de Narbonne comptera près de 1020 logements (forte densité) soit un réseau d'eaux usées assez conséquent. Etudier cette variante semble dès lors pertinente.

3. Pompe à chaleur géothermique (capteurs verticaux

Cette variante ne sera pas étudiée.

Une telle installation représente un investissement très lourd inadapté à la taille du présent projet. Dans le cas d'une géothermie courante « basse température », on exploite la température du sol et des eaux de surface ; la captation s'effectue à des profondeurs de 100 m en général. En prenant l'hypothèse courante d'une capacité de récupération de 50 W par mètre linéaire de profondeur et sachant qu'en moyenne les sondes sont placées à 100 m de profondeur, chaque sonde pourrait fournir 5 kW. Au vu des besoins en chaud du projet (4000kW), 800 sondes espacées chacune l'une par rapport à l'autre de 4m seraient nécessaires.

Nota : il existe d'autres capteurs verticaux permettant de récupérer directement de l'eau chaude à des profondeurs supérieures à 1000 m. Une telle installation représente un investissement très lourd inadapté à la taille du présent projet.

4. Pompe à chaleur géothermique (capteurs horizontaux)

PAC sol/eau (sol comme source de chaleur à partir de capteurs horizontaux) : au vu des besoins en chaud du projet, la surface couverte par les espaces verts ne sera pas suffisante. De plus, l'utilisation de la pompe à chaleur uniquement pour le chaud entraîne dans le temps une diminution de la capacité d'échange du sol (problème de régénération du sol) jusqu'à rencontrer des problèmes de gel. Pour ces raisons, cette variante ne sera donc pas étudiée.

5. Système de production combinée de chaleur et d'électricité

Cette variante ne sera pas étudiée.

Pour être efficace une cogénération doit fonctionner sur une longue durée et à plus de 80% de charge (régulation de charge difficile car temps de réaction du système long provoquant en plus des fatigues mécaniques importantes). Le mode de fonctionnement de ce type de système n'est pas adapté aux besoins variables d'un bâtiment de logements collectifs (consommation ECS importante sur une courte durée par exemple). La cogénération est surtout rentable dans les industries dont les process utilisent l'eau chaude, la vapeur ou l'air chaud qui peuvent ainsi être valorisés. La mise en place d'une cogénération nécessite également une surface disponible non négligeable, difficilement envisageable sur ce projet. Cette variante ne sera donc pas étudiée.

F. Coût et impact des énergies

Les coûts des énergies sont issus de l'annexe V de l'arrêté du 18 décembre 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs en France métropolitaine.

III. ETUDE : SYSTEME PRESENTI

NOTA : les résultats issus de cette étude à savoir les consommations, émissions de CO2, coûts d'investissement, coûts d'exploitation, subventions sont présentés à l'échelle de la ZAC. Pour les promoteurs et les utilisateurs il suffira de ramener ces résultats au prorata des surfaces des bâtiments.

Il est important de rappeler que les coûts d'investissement des différentes productions calorifiques étudiées ne seront pas à la charge de la ville de Narbonne mais à la charge des futurs aménageurs et / ou des futurs fournisseurs d'énergie

Le système presenté est composé des équipements suivants :

- D'une production de chaleur par 2 chaudières gaz à condensation collective pour chaque bâtiment (109% sur PCI)
- D'une production d'eau chaude sanitaire assurée par capteurs solaires thermiques (50m² de capteurs par bâtiment dotés d'une production ECS collective) et de 2 ballons de stockage solaires de 2000 litres par bâtiments avec appoint assuré par la chaufferie gaz décrite ci-dessus. Ce système assure 50% des besoins en ECS.
- D'une production frigorifique par groupe froid à condensation à air fonctionnant avec un fluide frigorigène respectant l'environnement et ayant un rendement (EER>2.9) pour les bureaux et commerces

A. Consommation conventionnelle d'énergie primaire

En partant des bases de calcul énumérées dans le chapitre précédent, les consommations conventionnelles obtenues pour le système pressenti sont indiquées ci-dessous :

Consommation	Gaz + autre énergie (PCI) kWh/an	Electricité kWh/an	Total conventionnel kWh/an	Coef de conversion gaz + autre énergie	Coef de conversion élec	Total conventionnel énergie primaire kWhep/an
chauffage	1 636 800	0	1 636 800	1	2,58	1636800
refroidissement	0,00	100 107	100 107	1	2,58	258276
ECS	370000	0	370 000	1	2,58	370000
ventilation	0	202000	202 000	1	2,58	521160
éclairage	0	217400	217 400	1	2,58	560892
auxiliaires	0	121200	121 200	1	2,58	312696
total projet	2 006 800	640 707	2 647 507			3 659 824
Total/m²						39,998
classe énergie						A

B. Emissions de gaz à effet de serre

En utilisant, conformément à l'arrêté du 18 décembre 2007, les coefficients de conversion de l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 les émissions de gaz à effet de serre s'élèvent à :

Emission de CO2	facteur de conversion gaz	0,234xconso gaz	facteur de conversion électricité	0,04xconso élec	Total kg CO2 /an
chauffage		0,234		0,04	383 011
refroidissement		0,234		0,04	4 004
ECS gaz		0,234		0,04	86 580
ventilation		0,234		0,04	8 080
éclairage		0,234		0,04	8 696
auxiliaires		0,234		0,04	4 848
total projet					495219,5
Total/m²					5,4
classe énergie					B

C. Coût d'investissement

Le coût d'investissement du système pressenti est de 5 488 000 €HT

Nb : Ce coût d'investissement concerne la production de chaud et de froid et d'énergie renouvelable

Grâce au fonds chaleur renouvelable proposé par l'ADEME, chaque bâtiment (environ 17 par hypothèse) dotés d'environ 50 m² de capteurs solaires pourrait prétendre à une subvention de plus de 15 000 €HT.

Il est important de rappeler que la subvention se verse en 3 fois et qu'il y a une obligation de résultat pour obtenir la totalité de la subvention. De plus, notre projet devra répondre à toutes les conditions d'éligibilité pour obtenir ces aides financières.

Conditions d'éligibilité du Fonds Chaleur pour le solaire thermique en 2010 (source ADEME):

- Surface utile de panneaux solaires thermique ≥ 50 m²:
- Installations collectives centralisées (hébergement collectif, tertiaire...): ce projet remplit cette condition
- Productivité solaire utile > 400 kWh/m².an : on obtient environ 640 kWh/m².an par bâtiment
- Capteurs certifiés : les capteurs seront certifiés
- Investissement < 2.25 €/kWh solaire utile.an : dans ce projet l'investissement est de 1.11 €/kWh solaire utile.an.

NB : Cette subvention est fonction des réponses de l'ADEME qui juge éligible ou non la demande de subvention du maître d'ouvrage.

D. Coût annuel d'exploitation

Le coût annuel d'exploitation est obtenu en sommant les dépenses liées aux consommations annuelles, aux abonnements et aux frais de maintenance (hors remplacement de produits ou équipements).

Coûts d'exploitation et d'entretien annuel (gaz et électricité) :

	coût consommation gaz (€HT)	coût consommation électricité (€HT)	Coût des consommations annuelles (€HT)	Estimation du coût abonnement énergies (€HT)	Estimation du coût annuel frais de maintenance (€ HT)	Estimation du coût annuel total exploitation-entretien (€ HT)
chauffage	0,041		67 764	10 071	265 000	
refroidissement		0,0654	6 547			
ECS	0,041		15 318			
ventilation		0,0654	13 211			
éclairage		0,0654	14 218			
auxiliaires		0,0654	7 926			
total projet			12 4984	10 071	265 000	400 055

Avantage du système pressenti

- matériel simple pour une maintenance aisée
- production d'ECS solaire peut être subventionnée par l'ADEME.
- permet de répondre aux exigences RT 2012.

Inconvénients du système pressenti

- Mise en place d'une chaufferie gaz par site et donc multiplication des interventions de maintenance
- Variation des coûts du gaz
- Attention aux ombres portées des arbres longeant le canal sur les panneaux solaires thermiques.

Remarque:

Il est important de rappeler que les résultats sont issus d'hypothèses et qu'ils devront être validés ultérieurement lors de la conception des bâtiments par un calcul thermique respectant la Règlementation Thermique en vigueur au moment du dépôt du PC. Ces calculs devront être réalisés avec un logiciel certifié CSTB. Dès lors, si le Cep obtenu à partir de ces calculs venait à être supérieur à 40kWh/m².an, il faudrait envisager éventuellement la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques. Plusieurs solutions de mise en place pourraient être prévues.

- Panneaux solaires photovoltaïques sur les toitures des bâtiments (système ayant le meilleur rendement)
- Brise-soleil photovoltaïques assurant aussi la protection solaire des bâtiments en période estivales
- membrane photovoltaïque assurant à la fois la production d'électricité mais aussi l'étanchéité des toitures terrasse

IV. ETUDE DE LA VARIANTE N°1 : RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHAUFFAGE URBAIN BIOMASSE

Lorsqu'on a recours à un réseau de chaleur biomasse, la réglementation impose $Cep < 65 \text{ kWhep/m}^2 \cdot \text{an}$ suite à la demande de titre V au lieu d'un $Cep < 40 \text{ kWhep/m}^2 \cdot \text{an}$.

La variante n°1 est composée des équipements suivants :

- d'une production de chaleur mixte solaire biomasse couvrant plus de 75% des besoins en chaleur, l'appoint et le secours étant assuré par deux chaudières gaz couvrant la totalité des besoins.
- La production d'ECS solaire sera par conséquent centralisée. En période estivale l'appoint en ECS sera assuré par une seule chaudière gaz.
- Chaque bâtiment sera doté d'une sous station dotée deux ballon d'ECS de 2000 litres unitaire alimentés par l'eau chaude du réseau de chaleur et pour assurer la production d'ECS de chaque bâtiment
- d'une production de froid assurant le rafraîchissement des bureaux et commerces (EER>2.9)
- d'aucune production d'électricité (raccordement du futur bâtiment au réseau public).

Pour la création d'un réseau de chaleur biomasse, la mairie de Narbonne devra lancer un appel à candidature pour trouver un fournisseur d'énergie qui se chargera de créer le réseau de chaleur et de l'entretenir. Ce fournisseur d'énergie financera en totalité le réseau de chaleur : production énergétique et réseaux de distribution jusqu'aux sous station. Il laissera en attente les réseaux d'eau chaude dans chaque sous station. Les sous stations seront à la charge des futurs propriétaires des bâtiments.

En contre partie, les futurs propriétaires (promoteurs) auront à leur charge les coûts de raccordements réseau qui correspondent environ à 90% du coût de son investissement évité (par rapport à la solution de base).

En partant des bases de calcul énumérées dans le chapitre précédent, les consommations conventionnelles obtenues pour la variante n°1 sont indiquées ci- dessous :

Consommation	Gaz + autre énergie (PCI) kWh/an	Electricité kWh/an	Total conventionnel kWh/an	Coef de conversion gaz + autre énergie	Coef de conversion élec	Total conventionnel énergie primaire kWhep/an
chauffage	2 071 000	0	2 071 000	1	2,58	2071000
refroidissement	0	100 775	100 775	1	2,58	260000
ECS	370000	0	370 000	1	2,58	370000
ventilation	0	202000	202 000	1	2,58	521160
éclairage	0	217400	217 400	1	2,58	560892
auxiliaires	0	121200	121 200	1	2,58	312696
total projet	2 441 000	641 375	3 082 375			4 095 748
Total/m²			775,9			44,8
classe énergie						A

Nota : Les résultats au niveau des consommations énergétiques et des émissions de CO2 sont quasi équivalents avec la solution de base. Ceci s'explique par le fait que ce système nécessite un secours gaz assurant la totalité des besoins en cas de défaillance des chaudières biomasse.

A. Emissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre s'élèvent à :

Emission de CO2	facteur de conversion gaz 0,234xconso gaz	facteur de conversion électricité 0,04xconso élec	Total kg CO2 /an
chauffage	0,234	0,04	484 614
refroidissement	0,234	0,04	4 031
ECS gaz	0,234	0,04	86 580
ventilation	0,234	0,04	8 080
éclairage	0,234	0,04	8 696
auxiliaires	0,234	0,04	4 848
total projet			596849,0
Total/m ²			6,5
classe énergie			B

B. Coût d'investissement

Attention les estimations du coût d'investissement d'un réseau de chaleur peuvent varier en fonction des types de contrat réalisés avec le fournisseur d'énergie.

Toutefois, le coût d'investissement d'un réseau de chaleur correspond souvent à 90% du coût du système pressenti. Dès lors le coût d'investissement de la variante 1 est estimé à 4 939 200 € HT soit une moins value de 548 800 €HT par rapport au système pressenti. Suivant négociation avec le fournisseur d'énergie ce dernier sera chargé de la mise en place du réseau de chaleur : production énergétique et réseaux de distribution jusqu'aux sous station. Il laissera en attente les réseaux d'eau chaude dans chaque sous station. Les sous station seront à la charge des futurs propriétaires des bâtiments (promoteurs...).

Principe de répartition des coûts entre promoteurs et propriétaires/utilisateurs des bâtiments:

Futurs propriétaires des bâtiments (promoteurs)

A sa charge :

les coûts de raccordements réseau qui correspondent environ à 90% du coût de son investissement évité soit 4 939 200 €HT (90% du coût d'investissement du système pressenti).

□ **Propriétaire/utilisateur**

A sa charge :

- La consommation chauffage/ECS
- L'entretien maintenance/gros entretien renouvellement réparti au m² utile chauffé
- Une quote part complémentaire des coûts taxe de raccordement réseau

Dans ce cas là, la plus value sur le coût d'investissement n'est pas quantifiable. Toutefois, le tableau récapitulatif final comparera les coûts d'exploitation de chaque solution ce qui permettra d'évaluer la pertinence de chaque variante.

C. Coût annuel d'exploitation

Coûts d'exploitation et d'entretien annuel de la variante n°1 :

	coût consommation (€HT)	coût consommation électricité (€HT)	Coût des consommations annuelles (€HT)	Estimation du coût abonnement énergies (€HT)	Estimation du coût annuel frais de maintenance (€ HT)	Estimation du coût annuel total exploitation-entretien (€ HT)
chauffage	0,026		53 846	10071	288 000	
refroidissement		0,0654	6 591			
ECS gaz	0,026		9 620			
ventilation		0,0654	13 211			
éclairage		0,0654	14 218			
auxiliaires		0,0654	7 926			
total projet			105412	10071	288000	403483

D. Avantages et inconvénients liés à la variante

Avantages (par rapport au système pressenti) :

- Production centralisée avec une seule société de maintenance
- Recours à plus de 75% d'énergie renouvelable
- Permet de respecter les exigences de performances énergétiques de la RT 2012 à savoir $Cep < 65 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$. Avec un $Cep = 44.8 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$ cette variante répond à cette exigence.
- Cette variante diminue les charges pour les futurs utilisateurs ou locataires.
- Cette variante favorise le développement de la filière locale bois énergie
- Subvention Fonds Chaleur ADEME possibles
 - 60% des dépenses éligibles (cf cahier des charges)
 - 600€/ml au maximum)

Inconvénients (par rapport au système pressenti) :

- Il faut lancer un appel à candidature et trouver un fournisseur d'énergie fiable
- Il faut être sûr que la filière bois énergie est développée dans le secteur Narbonnais.
- Une chaufferie bois énergie est encombrante. Il faut prévoir un silo et une aire de contournement pour les camions (90m³ environ). Ces derniers viennent approvisionner le silo tous les 3 à 4 jours. Pour une telle puissance le silo avoisine les 480m³.

NOTA sur la filière bois énergie dans le secteur narbonnais :

La filière bois énergie est développée dans le Haut Minervois (SEMBE). Actuellement, il est essentiellement utilisé des plaquettes forestières et des broyats de palettes (~35% d'humidité).

V. ETUDE DE LA VARIANTE N°2 : RECUPERATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USEES

La variante n°2 est composée des équipements suivants :

Les canalisations d'assainissement véhiculent dans les zones urbaines des eaux dont la température se situe entre 13 et 20°C tout au long de l'année. Cette ressource en énergie est disponible en continue et peut être utilisée pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments via des pompes à chaleur. En hiver la récupération de chaleur s'effectue au moyen d'une pompe à chaleur qui permet de transférer l'énergie des eaux usées d'un niveau à basse température, par refroidissement sur l'évaporateur, vers un niveau de température plus élevé de 35 à 65°C, par récupération sur le condenseur.

En été, la pompe à chaleur est réversible et peut produire du froid pour la climatisation ou le rafraîchissement des locaux, en évacuant la chaleur du condenseur dans les eaux usées.

Le potentiel thermique des eaux usées est particulièrement bien adapté aux bâtiments collectifs. La performance du système dépendra principalement du débit des eaux usées et de la pente du réseau d'évacuation.

En moyenne, 3.5kW/m² d'échangeur soit 5kw/ml peuvent être récupérés (exemples : plateforme de test de ce système à Cagnes s/ Mer, Musée MIAM dans la ville de Sète, hôtel de la Communauté Urbaine de Bordeaux CUB, Piscine de Levallois, villes de Winterthur et Zürich en Suisse, ville de Lyss en Belgique).

Ainsi, la variante n°3 est composée des équipements suivants :

- d'une production de chaleur par pompes à chaleur réversibles (COP>4) avec récupération des eaux usées des futurs logements collectifs. Le besoin total en chaud étant de 3640kW, il faudrait environ 750m d'échangeur en canalisation EU.
- d'une production d'eau chaude sanitaire semi instantanée assurée par les pompes à chaleur décrite ci-dessus. Toutefois un appoint électrique direct sera nécessaire pour assurer la totalité des besoins en ECS car les températures de départ des pompes à chaleur sont trop faibles pour éviter tout risque de légionellose.
- d'une production de froid assurée par les pompes à chaleur réversibles (COP>4) avec récupération des eaux usées des futurs logements collectifs
- d'aucune production d'électricité photovoltaïque

Enfin, lorsqu'on a recours à un réseau de chaleur utilisant des énergies renouvelables telles que la récupération d'énergie des eaux usées, la réglementation impose $Cep < 65 \text{ kWhep/m}^2$ au lieu d'un $Cep < 40 \text{ kWhap/m}^2 \cdot \text{an}$.

Deux installations seront possibles :

- Une seule production centralisée pour toute la ZAC alimentant une sous station par bâtiment. Cette centrale d'énergie rassemblera un ensemble de PAC récupérant la chaleur du réseau d'eaux usées.
 - Avantage : Une seule zone principale de maintenance
 - Inconvénient : Prévoir une centrale d'énergie lors de l'aménagement du site
- Une production calorifique par bâtiment comprenant chacun une PAC à deux PAC récupérant la chaleur du réseau d'eaux usées.
 - Avantage : pas de centrale d'énergie à prévoir en amont de l'aménagement du site.
 - Inconvénients : multiplie les espaces de maintenance.

A. Consommation conventionnelle d'énergie primaire

En partant des bases de calcul énumérées dans le chapitre précédent, les consommations conventionnelles obtenues pour la variante n°2 sont indiquées ci-dessous :

Consommation	Gaz + autre énergie (PCI) kWh/an	Electricité kWh/an	Total conventionnel kWh/an	Coef de conversion gaz + autre énergie	Coef de conversion élec	Total conventionnel énergie primaire kWhep/an
chauffage	0	573 996	573 996	1	2,58	1480910
refroidissement	0	50 388	50 388	1	2,58	130000
ECS	0	746976	746 976	1	2,58	1927198
ventilation	0	202000	202 000	1	2,58	521160
éclairage	0	217400	217 400	1	2,58	560892
auxiliaires	0	121200	121 200	1	2,58	312696
total projet	0	1 911 960	1 911 960			4 932 856
Total/m²			481,3			51,9
classe énergie						B

On obtient bien $Cep = 51.9 \text{ kWhep/m}^2 \cdot \text{an}$ soit $Cep < 65 \text{ kWhep/m}^2 \cdot \text{an}$

B. Emissions de gaz à effet de serre

En utilisant, conformément à l'arrêté du 18 décembre 2007, les coefficients de conversion de l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 (rappelés dans le chapitre 2), les émissions de gaz à effet de serre s'élèvent à :

Emission de CO2	facteur de conversion gaz	0,234xconso gaz	facteur de conversion électricité	0,04xconso élec	Total kg CO2 /an
chauffage		0,234		0,04	22 960
ECS gaz		0,234		0,04	29 879
ventilation		0,234		0,04	8 080
éclairage		0,234		0,04	8 696
auxiliaires		0,234		0,04	4 848
total projet					74462,9
Total/m ²					0,8
classe énergie					A

C. Coût d'investissement

Le coût d'investissement d'un réseau de chaleur est fonction du contrat mis en place avec le fournisseur d'énergie. Toutefois, il correspond souvent à 90% du coût du système pressenti. Dès lors le coût d'investissement de la variante 2 est estimé à 4 939 200 € HT soit une moins value de 548 800 €HT par rapport au système pressenti. Comme pour la solution réseau de chaleur biomasse, et suivant négociation avec le fournisseur d'énergie ce dernier sera chargé de la mise en place du réseau de chaleur : production énergétique et réseaux de distribution jusqu'aux sous station. Il laissera en attente les réseaux d'eau chaude dans chaque sous station. Les sous station seront à la charge des futurs propriétaires des bâtiments (promoteurs...).

Principe de répartition des coûts entre promoteurs et propriétaires/utilisateurs des bâtiments:

Futurs propriétaires des bâtiments (promoteurs)

A sa charge :

les coûts de raccordements réseau qui correspondent environ à 90% du coût de son investissement évité soit 4 939 200 €HT (90% du coût d'investissement du système pressenti).

Propriétaire/utilisateur

A sa charge :

- La consommation chauffage/ECS
- L'entretien maintenance/gros entretien renouvellement réparti au m² utile chauffé
- Une quote part complémentaire des coûts taxe de raccordement réseau

D. Coût annuel d'exploitation

Le coût annuel d'exploitation est obtenu en sommant les dépenses liées aux consommations annuelles, aux abonnements et aux frais de maintenance (hors remplacement de produits ou équipements).

Coûts d'exploitation et d'entretien annuel de la variante n°2 (électricité) :

Emission de CO2	coût consommation (€HT)	coût consommation électricité (€HT)	Coût des consommations annuelles (€HT)	Estimation du coût abonnement énergies (€HT)	Estimation du coût annuel frais de maintenance (€ HT)	Estimation du coût annuel total exploitation-entretien (€ HT)
chauffage	0,026	0	14 924	10071	320000	
refroidissement	0,026	0	1 179			
ECS	0,026	0	19 421			
ventilation		0,0654	13 211			
éclairage		0,0654	14 218			
auxiliaires		0,0654	7 926			
total projet			70880	10071	320000	400951

E. Avantages et inconvénients liés à la variante

Avantages (par rapport au système pressenti) :

- Production centralisée avec une seule société de maintenance
- Ce système permet à la fois de récupérer les eaux usées mais aussi de permettre la production calorifique de la ZAC.
- Un point non négligeable c'est que de part sa réversibilité il permet à la fois le chauffage de toute la ZAC mais aussi le rafraichissement des bureaux. On pourrait envisager de climatiser aussi les habitations mais cela dépendra des simulations thermiques dynamiques effectuées sur les futurs bâtiments. En effet, s'ils sont bioclimatiques l'usage de la climatisation s'avèrera inutile.
- Recours à plus de 75% d'énergie renouvelable
- Permet de respecter les exigences de performances énergétiques de la RT 2012 à savoir $Cep < 65 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$. Avec un $Cep = 51.9 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$ cette variante répond amplement à cette exigence.
- Cette variante diminue les charges pour les futurs utilisateurs ou locataires.
- Subvention Fonds Chaleur ADEME possibles
 - 60% des dépenses éligibles (cf cahier des charges)
 - 600€/ml au maximum)

Inconvénients (par rapport au système pressenti) :

- Il faut lancer un appel à candidature et trouver un fournisseur d'énergie fiable
- Il faut avant tout mener une étude de faisabilité approfondi et analyser les scénarii d'utilisation des futures locataires/usagers...
- Adapté au milieu urbain dense : nécessite un débit de canalisation d'environ 15l/s

VI. CONCLUSIONS

	Système pressenti (S1)	Variante 1 (V1)	Variante 2 (V2)
	Production de chaud par Chaufferies gaz par bâtiment + Production ECS solaire	Réseau de chaleur biomasse	Récupération de chaleur sur les eaux usées
Consommation énergie primaire (kWhep/m².an)	39.99	44.8	51.9
Exigence RT 2012 Cep	<40 kWhep/m ² .an (niveau atteint)	<65 kWhep/m ² .an (niveau atteint)	<65 kWhep/m ² .an (niveau atteint)
Emission de CO2 (kgCO2/m².an)	5.4	6.5	0.8
Classe climat	B	B	A
Coût d'investissement (€ HT)	5 488 000	4 939 200 Attention le coût d'investissement est fonction du contrat avec le fournisseur d'énergie	4 939 200 Attention le coût d'investissement est fonction du contrat avec le fournisseur d'énergie
Surcoût d'investissement/système pressenti (€HT)	-	- 548 800	- 548 800
Aides financières éventuelles à l'investissement (€HT)	- 255 000 <i>(subvention possible après demande du maître d'ouvrage auprès de l'ADEME soit environ 15000€/bâtiment)</i>	- subvention ADEME : 60% des dépenses éligibles et 600ml au maximum	- subvention ADEME : 60% des dépenses éligibles et 600ml au maximum
Coût annuel d'exploitation (€HT)	400 055	403 483 (**)	400 951 (**)
Temps de retour brut (nb année)	Trb (S1/V1)=160 ans Trb (S1/V2)= 616 ans	_ (*)	_ (*)

Avantages	matériel simple pour une maintenance aisée Le gaz permet aussi l'alimentation de la cuisine d'où une consommation électrique inférieure la production d'ECS solaire peut être subventionnée par l'ADEME.	coût du kWh généralement plus stable que le coût des énergies fossiles. Développe l'activité économique locale	Energie renouvelable Système réversible qui permettra d'assurer le rafraichissement des bureaux commerces en période estivale voire même des appartements Proximité de la station d'épuration ce qui permet d'accroître le rendement de récupération de chaleur sur les eaux usées.
Inconvénients	Pas de maintenance centralisée pour toute la ZAC Le gaz n'est pas une énergie renouvelable Investissement à répartir en fonction des promoteurs et du type de bâti Entretien et nettoyage des panneaux Coût d'exploitation ne permettant d'obtenir un temps de retour sur investissement raisonnable par rapport aux variantes Attention aux ombres portées des arbres longeant le canal sur les panneaux solaires thermiques.	Nécessite une étude de faisabilité spécifique Encombrement conséquent pour le silo, la chaufferie et l'aire de contournement des camions Appoint et secours par chaudières indispensables Négociation avec le fournisseur d'énergie indispensable pour maintenir des charges viables pour les futurs utilisateurs	Nécessite une étude de faisabilité spécifique (débit, pente...) Appoint électrique direct requis pour la production d'ECS Négociation avec le fournisseur d'énergie indispensable pour maintenir des charges viables pour les futurs utilisateurs Adapté au milieu urbain dense : nécessite un débit de canalisation d'environ 15l/s

(*) Pas de calcul de temps de retour sur investissement sur les variantes bien sur, car les couts d'investissements sont pris équivalent à 90% du cout d'investissement du système pressenti.

(**) Les coûts d'abonnement et de maintenance sont issus de l'annexe de l'arrêté du 18 décembre 2007

Pour la création de la ZAC de Narbonne, le choix de la production calorifique demeure capitale dans la mesure où la future réglementation thermique RT 2012 est imminente. Elle sera obligatoire dès octobre 2011 pour les bâtiments tertiaires et dès le 1er janvier 2013 pour les logements collectifs. C'est pourquoi il est essentiel d'anticiper pour non seulement respecter ses exigences mais aussi pour favoriser les économies d'énergie.

Il est important de rappeler qu'elle favorise fortement le recours au réseau de chaleur utilisant plus de 60% d'énergie renouvelable. Deux type de contrats seront à déterminer auprès du fournisseur d'énergie :

Contrat Délégation de Services Public

Contrat de Droit Privé

Enfin il est important d'avoir une vision globale et de développement durable dans le choix de la production énergétique de la ZAC.