



**POLYTECH<sup>®</sup>**  
**TOURS**

Département  
Aménagement et Environnement

# Rapport final



## Aménagement de l'ex-site de la CIBEM

Azay-Le-Rideau (37)



**Département  
Aménagement et  
Environnement  
Option « Réseaux »  
4<sup>e</sup> année**

## Table des matières

---

Introduction .....	3
Programmation .....	5
Transports, mobilité, voirie... ..	9
Energie .....	14
Récupération des eaux pluviales .....	23
Conclusion.....	24
Annexe A : Programmation .....	26
Annexe B : Energie .....	37
Annexe C : Rendu 3D.....	47

## Introduction

---

L'atelier d'application de l'option RESEAU a pour objet de concevoir un projet urbain dimensionné, dans la commune d'Azay-le-Rideau, plus particulièrement sur le site des Ateliers (anciennement le site industriel de la CIBEM). Il s'est déroulé sur onze semaines, pour un volume horaire hebdomadaire dédié à cet exercice de douze heures.

Les **enjeux** ont été de répondre à la fois :

- A la **commande de la mairie** d'Azay-le-Rideau : programmation de logements et d'équipements (commerces, services, école maternelle), respect de la forme urbaine, valorisation de l'entrée de ville de la commune, équilibre budgétaire...
- Aux **attentes des encadrants** : apprentissage pédagogique, méthodes, organisation, modélisation...
- A nos **propres envies par le biais de parti-pris** : énergies, technologies de production d'énergies, transports...

Pour cela, nous nous sommes répartis en **trois groupes** de six étudiants, chacun d'entre eux proposant un aménagement du site des Ateliers, donnant lieu à trois scénarios. Au sein de chaque groupe, une tâche a été attribuée à chaque étudiant selon une thématique précise. Des objectifs quantitatifs ont été fixés, puis modélisés logiquement afin d'être traduits spatialement.



Première réunion sur le terrain  
(Crédit photographique Madame PASCAUD, 19 janvier 2016)



Deuxième rendez-vous à la mairie  
(Crédit photographique Madame PASCAUD, 01 février 2016)

De plus, nous avons eu plusieurs **réunions** (19 janvier, 01 février, 22 février, 14 mars) avec M. HENRION (Maire d'Azay-Le-Rideau), Monsieur MICHE (Directeur Général des Services), Monsieur BRUZEAU (Adjoint au maire en charge de la voirie, chemins, réseaux, urbanisme et environnement), Madame PASCAUD (Adjointe en charge du tourisme, communication, culture et grandes manifestations), Madame PIAUT (Responsable du service Urbanisme) ainsi que les membres de la commission d'urbanisme, entre autres.

Par ailleurs, nous avons eu des présentations de travaux d'intervenants extérieurs afin de nous aider dans notre démarche de projet :

- 29 février : intervention d'**Éric BOULAY** et **Guillaume GAGNIER**, membres de l'**ADAC** (Agence Départementale d'Aide aux Collectivités locales). Ils ont été démarchés, il y a deux ans pour établir une étude d'opportunité pour l'aménagement du site de la CIBEM. Leur connaissance du site, de l'équipe municipale nous a permis de nous orienter vers des structures pour chercher des informations par exemple ou d'explicitier les attentes de la mairie.
- 02 mars : intervention d'**Éric PEIGNE**, **DREAL Centre-Val de Loire**. L'intervention portait sur l'analyse du modèle « maison de ville / maison de bourg » en région Centre – Val de Loire et plus précisément sur l'habitat dense individuel. Il nous a présenté les enjeux de l'habitat dense individuel, les résultats de l'étude ainsi qu'orienté vers certaines formes urbaines (alignement des maisons par rapport à la rue, îlot urbain, parking partagé...), ou certaines caractéristiques architecturales (varier les hauteurs, les largeurs, orientation des toitures...) ou encore la question de la nature en ville (jardin privé, espace public...).
- 03 mars : intervention de **Michel MATTEI**, **PNR Loire – Anjou – Touraine**. Ancien élu municipal de la commune d'Azay-le-Rideau, il nous a présenté sa vision du projet d'aménagement de l'ancien site de la CIBEM via un jeu de bois où chacun peut spatialiser sa représentation du projet.

Dans le cadre de l'exercice, nous étions attendus sur le rendu de plusieurs **livrables** :

- Des **éléments de modélisation** (systèmes logiques) traduisant quantitativement nos objectifs et permettant de dimensionner le projet
- Des **applications de calculs** afin d'obtenir les meilleurs résultats et déterminer si les objectifs sont atteints
- Une **représentation spatiale** (plan masse) du projet présentant les solutions d'aménagement

Les **objectifs** ont été déterminés après notre premier rendez-vous à Azay-le-Rideau. Il s'agit de plusieurs **équilibres** :

- Equilibre financier et programmatique : compensation des recettes et des dépenses
- Equilibre paysager : respect de la continuité urbaine, de la volumétrie...
- Equilibre énergétique : réponse de la production d'énergie locale à la consommation d'énergie du quartier
- Equilibre hydrique : satisfaction des besoins en eau par la récupération des eaux de pluies

La **méthode** employée lors de cet atelier s'est divisée en cinq étapes :

- Traduction des objectifs en termes quantitatif
- Identification des moyens technologiques, financiers qui nous permettaient d'atteindre a priori les objectifs
- Conception d'un modèle (système logique) qui fait le lien entre les objectifs et les moyens
- Conception d'un outil de calcul qui répond sous une forme logicielle, au modèle logique
- Conception d'une solution spatiale dimensionnée

## Programmation

---

L'**équilibre budgétaire** est l'un des principaux objectifs de la mairie. Une **programmation des logements et des équipements** a permis d'établir le budget de l'opération.

Dans un premier temps, pour tenir compte du futur développement de la commune d'Azay-le-Rideau, chaque groupe a constitué une réserve foncière variant entre 5 500 m<sup>2</sup> et 1 hectare pour le déménagement de l'**école maternelle** et ses futurs équipements.

On a soustrait, dans un second temps, **20 %** de la surface disponible correspondant à l'**emprise de la voirie** et les **surfaces des espaces verts**.

Chaque groupe a dédié une surface pour des **commerces et services** (500 m<sup>2</sup> à 1 000 m<sup>2</sup>). Ces derniers ont été déterminés à partir d'une étude de flux, il s'agit dans la plupart des cas d'une boulangerie, d'une boucherie, d'une pharmacie, d'un cabinet paramédical ou d'une presse-tabac.

Une fois toutes ces surfaces retranchées à la surface totale, on obtient une surface habitable où il est possible de construire différents types de logements. On a appliqué une densité de bâtiments de 20 à 25 bâti/ha, semblable à celle d'Azay-le-Rideau. On a décidé de varier l'offre en proposant des parcelles de tailles différentes. Selon les projets, on compte entre une cinquantaine et une soixantaine de maisons individuelles et une dizaine de logements collectifs.

Les différents plans masse de programmation sont présentés ci-dessous :



### Groupe 1

**Légende**

- Grandes maisons individuelles
- Petites maisons individuelles
- Logements collectifs
- Logements institut spécialisé
- Commerces

### Groupe 2



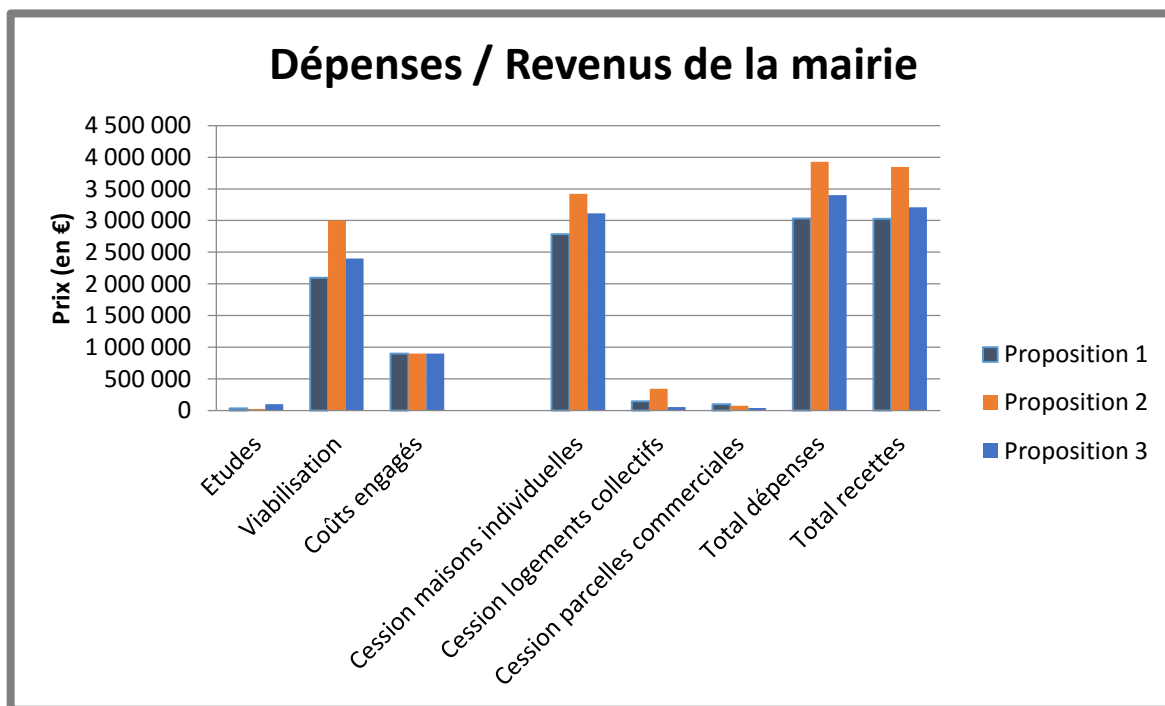
### Groupe 3

**Légende**

- Grandes maisons individuelles
- Petites maisons individuelles
- Logements collectifs
- Logements institut spécialisé
- Commerces

Le **budget dédié à l'opération** a été calculé à partir des **dépenses** engagées (ou à engager) et des **recettes** prévisibles. Les **coûts** déjà **engagés** correspondent à l'achat du terrain, la démolition du bâti ainsi qu'à la dépollution du site. Les **études** à prévoir sont non exhaustives, elles peuvent être une étude d'impact environnementale, un dossier loi sur l'eau, un levé topographique ou tout ce qui relève d'études techniques préliminaires. En ce qui concerne la **viabilisation**, elle varie selon le projet de chaque groupe. Mais elle comprend le terrassement du terrain, la chaussée, les réseaux divers, les espaces verts et les énergies.

Pour ce qui est des recettes, elles sont dues à la **vente des terrains**. On s'est basé sur les prix du marché d'Azay-le-Rideau, c'est-à-dire que pour un terrain viabilisé (lot libre) le prix de vente au mètre carré est de 90 €/m<sup>2</sup> à 120 €/m<sup>2</sup>.

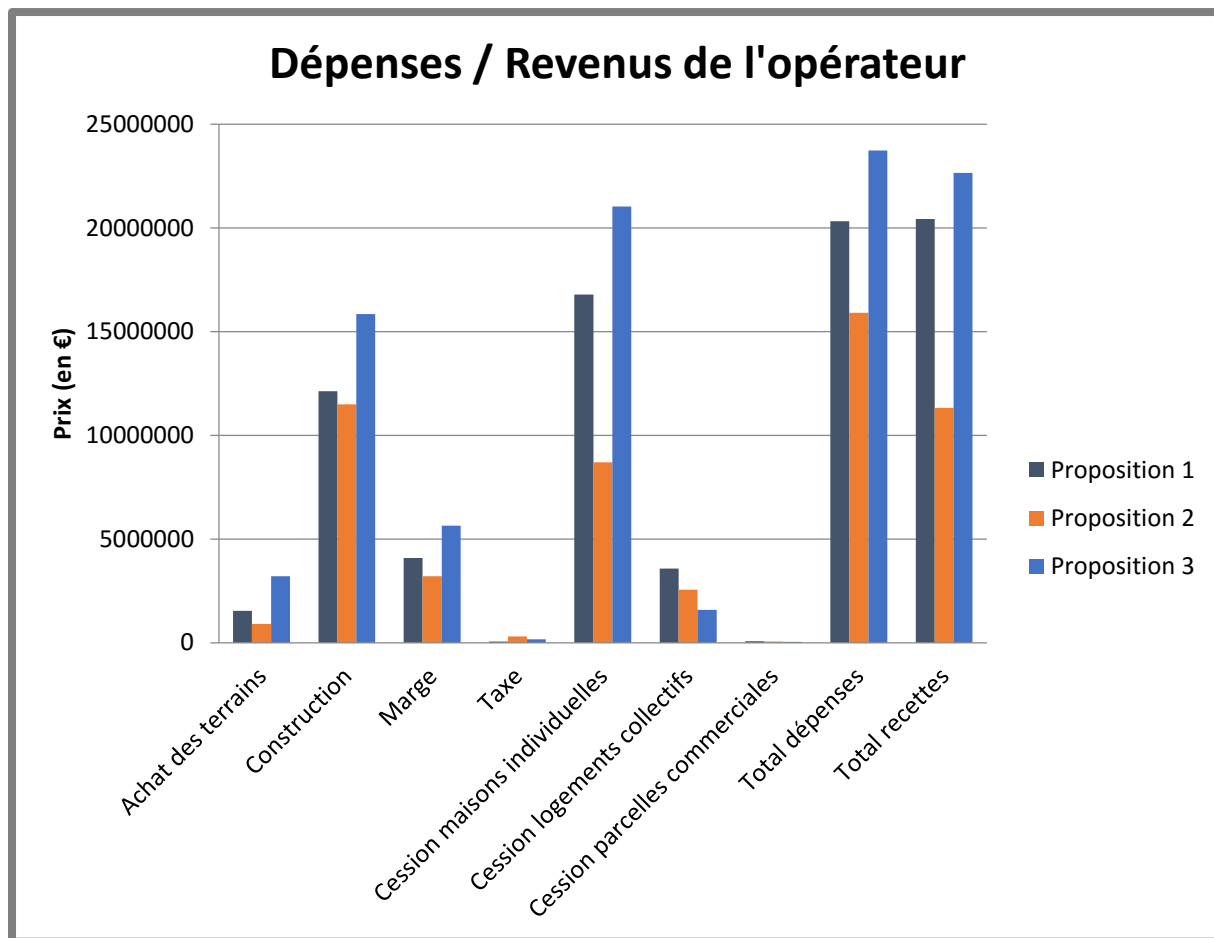


Le budget de la mairie est quasiment à l'équilibre pour cette opération. Il est largement fonction de la viabilisation du terrain (70 % des dépenses totales) et de la cession des parcelles pour les maisons individuelles (90 % des recettes totales).

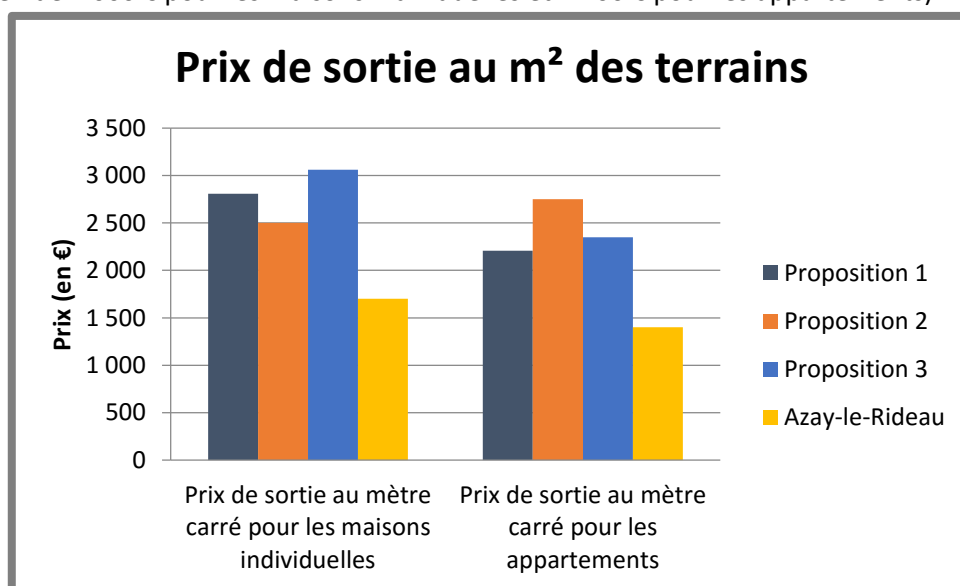
Cependant, dans les recettes, la taxe d'aménagement n'apparaît pas. Elle pourrait s'élever jusqu'à 300 000 € selon les orientations des projets.

Si la mairie souhaite recourir à un aménageur, elle ne viabilise pas le terrain et vend les parcelles entre 50 et 60 €/m<sup>2</sup> (selon les prix du marché à Azay-le-Rideau). Et c'est ensuite à l'**aménageur** d'effectuer la viabilisation et au **promoteur** de construire.

Les coûts de **construction des logements** ont été basés sur les prix du marché (à savoir 1 500 à 2 500 €/m<sup>2</sup> pour la construction d'une maison à énergie positive) voir un peu augmenté selon les équipements énergétiques apportés à la maison.



Pour ce qui est des prix de vente des parcelles, ceux-ci ont été évalués afin d'obtenir un budget à l'équilibre, c'est pourquoi, ils sont au-dessus des prix du marché. Cela représente une augmentation de 25 % à 55 % pour les maisons individuelles et de 30 % à 60 % pour les appartements (d'après un prix moyen de 2 000 € pour les maisons individuelles et 1 700 € pour les appartements).



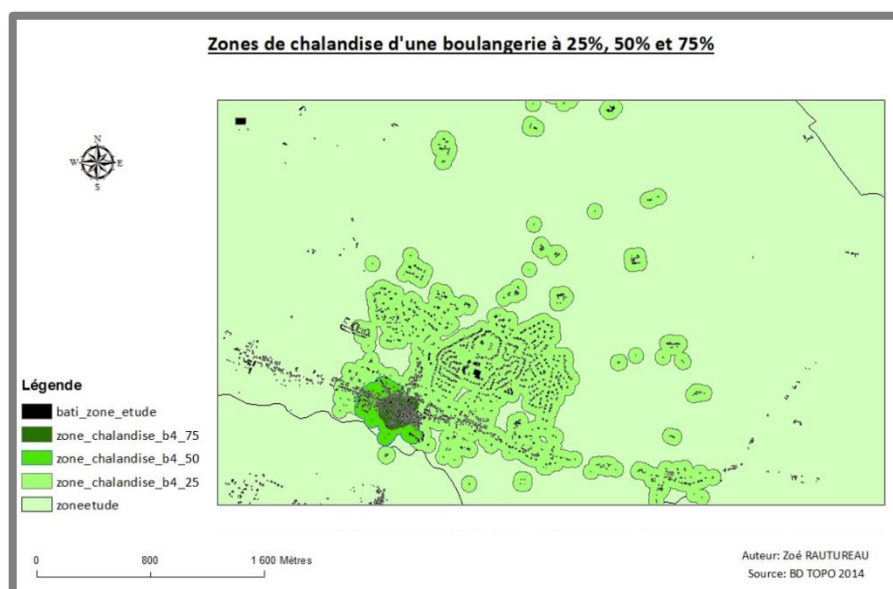
## Transports, mobilité, voirie...

### Commerces et stationnement induit

La commande de la mairie précise que l'installation de commerces de proximité est souhaitée dans le quartier. Cela nous amène à calculer les zones de chalandise de chaque commerce afin de sélectionner lesquels ont le plus grand potentiel d'attraction.

Une zone de chalandise est une zone géographique d'influence d'un commerce, d'où provient la majorité de la clientèle. On la détermine grâce au **modèle de Huff**, qui tient compte de plusieurs variables : distance entre chaque bâtiment et le commerce considéré, poids de ce même commerce (par exemple le prix d'une baguette de pain pour une boulangerie) qui pousse le client à s'y rendre plutôt qu'à une autre, nombre d'habitants pour chaque bâtiment.

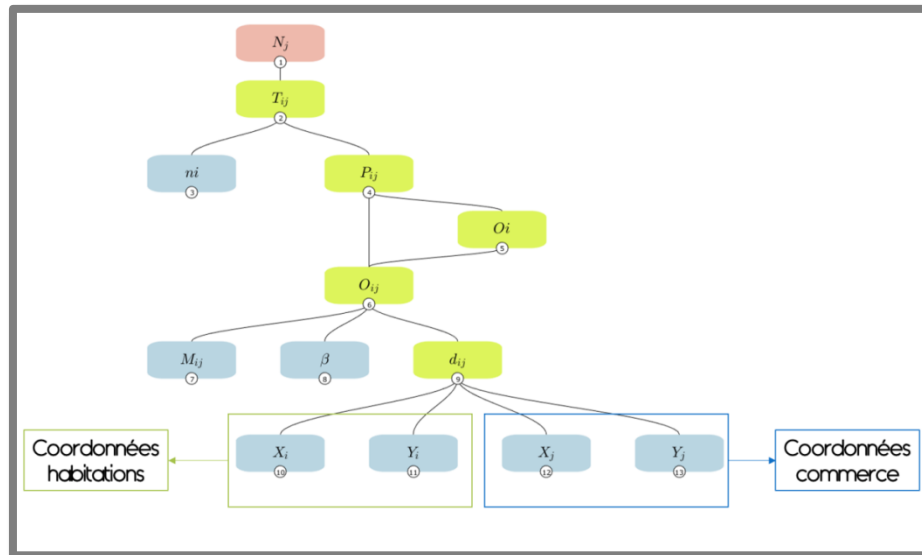
Dans



notre

modélisation logique (ci-dessous), on a tenu compte :

- De la distance à vol d'oiseau entre chaque bâtiment et le commerce considéré (les communes choisies comme zone d'étude sont Azay-Le-Rideau et ses voisines Cheillé, Druye, Saché, Bréhémont, Lignéres-de-Touraine, Valleres et Villaines-les-Rochers)
- Du nombre d'habitants par bâtiment : pour cela on considère la taille d'un ménage donné par l'INSEE pour chaque commune



Ce qui nous a permis d'obtenir les flux quotidiens suivants (en nombre de personnes) :

- Fleuriste : 11633
- Parapharmacie : 7754,9
- Boucherie : 5819,8
- Boulangerie : 3325,4
- Coiffeur : 2908,9

Ce modèle permet d'avoir un flux potentiel pour chaque commerce pour une journée. Mais il faut ensuite tenir compte de la fréquentation moyenne d'une personne pour un type de commerces. Par exemple, si on prend en considération le fait qu'en moyenne on se rend 5,5 fois chez le coiffeur par an<sup>1</sup>, on obtient les flux potentiels suivants :

- Boulangerie : 3325,4
- Boucherie : 2494,2
- Pharmacie : 496,75
- Coiffeur : 43,8
- Fleuriste : 24,9

C'est pourquoi on a opté pour l'installation d'une boulangerie, une boucherie et une pharmacie dans le quartier.

Afin de dimensionner le nombre de places des parkings pour chaque commerce, on a tenu compte du temps de stationnement pour chaque commerce. On aboutit donc au dimensionnement d'un parking de 41 places (pour le groupe 2, responsable de cette démarche).

### *Place de la voiture dans le quartier*

<sup>1</sup> <http://www.challenges.fr/entreprise/20120921.CHA1118/pourquoi-il-y-a-trop-de-coiffeurs-en-france.html>

L'objectif principal a été de **réduire la place de la voiture** dans le futur quartier, dans l'optique de :

- Minimiser l'emprise de la voirie (dans un souci de coûts d'installation et d'entretien importants notamment)
- Réduire les nuisances (bruit, pollution...)
- Sécuriser les alentours des logements pour les piétons et cyclistes
- Encourager les déplacements doux
- Améliorer l'aspect paysager

Dans l'optique de diminuer la dispersion des voitures dans le quartier, en front de chaque habitation, des **parkings mutualisés végétalisés** seront mis à disposition. Ainsi, 63 places de stationnement public sont proposées en cœur d'îlot, soit un peu plus d'une place par parcelle. Pour éviter de se priver totalement de la potentielle clientèle réfractaire au stationnement public, les particuliers pourront également se garer **sur leur parcelle** à raison d'une place de stationnement supplémentaire, a minima. L'espace ainsi conservé permet de le dédier aux piétons, aux espaces verts...

Pour atteindre cet objectif, **les largeurs de voiries seront réduites au strict minimum** (dans la mesure où les services de secours et de ramassage des déchets puissent circuler correctement). La circulation à double sens des véhicules est possible avec une chaussée réduite à 4,50 m de large. Le croisement des voitures reste tout de même possible, selon le principe d'une voirie partagée où les trottoirs sont au même niveau que la chaussée. De plus, la vitesse des véhicules sera limitée à 30 km/h dans l'ensemble du quartier ou pour d'autres projets, les rues pourront être classées en zone de rencontre.

Dans le cas d'une rue à sens unique pour les automobilistes, la largeur de chaussée ne doit pas être supérieure à 4 mètres. Entre 3,5 et 4 mètres, il y a assez de place pour que les cyclistes puissent l'emprunter dans les deux sens, tout en croisant une voiture. Ces largeurs sont acceptables hors stationnement. Par conséquent, **ces voiries à sens unique présenteront donc une largeur de 3,50 m.**

Une des volontés principales est de créer **un quartier où les piétons sont prioritaires**. L'installation de dispositifs de ralentissement (mise en place d'une zone 30, de ralentisseurs...), devrait permettre de diminuer le risque pour ce type d'usager.

Chaque groupe a donc mis en place un certain nombre de préconisations d'aménagement et a travaillé sur l'organisation du quartier.



## Groupe 1

### Légende

- Rue principale
- Cheminement mixte
- Parkings collectifs
- Parkings privés

Le groupe 1 a opté pour une **voirie « en T »**, avec un axe Nord/Sud structurant et permettant de dégager une vue sur le coteau et les espaces verts associés en entrée de quartier. Cet axe dessert notamment les commerces et le cabinet médical localisés le long de de l'avenue de la gare pour capter les flux y circulant. L'axe Est/Ouest dit « secondaire » assure quant à lui principalement la desserte des îlots. Enfin, au cœur de ceux-ci, les habitations sont desservies par des chemins piétons.

Concernant l'emprise de la voirie liée aux commerces, elle se traduit par les données chiffrées visibles dans le tableau ci-dessous. La tendance actuelle pour les nouveaux équipements commerciaux est à une légère diminution du nombre de places, avec un ratio moyen d'environ une place de stationnement pour 20 m<sup>2</sup> de commerces.

	Surface (m <sup>2</sup> )	Nombre de places de parking	Emprise totale du parking (m <sup>2</sup> )
Commerces	320	16	200
Cabinet paramédical	150	8	100

Le groupe 1 obtient une emprise finale de la voirie de 6 530 m<sup>2</sup> (sachant que le coût au m<sup>2</sup> de l'enrobé noir est compris entre 25 € et 60 € HT).

## Groupe 2



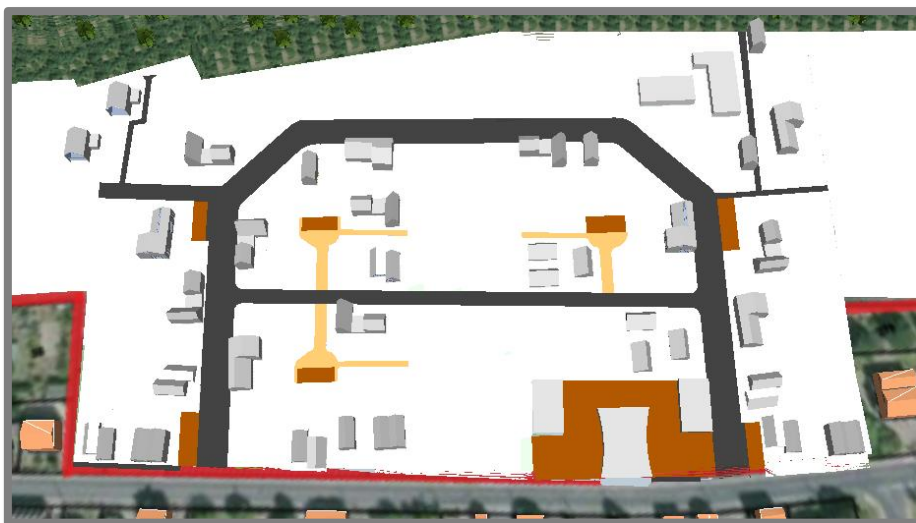
**Légende**

- Rue principale
- Cheminement mixte
- Parkings collectifs
- Parkings privés

Le groupe 2 a proposé une voirie principale à sens unique qui fait le tour, limitée à 30 km/h reliant l'Avenue de la gare au quartier. Cette voie est partagée entre les piétons, les vélos et les voitures.

Les îlots de logements sont quadrillés par des cheminements piétons qui permettent l'accès aux habitations depuis les parkings collectifs, en traversant des espaces verts, ainsi qu'une place centrale, qui deviennent des lieux de rencontre agréables.

## Groupe 3



**Légende**

- Rue principale
- Cheminement mixte
- Parkings collectifs

Le groupe 3, quant à lui, a choisi une voirie « en A » basée sur le principe d'une **voie centrale banalisée** : la voie de circulation ne permet pas à deux automobilistes de se croiser. En cas de rencontre entre deux automobilistes, ceux-ci devront donc ralentir et chevaucher légèrement les bords. Par ailleurs, dans le but de limiter la linéarité de la **rue**, une partie de celle-ci pourrait être **végétalisée**. Cette végétalisation pourra se faire en collaboration avec les habitants, afin d'intégrer d'éventuelles plantes grimpantes sur les façades ou des haies. Le choix des essences se fera parmi des espèces locales demandant peu d'entretien et pouvant offrir une couverture végétale tout au long de l'année.

De plus, une **reprise de l'avenue de la gare** est également prévue afin de sécuriser sa traversée aux piétons. Pour cela, les entrées dans le quartier ainsi que le débouché de la percée verte se feront sur des plateaux traversants. Entre ceux-ci, un stationnement longitudinal sera aménagé afin de réduire la largeur de chaussée, et l'arrêt de bus Scierie sera réaménagé afin d'être accessible aux personnes à mobilité réduite. Tout cela permettra de faire ralentir les véhicules en entrée de ville et de mettre en valeur le quartier, notamment son parc.

## Energie

---

L'un des objectifs communs aux groupes de travail est la conception d'un **QEPOS** (Quartier à Energie POSitive), à savoir **un quartier qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme**. Pour ce faire, il est nécessaire de déterminer les besoins énergétiques des bâtiments qui composent le quartier et d'équilibrer ces besoins avec la production d'énergie.

### *Besoins énergétiques*

Nous nous sommes fixés cet objectif pour **respecter la future RT (Réglementation Thermique) 2020**, qui sera la suite logique des précédentes réglementations. Dans cette optique, **le quartier ne devra pas consommer plus que la limite des 50 kWh/m<sup>2</sup>/an en énergie primaire fixée par la RT 2012**.

A l'aide d'un outil de modélisation logique, chaque groupe a donc déterminé l'énergie dont auront besoin les bâtiments, tels qu'il les a conçus. Il a tenu compte des différents éléments physiques des bâtiments (isolants, matériaux, vitrage) et de certaines de leurs caractéristiques (épaisseur, conductivité). Chacun a ainsi pu établir un document propre à son quartier qui, à la manière d'un cahier des charges, permet de préconiser certains types de matériaux. Il a pour objectifs d'orienter et de conseiller les futurs propriétaires sur la construction de leur maison.

En raison de la redondance de certains éléments d'un groupe à l'autre et de leurs similarités en termes de procédés, ce rapport met en avant des éléments de projet issus d'une concertation entre les groupes : le cahier des charges pour le groupe 2, les résultats pour le groupe 3 et l'application pour le groupe 1. Les résultats pour chaque groupe restent disponibles en annexes.

### **Groupe 2: cahier des charges**

La proposition du groupe 2 fait état de cinq types de bâtiments différents :

- Logements individuels de 100 m<sup>2</sup>
- Logements individuels de 110 m<sup>2</sup>
- Logements individuels de 160 m<sup>2</sup>
- Logements collectifs de 300 m<sup>2</sup>
- Logements collectifs de 330 m<sup>2</sup>

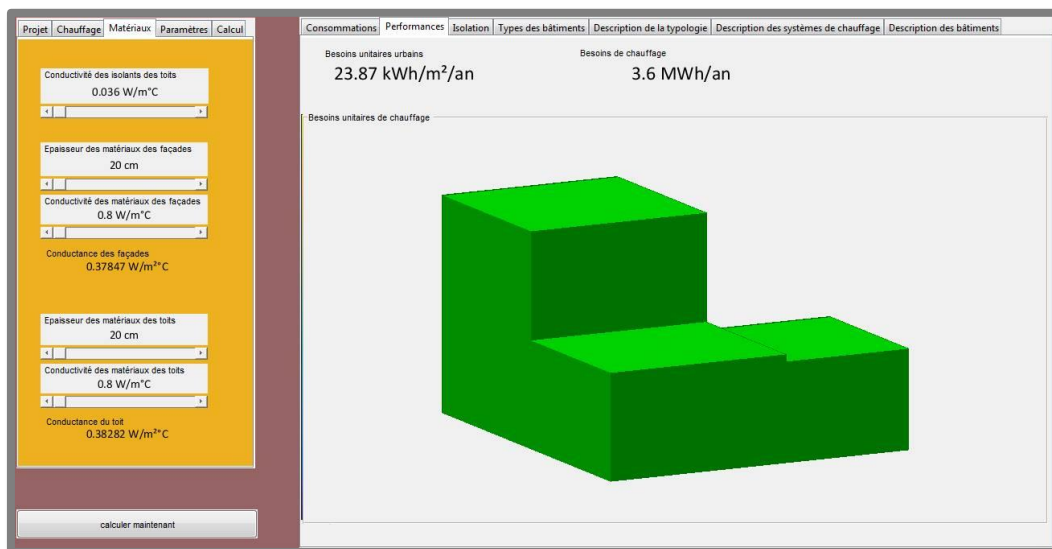
Des caractéristiques communes ont été fixées sur ces bâtiments, à savoir :

- Le rendement du système de chauffage à 0,5 (cogénération)
- Le taux de renouvellement de l'air égal à 0,18 vol/h pour une VMC double flux à laquelle s'ajoute l'apport des puits canadiens (voir production d'énergie)
- Les apports internes fixés à 20 kWh/m<sup>2</sup>/an
- Les apports solaires fixés à 400 kWh/m<sup>2</sup>/an
- La hauteur sous plafond à 2,80 m
- Le facteur de masque à 0,7
- Le facteur d'inertie à 2,904

Les variables que nous avons fait varier pour obtenir les meilleurs résultats possibles sont les suivantes :

- Epaisseur et conductivité des isolants
- Epaisseur et conductivité des matériaux (en fonction du choix du matériau)
- Facteur solaire du vitrage (part du rayonnement transmis sous forme de chaleur)
- Conductance du vitrage
- Taux de vitrage

Ci-dessous un exemple de l'application qui nous a permis d'obtenir nos résultats :

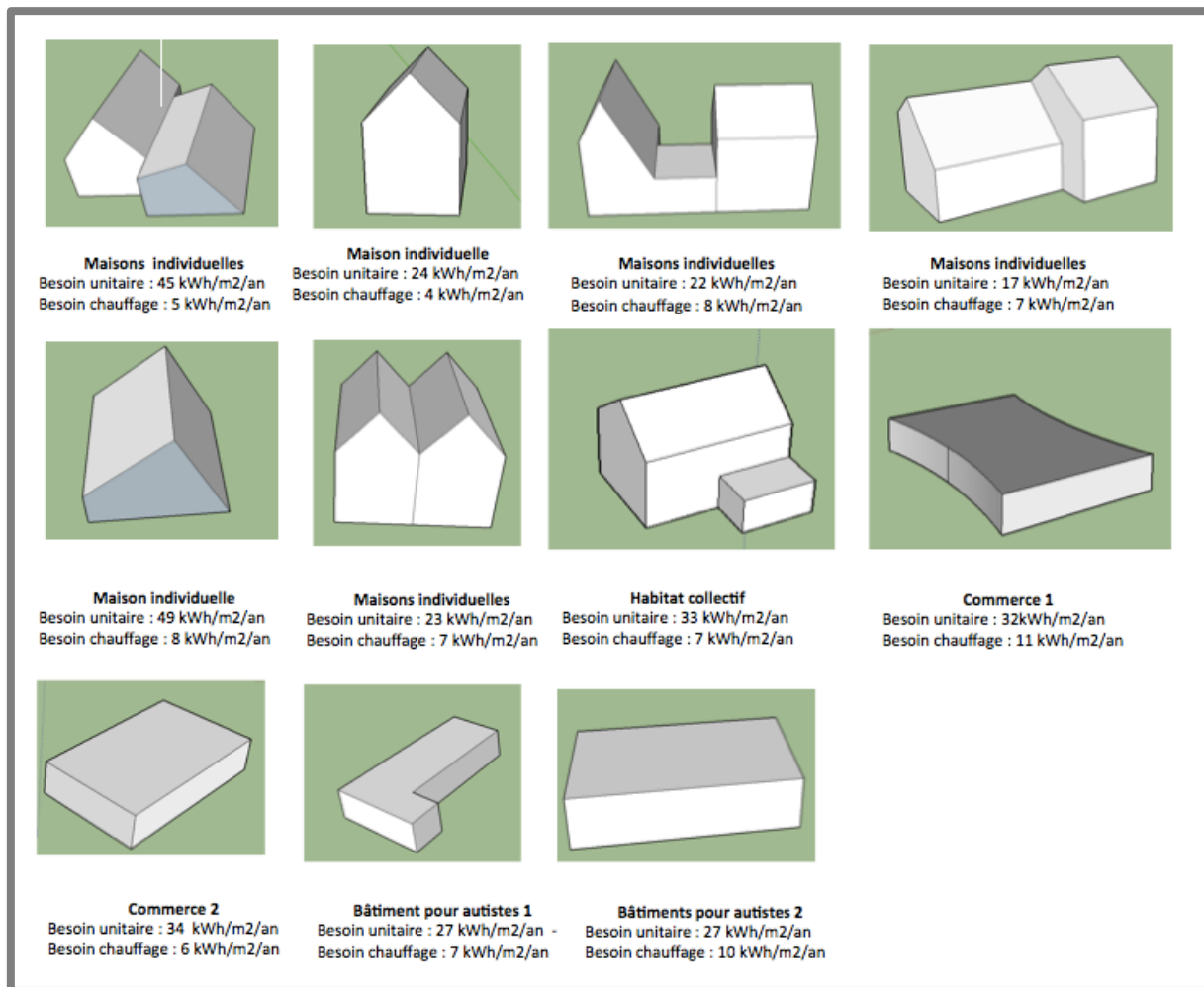


Source : Application toaster (logiciel produit par l'enseignant M. Maizia)

### Groupe 3 : résultats

L'objectif que l'on s'était fixé était d'aller au-delà des exigences de la réglementation thermique (consommation de 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an) pour atteindre 35 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an en moyenne pour un bâtiment à l'échelle du quartier. Afin d'atteindre cet objectif nous avons fixé un cahier des charges applicable à chaque bâtiment. L'épaisseur des isolants des toits et façades ont été les seules variables que nous avons manipulées pour répondre à cet objectif.

En imposant les mêmes critères à l'ensemble des bâtiments pour s'approcher des 35 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an, on obtient à l'échelle du quartier des **besoins en chauffage de 232 MWh/an** et une **consommation finale de 464 MWh/an**. Bien qu'en moyenne à l'échelle du quartier un bâti consomme approximativement 35 kWh/m<sup>2</sup>/an, chaque typologie de bâti a un besoin énergétique propre, mais qui ne dépasse pas pour autant les 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an fixés par la RT2012 :



### Groupe I: application

Tout d'abord, quatre types de logements différents ont été déterminés :

- Maison individuelle de 90m<sup>2</sup> pour personnes âgées
- Maison individuelle de 160 m<sup>2</sup> pour une famille avec deux enfants
- Logement collectif de 90m<sup>2</sup>, pour les jeunes couples qui ne souhaitent pas directement acheter un bien immobilier
- Logement social de 70 m<sup>2</sup>

Ensuite, il faut savoir que selon le type de logements, de la localisation dans le quartier, de la position vis-à-vis des autres logements et de l'orientation par rapport au soleil, les consommations en

énergie peuvent faiblement varier. Ainsi, pour une raison de simplification, ces aspects seront négligés pour mieux se concentrer sur la composition du bâtiment en lui-même.

## Isolation

La toiture :

Le projet ne présente que des toitures classiques (2 pans) avec des combles non habitables.

Isolant	Epaisseur (mm)	Lambda (W/m°C)	R (°C/W)	Prix au m <sup>2</sup>
Laine de verre	240	0,035	6,85	14-16 €
Laine de roche	260	0,036	7,2	20-25 €
Fibre de bois	240	0,038	6,26	30-35 €
Laine de mouton	300	0,035	8,55	30-35 €
Textile recyclé	260	0,041	6,34	20-25 €
Polyuréthane	140	0,023	6,09	45-55 €
Laine de chanvre/lin	240	0,038	6,3	25-30 €
Liège expansé	240	0,040	6	75-85 €
Ouate de cellulose	300	0,042	7,1	15,90 € sac

Source : <http://www.maisontravaux.fr/toiture-couverture/isolant-toiture-quel-isolant-choisir/>

Les parois :

Isolant	Epaisseur (cm)	Lambda (W/m°C)	R (°C/W)	Prix au m <sup>2</sup>
Laine de mouton	17 à 23	0,035	5,71	30-35 €
Textile recyclé	18 à 23	0,040	5,00	20-25 €
Ouate de cellulose	20 à 26	0,042	5,48	20 €
Laine de chanvre/lin	18	0,038	4,74	25-30 €
La chènevotte	24 à 30	0,055	4,91	19 € sac
Le béton de chanvre	\	0,100	\	\
Liège expansé	14	0,040	3,50	75-85 €
La fibre de bois	20 à 26	0,040	5,75	30-35 €
Les bottes de pailles	20 à 26	0,060	3,83	1 à 3 € botte
La perlite expansée	26	0,080	3,25	15 € sac
La vermiculite	26	0,063	4,13	30-45 €
Le polystyrène expansé	16	0,032	5,00	15-25 €
Le polystyrène extrudé	10	0,032	3,13	10 à 20 €
Les polyuréthanes	12	0,027	4,44	20 €
Les aérogels	6	0,012	5,00	1800 € kg

Source : [http://www.cg43.fr/sites/cg43/IMG/pdf/guide\\_des\\_materiaux\\_isolants.pdf](http://www.cg43.fr/sites/cg43/IMG/pdf/guide_des_materiaux_isolants.pdf)

Dans les deux tableaux ci-dessus, nous pouvons trouver les matériaux préconisés avec comme information leur épaisseur, leur conductivité thermique et leur prix dans le commerce. Ces isolants sont utilisés pour les constructions de maison de type BBC (Bâtiment Basse Consommation).

## Vitrages

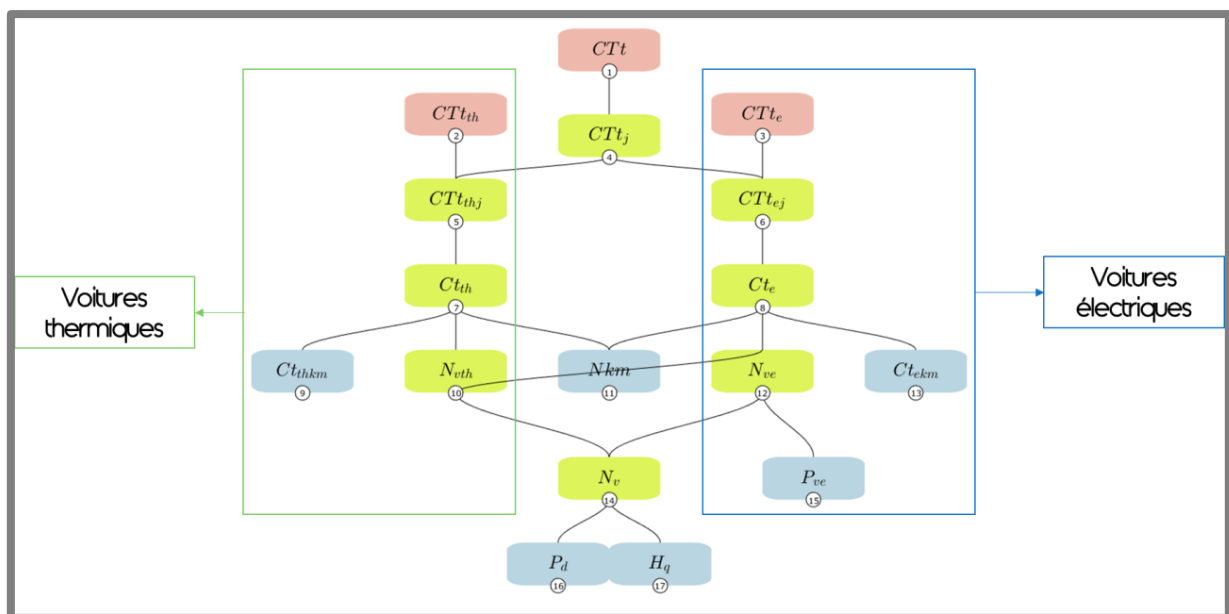
D'après la réglementation thermique de 2012, le taux de vitrage en fonction de la surface habitable doit être au minimum de 17 %. Cette valeur permet d'améliorer les performances énergétiques d'un bâtiment : plus il y a de baies vitrées plus les apports solaires sont importants, donc moins la consommation est importante pour l'éclairage et le chauffage.

## Consommation des véhicules

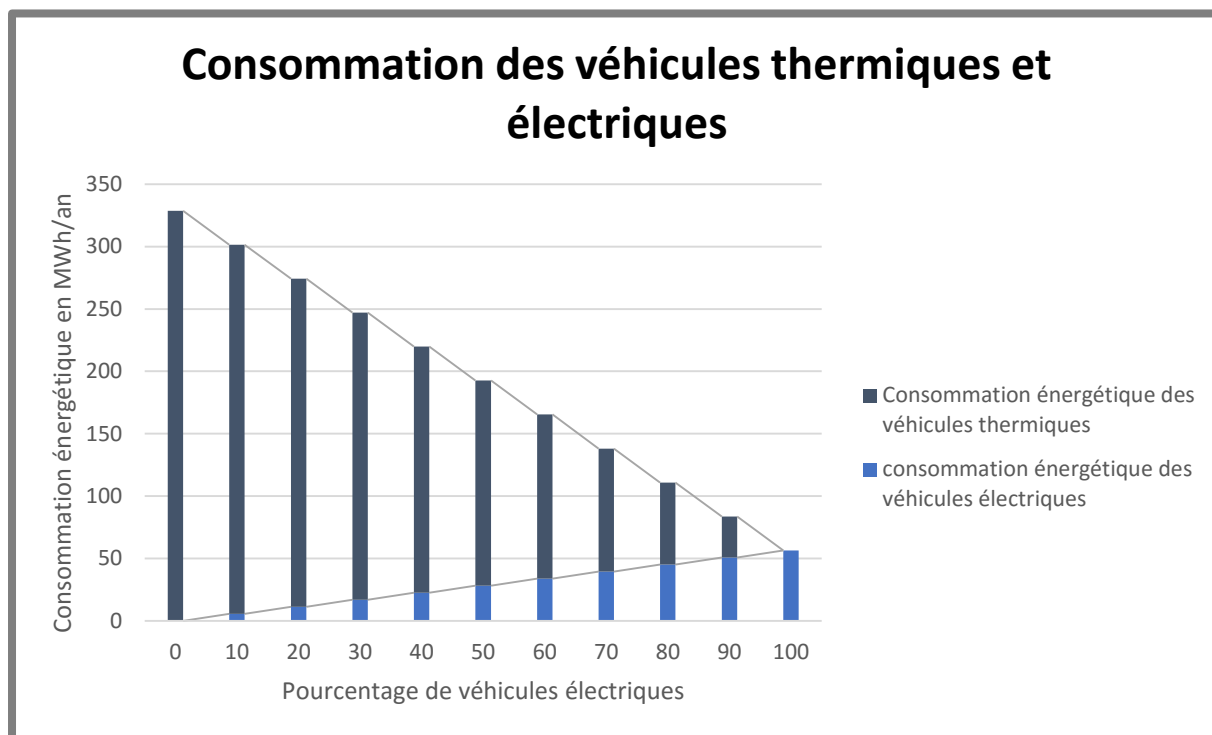
Par ailleurs, un des groupes a choisi de s'intéresser à la **consommation des véhicules** (thermiques et électriques), c'est pourquoi celle-ci a été intégrée au bilan énergétique final.

Pour calculer cette consommation, on a tenu compte du nombre de kilomètres parcourus par jour, de la consommation moyenne d'un véhicule thermique et électrique par kilomètre et du nombre de véhicules parcourant ces kilomètres. On a également défini comme variable le pourcentage de véhicules électriques dans le quartier.

Afin de déterminer le nombre de kilomètres parcourus par un habitant d'Azay-le-Rideau, nous avons repris l'étude de Huff pour les commerces, et pour les trajets domicile-travail on a repris les données d'une étude de l'INSEE. Le modèle développé est représenté ci-dessous. Pour estimer le nombre de véhicules sur le quartier, nous avons compris **deux véhicules par ménage**, sauf pour les personnes âgées où on en a compté qu'un seul. Ce qui nous donne un total de 106 véhicules dans le quartier.



On obtient donc les résultats suivant :



On constate que la consommation totale d'énergie des véhicules du quartier diminue lorsque le pourcentage de véhicules électrique augmente. Notre objectif en termes d'énergie des transports est de **remplacer le deuxième véhicule thermique des ménages en voiture électrique**. Cela correspond à environ la moitié des véhicules du quartier, ce qui nous permet d'avoir une consommation de 192 MWh/an.

Un autre point de consommation énergétique du quartier a été pris en compte par le groupe 3. Il s'agit de **l'éclairage public**. L'éclairage au quartier a été adapté au type de voie (rue principale, cheminement piéton), afin d'obtenir un éclairage suffisant à la sécurité, mais n'étant pas non plus trop consommateur en énergie. Nous avons fait le choix d'ampoules à basse consommation, et de lampadaires éclairant seulement le sol. Sachant qu'un lampadaire mal orienté, éclairant le ciel, peut faire perdre près de la moitié de l'énergie sous forme de pollution lumineuse, le design des lampadaires est donc très important. Ainsi, au sein de notre quartier, nous aurons vingt-quatre lampadaires destinés à l'éclairage de la voirie, et une quarantaine pour l'éclairage du parc central. Ceux-ci ayant une consommation annuelle respectivement de l'ordre de 1,5 et 1 MWh, l'éclairage public représentera moins d'un pour-cent de la consommation d'énergie totale du quartier. Il faut savoir qu'il s'agit là d'une hypothèse dans le cas où l'on éclaire tout au long de la nuit. Une coupure de l'éclairage public en milieu de nuit pourrait permettre de réduire encore la part de consommation due à l'éclairage.

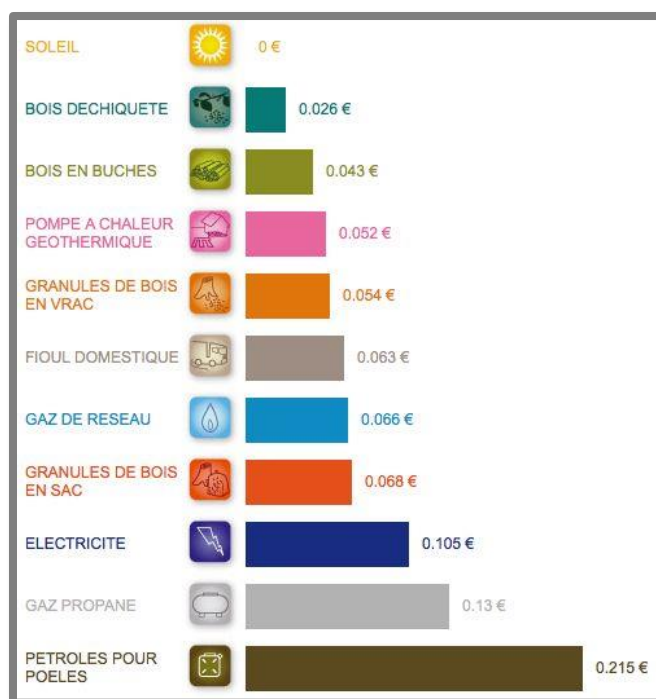
## Production énergétique

Afin de répondre aux besoins énergétiques de notre quartier, nous avons opté pour l'utilisation d'énergies renouvelables : cogénération, énergie solaire photovoltaïque, puits canadiens et arbres éoliens.

- Cogénération

Le principe de la cogénération consiste à produire de l'énergie mécanique convertie en électricité et de la chaleur simultanément à partir d'une même source d'énergie (rendement : 90%). La production d'énergie de notre quartier est notamment assurée par des chaudières individuelles à micro-cogénération. Elles ont été dimensionnées pour répondre aux besoins thermiques du quartier. Concernant le coût d'installation, il est important de préciser que les prix des chaudières sont variables de 16000 euros pour les bâtiments inférieurs à 150m<sup>2</sup>, jusqu'à 50000 euros pour les bâtiments de plus 500m<sup>2</sup>. Cependant, l'entretien n'est pas plus coûteux lorsque l'on compare des chaudières du marché utilisant les énergies fossiles. Cet investissement onéreux est très vite amorti, effectivement, l'utilisateur peut percevoir en moyenne un bénéfice au bout d'une dizaine d'années comparé à une chaudière classique à gaz.

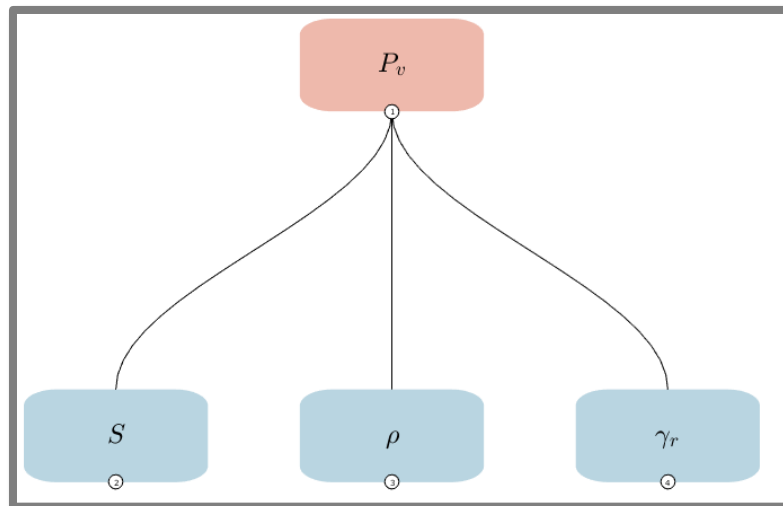
Afin d'alimenter l'installation, il a été convenu d'utiliser une ressource renouvelable. Le choix s'est porté sur l'exploitation de granulés de bois en vrac. En comparaison avec d'autres énergies (cf figure 1 ci-dessous), le coût énergétique de ce matériau présente indéniablement un atout financier. Suite à l'établissement d'un devis auprès de la société Crépito, nous avons obtenu un prix de 200€ la tonne comprenant la livraison et l'emballage de la matière première. Chaque habitation se voit livrée un mètre cube deux fois par an.



Coût de chaque énergie en € TTC par kWh

- Energie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque consiste à transformer le rayonnement solaire en électricité. La production d'énergie solaire est proportionnelle à la surface des panneaux photovoltaïques installés, au rayonnement solaire capté et au rendement des panneaux. Celui-ci se situe généralement entre 0.10 et 0.18. (Rendement maximal de 0.18 pour un panneau hybride : panneau générant de l'énergie électrique et thermique, cf Annexes)



Système photovoltaïque

Au-delà du fait que le coût de la ressource utilisée soit nul, il est important de savoir qu'un mètre carré de panneau solaire (1000€/m<sup>2</sup>) est amorti au bout de 20 ans environ.

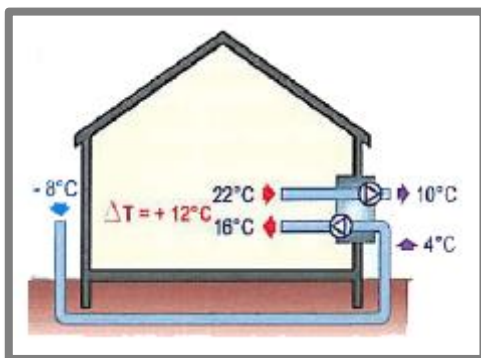
- Puits canadien

Tout d'abord, rappelons que le puits canadien n'est pas un système de production. Il participe à la réduction de la consommation du bâtiment.

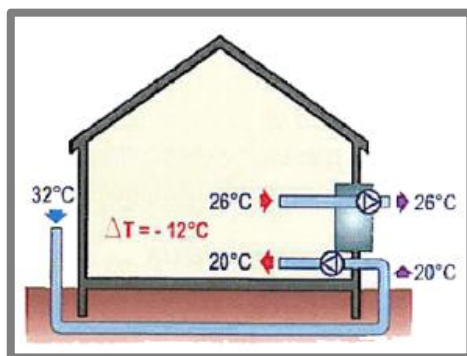
L'utilisation d'un puits canadien permet d'économiser une part importante en termes de besoins de chauffage, de rafraîchissement et de ventilation. Cette forme de géothermie assure également une réelle qualité de l'air dans l'habitation et se révèle très économique à l'utilisation. Le puits canadien consiste en un conduit enterré, à travers duquel de l'air, aspiré à l'extérieur, circule pour être ensuite insufflé dans l'habitat. Au cours de cette circulation, l'air échange ses calories ou frigories avec celles de la terre. L'avantage d'une telle ressource est qu'elle s'avère inépuisable et presque gratuite. En effet, peu d'électricité est nécessaire pour assurer les échanges entre les milieux.

Afin d'obtenir un bon rendement d'échange thermique, le collecteur doit être enterré à une profondeur minimum de 1,20 mètres. A cette profondeur, la température du sous-sol reste à peu près constante toute l'année (environ 14 C). Pour bénéficier d'une température de sous-sol plus importante et gagner en constance, il faut enfouir le collecteur plus profondément. Lors de l'enfouissement, respecter une pente pour l'évacuation des condensats d'au moins 2%. Le fonctionnement du puits canadien varie selon la période de l'année. Il permet d'assurer un certain confort en été et réduit la différence de température de l'air capté en hiver. En hiver, l'air est préchauffé naturellement en captant la chaleur du sol et est introduit à une température supérieure à 0°C sur le schéma à + 4°C.

Afin de produire plus d'économies d'énergie, il est introduit via un caisson de ventilation VMC double-flux qui récupère les calories de l'air extrait.



En été, l'air est rafraîchi naturellement en captant les frigories du sol et rentre dans la maison ou l'immeuble à 20°C (dans l'exemple ci-dessous). Il est nécessaire de bipasser le récupérateur d'échange sur le caisson VMC afin d'introduire en direct l'air frais.



- Arbres éoliens

L'un des groupes s'est attaché à apporter une innovation technologique dans son projet. Pour cela, 13 arbres éoliens ont été implantés dans la coulée verte. Leur fonctionnement est semblable à celui d'une éolienne. Autrement dit, la production énergétique d'un arbre éolien dépend de la vitesse du vent, de la surface réceptrice de la feuille de l'arbre et du rendement du système. Ils génèrent une production électrique annuelle variant entre 26.07 et 29.33 MWh. La production maximale des 13 arbres est de 29.33 MWh/an (rendement de 90%). Cette électricité pourra être vendue à 8cts/kWh au réseau EDF.

- Résultats généraux obtenus

Dans l'ensemble des groupes, les besoins énergétiques thermiques à l'échelle du quartier sont couverts, ceci étant principalement dû au système de cogénération. Dans chacun des groupes, des systèmes énergétiques supplémentaires ont été développés (puits canadiens, panneaux hybrides & arbres éoliens). Ces derniers ont engendré de l'énergie en surplus, à hauteur de 44% dans l'un des cas, 14% dans un autre, permettant ainsi de générer une recette à la fin d'année grâce à la vente d'électricité au réseau EDF. Cette recette permettait ainsi d'équilibrer notre bilan financier.

Surface de bâti (m <sup>2</sup> )	Cout d'une chaudière à cogénération (en €)	Revenu annuel TOTAL avec revente (en €)	Revenu annuel TOTAL avec revente (en €)	Consommation Gaz et elec par ans (en €)	Prix d'une Chaudière à Gaz (en €)	Durée d'amortissement sans revente (en années)	Durée d'amortissement avec revente (en années)
100	16 000,00 €	519,00 €	562,00 €	730,00 €	3 800,00 €	13,8	13,3
160	20 000,00 €	620,00 €	720,00 €	964,00 €	4 900,00 €	12,7	11,9
110	16 000,00 €	530,00 €	583,00 €	869,00 €	3 800,00 €	12,3	11,8
300	35 000,00 €	845,00 €	995,00 €	1 620,00 €	7 500,00 €	13,2	12,4
330	35 000,00 €	887,00 €	1 052,00 €	1 837,00 €	7 500,00 €	11,9	11,2
Moyenne d'amortissement :						12,8	12,2

## Récupération des eaux pluviales

### *Cuve individuelle de récupération des pluies*

La récupération des eaux de pluie permet d'économiser de grandes quantités d'eau potable (plus de 60 m<sup>3</sup> d'eau par année).

Au sein du quartier, les eaux collectées depuis les toitures sont dirigées dans des cuves enterrées particulières. Chaque cuve est dimensionnée en fonction du type de bâtiment (surface de toiture, nombre de résidents, ...) ainsi que du type de besoin des habitants et de la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement des systèmes (lave-linge, toilette et arrosage des jardins).

Pour pouvoir subvenir aux besoins en eaux des habitants, notamment en période sèche, les cuves doivent récolter suffisamment d'eau. Il y a donc au sein du quartier différents types de cuves, qui vont de 300 L à 7 mètres cubes.

### *Bassin d'orage et noues de récupération des eaux de pluies*

Les fortes précipitations qui tombent en-dehors des toitures doivent être récoltées pour éviter les engorgements des égouts et l'inondation du quartier.

Les bassins d'orages et les noues collectent les eaux des surfaces imperméabilisées (espaces verts, de la voirie (après passage dans un séparateur à hydrocarbure), ces eaux s'infiltrent ensuite et sont renvoyées petit à petit dans le réseau collectif.

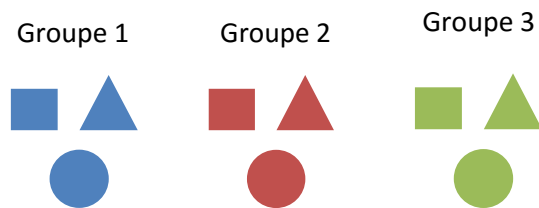
En conclusion, en additionnant les débits entrants et sortants (valeurs durant toute la durée de l'événement pluvieux), on obtient le volume maximal à stocker qui est compris entre 400 et 600 m<sup>3</sup> selon les projets.

## Conclusion

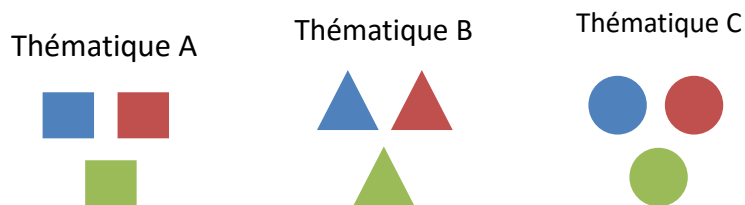
L'exercice d'application d'écoconception urbaine nous a permis de mettre en application une partie des enseignements dispensés, au cours de ces premières années au département aménagement et environnement, et notamment le semestre précédent (en termes énergétiques).

L'atelier s'est inscrit dans un **cadre plus professionnel**, étant donné que nous devons répondre à une commande réelle émise par la mairie d'Azay-le-Rideau.

Cet atelier s'est déroulé de façon à obtenir **trois propositions d'aménagement** ou scénarios différents. Ainsi, trois groupes se sont formés autour de **grandes thématiques**, à savoir la programmation du projet via un budget, l'énergie (selon une production et une consommation locales), la récupération des eaux pluviales, et les transports.



Cependant, la réflexion sur les différentes thématiques n'a pas été pensée indépendamment. La nécessité de concevoir des modèles logiques a entraîné une **coopération entre les étudiants** travaillant sur un même thème.



Les données ont été échangées entre les groupes et c'est pourquoi les résultats quantitatifs finaux restent dans les mêmes ordres de grandeur et ne divergent pas beaucoup. Ce sont donc les **partis-pris** de chaque groupe qui **font la différence** au niveau de la spatialisation des projets.



**Proposition I**



**Proposition 2**

**Proposition 3**



Par ailleurs, le groupe a également choisi de produire une **représentation spatiale sous Minecraft®**, pour intégrer une dimension participative au projet. Il est possible de laisser libre cours à ses idées sur cette carte en jouant en communauté via internet. Les joueurs pourront s'approprier virtuellement le quartier ainsi que lui donner une identité propre. Afin de garder une part de réalisme, les usagers devront respecter l'aménagement conçu au sein du quartier.



## Annexe A : Programmation

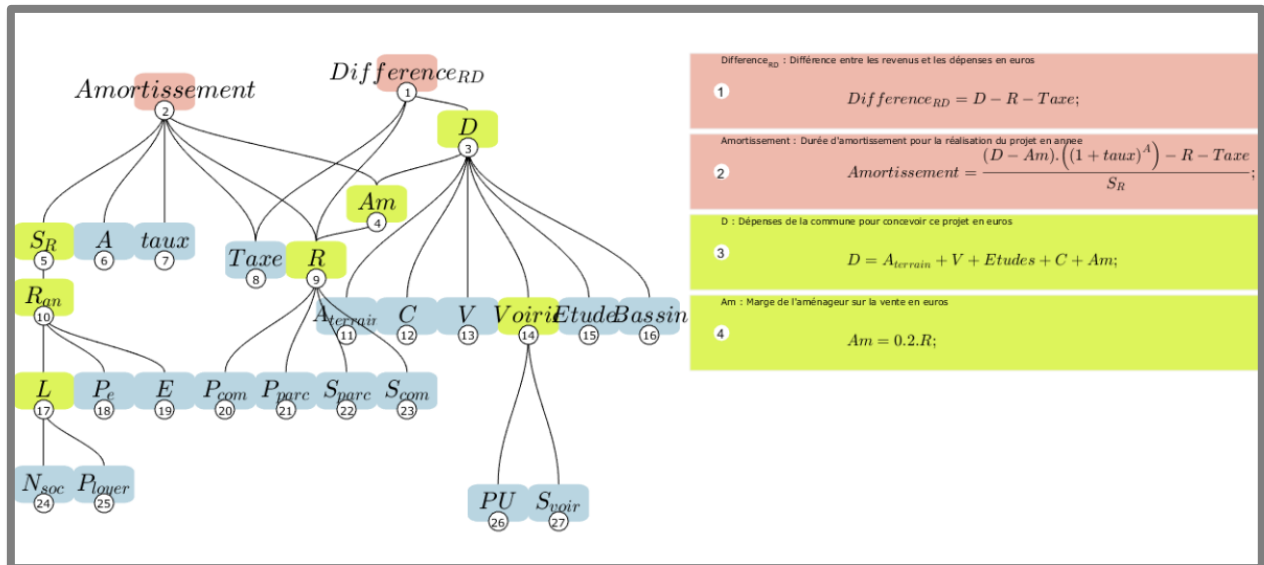
### Groupe I

Pour le choix du nombre de logements, nous avons décidé de découper notre terrain d'étude :

Nous avons au préalable laissé une réserve foncière destinée à une éventuelle école maternelle de 5500 m<sup>2</sup>. Ensuite, nous avons déterminé la zone de bruit afin de ne pas développer de logements sur cette espace. Dans un second temps, nous avons décidé de soustraire 20 % de la surface disponible pour prendre en compte la voirie et les espaces verts. Ainsi, nous obtenons 3 hectares dédiés aux logements. Il est important de noter également que 1000 m<sup>2</sup> sont destinés à la réalisation de commerces (une boulangerie, une pharmacie, une boucherie) et d'un cabinet médical. Le découpage parcellaire de cet espace s'est ensuite effectué. Le nombre de parcelles est alors de 59. Etant donné que nous choisissons de mettre 20 % de logements sociaux, nous produisons 51 logements individuels et 14 logements collectifs sociaux. La densité est alors de 20 logements par hectare ce qui respecte la densité d'Azay-le-Rideau. De plus, 2000 m<sup>2</sup> sont réservés à l'institut les Maisonnées. En ce qui concerne les parcelles, ces dernières ont une surface qui varie de manière suivante :

Surface parcellaire	De 200 à 300 m <sup>2</sup>	De 300 à 400 m <sup>2</sup>	De 400 à 500 m <sup>2</sup>	De 500 à 600 m <sup>2</sup>	De 600 à 700 m <sup>2</sup>	>700 m <sup>2</sup>
Nombre de parcelle	15	22	8	7	3	4

Puis, nous avons calculé le budget de ce projet. Pour cela, le système suivant permet de calculer ces données.



Ainsi la différence en 1 permet de calculer le budget, c'est-à-dire de soustraire les dépenses aux revenus. Pour les dépenses et les revenus, ce tableau permet d'expliquer plus précisément les chiffres obtenus.

### Scénario 1 : Vente uniquement du terrain à bâtir pour la mairie

<b>Etudes</b>		<b>Cessions de terrains</b>	
Etude d'impact environnementale	16 320	Cessions de terrains pour logements individuels isolés (120 euros/m <sup>2</sup> )	2 783 800
Dossier loi sur l'eau	6 000	Cessions de terrains pour logements sociaux collectifs (90 euros/m <sup>2</sup> )	145 800
Levée topographique	1 525	Cessions de terrains pour les surfaces commerciales (99 euros/m <sup>2</sup> )	99 000
<b>Travaux d'aménagement</b>			
Démolition du bâti	858 000		
Dépollution du sol	50 000		
Viabilisation Voirie, assainissement, eau, éclairage...	2 100 000		
Installation du Bassin d'orage	135 000		
<b>Total</b>	<b>3 166 945 €</b>	<b>Total</b>	<b>3 028 000 €</b>

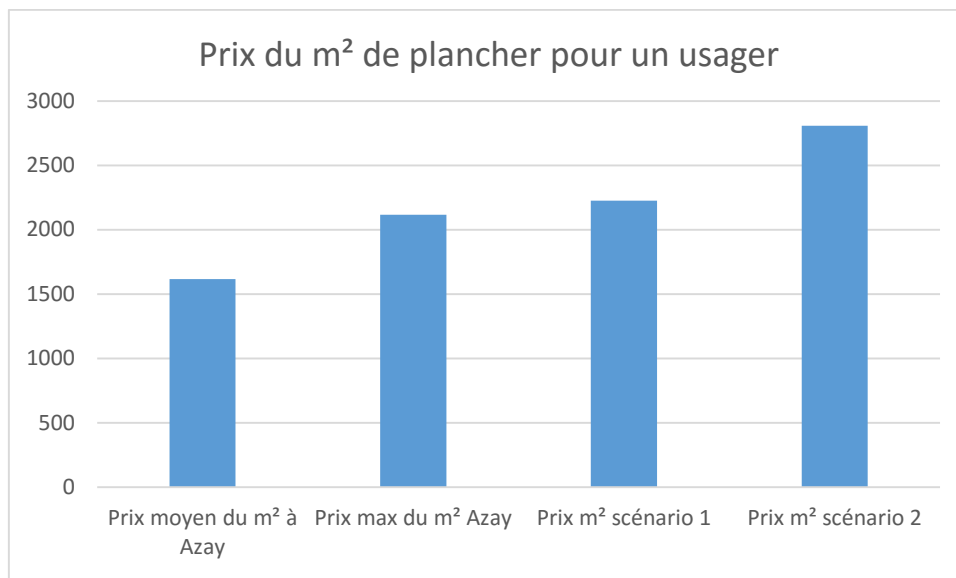
Dans ce scénario, la mairie vend les parcelles uniquement en lots libres. On voit que les coûts les plus importants sont engendrés par la viabilisation, alors que les revenus les plus hauts sont dus aux cessions de terrains pour logements individuels.

Nous avons réalisés un deuxième scénario où la mairie faisait appel à un aménageur pour voir si cet option était plus réalisable que la première. Nous obtenons les résultats suivants :

### Scénario 3 : La mairie fait appel à un aménageur ou à un promoteur

<b>Budget pour la mairie</b>			
<b>Etudes</b>		<b>Cessions de terrains</b>	
Etudes préliminaires	78 000	Cessions de terrains pour logements individuels isolés (60 euros/m <sup>2</sup> )	1 395 800
Etude d'impact environnementale	16 320	Cessions de terrains pour logements sociaux collectifs (60 euros/m <sup>2</sup> )	97 200
Dossier loi sur l'eau	6 000	Cessions de terrains pour les surfaces commerciales (50 euros/m <sup>2</sup> )	50 000
Levée topographique	1 525		
<b>Travaux d'aménagement</b>			
Démolition du bâti	858 000		
Dépollution du sol	50 000		
Installation du Bassin d'orage	135 000		
<b>Sous total</b>		<b>1 145 000</b>	
Frais Financiers et de gestion	55 000		
Gestion administrative et financière	83 000		
<b>Total</b>		<b>1 280 000 €</b>	
		<b>Total</b>	
		<b>1 543 000 €</b>	
<b>Budget Pour l'aménageur</b>			
<b>Travaux d'aménagements</b>		<b>Cessions des terrains</b>	
Acquisition du terrain	1 543 000	Cessions logements individuels isolés Prix du m <sup>2</sup> de plancher : 2808 euros/m <sup>2</sup>	16 791 000
Construction des logements sociaux collectifs <sup>(18)</sup> <i>logements)</i>	3 450 000	Cessions de terrains pour logements sociaux collectifs	3 575 000
Construction des logements individuels isolés <sup>(51)</sup> <i>logements)</i>	8 671 000	Cessions de terrains pour les surfaces commerciales (50 euros/m <sup>2</sup> )	70 000
Viabilisation <i>Voirie, assainissement, eau, éclairage...</i>	2 100 000		
<b>Taxe de l'aménageur</b>		55 600	
<b>Sous-total</b>		<b>16 253 000</b>	
Marge de l'aménageur (20%)		4 073 436	
<b>Total</b>		<b>20 326 000 €</b>	
		<b>Total</b>	
		<b>20 437 000 €</b>	

Pour ce scénario, la mairie est à l'équilibre en vendant son terrain à l'aménageur (60 euros/m<sup>2</sup>). Ce dernier est également à l'équilibre. Toutefois, le prix du m<sup>2</sup> de plancher est à 2808 euros/m<sup>2</sup>. L'histogramme ci-dessous permet de comparer le prix du m<sup>2</sup> de plancher à Azay-le-Rideau.



Il est donc préférable pour la mairie de vendre les parcelles en lots libres car nous sommes dans les prix élevés du m<sup>2</sup> à Azay-le-Rideau. Pour le deuxième scénario, le prix du m<sup>2</sup> est beaucoup plus élevé que le marché actuel, cela n'est donc pas réalisable.

De plus, pour le scénario 1, l'utilisateur aura plus de facilité pour le remboursement de son logement :

L'utilisateur gagne 3 ans dans le remboursement de son logement à l'aide des installations (cogénération, panneaux solaires et puits canadiens), puis économisera 1100 euros chaque année après les 27 ans de remboursement.

Economie pour la construction d'un logement		
prix maison 100 m <sup>2</sup>	194102,6	euros
nombre d'années pour le prêt	30,0	années
prix avec interet	303397,9	euros
remboursement annuel	10113,3	euros/an
remboursement mensuel	842,8	euros/mois
économie énergétique (an)	1100,0	euros/an
amortissement energ	27,1	années
Economie annuelle	1100	euros/an

## Groupe 2

### Proposition- Viabilisation

Le budget alloué par la mairie pour la réalisation du projet a été calculé de la manière suivante.

Tout d'abord nous avons réalisé la programmation de logements afin de connaître le nombre de logements à réaliser sur le futur quartier. Pour ce faire nous avons débuté par retrancher 1ha de surface, destinés à une réserve foncière (pour l'installation de la future maternelle et des équipements annexes). La surface alors aménageable a été divisée pour obtenir une surface de voirie et espaces verts, une surface à bâtir et une surface commerciale :

- Surface voirie et espaces verts = 20% de la surface aménageable
- Surface commerciale disponible = 1000 m<sup>2</sup> pour une boulangerie, un tabac presse, une pharmacie-cabinet médical et coiffeur.

Pour la surface à bâtir une densité de 25 bâtiments/hectares a été appliquée. Cette densité correspond à celle du centre-ville d'Azay-Le-Rideau. Ainsi, la continuité de la trame urbaine est assurée avec le reste de la commune. De plus, l'institut spécialisé compte 16 logements.

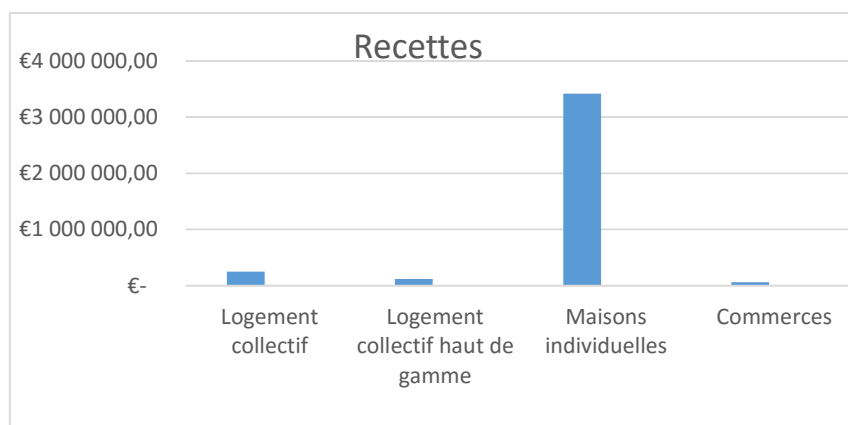
Le nombre de logements est réparti comme ci-dessous :

- Nombre de logements individuels : 58
- Nombre de logements collectifs : 10 (plus 16 de l'institut)

Nous avons évalué le prix de vente des terrains selon les prix du marché c'est-à-dire entre 90 à 120 euros/m<sup>2</sup>.

Type	Prix vente	% recettes totales
Logement collectif	90 euros/m <sup>2</sup>	6%
Logement collectif haut gamme	100 euros/m <sup>2</sup>	3%
Maisons individuelles	120 euros/m <sup>2</sup>	89%
Commerces	60 euros/m <sup>2</sup>	2%

Le total des ventes permettrait une recette d'environ 4 million d'euros (3 843 480,00 €).

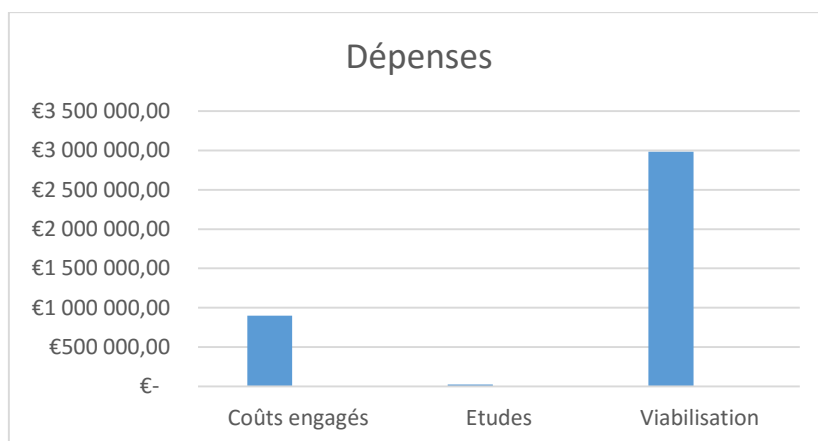


Nous avons tentés de chiffrer les dépenses engendrées par le projet. La viabilisation du terrain correspond à nos orientations d'aménagement et représente la plus grosse part des coûts.

Poste	Coûts	%dépenses totales
Viabilisation	3 000 000 €	71 % des dépenses totales
Coûts engagés (achat, démolition, dépollution)	900 000 €	26 % des dépenses totales
Etudes (études topographique et environnementale)	25 000 €	3 % des dépenses totales

Le total des dépenses s'élèvent à 3 925 000 euros.

Pour cette proposition il y a un faible déficit, le budget est quasiment à l'équilibre. Toutefois, si la mairie choisi de viabiliser et vendre en lots libres elle percevra par la suite les taxes et les impôts qui permettront d'avoir un gain d'argent (ex : la taxe aménagement pourrait s'élever à 303 090 euros). Ce surplus pourra servir pour l'entretien des voirie et espaces verts.



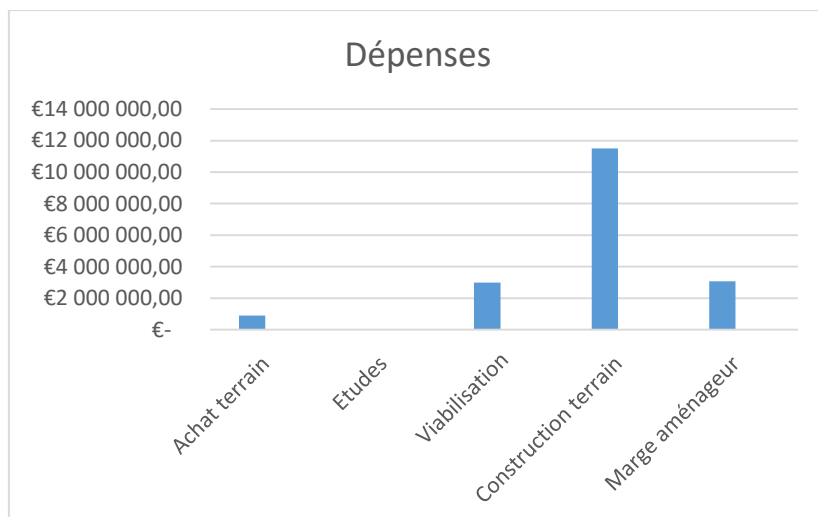
### Proposition – Viabilisation et aménagement

Dans cette proposition nous nous positionnons selon un opérateur (promoteur/aménageur) qui acquiert le terrain, viabilise, construit et revend les terrains. Nous reprenons les coûts de la première proposition en ajoutant la construction. Le prix d'achat du terrain correspond aux coûts déjà effectués par la mairie pour la démolition, la dépollution de site... Le prix de la construction correspond à ceux du marché et prennent en compte les installations correspondant à un cahier des charges imposé pour respecter les orientations environnementales (chaudière, cuve).

Voici les dépenses engendrées par l'aménagement :

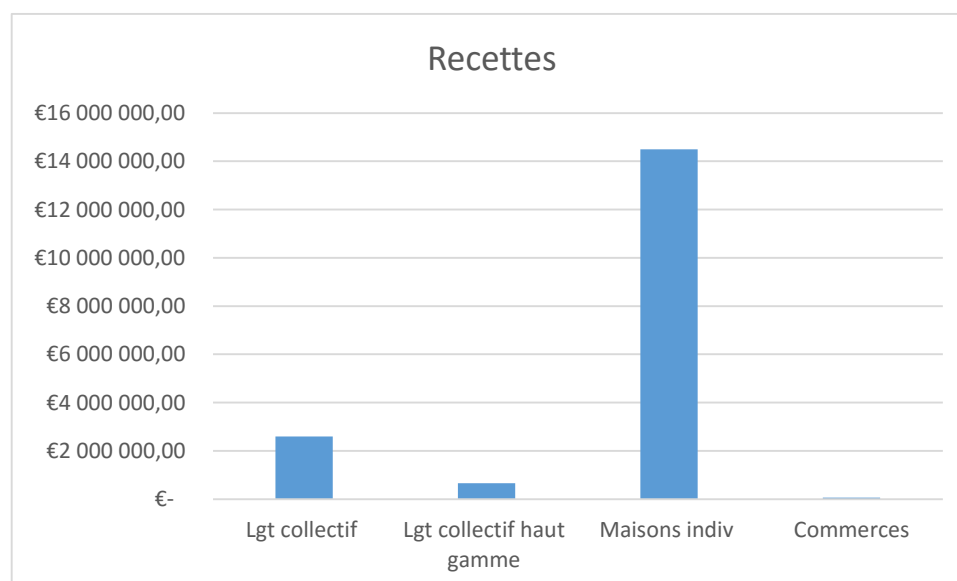
Poste	Coûts	%dépenses totales
Viabilisation	3 000 000 €	16.1 % des dépenses totales
Achat terrain	900 000 €	4.9 % des dépenses totales

Etudes (études topographique et environnementale...)	25 000 €	0.1 % des dépenses totales
Constructions	11 500 000 €	62.2 % des dépenses totales
Marge	3 200 000 €	16.7 % des dépenses totales

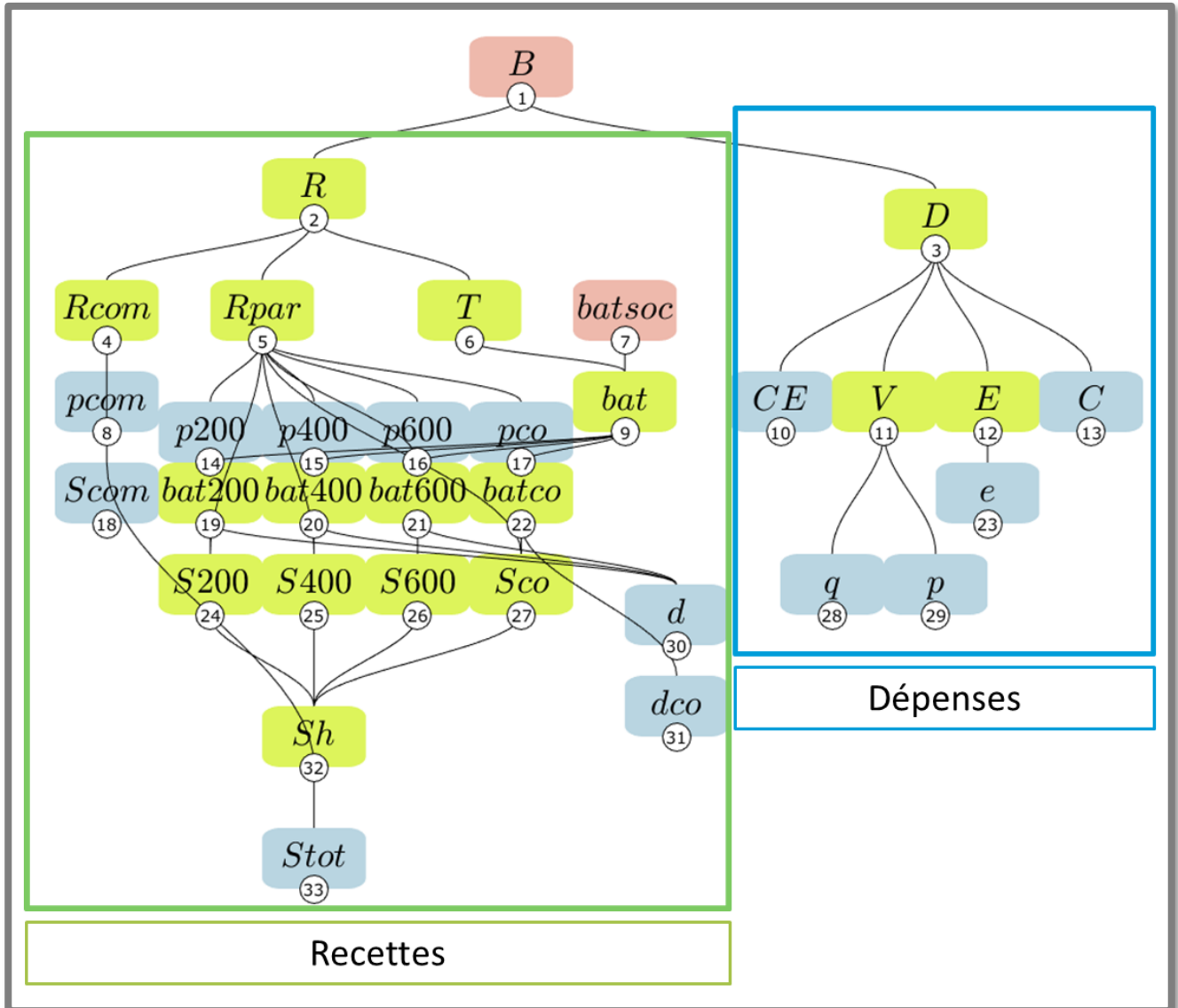


Pour les recettes, elles sont générées par la vente des parcelles. Les prix ont été déterminé afin d'avoir un budget à l'équilibre pour l'opérateur. Ces prix sont largement au-dessus des prix du marché actuel à Azay-le-Rideau, cela représente une augmentation de 50 à 70%.

Type	Prix vente	% recettes totales
Logement collectif	2600 euros/m <sup>2</sup>	14.6%
Logement collectif haut gamme	2900 euros/m <sup>2</sup>	3.7%
Maisons individuelles	2500 euros/m <sup>2</sup>	81.4%
Commerces	60 euros/m <sup>2</sup>	0.3%



**Groupe 3**





Le **budget de la mairie** a été évalué selon les dépenses engagées ou à engager et les recettes à percevoir.

Les recettes nous ont permis d'obtenir une **programmation de logements**. Elle a été définie selon la surface totale disponible (sans les réserves foncières pour l'école maternelle et ses équipements ainsi que pour l'extension future du quartier) à laquelle, nous avons retranché un pourcentage de 20 % correspondant à la part des espaces verts et de l'emprise de la voirie, ainsi que les surfaces dédiées aux commerces/services. Ces derniers ont été choisis à partir d'une étude de flux (**expliquée ci-après, cf. Zoé**). Nous avons donc compté une surface disponible de 700 m<sup>2</sup> pour une boulangerie, une boucherie, une pharmacie et un cabinet médical.

Pour ce qui est des parcelles pour les habitations, elles ont été différenciées en petits, moyens et grands terrains. Nous avons appliqué une densité de 20 bâtiments à l'hectare (semblable à celle de la commune), ce qui nous a permis d'obtenir notre nombre de maisons.

Nombre de parcelles de 200 m <sup>2</sup>	Nombre de parcelles de 400 m <sup>2</sup>	Nombre de parcelles de 600 m <sup>2</sup>
28	21	17

Nous obtenons donc un nombre total de bâtiments de 68 en comprenant deux bâtiments collectifs.

A chacune de ces parcelles, nous avons attribué un prix de vente basé sur les prix du marché, c'est-à-dire 90 à 110 €/m<sup>2</sup>.

Parcelles 200 m <sup>2</sup>	100 €/m <sup>2</sup>	42 % des recettes totales
Parcelles 400 m <sup>2</sup>	90 €/m <sup>2</sup>	29 % des recettes totales
Parcelles 600 m <sup>2</sup>	90 €/m <sup>2</sup>	22 % des recettes totales
Parcelles collectives	80 €/m <sup>2</sup>	2 % des recettes totales
Parcelles commerciales	60 €/m <sup>2</sup>	2 % des recettes totales

Recette totale = 3 370 000 €

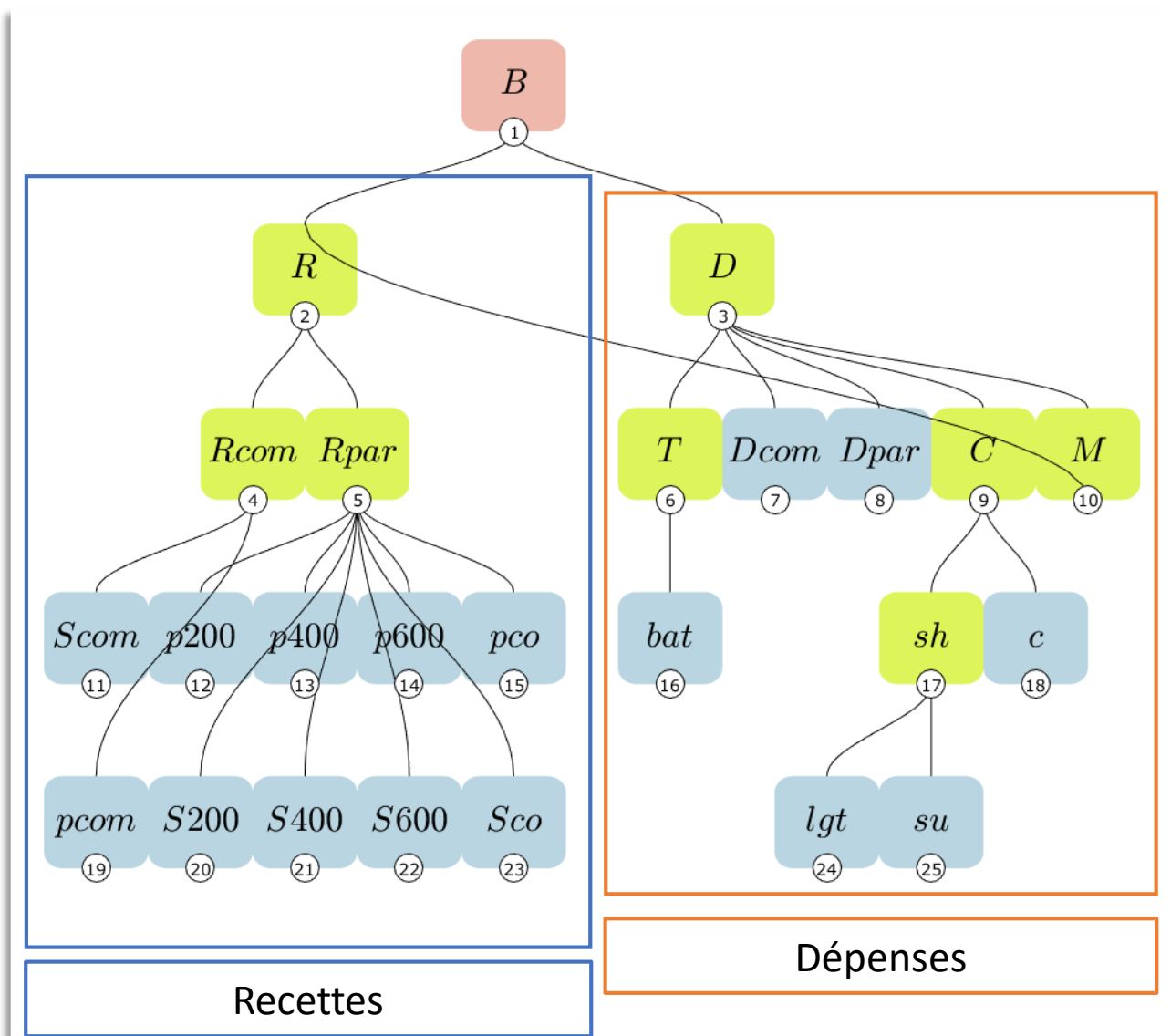
Les recettes prennent également en compte la taxe d'aménagement (contribution pour les équipements) perçue par la mairie qui s'élève à 160 000 €.

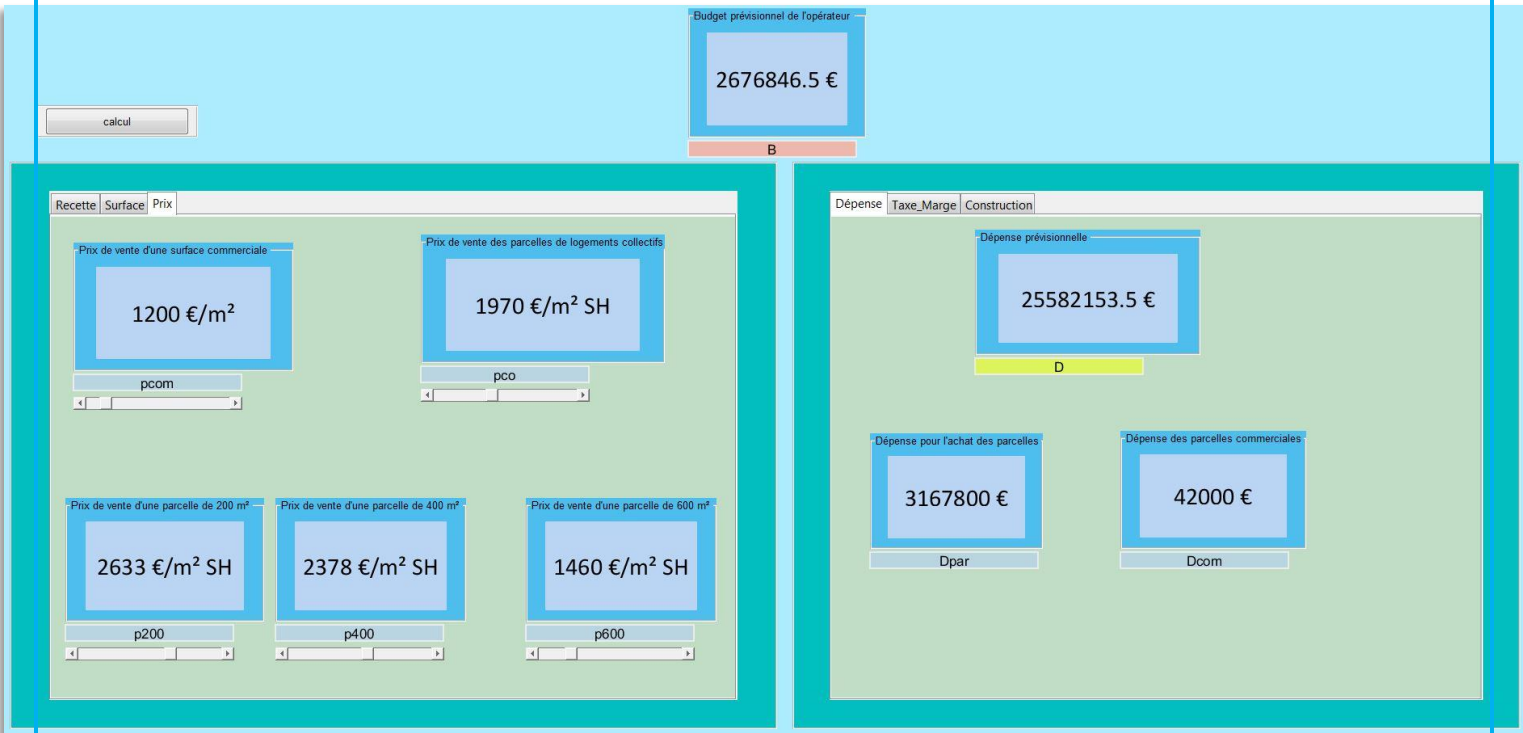
Les dépenses de la mairie sont essentiellement dues à ces aménagements de terrain pour vendre des terrains viabilisés. La viabilisation du terrain est évaluée à 2 400 000 €, elle comprend le terrassement du terrain, la voirie/stationnement, les réseaux divers, les espaces verts et les énergies.

Les dépenses s'élèvent donc à environ 3 400 000 €.

Viabilisation	2 400 000 €	71 % des dépenses totales
Coûts engagés (achat, démolition, dépollution)	900 000 €	26 % des dépenses totales
Etudes (études préliminaires techniques, étude d'impact environnementale, dossier loi sir l'eau, levée topographique)	100 000 €	3 % des dépenses totales

Dépense totale = 3 400 000 €





En ce qui concerne le budget de l'opérateur (promoteur), ces dépenses correspondent à l'achat des terrains et de la construction de ceux-ci. Le prix d'une construction a été déterminé à partir de prix de marché (1 500 à 2 000 €/m<sup>2</sup>). Nous avons élevé ce prix (+ 10 %) à 2 200 €/m<sup>2</sup> afin de prendre en compte les parkings ascenseurs... Nous tenons également compte de la marge de l'opérateur qui s'élève à 20 % du montant des recettes ainsi que de la taxe.

Achat des terrains	3 210 000 €	13 % des dépenses totales
Construction des terrains	15 840 000 €	64 % des dépenses totales
Marge	5 650 000 €	23 % des dépenses totales
Taxe	160 000 €	> 1 % des dépenses totales

Dépense totale = 23 740 000 €

Pour les recettes, elles sont générées par la vente des parcelles. Les prix ont été déterminés afin d'avoir un budget à l'équilibre pour l'opérateur.

Cession parcelles 200 m <sup>2</sup>	3 200 €/m <sup>2</sup>	39 % des recettes totales
Cession parcelles 400 m <sup>2</sup>	3 100 €/m <sup>2</sup>	28 % des recettes totales
Cession parcelles 600 m <sup>2</sup>	2 900 €/m <sup>2</sup>	21 % des recettes totales
Cession parcelles collectives	2 350 €/m <sup>2</sup>	7 % des recettes totales
Cession parcelles commerciales	60 €/m <sup>2</sup>	> 1 % des recettes totales

Recette totale = 22 656 000 €

Ces prix sont largement au-dessus des prix du marché actuel à Azay-le-Rideau, cela représente une augmentation de 55 % pour l'achat d'une maison individuelle et de 68 % pour l'achat d'un appartement...

## Annexe B : Energie

### Les Arbres Éoliens

Dans la coulée verte nous avons décidé d'implanter des arbres éoliens pour créer de l'énergie mais aussi pour un aspect pédagogique. Les enfants en jouant dans le parc après l'école seront intrigués par cette nouvelle technologie verte, leur curiosité sera d'autant plus attisée.



Source : <http://www.sampleo.com/test-avis/41/NewWind>

Source : <http://www.capital.fr/bourse/actualites/newwind>

La puissance maximale d'une éolienne est régie par la formule de Betz :

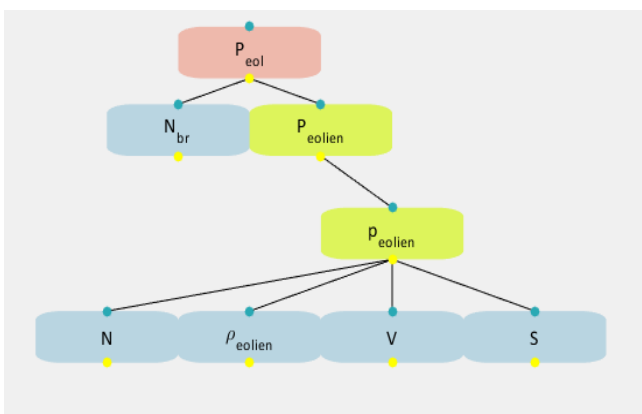
$$P_{max} = 0,37 \cdot \rho \cdot S \cdot V^3$$

Où  $\rho$  est le rendement de l'éolienne,

S la surface de réception du vent et V la vitesse du vent en m/s

( $0.37 = 8/27$  \* la masse volumique de l'air :  $1.23\text{kg/m}^3$ )

Le système toaster avec lequel nous avons pu faire nos estimations se présente de la façon suivante :



L'estimation de la vitesse annuelle du vent s'est faite sur celle de Tours, qui n'est pas très différente de celle d'Azay-le-Rideau.

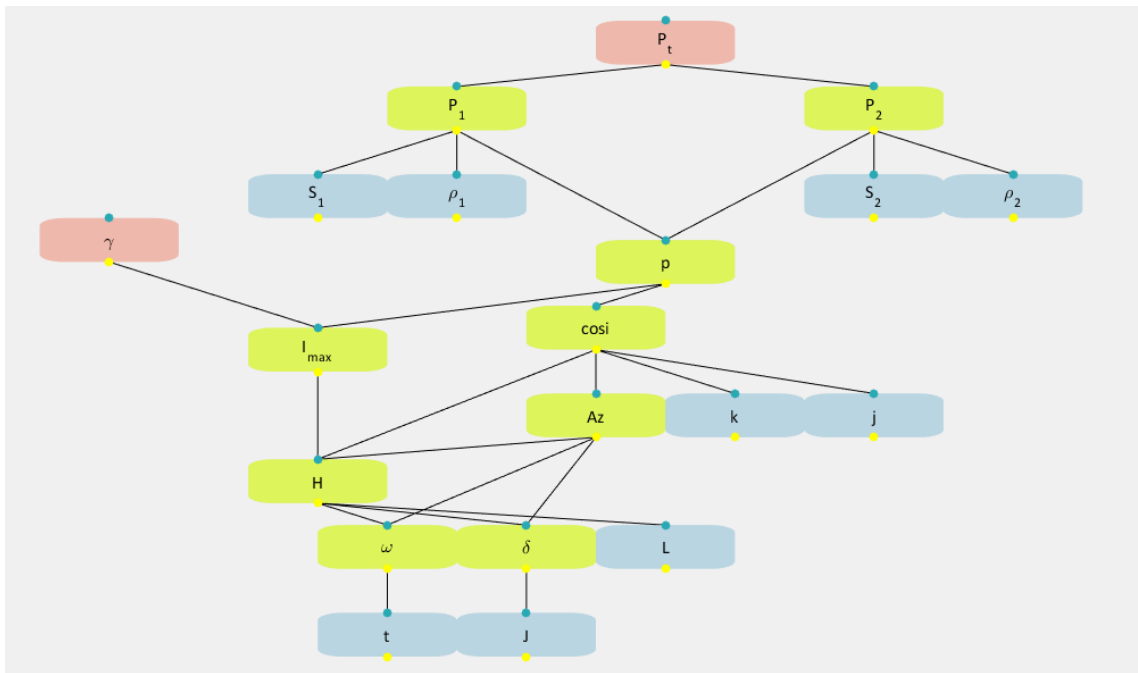
Chaque feuille de l'arbre éolien mesure 50 cm de longueur et 16cm de largeur, la surface fixée, entrée dans le système est donc de 0.08m<sup>2</sup>. Nos seules variables sont donc le rendement, le nombre de feuilles dans l'arbre et le nombre d'arbres.

Tableau : Valeurs de production d'énergie électrique obtenue selon les 2 modèles et les rendements

Rendement min de 80%	Surface de réception <b>0.08 m</b>		
Nombre d'arbres pour 72 feuilles modèle 1	Production électrique en MWh	Nombre d'arbres pour 96 feuilles modèle 2	Production électrique en MWh
1	1.50	1	2.00
5	7.52	5	10.02
10	15.04	10	20.05
13	19.56	13	26.07
15	22.56	15	30.08

Rendement max de 90%	Surface inchangée <b>0.08 m</b>		
Nombre d'arbres pour 72 feuilles modèle 1	Production électrique en MWh	Nombre d'arbres pour 96 feuilles modèle 2	Production électrique maximale en MWh
1	1.69	1	2.26
5	8.46	5	11.28
10	16.92	10	22.56
13	22.00	13	29.33
15	25.38	15	33.85

## Système Panneaux hybrides



Facteurs de notre position et celle des panneaux face au soleil et à l'axe Sud pris en compte

### *Production énergétique thermique et électrique de chaque typologie de maisons*

La puissance des chaudières pour chaque typologie a été déterminée de la manière suivante :

$$P = C * (ITE + TV) * V * DP \text{ avec}$$

C : coefficient de consommation d'énergie à 1.5 (maison bien isolée)

ITE : indice de température extérieure à 9°C

TV : Température voulue dans les pièces fixée à 20°C

V : Volume de la maison (surface\*hauteur)

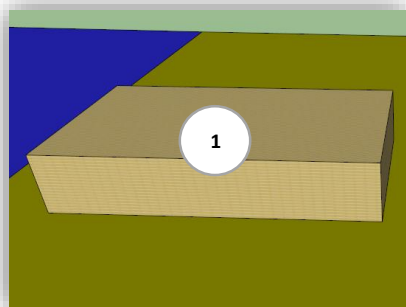
DP : déperditions d'énergie fixé à 1.3

Et en fonction du nombre d'habitants : Besoins en ECS, (7kw par habitant).

Source : <http://www.24pm.fr/guide-chaudiere/chaudiere-ecologique/441-calculer-la-puissance-dune-chaudiere->

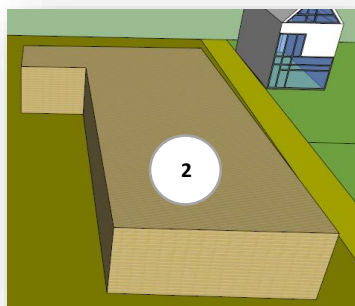
**Logements d'accueil pour autistes :**

Puissance chaudière 40 kW


 Surface : 184 m<sup>2</sup>

 Besoins Energétiques : 27  
 kWh/m<sup>2</sup>/an  
 Thermiques : 7 MWh/an  
 Electriques : 1 MWh/an

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	14	15.2
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	17.3	20.8
Volume granulés de bois	8.8 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>10.4</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>5.1</b>	<b>4.4</b>

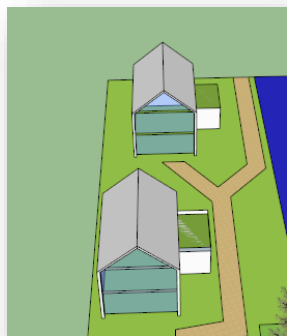

 Surface : 347 m<sup>2</sup>

 Besoins Energétiques : 27  
 kWh/m<sup>2</sup>/an  
 Thermiques : 10 MWh/an  
 Electriques : 1 MWh/an

Puissance chaudière 40 kW \*2

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	20	20.8
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	23.3	26.4
Volume granulés de bois	12.6 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>27.2</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>8.7</b>	<b>13.4</b>

## Bâtiments collectifs :



Puissance Chaudière 40 kW

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	14	15.2
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	17.3	20.8
Volume granulés de bois	8.8 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>0.3</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>5.1</b>	<b>-0.2</b>

Surface plancher : 70 m<sup>2</sup>

Surface toit : 92m<sup>2</sup>

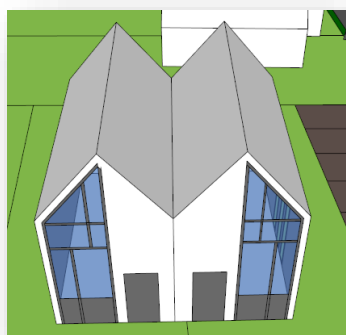
Besoins Energétiques : 33 kWhep/m<sup>2</sup>/an

Thermiques : 7 MWh/an

Electriques : 1 MWh/an

## Maisons individuelles

Puissance chaudière 40 kW



Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	14	15.2
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	17.3	20.8
Volume granulés de bois	8.8 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>10.2</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>5.1</b>	<b>4.8</b>

Surface plancher : 100 m<sup>2</sup>

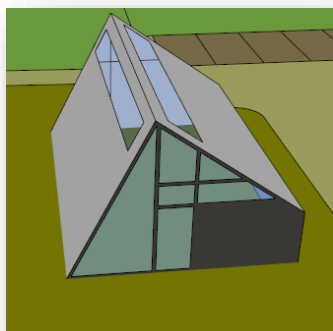
Surface toit : 78\*2 m<sup>2</sup>

Besoins Energétiques : 23 kWhep/m<sup>2</sup>/an

Thermiques : 7 MWh/an

Electriques : 1 MWh/an

## Maison individuelle



Surface plancher : 60m<sup>2</sup>  
 Surface toit sans vitrage : 92m<sup>2</sup>

Besoins Energétiques : 49 kWhep/m<sup>2</sup>/an  
 Thermiques : 8 MWh/an  
 Electriques : 1 MWh/an

Puissance chaudière 12 kW

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	16	17.4
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	19.3	23
Volume granulés de bois	10.1 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>-2.2</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>6.4</b>	<b>0.4</b>

## Maison individuelle



Surface plancher : 60 m<sup>2</sup>  
 Surface toit : 78 m<sup>2</sup>

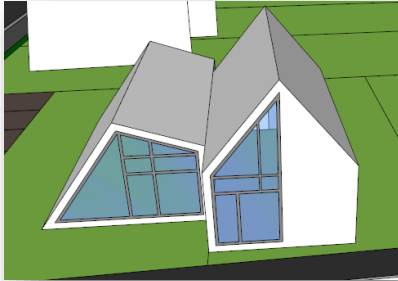
Besoins Energétiques : 24 kWhep/m<sup>2</sup>/an  
 Thermiques : 4 MWh/an  
 Electriques : 1 MWh/an

Puissance chaudière 25 kW

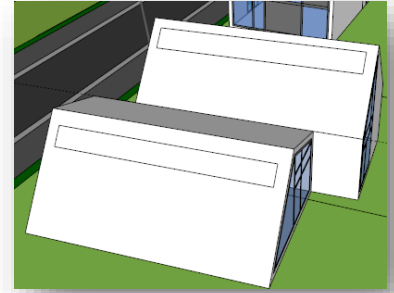
Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	8	8.7
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	11.3	13.3
Volume granulés de bois	5.1 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>4</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>1.6</b>	<b>-1.2</b>

## Maisons individuelles

Orientées EST/OUEST



Orientées SUD



Surface plancher : 110 m<sup>2</sup>

Surface toit : 164 m<sup>2</sup> et 73m<sup>2</sup>

Besoins énergétiques : 45 kWhep/m<sup>2</sup>/an

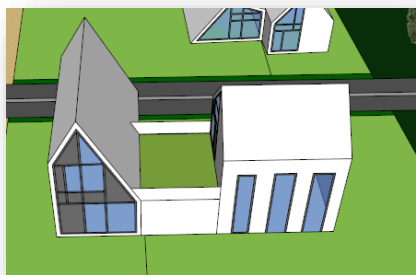
Thermiques : 6 MWh/an

Electriques : 1 MWh/an

Puissance chaudières 40 kW

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	12	13
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	15.3	18.6
Volume granulés de bois	7.6 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>13.6</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>4</b>	<b>4.3</b>

## Maisons accolées individuelles



Surface plancher : 100m<sup>2</sup>

Surface toit : 127m<sup>2</sup>

Besoins Energétiques : 22  
kWh/m<sup>2</sup>/an

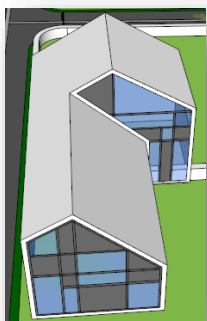
Thermiques : 8 MWh/an

Electriques : 1 MWh/an

Puissance chaudière 40 kW

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	16	17.4
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	19.3	23
Volume granulés de bois	10.1 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>3.6</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>6.4</b>	<b>2.4</b>

## Grandes maisons accolées



Surface plancher : 160m<sup>2</sup>

Surface toit : 172m<sup>2</sup>

Besoins Energétiques : 17  
kWh/m<sup>2</sup>/an

Thermiques : 7 MWh/an

Electriques : 1 MWh/an

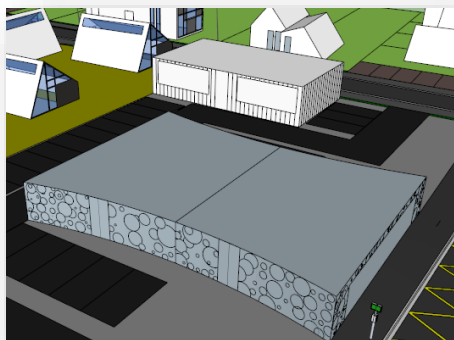
Puissance chaudière 40\*2 kW

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	14	15.2
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	17.3	20.8
Volume granulés de bois	8.8 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>12.8</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>5.1</b>	<b>5.4</b>

## Les commerces :

### Grand bâtiment

Puissance chaudière 40 kW



Surface plancher : 350m<sup>2</sup>

Besoins Energétiques : 32 kWh/m<sup>2</sup>/an

Thermiques : 11 MWh/an

Electriques : 1 MWh/an

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	22	24
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	25.3	20.8
Volume granulés de bois	13.9 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>24</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>10</b>	<b>14.2</b>

### Petit bâtiment



Surface plancher : 336 m<sup>2</sup>

Besoins Energétiques : 34 kWh/m<sup>2</sup>/an

Thermiques : 6 MWh/an

Electriques : 1 MWh/an

Puissance chaudière 40 kW

Production d'énergie	Par la cogénération (MWh/an)	Par les panneaux hybrides (MWh/an)
Consommation thermique	12	13
Consommation électrique	3.3	5.6
Totale	15.3	18.6
Volume granulés de bois	7.6 m <sup>3</sup>	-
<b>Gain thermique (MWh/an)</b>	-	<b>33</b>
<b>Gain électrique (MWh/an)</b>	<b>4</b>	<b>12.4</b>

Pour rappel : Le *rendement* =  $\frac{\text{Besoins net}}{\text{Consommation d'énergie finale}}$  (Source : <http://www.e-rt2012.fr/>)

\*Les chaudières sont des chaudières Cogemax, Novotek avec un rendement global de 80% (50% thermique, 30% électrique)

Nous pouvons ainsi constater que nous sommes énergétiquement positif à l'échelle du quartier et ce, pour chaque typologie surtout avec la cogénération à granulés de bois.

Pour certaines typologies toutefois nous remarquons qu'il y a des déficits d'énergie thermique ou électrique avec les panneaux solaires hybrides (64% de rendement total dont 18% électrique et 46% thermique). Les nombreux gains électriques récoltés, notamment ceux des commerces peuvent alimenter les maisons où l'énergie est déficitaire ou encore, les 13 arbres éoliens dans la coulée verte peuvent combler ces déficits si la majorité du quartier produit de l'énergie par les panneaux hybrides. Avec la cogénération, le problème ne se pose pas, puisque dans l'ensemble les maisons présentent un gain d'énergie électrique dû au rendement plus élevé des chaudières comparé à celui des panneaux hybrides. Le kWh électrique provenant de la cogénération peut être vendu à 4cts d'€ et celui des panneaux hybrides à 25cts d'€.

A l'échelle du quartier, ce sont donc près de 336 m<sup>3</sup> de granulés de bois à brûler par an soit 218 tonnes ; pour une valeur de 200euros la tonne, 43 680€ seront donc à déboursier par an.

5429 m<sup>2</sup> de panneaux hybrides recouvrent les toits des maisons du quartier. Le prix des panneaux à l'échelle du quartier s'élève à 5 429 000€ (le 1000€/m<sup>2</sup> de panneau).

A l'échelle du quartier, le bilan est le suivant :

- **Par la cogénération,**  
198 MWh + 29.3 MWh (13 arbres éoliens) – 219.8 MWh (40% de voitures électriques) – 1.5 MWh (éclairage public) = **6 MWh**

- **Par les panneaux hybrides,**  
115 MWh + 29.3 MWh – 138 MWh (70% de voitures électriques) – 1.5 MWh = **4.8 MWh**

Si l'on souhaite intégrer moins de voitures électriques dans le quartier, nous pouvons produire de l'énergie par la cogénération et implanter en plus quelques panneaux photovoltaïques sur les toits des maisons pour rester à l'équilibre.

N.B : Il est possible de stocker le surplus de chaleur (qui pourra être distribuée plus tard selon les besoins) par des ballons d'hydro-accumulation.

## Annexe C : Rendu 3D

### Groupe I

Cet îlot de 5 parcelles est représentatif de l'ensemble du projet. On y retrouve à la fois des logements individuels et collectifs ainsi qu'un parking collectif végétalisé. La réalisation de maison à toit plat permet de garantir les performances énergétiques nécessaire. De plus, les toits terrasses permettent la création d'un nouvel espace de vie.



Figure 1 Vue globale de l'îlot n°1 (Réalisation Kévin Debaets)



Figure 2 Vue globale de l'îlot n°2 (Réalisation Kévin Debaets)



Figure 3 Vue globale de l'îlot n°3 (Réalisation Kévin Debaets)

## Logement individuel



Figure 4 Logement individuel de 100 m<sup>2</sup> (Réalisation Kévin Debaets)



Figure 5 logement individuel de 100 m<sup>2</sup> (Réalisation Kévin Debaets)



Figure 6 Logement individuel de 130 m<sup>2</sup> (Réalisation Kévin Debaets)

## Logement collectif



Figure 7 Logement collectif de 3 appartements de 75 m<sup>2</sup> chacun et une terrasse partagée (Réalisation Kévin Debaets)

## Zone commerciale et institut paramédical



Figure 8 Zone commerciale et institut paramédical (Réalisation Kévin Debaets)



Figure 10 Zone commerciale et institut paramédical (Réalisation Kévin Debaets)



Figure 9 Zone commerciale et institut paramédical (Réalisation Kévin Debaets)