

**Communauté urbaine de Bordeaux
Ville de Bordeaux
ADEME**



Planification énergétique « Facteur 4 » de l'agglomération bordelaise

Première phase

Rapport d'étude définitif

31/12/2011

a'urba.
agence d'urbanisme
Bordeaux métropole Aquitaine

Hangar G2 Bassin à flot n°1
quai Armand Lalande
BP 71 F-33041 Bordeaux Cedex

Tél. : 33 (0)5 56 99 86 33
Fax : 33 (0)5 56 99 89 22
e-mail contact@aurba.org

Aleab33
agence locale de l'énergie
agglomération bordelaise et girondine

30 cours Pasteur
33000 Bordeaux
www.aleab33.fr

Tel. : 33 (0)5 56 00 60 27
Fax : 33 (0)5 56 24 75 54
e-mail contact@aleab33.fr

Objet de l'étude

La planification énergétique « Facteur 4 » de l'agglomération bordelaise est une démarche de long terme proposée conjointement par l'a-urba et l'ALEC (Agence Locale de l'Energie et du Climat), visant à traduire de façon opérationnelle les objectifs fixés dans le Plan Climat de la CUB (Communauté urbaine de Bordeaux). La première phase de ce travail s'intéresse au parc bâti résidentiel de la CUB et propose un certain nombre de solutions visant à opérer sa mutation vers les énergies renouvelables.



Équipe projet

Sous la direction de
Antonio Gonzalez Alvarez (a'urba)
Michel Feyrit puis François Menet-Haure (ALEC)

Chef de projet
Bob Clément (a'urba)
Romain Harrois (ALEC)

Équipe projet

Pour l'a-urba :
Leslie Ascencio
Richard Cabrafiga
Anne Delage
Jean-Bernard Malausséna
Christine Primet
Sylvain Tastet

Pour l'ALEC :
Aude Rosener

Composition de l'étude

Après une analyse de la demande en énergie du parc résidentiel de la CUB et des gisements en énergies renouvelables et récupérables du territoire communautaire, l'étude met en adéquation demande et offre en énergie sur quatre secteurs représentatifs des tissus résidentiels caractéristiques de la CUB.



Sommaire

1 Du contexte énergétique à l'objectif « Facteur 4 ».....	9
1.1 Contextes énergétiques global et national	9
1.2 Énergie et bâtiment sur la CUB	11
2 Définition de la mission d'aide à la planification énergétique.....	17
2.1 La nécessaire planification énergétique	17
2.2 La naissance d'une mission d'aide à la planification énergétique	18
2.3 Les objectifs de la mission d'aide à la planification énergétique	19
3 Analyse de la demande en énergie.....	23
3.1 La demande actuelle : le bâti résidentiel existant	23
3.2 La demande future : agglomération millionnaire et sites de projet	34
4 Ressources.....	40
4.1 Gisements localisés en EnRR sur la CUB	40
4.2 Gisements à mobiliser pour l'atteinte du Facteur 4	41
5 Adéquation besoin / ressources.....	45
5.1 L'approche par tissu urbain	45
5.2 Le tissu diversifié : l'exemple de Mérignac	45
5.3 Les tissus de centralité et d'échoppes	59
5.4 Le tissu pavillonnaire	77
5.5 Zoom sur la rénovation des logements	84
6 Conclusion : premiers enseignements.....	87
6.1 La pertinence des réseaux de chaleur en milieu urbain dense	87
6.2 Grands principes applicables au territoire communautaire	90
6.3 Mutation énergétique ou rénovation thermique : quels enjeux ?	93
6.4 Suite à donner en 2012	94
7 Annexes.....	97
7.1 Principaux sigles et abréviations utilisés	97
7.2 Spatialisation du bâti résidentiel par période de construction	98

Note de synthèse



Face à la double contrainte du changement climatique et de l'épuisement des ressources fossiles, il devient nécessaire pour la CUB de s'engager vers le Facteur 4 et d'organiser la planification énergétique du territoire à travers des opérations d'économies d'énergie et le développement massif des énergies renouvelables et de récupération (EnRR).

L'analyse de la demande en énergie du parc résidentiel de la Communauté urbaine a mis en évidence le poids important des maisons individuelles construites entre 1900 et 1989 ainsi que des immeubles collectifs construits entre 1950 et 1975 pour les besoins de chauffage. L'analyse de l'offre en EnRR sur le territoire montre, pour sa part, que l'atteinte du « Facteur 4 » sur la CUB nécessitera à la fois une production massive d'EnRR sous forme mutualisée (réseaux de chaleur) et des dispositifs de production individuels.

Afin de mettre en adéquation, physiquement et spatialement, la demande et l'offre en chaleur sur la CUB à l'horizon 2050 – objectif principal de la planification énergétique – il a été privilégié une approche par tissu urbain. Quatre tissus urbains résidentiels majoritaires caractérisent en effet la CUB, pour chacun desquels une analyse a été conduite sur un secteur représentatif.

L'analyse du centre ancien de Bordeaux (immeubles de pierre de taille) et du tissu d'échoppes (maisons de ville) a mis en évidence une densité énergétique suffisante pour la création de réseaux de chaleur. Mais le déficit en foncier diffus dans ces tissus a conduit à la proposition de mobiliser les sites de projet de l'hypercentre pour l'implantation de chaufferies desservant le parc existant.

Dans le tissu diversifié (composé de copropriétés d'après-guerre à aujourd'hui et de petit pavillonnaire), les réseaux de chaleur trouvent aussi leur légitimité de par la présence de gros consommateurs constitués par les résidences de logements collectifs (HLM, copropriétés) et les équipements publics.

Enfin, le tissu pavillonnaire offre une plus grande palette de solutions à l'échelle individuelle, solutions qui doivent néanmoins être mises en cohérence avec les ressources localement disponibles, de par le volume important de maisons individuelles en jeu.

De l'ensemble de ces analyses (sectorielles et globales), ont ainsi pu être dégagées un certain nombre de « grands principes » de la planification énergétique, qu'il conviendra de préciser dans les phases ultérieures de l'étude.



1 | Du contexte énergétique à l'objectif « Facteur 4 »

1 | Du contexte énergétique à l'objectif « Facteur 4 »

1.1 | Contextes énergétiques global et national

1.1.1 | Petit rappel sur le contexte énergétique mondial...

Entre 1973, date du premier choc pétrolier, et 2008, la consommation énergétique mondiale (en énergie finale) a augmenté de 80 %¹. A ce rythme, les besoins planétaires seront multipliés par 2 d'ici à 2030. Cette croissance, sans limite apparente, ne pourra évidemment pas durer dans un monde aux dimensions et aux ressources finies.

➤ Des réserves limitées et de plus en plus chères

Au rythme de consommation actuel, les réserves prouvées de pétrole, de gaz, de charbon et d'uranium sont de quelques décennies, et si l'on intègre le taux de croissance annuel de la consommation d'énergie (environ 2%/an), les réserves ultimes d'énergie (réserves maximum que l'on pense exister et qu'il serait possible d'extraire) seraient épuisées vers 2100, augmentant ainsi d'année en année leur rareté et, par voie de conséquence, leur coût.

Il faudra donc changer nos systèmes de production et de consommation d'énergie pour s'adapter, transformations qui risquent d'être longues car bâtiments, machines, véhicules, sont conçus pour durer plusieurs décennies. De plus, ces mutations devront vaincre l'inertie de nos mentalités.

➤ L'énergie est responsable de la majeure partie des impacts environnementaux

A tous les stades de sa transformation, l'énergie est source de nuisances : marées noires, effet de serre, déchets radioactifs...

La plus médiatisée de ces menaces est le changement climatique, majoritairement dû aux émissions de GES (gaz à effet de serre), dont l'origine anthropique est aujourd'hui bien établie. Celui-ci a déjà commencé, et si rien n'est fait pour maîtriser les émissions de GES, les désordres observés risqueront de se multiplier : inondations, tempêtes, modification des régimes de climats et de pluies, inversion des grands courants marins..., entraînant par la même occasion des coûts induits très importants.

➤ Un enjeu géopolitique majeur

Les ressources d'énergie fossile se trouvent réparties de façon peu homogène : 65% des réserves de pétrole et 35% de celles de gaz sont au Moyen Orient, et 70% des réserves de charbon sont regroupées aux États-Unis, en Chine et en ex-URSS, trois régions potentiellement parmi les plus puissantes du monde.

1 http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf (page 28)

Cette répartition inégale risque d'entraîner des guerres destinées à contrôler l'approvisionnement en énergie du monde riche et des guerres pour le partage de ces ressources.

De plus, on ne peut aussi exclure les conflits consécutifs aux désordres climatiques eux-mêmes, comme les inondations de régions entières par la mer ou la désertification de certaines zones, et l'exode des populations.

1.1.2 | Agir : l'application du « facteur 4 » en France

Face à ce constat, il convient de réduire fortement nos consommations énergétiques et notre dépendance vis-à-vis des énergies fossiles et fissiles², ainsi que nos émissions de GES.

Les sommets internationaux de la dernière décennie ont permis de progresser vers la reconnaissance d'un objectif global de réduction de 50 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre en 2050 par rapport au niveau de 1990.

Cette valeur vient du fait, que durant la décennie de 1990, l'humanité émettait environ 6 milliards de tonnes de carbone par an dans l'atmosphère (soit 22 milliards de tonnes de CO₂), tandis que la planète pouvait en absorber environ 3 milliards par an grâce aux puits de carbone (océans, écosystèmes terrestres). Pour que la quantité de carbone et donc la quantité de CO₂ dans l'atmosphère cesse d'augmenter, une première approximation consiste à dire qu'il faut diviser par 2 les émissions de 1990 et arriver ainsi à 3 Gt de carbone émises, soit environ 0,5 t par personne. Cependant, ce « droit à émettre » pourrait se trouver davantage réduit avec une augmentation de la population (8 à 9 milliards en 2050) et une diminution de la capacité d'absorption du CO₂...

Au niveau national, le Plan climat validé par le gouvernement en juillet 2004 et par le président de la République en février 2005 à l'occasion de l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto, va dans ce sens de réduction de moitié des émissions de GES à l'horizon 2050.

La loi de programme n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique (Art 2) souligne que « la lutte contre le changement climatique devant être conduite par l'ensemble des États, la France soutient la définition d'un objectif de division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2050, ce qui nécessite, compte tenu des différences de consommation entre pays, une division par quatre ou cinq de ces émissions pour les pays développés ».

On parle alors de « facteur 4 », c'est-à-dire la division par quatre de nos émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050 par rapport au niveau de 1990. D'un point de vue énergétique, ce défi doit passer par la réduction des consommations énergétiques – à travers la sobriété et l'efficacité énergétique – et le recours aux énergies renouvelables (principes du scénario négaWatt), rejoignant ainsi les préoccupations énergétiques françaises en termes de dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles et nucléaires.

Cet objectif de long terme doit ainsi voir la poursuite et le développement des efforts déjà engagés dans ces domaines, ce qui nécessitera l'implication de tous. Ces efforts concernent tous les secteurs, dont celui du bâtiment.

2 Les énergies fissiles sont les énergies issues de la fission nucléaire

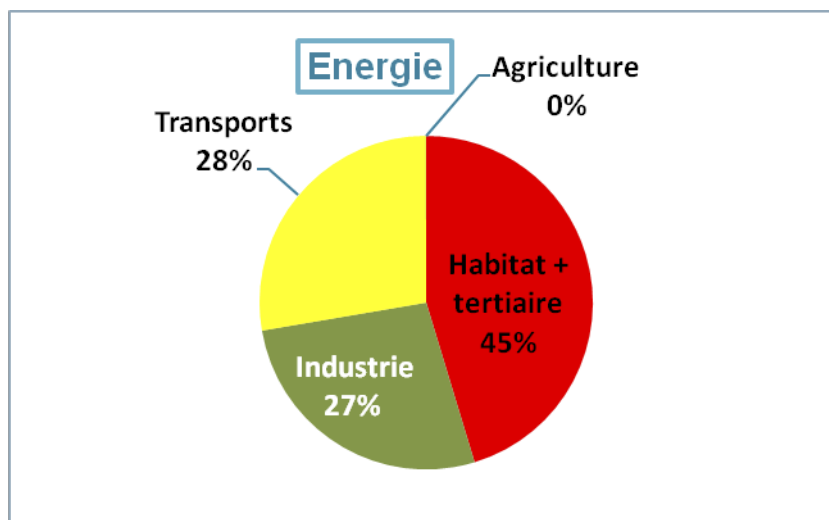
1.2 | Énergie et bâtiment sur la CUB

1.2.1 | Habitat/Tertiaire : un secteur de poids et à forts enjeux

Le secteur résidentiel comprend actuellement sur la CUB environ 350 000 logements, dont 60 % de logements collectifs et 40 % de logements individuels. Ces 350 000 logements représentent une surface chauffée de 27,6 millions de m². A l'habitat vient s'ajouter le secteur professionnel (tertiaire, commerces et activités), qui représente quant à lui, 16 millions de m² chauffés (source a'urba).

Ce secteur de poids, constituant du patrimoine et en perpétuelle évolution, est directement concerné par les problématiques énergétiques évoquées précédemment. Il requiert en effet de l'énergie pour chauffer les bâtiments, les rafraîchir le cas échéant, produire de l'eau chaude sanitaire, ventiler et assurer le renouvellement d'air intérieur, éclairer ou encore assurer les besoins des différents appareils électriques.

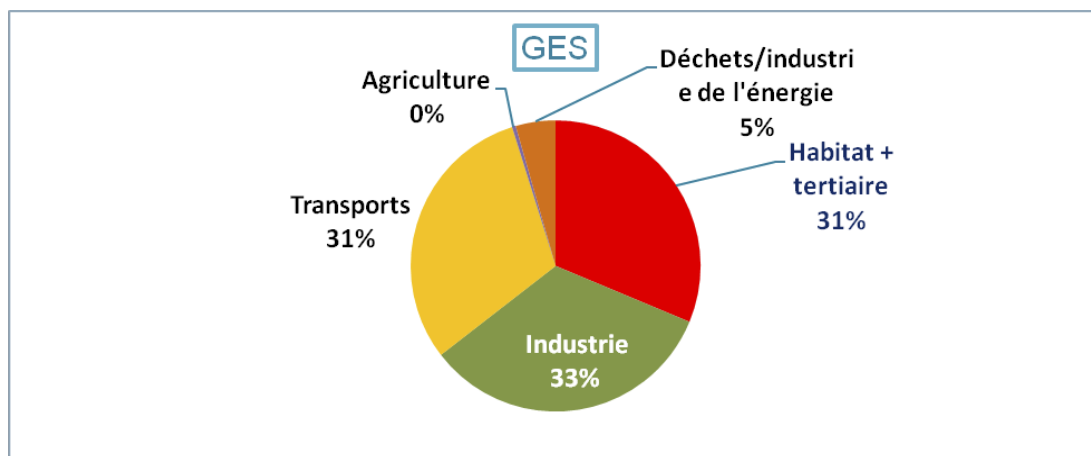
Les graphiques suivants montrent qu'il représente environ 43 % de la consommation énergétique finale du territoire de la CUB et 31 % des émissions de GES (CO₂ essentiellement). Cela représente ainsi une consommation de 620 ktep (500 ktep pour les usages thermiques et 120 ktep de consommation d'électricité spécifique), soit 7 200 GWh, et une émission de 1 200 kt eqCO₂³.



Répartition des consommations énergétiques par secteur sur la CUB

Source : ALEAB33 – Bilan énergétique 2007

3 Source : ALEAB33 – Bilan énergétique 2007

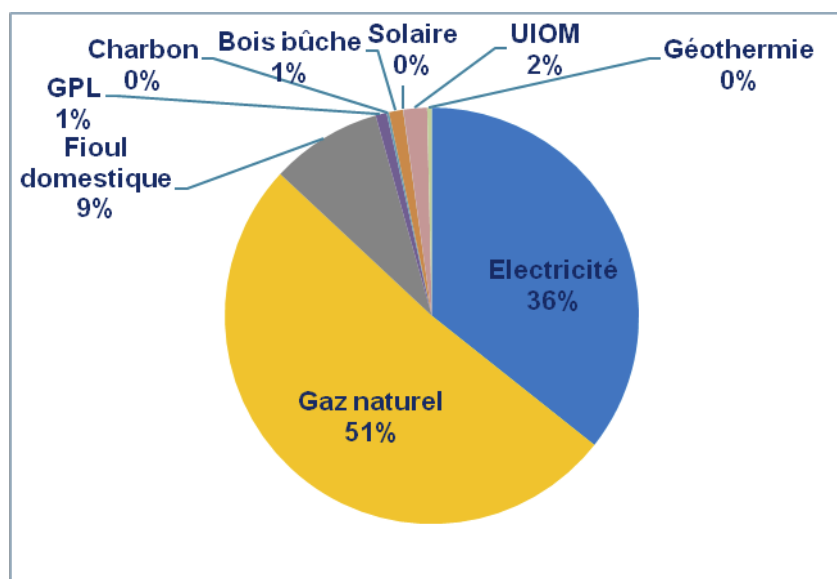


Répartition des émissions de GES par secteur sur la CUB

Source : ALEAB33 – Bilan énergétique 2007

Le CO₂ est le principal gaz de l'ensemble des GES du secteur du bâtiment (à hauteur de 90 %). Les autres GES considérés sont le méthane (CH₄), le peroxyde d'azote (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆).

De plus, la part en EnRR est actuellement très faible, autour de 3 % de la consommation totale.



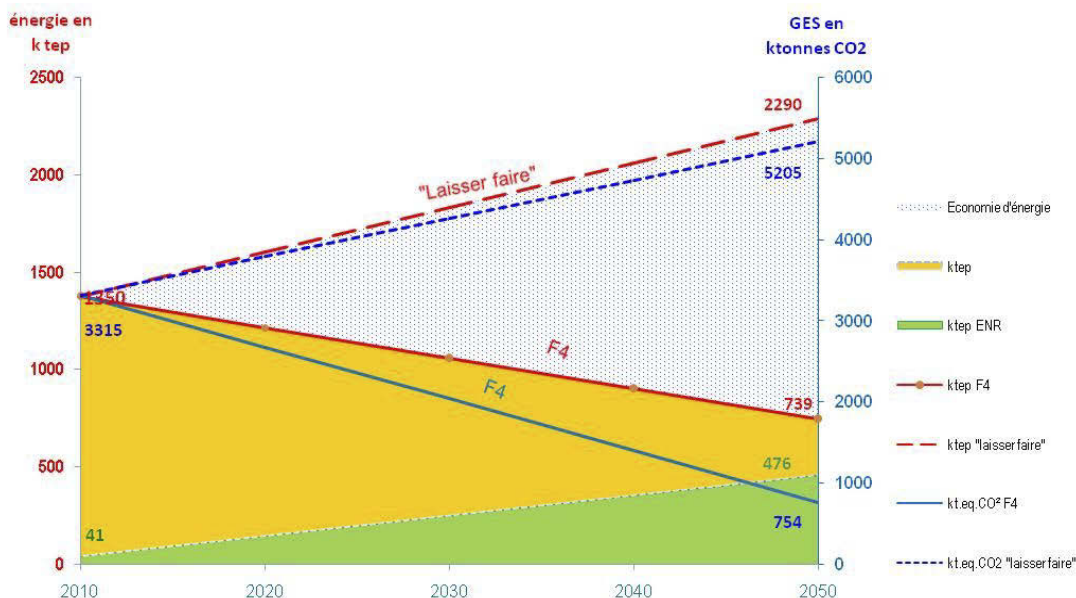
Répartition des consommations énergétiques par type d'énergie sur la CUB

Source : ALEAB33 – Bilan énergétique 2007

Le bâtiment est donc l'un des secteurs économiques les plus favorables pour la réalisation du « Facteur 4 », et faire baisser de façon conséquente les consommations d'énergie dans ce secteur.

1.2.2 | Le Facteur 4 sur la CUB

Suite au bilan énergétique réalisé par l'ALEC, atteindre le facteur 4 à l'horizon 2050 signifie pour la CUB de passer de 3 315 à 754 kt eqCO₂. Cette diminution doit s'accompagner d'une réduction significative des consommations énergétiques durant ce même laps de temps, tout en développant les énergies renouvelables. Le graphique ci-dessous présente la situation actuelle en termes de consommation énergétique et d'émission de GES, tous secteurs et usages confondus, et les objectifs à atteindre à l'horizon 2050.



Scénario Facteur 4 pour la CUB

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire d'une part, de faire baisser la demande en énergie en réduisant les besoins, en diminuant les pertes, en augmentant les rendements, en éduquant les comportements ou encore en rénovant thermiquement le bâti ancien ou existant, et d'autre part, de développer les EnRR, en utilisant toutes les ressources renouvelables mobilisables, en récupérant l'énergie rejetée (chaleur fatale) et en ayant recours aux MTD (Meilleures Technologies Disponibles).

Dans le secteur du bâtiment, l'effort consiste à diminuer de 66 % les consommations énergétiques et de porter la part de renouvelables à 83 % à l'horizon 2050 (cf. Plan Climat CUB).

Plus concrètement, cela signifie entre autres :

- Réduire notre consommation énergétique de 9 000 tep chaque année (environ 100 GWh), soit 24 tep chaque jour... pendant 35 ans ;
- Rénover 9 500 logements (640 000 m²) et 457 000 m² de surface tertiaire chauffée chaque année ;
- Prévoir 400 M€ par an de travaux, dont 235 M€ dans le logement, avec un besoin de financement bien au-delà des possibilités des collectivités.

L'impact économique est donc loin d'être négligeable puisque l'engagement d'actions pour atteindre ces objectifs permettrait de recentrer l'économie au niveau local par le développement de filières (matériaux, énergie) et la création d'emplois durables sur le territoire.

Un tel programme, qui ne peut s'inscrire que dans le moyen et le long terme, devra mobiliser des moyens conséquents afin d'identifier, définir, quantifier, planifier, financer et réaliser un grand nombre d'opérations.



2 | Définition de la mission d'aide à la planification énergétique

2 | Définition de la mission d'aide à la planification énergétique

2.1 | La nécessaire planification énergétique

Face au contexte du changement climatique et de l'épuisement des ressources fossiles et fissiles, ainsi que des tensions qui en découlent, il apparaît nécessaire que les territoires de la CUB s'engagent vers le « Facteur 4 », notamment dans le secteur du bâtiment (habitat et tertiaire), qui constitue le premier poste de consommation d'énergie sur la CUB.

Bien que les possibilités offertes par les « meilleures technologies disponibles » et le potentiel local en énergies renouvelables indiquent que cet objectif est techniquement accessible, il s'agit là d'un effort très important pour la CUB, à la mesure de la taille et de la diversité de son parc de bâtiments (existants et futurs).

Un tel programme, qui ne peut s'inscrire que dans le moyen et le long terme, doit mobiliser des moyens conséquents puisqu'il faudra identifier, définir, quantifier, planifier, financer et réaliser un grand nombre d'opérations massives se succédant pendant près de quatre décennies.

Au-delà du contexte énergétique et climatique précité, ce programme permettra de recentrer l'économie au niveau local, notamment par la création de filières (énergie, matériaux) et d'emplois durables.

2.1.1 | Une planification à inventer

La mise en place d'une planification énergétique territoriale nécessite, pour être efficace et atteindre l'objectif du « Facteur 4 » à l'horizon 2050, la construction d'un cadre de référence, définissant acteurs et objectifs, et intégrant l'ensemble des points suivants :

- les aspects physiques (quels besoins et quelles ressources énergétiques),
- les technologies disponibles et les contraintes d'utilisation,
- les aspects économiques (macro et micro),
- les aspects financiers,
- les aspects organisationnels,
- les aspects juridiques,
- les aspects sociétaux,
- la gouvernance et le management de l'opération,
- les aspects politiques.

Tous ces aspects devront être considérés et regroupés au sein d'un même comité opérationnel, qui aura pour mission d'organiser et de piloter cette planification énergétique.

2.1.2 | Organiser l'adéquation entre demande et offre énergétiques

Le but pour le territoire est donc de rechercher l'adéquation entre :

- les « **besoins** » énergétiques du parc de bâtiments, exprimant une « demande » globale d'énergie pour chaque usage ;

- les « **ressources** » énergétiques disponibles ou mobilisables, exprimant « l'offre » globale d'énergie correspondante.

Dans la perspective « Facteur 4 », il s'agit alors simultanément :

- de réduire progressivement la demande globale d'énergie (en particulier non renouvelable ou fortement émettrice de GES) en réalisant des programmes de réhabilitation énergétique lourde de l'existant (isolation, installations de chauffage, etc.) et en construisant des bâtiments neufs exclusivement sobres en énergie ;
- de remplacer progressivement les énergies non renouvelables par les renouvelables et/ou fatales⁴, adaptées aux besoins, et principalement « locales ».

Il est à préciser que la faisabilité technique de ces substitutions dans le parc existant demande, au moins dans certains cas, de satisfaire simultanément à plusieurs contraintes :

- sur le plan quantitatif habituel (les quantités d'énergie) ;
- sur le plan qualitatif, le régime de température d'eau de chauffage devant être adapté aux installations en place (avec remplacement des installations le cas échéant) ;
- sur le plan temporel, la disponibilité de la ressource devant coïncider à chaque instant avec le besoin (en termes de puissance).

2.2 | La naissance d'une mission d'aide à la planification énergétique

L'a-urba et l'ALE ont entrepris en 2009 une réflexion, puis un travail visant à construire la "**base physique**" d'un futur outil d'aide à la planification énergétique, c'est-à-dire un état des connaissances des besoins et ressources du territoire et de leurs possibles adéquations. Dans sa version définitive, cette base physique complète devra être capable de vérifier l'équilibre emplois – ressources des énergies thermiques adaptées à chaque typologie thermique de bâtiments.

Ce travail mené conjointement fait suite à différents travaux conduits par chacune des deux structures.

2.2.1 | Les missions et travaux de l'ALEC

Dans le cadre de ses missions d'observation, d'analyse et de prospective énergétique territoriale, l'ALEC a notamment réalisé en 2009 un bilan énergétique de la CUB, travail qui a permis de dresser un premier état des lieux du territoire du point de vue de ses consommations et productions énergétiques et de ses émissions de GES. Ce bilan, véritable outil de connaissances du territoire, permet ainsi de poser les bases nécessaires pour proposer ensuite des perspectives en accord avec l'objectif du Facteur 4.

L'ALEC a également réalisé un inventaire des ressources EnRR sur le territoire de la CUB pour son Plan Climat, en qualifiant et en quantifiant les gisements mobilisables pour l'atteinte de cet objectif. Ce premier travail, bien qu'évolutif,

⁴ Les énergies dites « fatales » ou « de récupération » sont issues de calories perdues lors de différents processus (incinération des déchets, process industriels, eaux usées...)

donne déjà les prémices de la future desserte en chaleur et en électricité du territoire à l'horizon 2050 et participe de ce fait à ce travail d'adéquation entre besoins et ressources.

2.2.2 | La caractérisation thermique du parc bâti résidentiel de la CUB (a'urba, 2009)

En parallèle, l'a-urba a initié en 2009 une première analyse des performances thermiques du parc résidentiel du territoire communautaire, fondé sur l'exploitation du SIG (système d'information géographique) de l'agence.

Ce travail avait pour finalité de dresser un premier diagnostic thermique du parc existant, c'est-à-dire ses besoins de chauffage théoriques, à l'échelle de la parcelle.

La première étape a été l'élaboration de fiches typologiques précisant, par grandes périodes de construction, les propriétés thermiques du bâti, eu égard aux matériaux employés et aux caractéristiques architecturales de la période (année, matériaux de construction, mitoyenneté, orientation, apports passifs...)

Dans un second temps, un travail de datation du bâti a été conduit par croisement de différentes sources de données (INSEE, DGFIP, a'urba).

Enfin, pour chaque parcelle, a été calculé le besoin en énergie de chauffage des bâtiments, en intégrant à la fois les paramètres des fiches typologiques et des paramètres liés à la forme urbaine : mitoyenneté, orientation et apports passifs.

D'autres études ont été menées par l'a-urba sur l'approche énergétique territoriale, notamment une étude sur les potentialités de récupération des calories des eaux usées pour les sites de projet du territoire communautaire, ainsi qu'une étude de stratégie énergétique pour le bâti résidentiel existant et futur de la CUB.

2.2.3 | Le partenariat ALEC/a'urba

Fort du travail engagé de part et d'autre, mais aussi au regard de la nécessité d'agir au mieux sans attendre, un rapprochement entre l'ALEC et l'a-urba a été logiquement mis en place afin de préparer cette approche territoriale.

Au vu des aspects intrinsèques de la planification, tant urbains qu'énergétiques, il a donc été proposé de développer plus finement la base physique de ce futur outil de planification - permettant ensuite d'enclencher les phases opérationnelles - par la mise en place d'une mission partenariale entre l'ALEC et l'a-urba.

Ce rapprochement entre les deux structures permet ainsi d'associer les compétences de chacune des deux agences, où la complémentarité sur cette mission de planification est évidente : expertise technique, approche stratégique des questions énergétiques et analyse multicritères pour l'ALEC ; connaissance des dynamiques urbaines, approche spatiale (cartographique) et disposition de bases de données pour l'a-urba. Ce rapprochement montre également la nécessité de créer des partenariats sur des projets faisant appel à plusieurs savoir-faire spécifiques.

2.3 | Les objectifs de la mission d'aide à la planification énergétique

La mission actuellement menée depuis fin 2010 vise à constituer les éléments de connaissance du parc bâti de la CUB, afin de faciliter les engagements politiques de long terme. Plus précisément, les objectifs sont de :

- disposer d'une vision d'ensemble sur l'agglomération bordelaise :
 - des sites consommateurs d'énergie à l'échelle des quartiers ;
 - des gisements locaux d'énergies renouvelables et de récupération ;
- connaître les principales caractéristiques des différents tissus urbains et typologies de bâtiments en termes de répartition géographique, de consommation d'énergie, de coûts de réhabilitation et de mutation énergétique (passage d'une énergie non renouvelable à une énergie renouvelable), etc.

Ces éléments permettront ensuite à terme la réalisation d'actions prioritaires d'économie d'énergie et l'élaboration d'une stratégie de mutation énergétique sur l'ensemble du territoire de la CUB.



3 | Analyse de la demande en énergie

3.1 | La demande actuelle : le bâti résidentiel existant

3.1.1 | Typologie du bâti résidentiel de la CUB

En 2009, le territoire de la Communauté urbaine de Bordeaux comptait environ 374 000 logements, dont 59 % d'appartements et 41 % de maisons individuelles.

Afin de caractériser plus précisément ce parc résidentiel, une typologie par période de construction a été élaborée dans le cadre de l'étude sur la « Caractérisation thermique du parc bâti résidentiel de la CUB » conduite par l'a-urba en 2009. Celle-ci s'appuie à la fois sur l'histoire architecturale et urbaine de l'agglomération et sur l'évolution des normes en matière d'efficacité énergétique des bâtiments.

Sept périodes de construction types ont ainsi été identifiées:

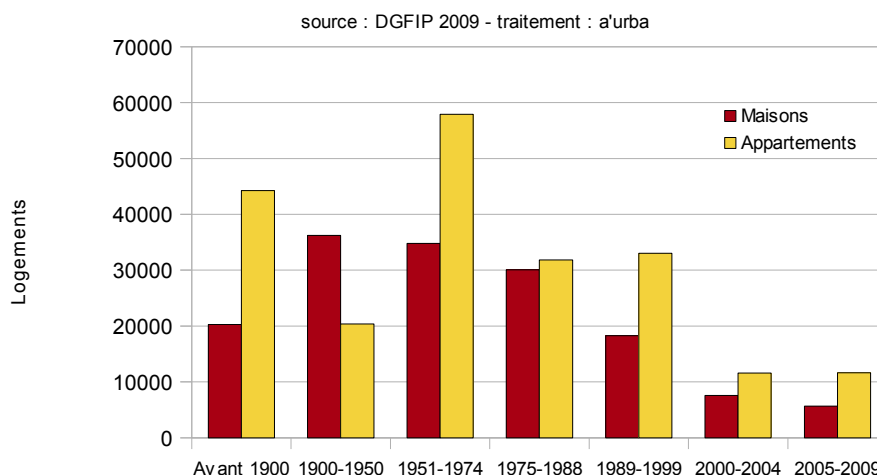
- la période « avant 1900 » permettant de caractériser à la fois les immeubles en pierre de taille du centre ancien de Bordeaux ainsi que la première vague de construction des « échoppes », maisons de pierre généralement alignées sur rue et mitoyennes et initialement conçues pour les ouvriers venus trouver un emploi industriel sur l'agglomération,
- la période « 1900-1950 » prolongeant la première jusqu'à l'apparition des nouvelles techniques de construction de l'après-guerre,
- la période « 1951-1974 » permettant de caractériser les immeubles et maisons construits de l'après-guerre à la première réglementation thermique faisant suite au choc pétrolier de 1973,
- enfin, les quatre dernières périodes se calent sur les évolutions apportées à la réglementation thermique (RT74/81, RT89, RT2000, RT2005).

Pour chacune de ces périodes de construction, l'étude a-urba de 2009 présente une « fiche typologique » détaillant, pour les immeubles et les maisons individuelles de la période, leurs principales caractéristiques architecturales et thermiques.

Cette analyse est ici complétée par un volet plus « quantitatif », fixant des ordres de grandeur sur le poids relatif de chaque période en vue d'alimenter une planification stratégique.

En termes de nombre de logements, ce sont les appartements construits entre 1950 et 1974 et ceux construits avant 1900 qui représentent les classes les plus importantes dans le parc résidentiel de la CUB (respectivement 16 % et 12 % du parc total de logements).

Répartition du nombre de logements sur la CUB

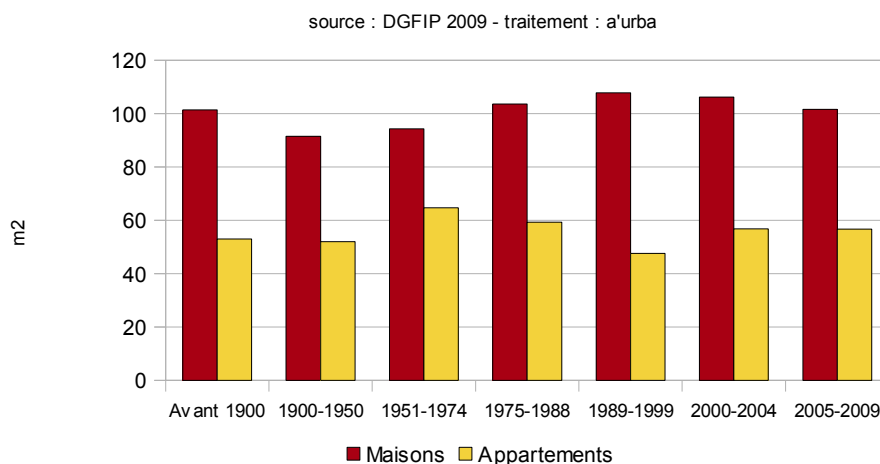


Avertissement : La datation DGFIP correspond à la dernière date de construction (y compris travaux déclarés)

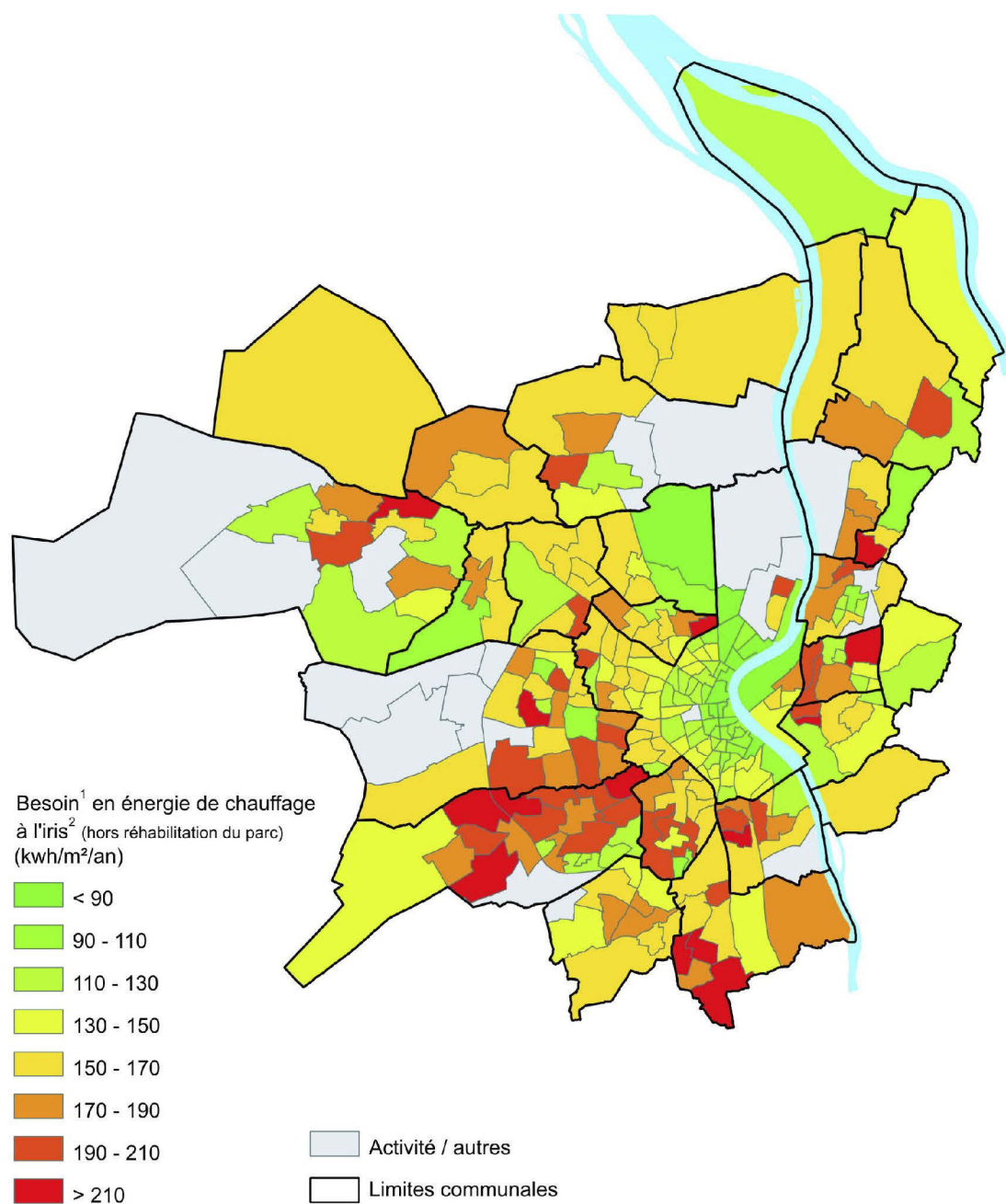
Cela étant, en termes de besoins de chauffage, la SHON apparaît être un meilleur indicateur que le nombre de logements, les besoins étant fonction de la surface du logement.

Or, l'analyse de la taille moyenne des logements sur la CUB montre que quelle que soit la période de construction, les maisons individuelles ont une taille moyenne globalement plus élevée que les appartements (multiplication de la taille moyenne par 1,5 à 2,2 entre appartements et maisons individuelles selon les périodes).

Taille moyenne des logements sur la CUB



Besoins en énergie de chauffage à l'IRIS



Sources : DGI 2008, INSEE 1999, a'urba.

1 | Le besoin est calculé à partir de propriétés constructives types par période de construction et de paramètres morphologiques liés à l'implantation du bâtiment sur la parcelle (mitoyenneté, orientation)

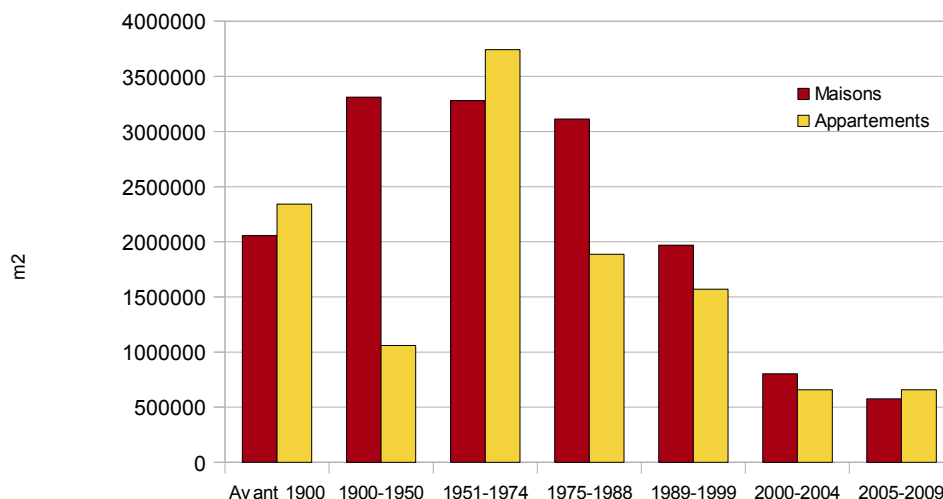
2 | L'IRIS est une unité statistique de l'INSEE regroupant au minimum 2000 habitants

a'urba.
agence d'urbanisme
Bordeaux métropole Aquitaine

Ainsi, au regard de cet indicateur, les appartements de la période 1950-1974 constituent toujours la catégorie la plus importante du parc (14 %) mais les maisons construites entre 1900 et 1988 prennent un poids beaucoup plus élevé (35 % pour l'ensemble des trois classes).

Répartition des logements sur la CUB (SHON)

source : DGFIP 2009 - traitement : a'urba



Ce phénomène est encore accentué lorsque l'on ajoute aux paramètres nombre et taille des logements celui du besoin de chauffage moyen par logement. Cette donnée est issue du travail de caractérisation thermique du parc bâti résidentiel de la CUB conduit par l'a-urba en 2009. Il s'agit d'un besoin de chauffage annuel moyen par mètre carré, calculé de façon théorique à partir des bases de données de l'agence, de la RT89 et des fiches typologiques. Les bâtiments sont considérés « dans leur jus »; en d'autres termes, les réhabilitations ne sont pas prises en compte dans ces calculs.

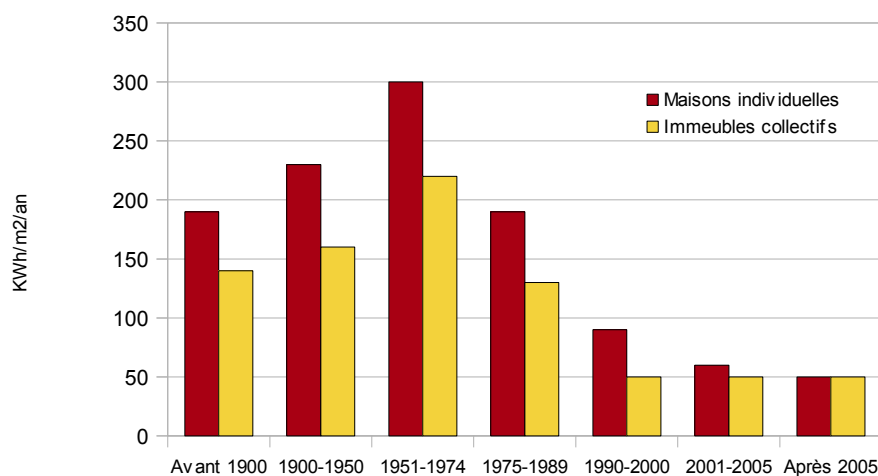
Les résultats de l'étude de 2009 mettent en évidence, pour les bâtiments construits avant 1990, un besoin de chauffage des immeubles collectifs de 30 % inférieurs à ceux des maisons individuelles, la mitoyenneté élevée des immeubles venant limiter fortement les déperditions.

Ce paramètre morphologique profite largement aux constructions d'avant 1900 (et dans une moindre mesure à celles de la période 1900-1950), qui démontrent, grâce à une mitoyenneté importante (tissus d'échoppes, immeubles du centre ancien) et malgré la faible performance thermique de la pierre, des besoins équivalents aux constructions de la première réglementation thermique de 1975.

A contrario, le cumul de parois à faible résistance thermique dans le cas d'un bâtiment non mitoyen, génère des besoins beaucoup plus élevés, à l'instar des bâtiments construits entre 1950 et 1974. Ainsi, une maison individuelle de cette période présente-t-elle en moyenne un besoin (en kWh/m²/an) deux fois plus élevé que celui d'un immeuble mitoyen d'avant 1900 !

Besoins moyens en énergie de chauffage

Source : a'urba

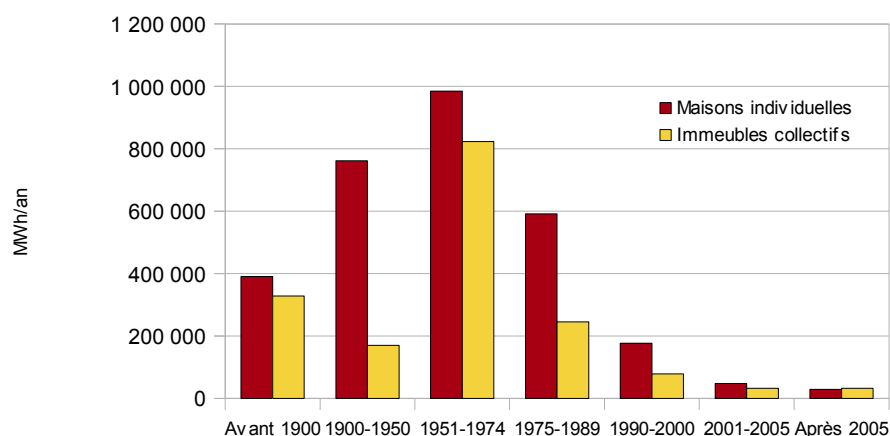


Le produit des SHON de chaque période de construction par les besoins unitaires correspondants fait ressortir la nette prédominance des maisons individuelles construites entre 1900 et 1988, ainsi que des immeubles de la période 1950-1974 dans le besoin de chauffage total du bâti résidentiel de la CUB.

Il faut néanmoins modérer ce constat par le niveau de réhabilitation du parc, en particulier du parc collectif de la période 1950-1954, celui-ci étant à près de 40 % composé de logements sociaux, qui ont d'ores et déjà fait l'objet de rénovations importantes par les bailleurs sociaux.

Besoins globaux par période de construction

source : a'urba



Rappelons pour mémoire que l'étude de « **Caractérisation thermique du parc bâti résidentiel de la CUB** » conduite par l'a-urba en 2009 propose des **fiches typologiques**, identifiant, pour chacun des 14 types de construction préalablement définis, les principales propriétés architecturales et les caractéristiques thermiques associées.

3.1.2 | Les tissus urbains de la CUB

La géo-localisation des données de la DGFIP relatives à la dernière date de construction permet d'appréhender la répartition spatiale des quatorze types de constructions préalablement identifiés.

La mise en relation des huit cartes fournies en annexe permet de reconstituer les quatre tissus résidentiels principaux de l'agglomération bordelaise identifiés dans le Plan Local d'Urbanisme 2006 de la Communauté urbaine de Bordeaux :

- le tissu de centralités (zonage UC)
- le tissu d'échoppes (zonage UM)
- le tissu diversifié (zonage UD)
- le tissu pavillonnaire (zonage UP)

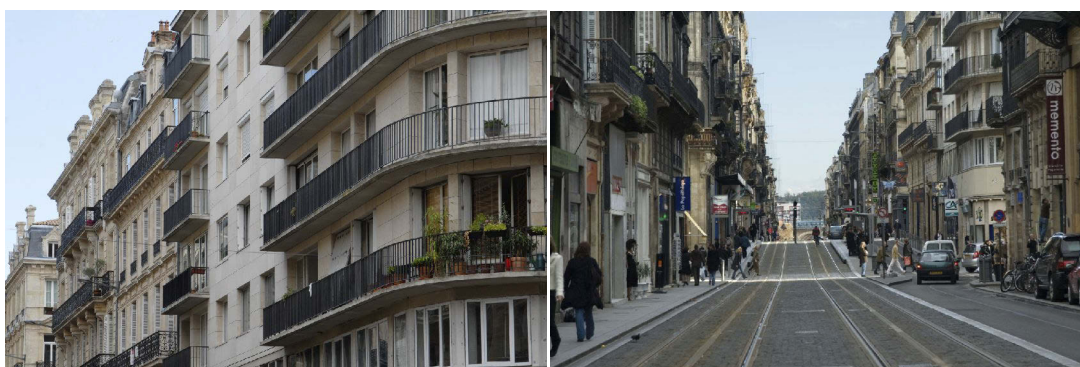
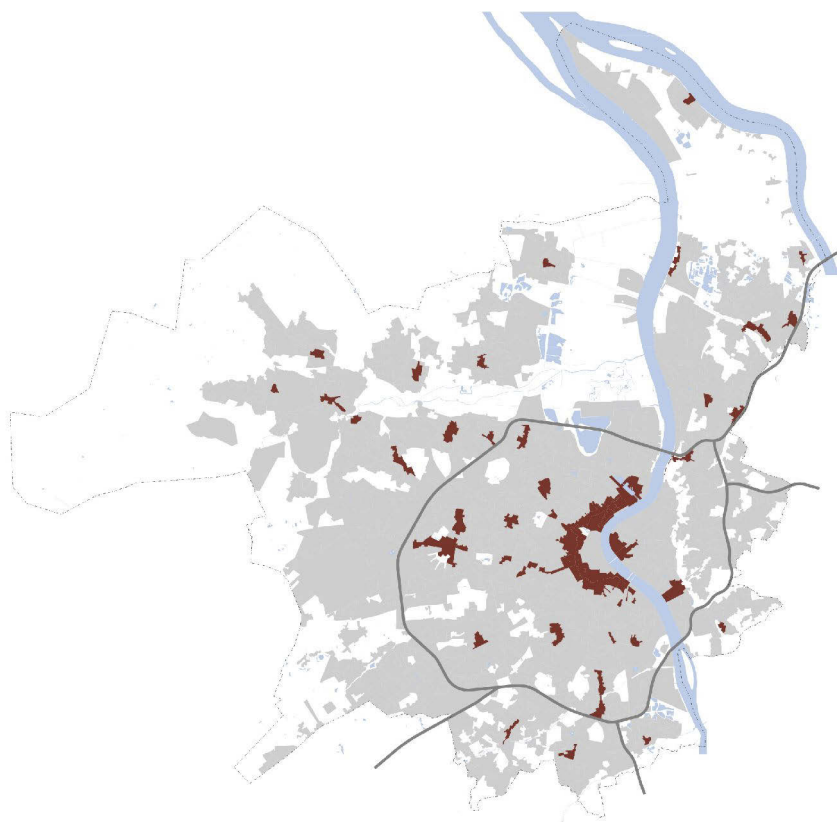
Le tissu de hameaux (zonage UH) n'est pas pris en compte à ce stade dans la mesure où il ne représente qu'une très faible part du parc bâti résidentiel.

Le tissu de centralités

Identifié dans le zonage UC du PLU, il correspond au tissu caractéristique des centres-bourgs de la CUB ainsi que du centre de Bordeaux (intra-cours). Dans la suite de l'étude, la notion de « tissu de centralités » intègre également le secteur sauvegardé du centre de Bordeaux, qui fait l'objet d'un règlement spécifique (PSMV⁵).

Ces tissus sont généralement composés d'immeubles de ville en pierre de taille, implanté en continu et à l'alignement le long des voies. Les hauteurs moyennes sont de R+2 à R+3 pour les centres périphériques et plus pour les secteurs denses de Bordeaux.

A noter que le tissu de centralités intègre également le secteur de Mériadeck, à la typologie propre aux « centres directionnels ».

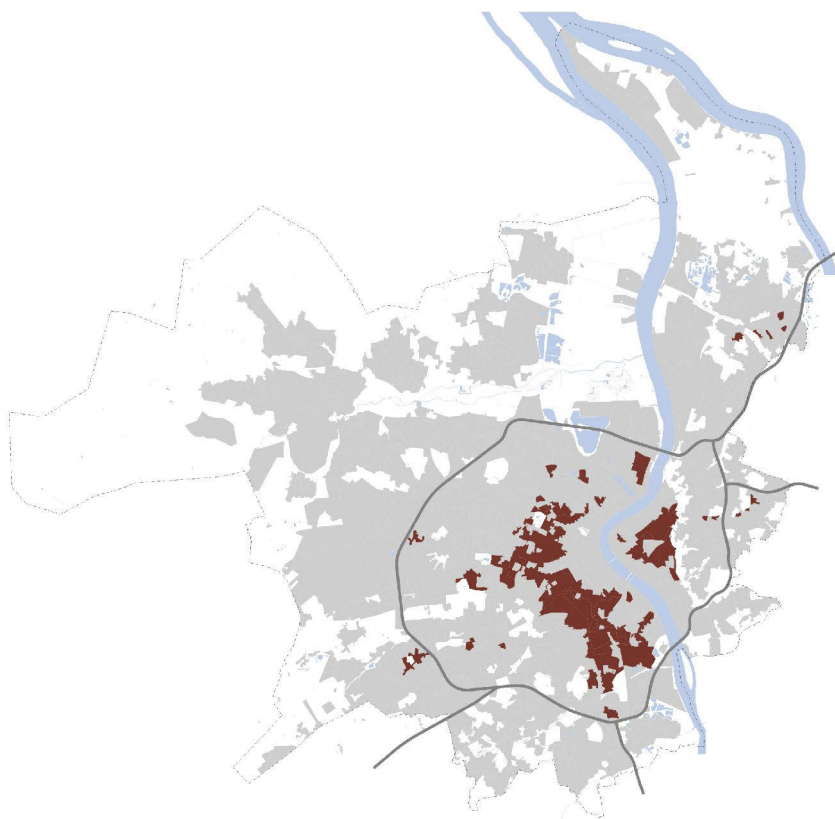


5 Plan de sauvegarde et de mise en valeur

Le tissu d'échoppes

Le tissu d'échoppes (et plus globalement de maisons de ville) s'appuie sur le zonage UM (tissu continu médian) du PLU 2006. Il est schématiquement constitué de maisons « en bande », de un à deux niveaux, à l'alignement le long des voies. Les échoppes sont principalement construites en pierre de taille.

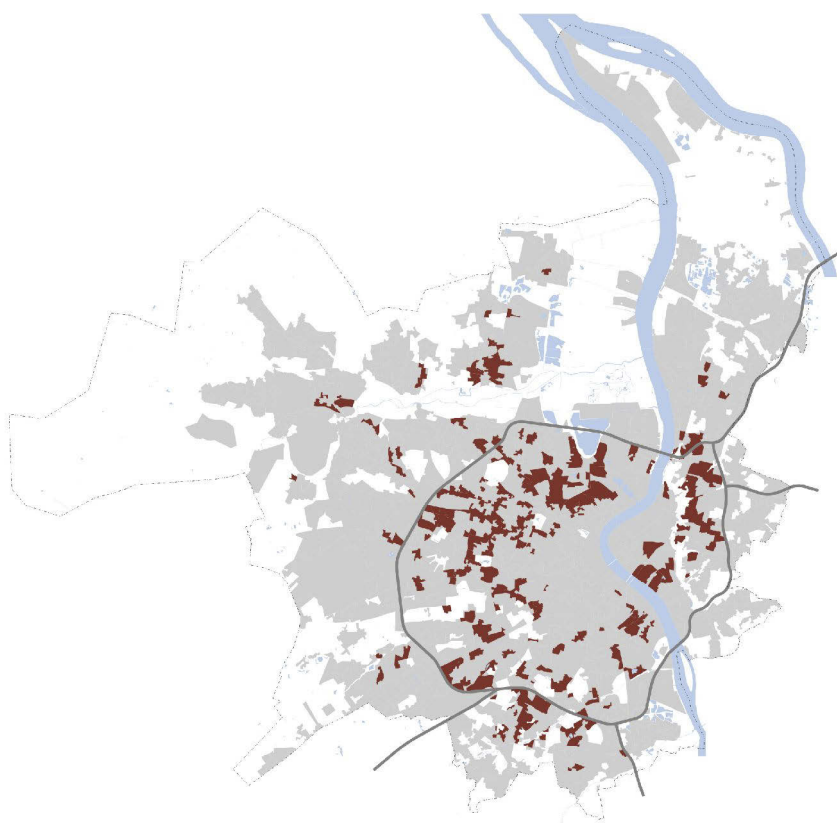
Ce tissu est directement « mitoyen » du précédent.



Le tissu diversifié

Le tissu dit « diversifié » (zonage UD au PLU) traduit une mixité morphologique au sein d'un quartier voire d'un îlot. Il est notamment caractérisé par l'assemblage de copropriétés d'après-guerre et de petits pavillonnaires diffus. Les grands ensembles d'habitat social rentrent également dans cette catégorie.

On le retrouve donc dans le secteur des Hauts de Garonne mais aussi, en rive gauche, à proximité des tissus précédents décrits, par le jeu des évolutions de l'occupation du territoire central de la CUB.

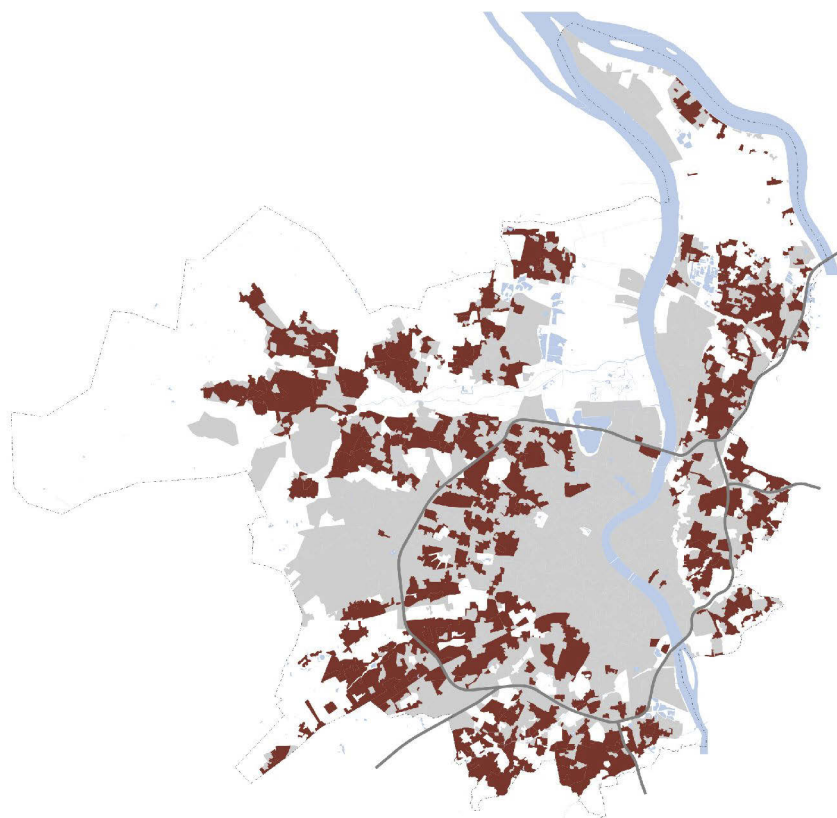


Le tissu pavillonnaire

Ce tissu caractérise les grandes « nappes » de maisons individuelles (zonage UP au PLU). Elles se sont développées à la fois dans les espaces résiduels du territoire intra-rocade et en extension des centres-bourgs des communes extra-rocade.

Le règlement d'urbanisme distingue trois types de zonage pavillonnaire selon le niveau d'occupation de la parcelle :

- UPI (pavillonnaire lâche) : l'emprise au sol du bâti ne dépasse pas 15 % de la parcelle,
- UPc (pavillonnaire compact) : part de l'emprise au sol du bâti relativement importante, sans toutefois dépasser généralement 40 % de la parcelle,
- UPm (pavillonnaire moyen) : situation intermédiaire entre les deux précédentes.



Approche quantitative par tissu

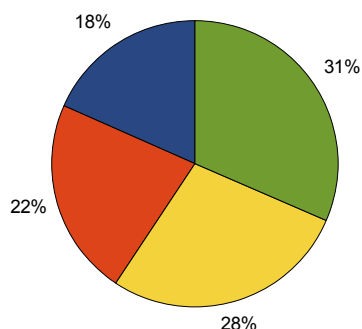
Il est possible, à partir du zonage du PLU 2006 et des données géo-localisées de la DGFIP, d'apprécier le poids relatif de chacun des tissus en termes de nombre de logements, SHON, besoins de chauffage.

Zonage (PLU 2006)	Nb logements	SHON lgts (million m2)	Besoins (Mwh/an)	SHON prof (million m2)
UC (« intra-bvd » hors Mériadeck et Bassins à flot) + PSMV	60000	3,4	351	1,38
UM (« échoppes »)	73000	5,4	883	0,57
UD (« diversifié ») + UC extra-boulevard	91000	6,1	794	1
UP (pavillonnaire)	103000	9,5	1820	0,4
Total	327000	24,4	3848	3,35

Sources : DGFIP 2009, a'urba – La « SHON logements » n'intègre pas les dépendances (généralement non chauffées). L'analyse n'intègre pas les logements dispersés dans les autres tissus du PLU (Hameaux, Mériadeck notamment).

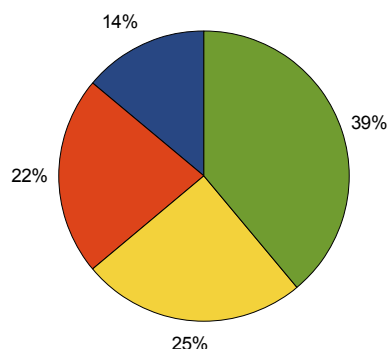
Logements par tissu

Source : DGFIP-a'urba



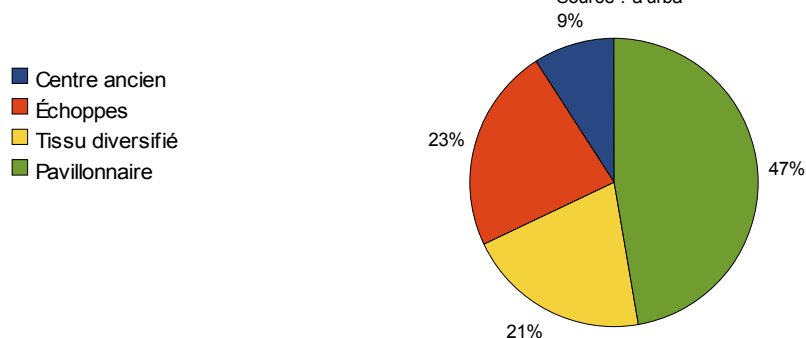
SHON "habitable" par tissu

Source : DGFIP - a'urba



Besoins de chauffage par tissu

Source : a'urba



L'accroissement du poids relatif du tissu pavillonnaire lorsque l'on passe d'une analyse en nombre de logements à une analyse en SHON puis en besoins de chauffage s'explique par le fait que les maisons individuelles ont à la fois une taille moyenne et des besoins unitaires moyens plus importants que les appartements (cf. partie 3.1.1).

Au final, **le tissu pavillonnaire représente près de la moitié des besoins de chauffage du parc résidentiel** situé sur le territoire de la CUB.

3.1.3 | Constitution d'une méthodologie de travail

Sur le plan méthodologique, cette approche par zoom permet de ramener un problème complexe (la mutation énergétique de 374 000 logements de types constructifs variés) à un problème « plus simple » consistant à analyser la mutation énergétique d'un « zoom » représentatif de chacun des quatre tissus urbains identifiés.

Ces quatre zooms (dont l'analyse fait l'objet de la partie 5) ont pour objet :

- de connaître plus finement la composition de chaque tissu
- d'analyser chaque tissu au regard de ses caractéristiques thermiques
- d'identifier des solutions adaptées sur le plan énergétique
- d'évaluer le coût de ces solutions

Chacun des zooms étant représentatif d'un tissu, ces analyses acquièrent un caractère « reproductible » en vue de l'élaboration d'une stratégie de mutation énergétique à l'échelle globale du territoire communautaire dans les suites qui seront à donner à ce premier rapport d'étude.

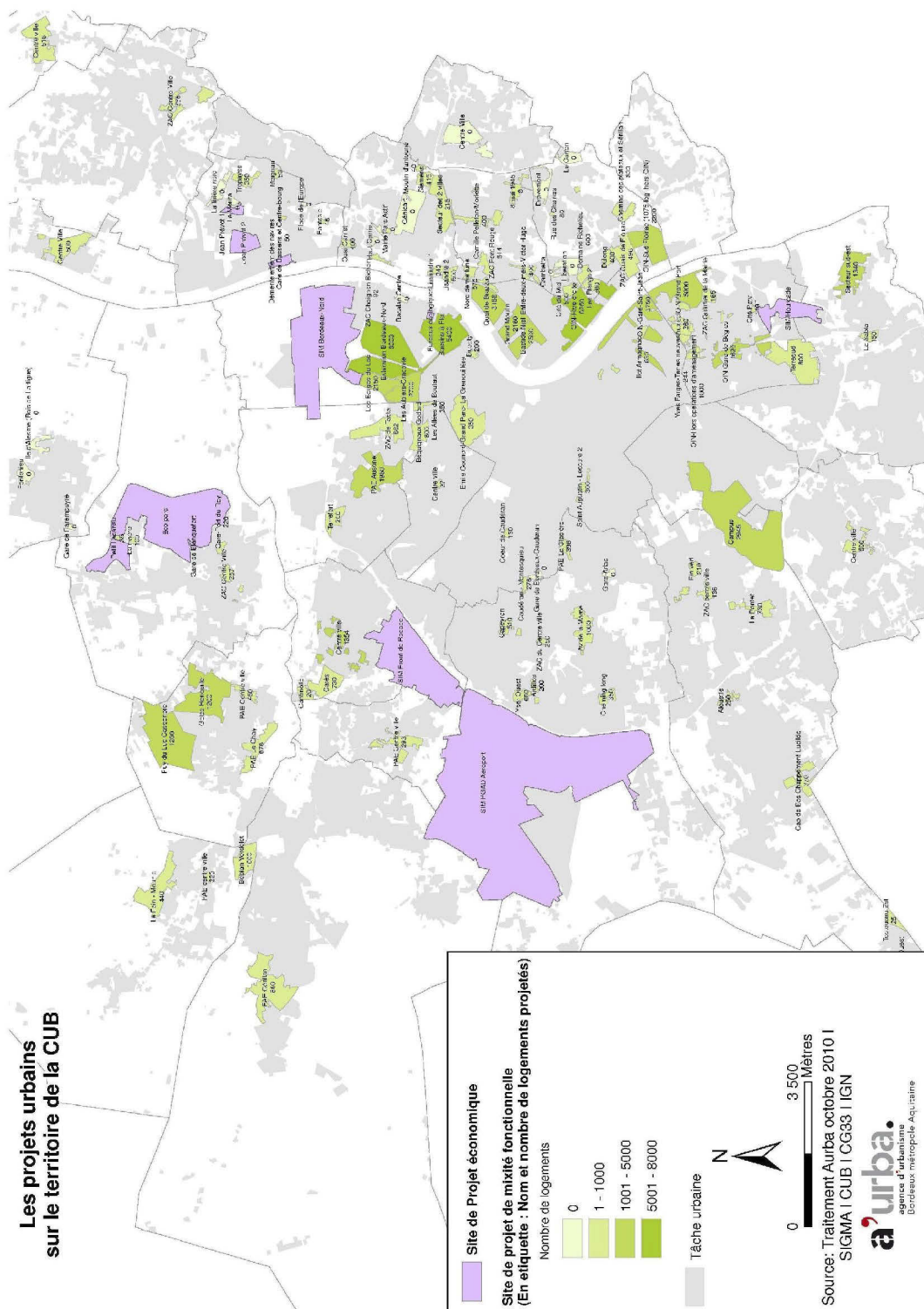
Notons en outre que cette approche par tissus urbains permet d'appréhender la question énergétique du point de vue de la morphologie urbaine, de façon complémentaire à l'approche classique par typologie de bâtiment.

3.2 | La demande future : agglomération millionnaire et sites de projet

Le Projet métropolitain, document d'orientations stratégiques élaboré par la Communauté urbaine de Bordeaux, pose l'objectif d'une agglomération millionnaire à l'horizon 2030-2040.

L'accueil de 250 000 habitants supplémentaires sur la CUB nécessiterait la production d'environ **150 000 logements**. Ce volume important de logements à créer répond à plusieurs objectifs : combler le manque de logements actuel, accueillir la population nouvelle, s'adapter au desserrement des ménages, garantir un taux de fluidité minimum du parc...

Conformément au plan Bâtiment Grenelle, l'ensemble de logements construits à partir de 2012 seront à basse consommation (BBC) et ceux construits à partir de 2020 seront à énergie positive (BEPOS).



En termes de gisement foncier, le territoire de la CUB a la particularité de disposer d'importantes réserves foncières pour le déploiement de nombreux projets urbains, y compris en cœur d'agglomération.

A ce jour, **plus d'une centaine de sites de projet à mixité fonctionnelle sont identifiés sur le territoire**, qu'il s'agisse d'opérations d'urbanisme en cours ou programmées, de grands secteurs de renouvellement urbain, de secteurs d'extension urbaine ou encore de grands projets d'intérêt collectif (opérations de la politique de la ville notamment). Au total, l'ensemble de ces sites permettrait la réalisation d'environ 100 000 logements en l'état actuel du PLU communautaire.

Le solde des logements nécessaires à l'agglomération millionnaire sera à réaliser au sein du « gisement diffus », par densification du territoire d'ores et déjà urbanisé. A ce titre, un projet « phare » de la Communauté urbaine est la réalisation de « **50 000 logements autour des axes de transports collectifs** », dans le souci d'articuler politique d'urbanisme et politique de transport.

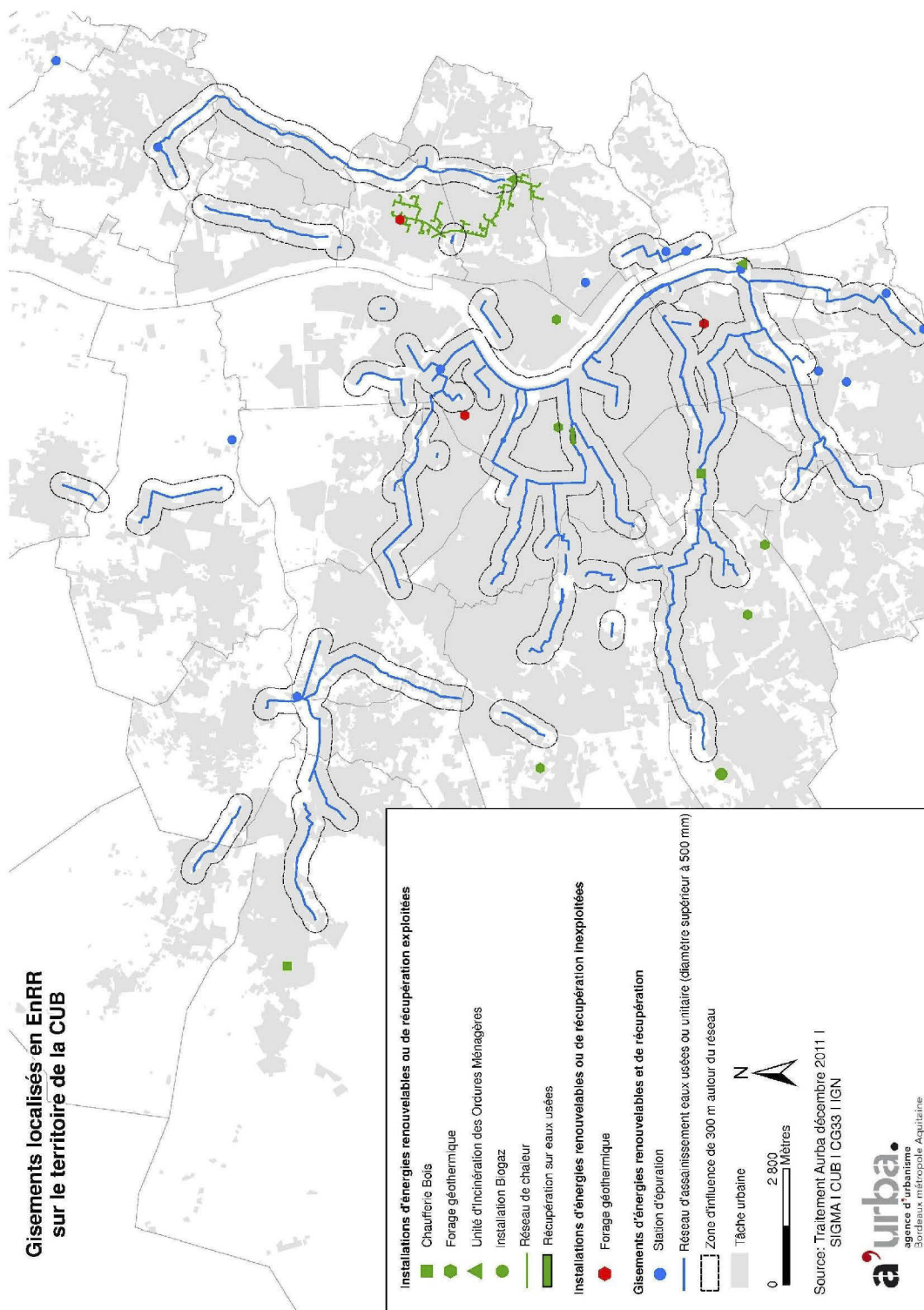
Quinze sites pilotes font actuellement l'objet d'étude en vue de préciser les modalités possibles de réalisation d'un tel objectif de densification autour des axes de transport en commun, en abordant plusieurs problématiques urbaines :

- Sur la question des tissus pavillonnaires :
 - le secteur Ambarès-La Gorp-Bassens,
 - le secteur Dravemont à Floirac,
 - les quartiers Yser et Pichey à Mérignac.
- Sur la question des grands sites commerciaux :
 - le secteur du Pont de la Maye à Bègles et Villenave d'Ornon,
 - Bordeaux Lac,
 - Mérignac Soleil.
- Concernant les voies de faubourg et les infrastructures délaissées :
 - le secteur de la gare de Blanquefort,
 - le secteur de la gare de Bruges,
 - la commune de Saint-Médard-en-Jalles.
- Concernant les nouveaux pôles d'échanges et les nouvelles centralités :
 - le secteur de Bordeaux Cracovie et de Petit Bruges,
 - le quartier de la Libération au Bouscat,
 - le secteur Pessac Centre/pin Vert/Talence Médoquine.
- Sur la problématique des franges et lisières urbaines :
 - les secteurs de Cenon-Palmer/Lormont Buttinière/Quatre Pavillons,
 - les lisières de Jalles à Eysines,
 - Pessac-Alouette.



4 | Ressources

Gisements localisés en EnRR (énergies renouvelables et de récupération) sur la CUB



Afin de répondre au Facteur 4 à l'horizon 2050, les deux premières parties de ce rapport ont montré la nécessité de développer massivement les énergies renouvelables et de récupération pour couvrir l'ensemble des besoins en énergie, notamment ceux en chaleur des bâtiments (habitat/tertiaire), et d'avoir recours à toutes les EnRR possibles.

Concernant la chaleur renouvelable, celle-ci peut être produite à partir de plusieurs sources énergétiques :

- le solaire thermique,
- le bois (en chaufferie collective via un réseau de chaleur ou en individuel),
- l'incinération des déchets (part renouvelable (50%) de l'incinération),
- la récupération de chaleur sur les eaux usées et sur les eaux fluviales,
- la géothermie profonde,
- les pompes à chaleur individuelles,
- la cogénération biomasse,
- ...

Le détail technique de ces différentes sources n'est pas présenté ici de prime abord mais il convient de préciser que chacune de ces énergies possède ses propres caractéristiques, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif. Cela signifie qu'il faudra, dans tout travail d'allocation de ressources aux besoins, prendre en considération :

- d'une part, les aspects de "qualité" de chaque énergie (niveau de température), leur éventuelle intermittence ou leurs contraintes sanitaires ou sécuritaires,
- d'autre part, les aspects de disponibilité de la ressource (consommations d'exploitation) ou encore de puissance installable par site, conditionnant ainsi les différents usages que l'on peut faire de chacune.

La première partie de ce chapitre présente les installations en EnRR existantes sur le territoire de la CUB (exploitées ou non), ainsi que les gisements localisés. La deuxième partie propose une première approche de quantification des ressources EnRR à mobiliser pour l'atteinte du Facteur 4, c'est-à-dire un premier scénario des quantités énergétiques à allouer aux besoins de chaleur dans le cadre de la planification énergétique.

4.1 | Gisements localisés en EnRR sur la CUB

Au regard d'une ambition de « planification énergétique », il est important de distinguer deux types de gisements en énergies renouvelables ou de récupération (EnRR) :

- les gisements localisés,
- les gisements diffus.

Les gisements « diffus » sont globalement disponibles sur l'ensemble du territoire. Ils concernent principalement l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la géothermie superficielle et, dans une certaine mesure la géothermie profonde (qui reste dépendante des nappes souterraines).

Les gisements considérés comme « localisés » ont a contrario une contrainte de localisation forte, du fait soit de la ressource elle-même, soit d'installations déjà en place permettant potentiellement d'exploiter la ressource. Il convient à ce niveau de différencier ce qui est installé et exploité de ce qui pourrait l'être.

Ainsi est-il possible d'identifier sur le territoire de la CUB les gisements localisés suivants (recensement non exhaustif) :

- **les installations d'EnRR d'ores et déjà exploitées** : chaufferies bois en fonctionnement (Campus, Saint-Médard-en-Jalles), UIOM⁶ de Cenon (alimentant le réseau de chaleur des Hauts-de-Garonne), UIOM de Bègles (produisant à ce jour uniquement de l'électricité), forages géothermiques exploités (Mériadec, Bènauge, Saige-Formanoir, Pessac Stadium, Mérignac BA106), la récupération de chaleur sur eaux usées pour l'Hôtel de Communauté (CUB),
- **les installations d'EnRR en place mais non exploitées** : forages géothermiques non exploités (Grand Parc, Essorep Bègles, Lormont Génicart),
- **les gisements à contrainte de localisation et non équipés de dispositifs de production de chaleur** : les calories contenues dans les grosses canalisations d'eaux usées, les stations d'épuration (méthanisation des boues).

Notons pour finir qu'un certain nombre de gisements actuellement exploités pourraient l'être de façon beaucoup plus importante :

- les 5 puits géothermiques en exploitation : 2 100 000m³ utilisés au total sur les 5 800 000 m³ autorisés ;
- l'UIOM de Bègles : l'usine ne produit actuellement que de l'électricité et ne valorise donc pas une grande partie du pouvoir calorifique contenu dans les déchets (qui est dissipé dans la nature sous forme de chaleur). Des travaux importants de réaménagement de l'usine pourraient permettre de valoriser cette chaleur (cf. partie 4.2 suivante).

Cet inventaire donne ainsi un premier état des lieux des ressources EnRR « localisées », soit déjà disponibles, soit potentiellement mobilisables.

4.2 | Gisements à mobiliser pour l'atteinte du Facteur 4

Après avoir identifié et localisé les quelques ressources énergétiques actuellement exploitées, l'objectif est maintenant de quantifier ce qu'il reste à mobiliser afin de couvrir l'ensemble des besoins en chaleur, dans l'optique du Facteur 4 en 2050.

Dans le cadre du Plan Climat de la CUB, l'ALEC a réalisé fin 2010 un premier scénario de quantification des ressources en EnRR pour la fourniture en chaleur de la CUB.

Ce scénario, présenté dans le tableau suivant, donne les différentes énergies qui pourraient raisonnablement être mobilisées, en précisant la part actuelle mise en œuvre (2007), la part à développer pour 2050 et les moyens techniques pour y arriver.

6 Usine d'incinération des ordures ménagères

Unité : ktep	2007	2050	Part %	
Solaire thermique	0,16	24,1	10	14 000 m2 sur logt + 27 ha centrales
Bois réseau + individuel	4	44,7	18	60 chaufferies 5 MW + 9000 individuels
Déchets UIOM : cogé + stockage	10,3	32,5	13	rétrofit usine sur modèle Malmö
Cogénération bio-masse	0,4	81,6	32	45 MWth + 120 MWth + 1750 micro cogé
Récup sur eaux usées	0	16	6	4 PAC 2 MW + 190 PAC 0,22 MW
Géothermie profonde	2	40,2	16	25 doublets géoth 65 PAC 1,5 MW
PAC ⁷ individuelles	1,6	12	5	35 000 PAC
TOTAL chaleur EnRR	18,6	251	100	

Inventaire des ressources EnRR (chaleur) à mobiliser sur la CUB pour atteindre le facteur 4 (scénario ALEC n°1 – 2010)

Le scénario présenté ici constitue une première approche des énergies à mobiliser, mais d'autres scénarii devront voir le jour progressivement, en fonction des politiques locales menées, et en lien avec les résultats de la planification énergétique et des différentes contraintes ou avantages identifiés au fur et à mesure de la mission.

En mettant ainsi face à face les besoins de chaleur d'un côté - que l'on peut, à différentes échelles, qualifier, quantifier et/ou localiser – et les ressources renouvelables à mobiliser de l'autre côté, le travail consiste maintenant à étudier et déterminer comment opérer "au mieux" l'adéquation entre les deux, selon l'approche par tissu urbain décrite dans la troisième partie de ce rapport.

7 Pompe à chaleur



5 | Adéquation besoins / ressources

5.1 | L'approche par tissu urbain

La première phase de cette étude concerne la faisabilité technico-économique de cette adéquation « réduction de la demande d'énergie/offre en énergies renouvelables » sur les quatre types de tissus urbains représentatifs de la CUB présentés dans la troisième partie de ce rapport, à savoir :

- le tissu de centralité,
- le tissu d'échoppes,
- le tissu diversifié,
- le tissu pavillonnaire.

Chacun de ces 4 tissus doit ainsi faire l'objet d'une analyse, à travers des études de préfaisabilité énergétique réalisées sur plusieurs quartiers tests de chacun des tissus, avec la volonté de donner une visée opérationnelle et reproductible à l'ensemble du territoire de la CUB.

Pour chacun des tissus, l'analyse comprend les étapes suivantes :

- caractérisation des consommateurs,
- identification et quantification des ressources énergétiques mobilisables,
- scénarisation de rénovation thermique et/ou de desserte en énergies renouvelables (adéquation besoins / ressources),
- étude en coût global et bilan environnemental de chaque scénario.

5.2 | Le tissu diversifié : l'exemple de Mérignac

5.2.1 | Identification et caractérisation des principaux consommateurs d'énergie

La première étape de l'étude a consisté à identifier et localiser les principaux consommateurs d'énergie sur un secteur de Mérignac, représentatif du tissu diversifié, en distinguant notamment parmi ces consommateurs, les logements (importants ensembles de logements collectifs), les bâtiments communaux et les sites à projet.

Le secteur d'étude choisi, « Mérignac Pichey-Yser », est représenté sur la carte ci-après ; il s'étend globalement entre la rocade à l'ouest, l'avenue du Château d'Eau au nord, l'avenue de la Libération à l'est et l'avenue de l'Yser au sud.



Secteur d'étude « Mérignac Pichey-Yser »

L'identification des consommateurs d'énergie sur le secteur étudié s'est d'abord portée sur le bâti résidentiel existant. Différentes sources d'informations (bases de données et étude de caractérisation thermique du parc bâti résidentiel réalisé par l'a-urba, étude de consommation thermique du parc social aquitain menée par l'AROSHA⁸, ratios tirés de retours d'expérience et de l'état de l'art...) ont ainsi permis d'identifier et de caractériser un certain nombre de grands ensembles de logements sociaux, de copropriétés et de résidences pour personnes âgées, où seuls les ensembles de plus de 50 logements ont été retenus.

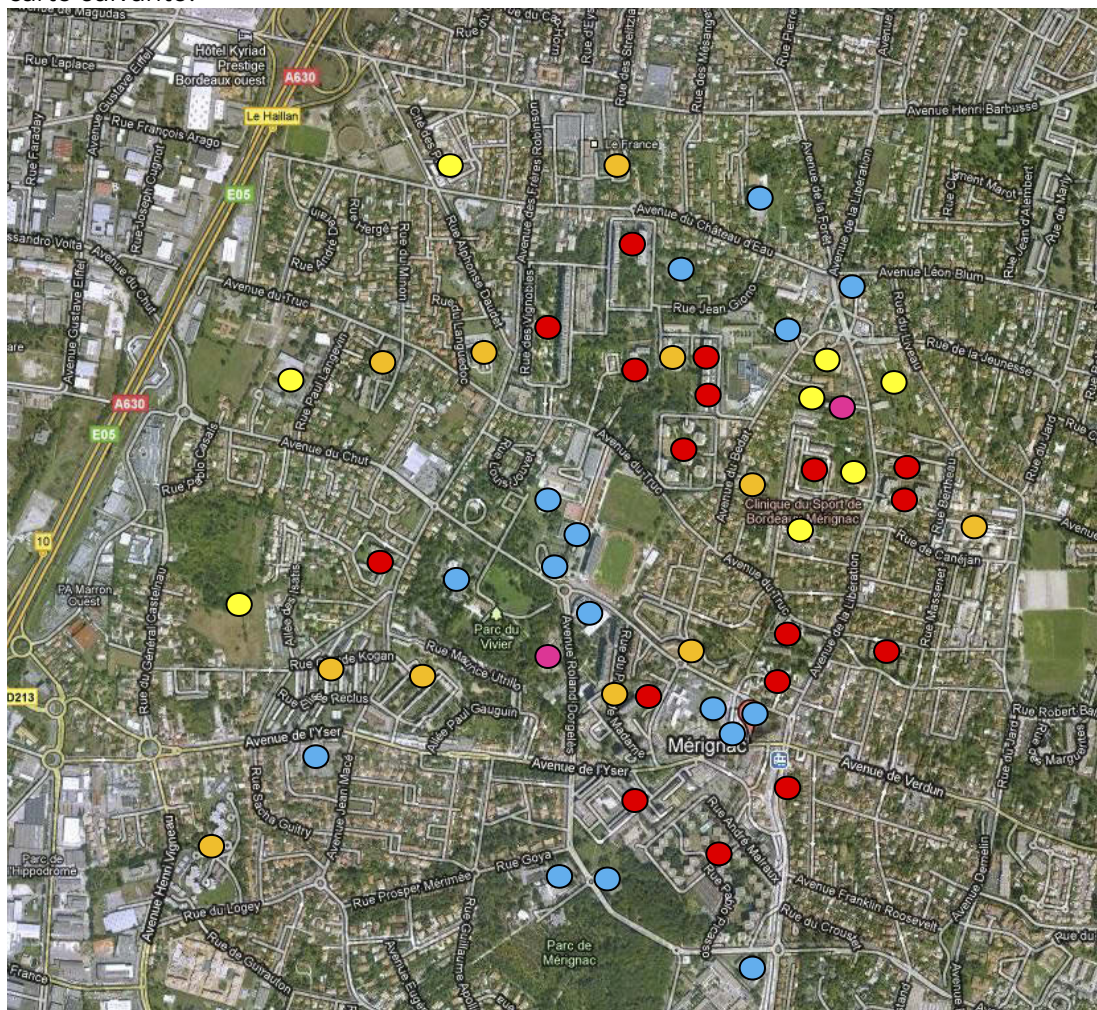
D'autres consommateurs importants d'énergie ont ensuite pu être identifiés, notamment les bâtiments communaux mérignacais, à partir des tableaux de consommations réelles que la Ville suit depuis quelques années, en retenant les bâtiments communaux consommant plus de 100 MWh/an en chauffage et eau chaude sanitaire (ECS).

De même, les sites à projet sur la ville ont été localisés (source : a'urba). Il s'agit principalement de zones où se concentreront de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de logements, et comprenant parfois des bâtiments tertiaires.

8 Association régionale des organismes sociaux pour l'habitat en Aquitaine

D'autres bâtiments, "supposés" être d'importants consommateurs d'énergie de par la nature de leur activité, ont également été repérés mais non intégrés à l'étude en raison du manque de données disponibles.

Les bâtiments ou ensembles de bâtiments ainsi identifiés sont répertoriés sur la carte suivante.



Répartition des principaux consommateurs d'énergie sur Mérignac « Pichey-Yser »

Légende :

●	Bâtiments communaux
●	Ensemble de logements sociaux
●	Résidences pour personnes âgées
●	Copropriétés
●	Sites à projet

5.2.2 | Identification et caractérisation de l'offre en énergie : la pertinence d'un réseau de chaleur

Concernant l'offre en chaleur sur ce secteur pour desservir les consommateurs identifiés, toutes les ressources énergétiques parmi celles citées dans la partie précédente ne permettront pas de répondre massivement à l'ensemble des besoins des différents bâtiments identifiés, au moins pour les raisons suivantes :

- solutions individuelles et décentralisées non adaptées (géothermie superficielle, chaudière bois, chauffage solaire, PAC),
- intermittence de la ressource (solaire),

- régime de température des émetteurs existants non adapté (récupération de chaleur sur les eaux usées, géothermie avec PAC) – à moins d’isoler fortement les bâtiments,
- rayon d’action limité (récupération de chaleur sur les eaux usées),
- manque de données techniques (stockage de la chaleur, récupération de chaleur sur les eaux usées).

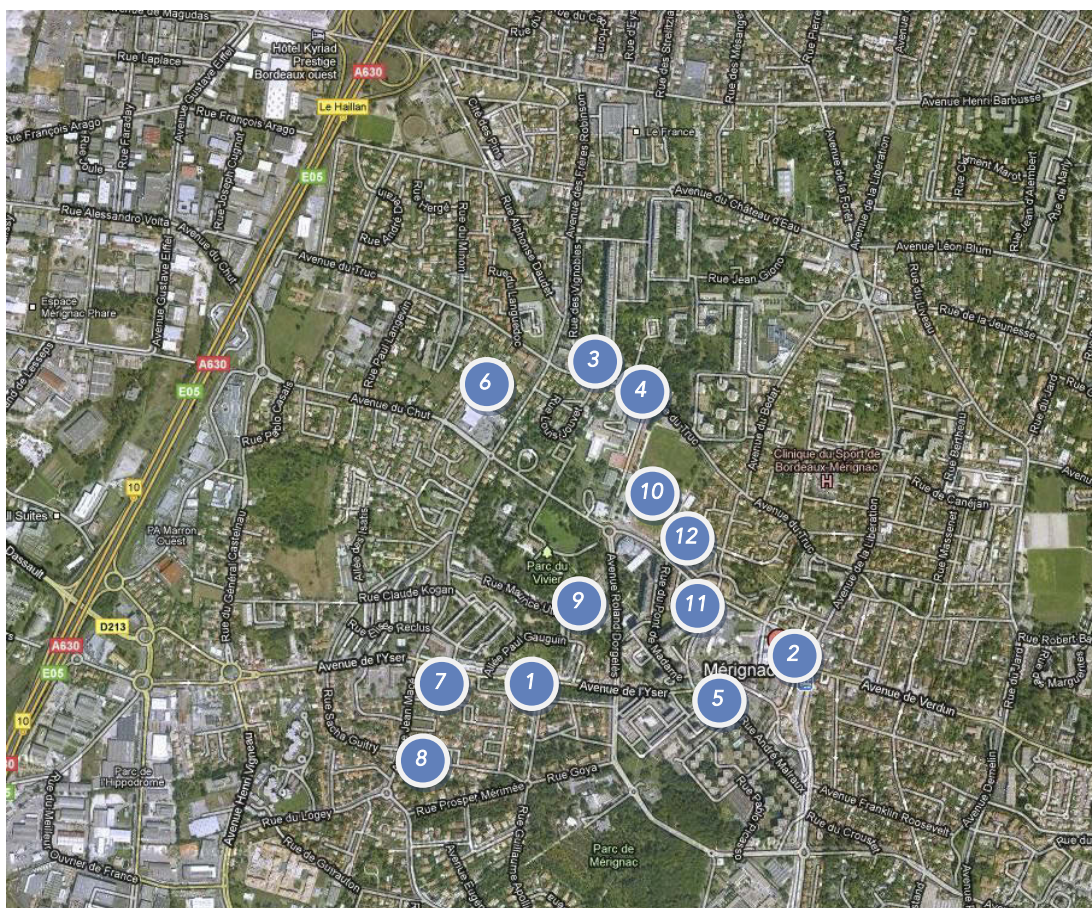
Le seul moyen actuel de mobiliser et d’amener massivement d’importantes quantités de chaleur renouvelable et/ou de récupération en ville est le développement des réseaux de chaleur, alimentés par des ressources telles que la biomasse, la géothermie profonde ou encore les ordures ménagères.

5.2.3 | Étude technique du réseau de chaleur

Le nombre de bâtiments ou ensembles de bâtiments identifiés en début d’étude étant relativement conséquent, il a été choisi d’étudier un périmètre plus restreint, regroupant au total 12 sites (5 bâtiments publics et 7 ensembles de logements sociaux, soit 1 679 logements). Ceux-ci constituent ainsi le périmètre d’étude de base.

N °	Site	Nb de logements	Surface (m²)	Type de chauffage	Observations
1	Résidence Yser	332	20 124	Gaz	Résidence de 1961, 332 logements
2	Résidence Les Fauvettes	319	19 764	Gaz	Résidence comprenant 5 bâtiments construits en 1991 et 1 bâtiment construit en 1996, 319 logements
3	Résidence Robinson	77	5 451	Gaz	Résidence de 1977, 77 logements
4	Résidence J Mermoz	35	1 772	Gaz	Résidence récente de 2002, 35 logements
5	Résidence Pont de Madame	389	25 359	Gaz	Résidence de 1969, 389 logements
6	Résidence J Cartier	77	6 629	Gaz	Résidence de 1969, 77 logements
7	Ardillos	200 (450)		Electricité Gaz	Résidence d’actuellement 200 logements, programme de démolition-reconstruction de 450 logements de niveau BBC
8	Groupe scolaire J Macé	-	4 525	Gaz Electricité	Groupe scolaire composé d’une maternelle, d’une école primaire et d’un gymnase construits au début des années 1960
9	Mairie	-	6 168	Gaz Electricité	4 bâtiments : la Chartreuse (bâtiment historique), le bâtiment central (1980), le nouveau bâtiment (2005) et l’Exshaw (entièrement rénové en 2004)
10	Stade nautique	-	6 746	Gaz	Structure construite en 1971
11	Pin Galant	-	5 940	Gaz	Ensemble construit en 1989 et agrandi en 2000
12	Complexe sportif R Brettes	-	7 989	Gaz	Complexe composé notamment de 3 bâtiments principaux construits à la fin des années 1960 : les tribunes, la salle de Rink Hockey et la salle omnisports Robert Brettes

Liste des ensembles de bâtiments constituant le périmètre d’étude de base



Répartition géographique des ensembles de bâtiments constituant le périmètre d'étude de base

Ce choix s'est tout d'abord effectué en privilégiant l'unicité du maître d'ouvrage, avec lequel il est souvent plus facile d'engager des actions lorsque celui-ci est unique (Ville de Mérignac, bailleurs sociaux) plutôt que multiple (copropriétés par exemple). Se sont ensuite ajoutés des critères techniques tels que la taille des ensembles (nombre de logements et/ou demande énergétique importants) et le caractère collectif des installations de chauffage et d'ECS existantes. La répartition spatiale des bâtiments a également été étudiée, visant ainsi à regrouper des ensembles relativement proches les uns des autres.

Au final, le périmètre de base choisi regroupe différentes typologies de bâtiments (logements, équipements communaux), construits à des époques différentes, avec une demande énergétique importante et hétérogène et utilisant différents moyens de chauffage et de production d'ECS, constituant ainsi un secteur d'étude pertinent et potentiellement reproductible sur d'autres quartiers similaires.

Estimation des besoins utiles de chauffage et d'ECS, des besoins thermiques en « sortie de chaufferie » et de la puissance utile :

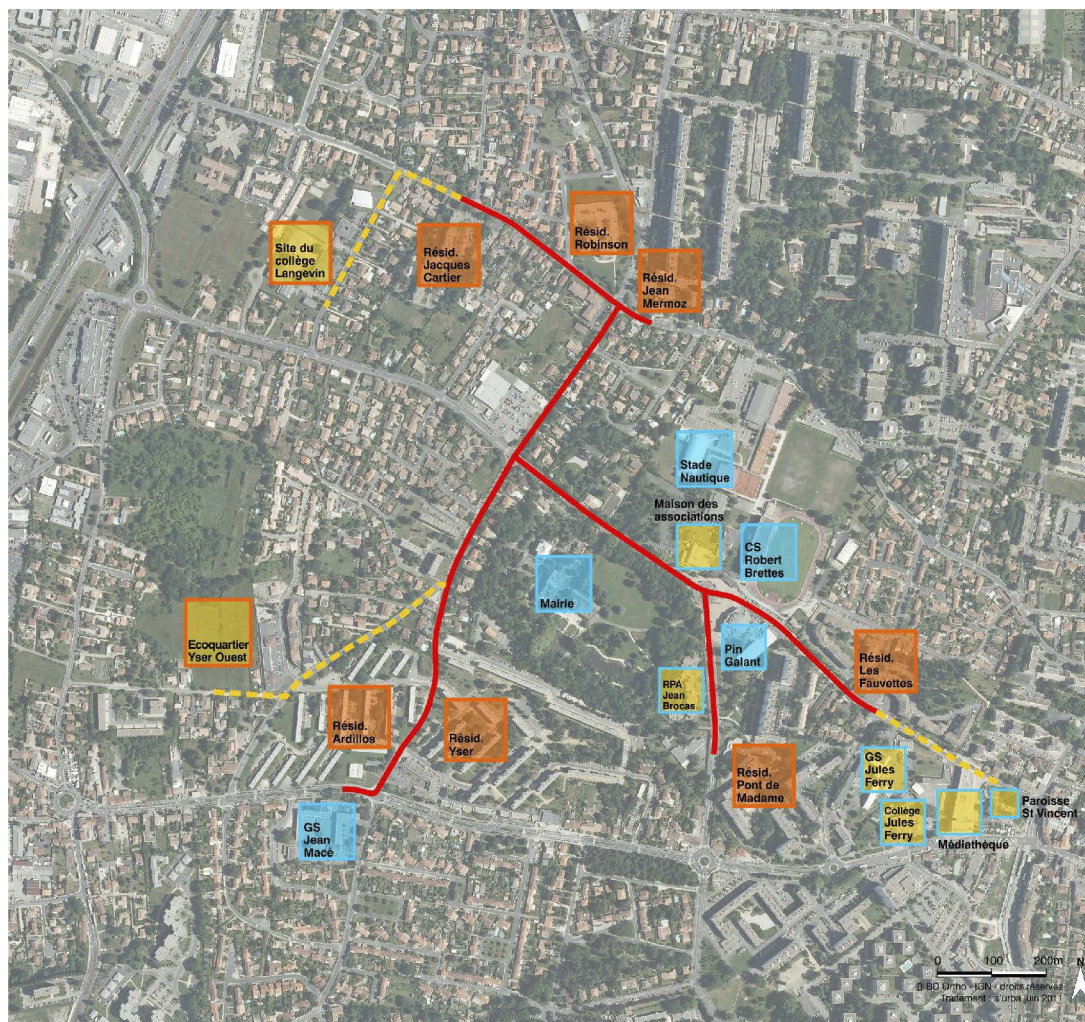
Le tableau suivant présente les besoins et consommations énergétiques brutes liées au chauffage et à l'ECS des 12 ensembles de bâtiments étudiés, les besoins de chaleur en « sortie de chaufferie » pour une desserte via un réseau de chaleur, ainsi que la puissance utile.

N°	Site / Bâtiment	Type d'éner- gie	Cons. facturée ou calcu- lée chauf- fage (MWh/an)	Cons. facturée ou calculée ECS (MWh/an)	BU chauffage (MWh/an)	BU ECS (MWh /an)	Besoin de chaleur «sortie de chaufferie» (MWh/an)	Puissance utile estimée (kW)
1	Rési- dence Yser	Gaz	2 940	742	2 038	445	3 305	2 390
2	Rési- dence Les Fau- vettes	Gaz	2 195	718	1 540	431	2 617	2 297
3	Rési- dence Robin- son	Gaz	599	187	605	112	955	554
4	Rési- dence J Mermoz	Gaz	127	70	89	42	173	252
5	Rési- dence Pont de Ma- dame	Gaz	3 316	899	3 014	540	4 734	2 801
6	Rési- dence J Cartier	Gaz	917	205	788	123	1 215	554
7	Ardillos	Electri- cité Gaz	675	558	473	651	1 134	1 620
8	Groupe scolaire J Macé	Gaz Electri- cité	323	42	198	27	301	783
9	Mairie	Gaz Electri- cité	838	ε	656	ε	881	553
10	Stade nau- tique	Gaz	3 910	230	3 324	184	4 695	1 400
11	Pin Galant	Gaz	170	ε	102	ε	137	290
12	Com- plexe sportif R Brettes	Gaz	615	410	369	246	809	1 116
TOTAL			16 624	4 062	13 195	2 801	20 956	14 611

Besoins et puissances nécessaires pour la fourniture en chaleur (chauffage + ECS)
des bâtiments étudiés

L'ensemble des bâtiments reliés au réseau de chaleur requiert ainsi environ 21 000 MWh en sortie de chaufferie et 14,6 MW de puissance.

Configuration du réseau de chaleur avec extensions possibles



Configuration du réseau :

Nous avons établi un possible tracé du réseau en fonction des contraintes du terrain. Celui-ci tient notamment compte de la domanialité, en privilégiant le passage des tuyaux sur le domaine public (sous la voirie).

A ce tracé de base, trois extensions possibles au réseau sont envisageables, intégrant chacune les ensembles de bâtiments consommateurs environnants suivants – sous réserve de faisabilité technique :

- le terrain Cipoli à l'ouest (600 logements) ;
- le site de l'ancien collège Paul Langevin au nord-ouest (200 logements) ;
- trois bâtiments communaux à l'est : le groupe scolaire Jules Ferry, la médiathèque et la paroisse Saint-Vincent (et éventuellement le collège Jules Ferry).

Le réseau de base et les extensions possibles sont schématisés sur la carte ci-contre. De même, la maison des associations et la résidence pour personnes âgées Jean Broca, situées le long du tracé initial, pourraient être raccordées à ce réseau (toujours sous réserve de faisabilité technique).

D'une manière générale et théorique⁹, il est admis dans l'étude des réseaux de chaleur que le seuil de rentabilité, fonction de la densité thermique, est atteint **lorsqu'à 1 mètre linéaire du réseau correspond une puissance minimum appelée de 1 kW et une énergie distribuée supérieure à 1,5 MWh/an.**

Les ratios pour la configuration du réseau sur le périmètre de base étudié – pour une longueur de réseau de chaleur de 2 500 ml – sont :

- **5,8 kW/ml**
- **8,4 MWh/ml**

Le périmètre de référence présente ainsi une densité énergétique importante, bien au-delà des seuils minimum de rentabilité.

Caractérisation de la production de chaleur :

Le principe de l'installation proposée consiste à mettre en place une chaufferie centralisée qui alimenterait via le réseau les différents établissements concernés par le projet.

Deux types de chaufferies ont été dans un premier temps analysés :

- une chaufferie bois,
- une chaufferie géothermique.

9 Source : ADEME

Caractéristiques techniques de la chaufferie mise en œuvre :

	Chaufferie bois	Chaufferie géothermique
Dispositions générales		Solution à considérer sous réserve que le réseau de chaleur présente un « retour froid », inférieur ou égal à 40 °C (par – 5°C extérieur). Mise en place de <u>deux doublets géothermiques</u>
Production de chaleur principale	<u>Chaudière bois :</u> Puissance de 60 % de la puissance totale à mettre en œuvre. Taux de couverture par rapport aux consommations totales de 94%. Puissance chaudière bois = 8,8 MW	<u>PAC :</u> Puissance de 60 % de la puissance totale à mettre en œuvre. Taux de couverture par rapport aux consommations totales de 90 % (avec un COP ¹⁰ de 4,5). Puissance PAC = 8,8 MW = 2 x 4,4 MW
Production de chaleur secondaire	<u>Chaudière gaz :</u> Couverture des 6 % des consommations restantes + secours énergétique. Puissance dimensionnée à 100 % de la puissance totale à mettre en œuvre. Puissance chaudière gaz = 14,6 MW (2 x 7,3 MW)	<u>Chaudière gaz :</u> Couverture des 10 % des consommations restantes + atteinte régime à haute température. Puissance dimensionnée à hauteur de 40 % de la puissance totale à mettre en œuvre. Puissance chaudière gaz = 5,8 MW = 2 x 2,9 MW
Quantité de « combustible nécessaire »	Bois : 7 000 tonnes (3 300 kWh/tonne). Gaz : 1 397 MWh.	Electricité : 4 191 MWh. Gaz : 2 329 MWh.
Emprise foncière	Espace public Surface chaufferie d'environ 1 500 m ² (0,1 m ² /kW)	Espace public 5 000 m ² nécessaires pour le forage à 1 000 m au départ Surface de chaque chaufferie d'environ 400 m ²

L'emplacement précis de la chaufferie n'a pas été déterminé mais la commune dispose de plusieurs emprises suffisamment grandes pour accueillir cette installation sur le secteur étudié.

5.2.4 | Étude de la rénovation thermique des bâtiments existants

La présente partie aborde la question de la rénovation thermique, en étudiant les nouveaux besoins de chaleur dans un premier temps, puis la mise en œuvre d'un réseau de chaleur pour répondre à ces besoins dans un second temps. Le périmètre d'étude est le même que précédemment, cependant la rénovation n'a été étudiée que pour les logements (rénovation non prise en compte pour les bâtiments communaux).

Estimation des besoins utiles de chauffage et d'ECS, des besoins thermiques en « sortie de chaufferie » et de la puissance utile :

Le tableau suivant présente les besoins et consommations énergétiques brutes liées au chauffage et à l'ECS après rénovation des logements, les besoins de chaleur en « sortie de chaufferie » pour le chauffage et la production d'ECS des 12 bâtiments ou ensembles de bâtiments étudiés.

¹⁰ Coefficient de performance

N°	Ensemble / Bâtiment	Type d'énergie	Cons. calculée chauffage (MWh/an)	Cons. calculée ECS (MWh/an)	BU chauffage (MWh/an)	BU ECS (MWh/an)	Besoin de chaleur « sortie de chaufferie »
1	Résidence Yser	Gaz	805	503	483	302	1 034
2	Résidence Les Fauvettes	Gaz	791	494	475	296	1 016
3	Résidence Robinson	Gaz	218	136	131	82	281
4	Résidence Jean Mermoz	Gaz	71	44	43	26	91
5	Résidence Pont de Madame	Gaz	1 014	634	608	380	1 302
6	Résidence Jacques Cartier	Gaz	265	166	159	100	341
7	Ardillos	Electricité Gaz	470	294	400	176	762
8	Groupe scolaire Jean Macé	Gaz Electricité	323	42	198	27	301
9	Mairie	Gaz Electricité	838	ε	656	ε	881
10	Stade nautique	Gaz	3 910	230	3 324	184	4 695
11	Pin Galant	Gaz	170	ε	102	ε	137
12	Complexe sportif Robert Brettes	Gaz	615	410	369	246	809
TOTAL			9 490	2 953	6 948	1 819	11 650

Consommations et besoins utiles (BU) estimés pour le chauffage et l'ECS des bâtiments étudiés

La configuration spatiale du réseau reste inchangée par rapport à l'étude sans rénovation thermique des logements. Seuls les ratios de densité énergétique sont modifiés :

- 2,9 kW/ml (la puissance utile est supposée divisée par 2)
- 4,7 Mwh/ml

Au vu des ratios obtenus, le périmètre de référence présente toujours une densité énergétique importante, au-delà des seuils minima recommandés.

Caractérisation de la production de chaleur :

Le principe de l'installation proposée consiste à mettre en place une chaufferie géothermique centralisée qui alimenterait les différents bâtiments du périmètre d'étude. Le choix s'est porté ici sur une chaufferie géothermique pour étudier un scénario « rénovation + desserte EnRR » mais cette ressource renouvelable aurait tout à fait pu être le bois.

Les besoins en énergie des 12 ensembles de bâtiments étudiés ayant été fortement réduits, il n'est plus nécessaire que de mettre en place un seul doublet géothermique.

PAC : puissance de 60 % de la puissance totale à mettre en œuvre. Le taux de couverture de la PAC par rapport aux consommations totales est considéré de 90 %, avec un COP annuel d'exploitation très performant de 4,5.

→ **Puissance PAC = 4,4 MW**

Chaudière gaz : servant à couvrir les 10 % des consommations restantes et à maintenir un départ à haute température (pour l'ECS). Sa puissance est dimensionnée à hauteur de 40 % de la puissance totale à mettre en œuvre.

→ **Puissance chaudière gaz = 2,9 MW**

Bâtiment chaufferie:

Le bâtiment de la chaufferie géothermique aura une surface au sol utile d'environ 400 m².

5.2.5 | Étude économique

La présente partie aborde les aspects économiques des différents scénarii envisagés, selon une approche en coût global, c'est-à-dire en prenant en compte les coûts de l'énergie, de l'entretien courant, des grosses réparations et « garantie totale », ainsi que des différents investissements.

Ces scénarii sont au nombre de six :

- (1) Situation actuelle
- (2) Réseau de chaleur bois (sans rénovation)
- (3) Réseau de chaleur géothermique (sans rénovation)
- (4) Réseau de chaleur gaz (sans rénovation)
- (5) Rénovation des logements uniquement
- (6) Rénovation des logements et réseau de chaleur géothermique

Pour chacun de ces scénarii sont donc présentés :

- Le détail des investissements par poste de dépense... :
 - ... pour le réseau de chaleur,
 - ... pour l'adaptation ou la conversion énergétique des bâtiments,
 - ... pour la réhabilitation thermique (isolation).
- Les coûts annuels d'exploitation :
 - Coût de l'énergie (P1) : celui-ci se compose de la part quantitative de l'énergie (R1) et de la part abonnement (R2) ($P1 = R1 + R2$)
 - Coût de la conduite des installations et entretien courant des installations de chauffage et d'ECS internes au bâtiment (P2)
 - Provision de garantie totale et gros entretien des installations de chauffage et d'ECS internes au bâtiment (P3)
- Les annuités de remboursement du réseau de chaleur (P'4) avec un taux d'emprunt à 4 % sur 20 ans : elles sont incluses dans la part abonnement R2, de même que son entretien courant (P'2) et son gros entretien (P'3). On a donc : $R2 = P'2 + P'3 + P'4$

- Les annuités de remboursement des investissements concernant la conversion et/ou la réhabilitation énergétique, qui constituent le P4 (taux d'emprunt de 4 % sur 20 ans).

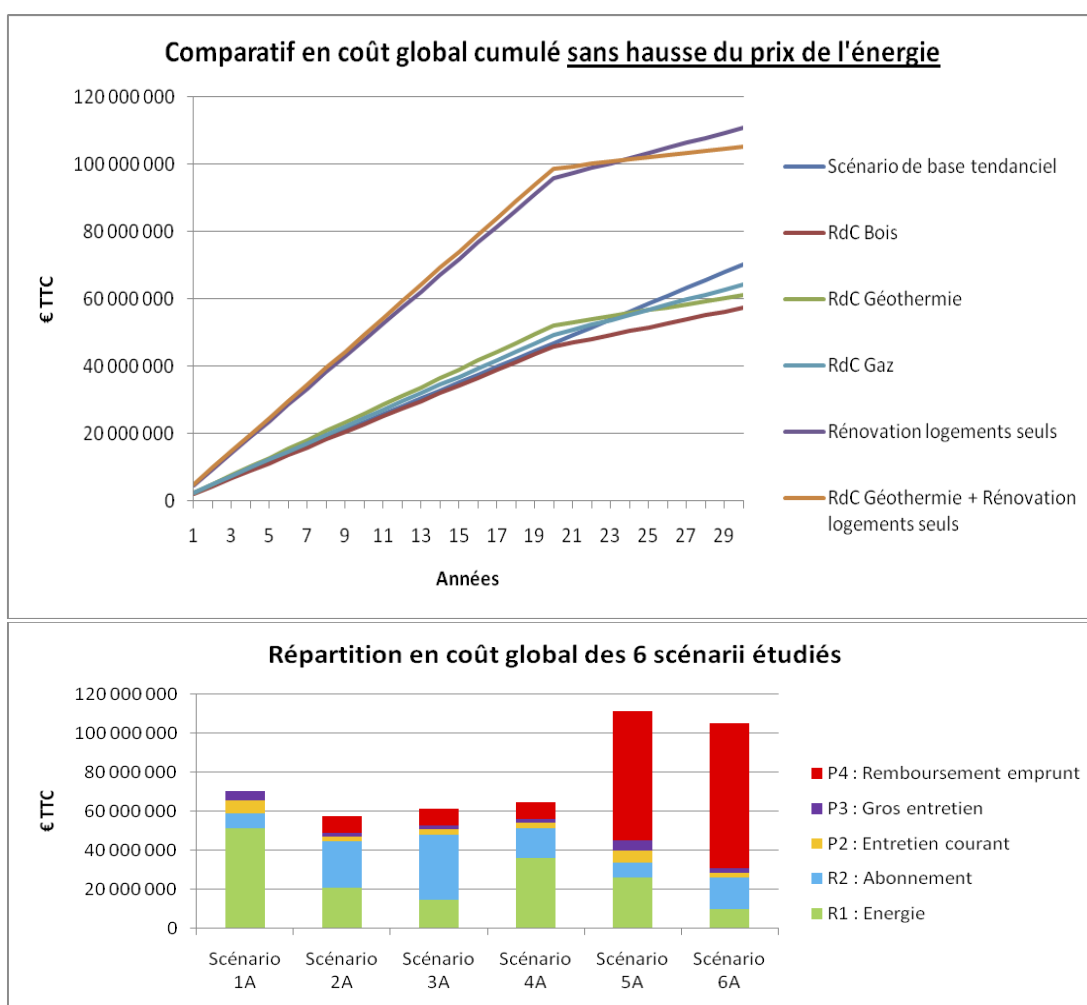
Le coût global non actualisé de l'opération P1+P2+P3+P4 est ensuite analysé sur une période de 30 ans, selon 2 variantes :

- avec un coût fixe des énergies et une inflation nulle
- avec une inflation de 2 % (pour les postes P2, P3, P'2 et P'3) et une évolution annuelle des prix des énergies (augmentations diverses selon les énergies)

D'autres paramètres économiques sont aussi pris en compte comme les subventions (réseau de chaleur, isolation...), les CEE (Certificats d'économie d'énergie) ou encore la taxe carbone.

Comparaison des différents scénarii sans hausse du prix de l'énergie (1A à 6A) :

Les graphiques suivants reprennent et comparent les différentes valeurs de coûts obtenues pour chacun des six scénarii décrits précédemment, sans prise en compte de subvention.

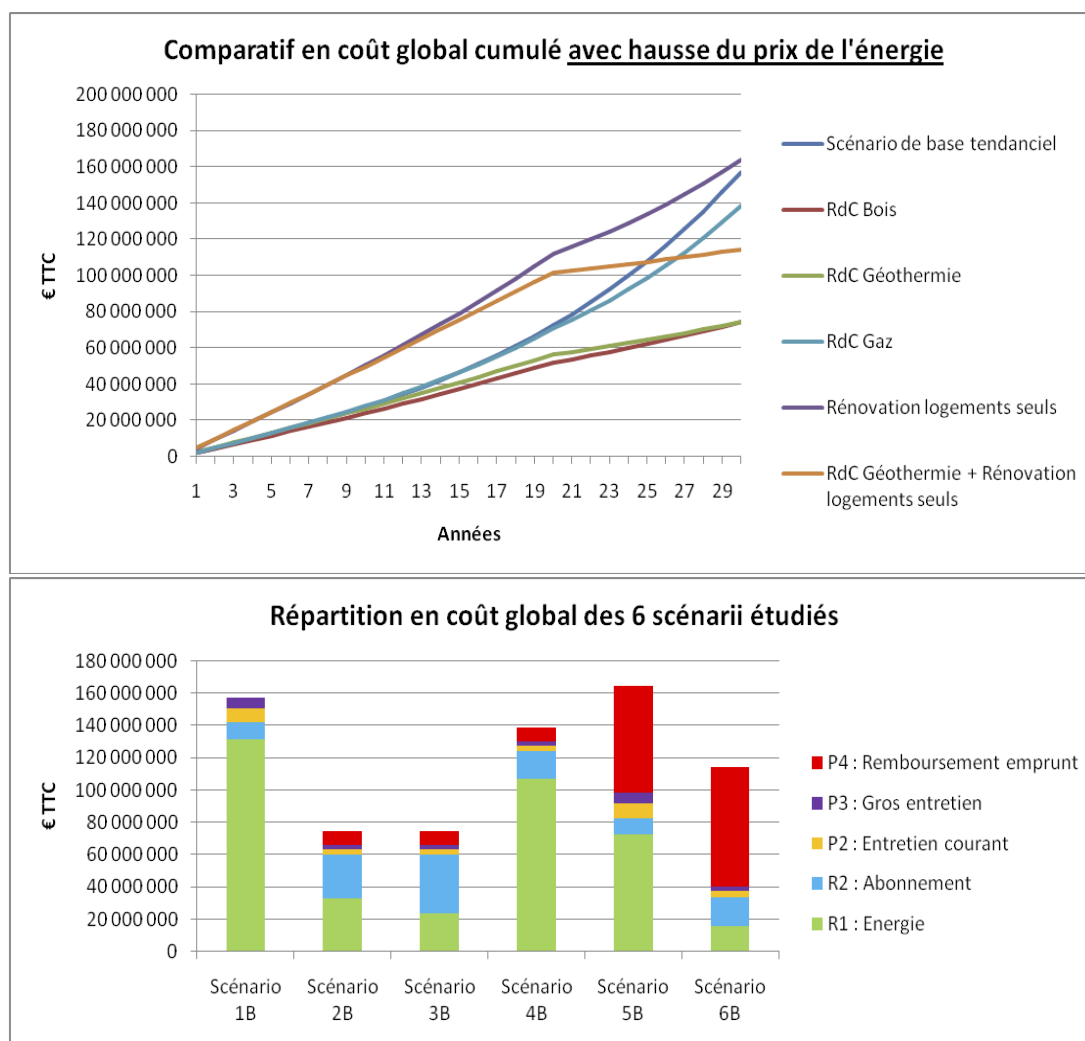


On remarque, qu'à prix d'énergie constant sur 30 ans, les scénarii 2A et 3A sont les plus intéressants en termes de coût global, même si l'écart avec le scénario de base tendanciel n'est pas significatif.

En revanche, les scénarii 5A et 6A présentent des coûts globaux bien plus importants, dus notamment aux coûts de rénovation, qui ne permettent pas, dans ces conditions, d'obtenir un temps de retour sur investissement acceptable.

Comparaison des différents scénarii avec hausse du prix de l'énergie (1B à 6B) :

En prenant en compte une augmentation annuelle du coût de l'énergie (condition plus probable au vu des hausses observées ces dernières années) et une inflation à 2 %, et en raisonnant toujours sur 30 ans, les coûts globaux sont les suivants (tableau + courbe) :



On remarque que les scénarii 2A et 3A sont toujours les plus intéressants en termes de coût global, mais l'écart avec le scénario de base tendanciel est maintenant très important.

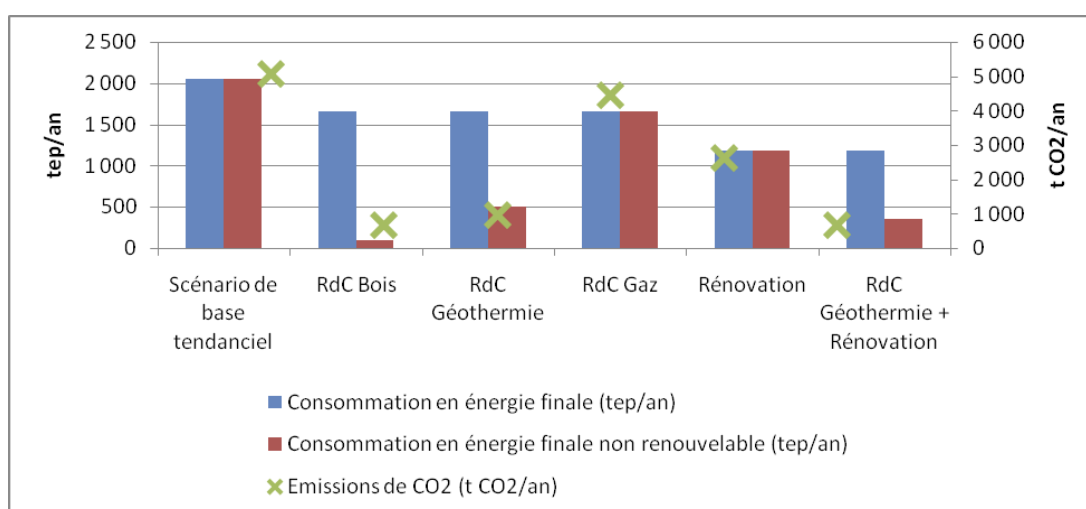
Le scénario de rénovation sans conversion énergétique présente un coût global comparable à celui de base. En revanche, le scénario comprenant rénovation des logements et conversion énergétique (6A) devient plus intéressant que le scénario de base au bout de 25 ans environ.

5.2.6 | Étude environnementale

L'impact environnemental présenté ici ne tient compte que du bilan des émissions de CO₂ émis lors de l'exploitation de chaque solution énergétique. Cette étude ne tient pas compte des cycles de vie complets des combustibles ni des équipements, c'est-à-dire des impacts environnementaux générés lors de l'extraction, la production et le transport du combustible, ni lors de la fabrication et le traitement en fin de vie des équipements.

Le tableau ci-dessous détaille le bilan des émissions de CO₂ et des consommations d'énergie associées aux différents scénarii envisagés.

Scénario	CO ₂		Énergie non renouvelable		Énergie	
	Emissions CO ₂ (t eq CO ₂ /an)	Émissions CO ₂ évitées (t eq CO ₂ /an)	Consommation d'énergie finale non renouvelable (tep/an)	Économie d'énergie finale non renouvelable (tep/an)	Consommation d'énergie finale (tep/an)	Économie d'énergie finale (tep/an)
SCENARIO 1 Base	5 073	-	2 057	-	2 057	-
SCENARIO 2 RdC Bois	673	4 400 (-87%)	100	1 958 (-95%)	1 659	398 (-19%)
SCENARIO 3 RdC Géothermie	957	4 116 (-81%)	498	1 559 (-76%)	1 659	398 (-19%)
SCENARIO 4 RdC Gaz	4 453	620 (-12%)	1 659	398 (-19%)	1 659	398 (-19%)
SCENARIO 5 Rénovation	2 615	2 458 (-48%)	1 181	876 (-43%)	1 181	876 (-43%)
SCENARIO 6 Rénovation + RdC Géothermie	666	4 407 (-87%)	354	1 703 (-83%)	1 181	876 (-43%)



Bilan environnemental des différents scénarii étudiés

Les scénarii 2 et 3 – ayant recours à un réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables (bois et géothermie) – permettent d'éviter entre 81 et 87 % des émissions de CO₂ par rapport à la situation actuelle. De plus, les consommations d'énergie non renouvelable sont réduites de 76 à 95 %. En revanche, les consommations en énergie finale varient très peu, l'enveloppe du bâtiment restant inchangée (pas de rénovation).

⇒ **Le facteur 4 est atteint pour les émissions de CO₂ mais la quantité d'énergie consommée est peu affectée.**

Le scénario 4 (réseau de chaleur gaz) ne présente pas de profond changement par rapport au scénario de base. La mise en réseau collectif et l'installation d'un matériel récent à haut rendement permettent certes d'infléchir légèrement la tendance mais les réductions d'émissions de CO₂ et de consommations énergétiques restent faibles.

⇒ **Ce scénario ne permet pas de réduire significativement les émissions de CO₂ et les consommations énergétiques.**

La réhabilitation thermique des logements (scénario 5) permet de réduire de presque moitié les consommations énergétiques totales et donc les consommations d'énergie non renouvelables ainsi que les émissions de CO₂.

⇒ **Ce scénario permet de réduire plus significativement les émissions de CO₂ et les consommations énergétiques. Le facteur 4 n'est cependant pas atteint pour les émissions de gaz à effet de serre et le scénario fait toujours appel à des énergies non renouvelables.**

Le scénario 6 permet à la fois une réduction de moitié des consommations énergétiques et une forte diminution des émissions de CO₂ (-87 %) et du recours aux énergies non renouvelables (-83 %).

⇒ **Seul ce scénario permet à la fois d'atteindre le facteur 4 pour les émissions de GES et une forte réduction des consommations énergétiques.**

5.3 | Les tissus de centralité et d'échoppes

L'étude a ensuite été menée sur les tissus de centralité et d'échoppes. Ces deux tissus sont présentés ici conjointement car leur analyse montre que leurs problématiques de desserte énergétique vont de paire.

La méthodologie d'étude de préféabilité énergétique utilisée sur les deux quartiers choisis pour ces deux tissus est sensiblement la même que celle sur le tissu diversifié, avec quelques particularités qui seront précisées.

De même que sur le quartier de « Mérignac Pichey-Yser », la forte densité énergétique sur ces tissus justifie le recours au réseau de chaleur pour les desservir.

5.3.1 | Le tissu de centralité : étude sur un secteur du PNRQAD

Un périmètre de 28 îlots a tout d'abord été choisi sur le secteur du PNRQAD (Programme National de Requalification des Quartiers Anciens Dégradés), s'étendant globalement entre la rue Sainte-Catherine à l'ouest, le cours Victor Hugo au nord, la rue des Menuts à l'est et la rue Bigot au sud (cf. cartes suivantes).

La première étape de l'étude a consisté à qualifier et quantifier la demande en énergie de l'ensemble des bâtiments situés sur ce périmètre, constitué majoritairement d'immeubles de pierre de taille de 4 à 5 étages (ensemble homogène), abritant notamment des logements mais aussi commerces, équipements et autres activités.

Pour chacun des îlots du périmètre, les données et indicateurs suivants ont été déterminés :

- besoins et consommations en chauffage / ECS,
- type d'énergie utilisée,
- caractère individuel ou collectif des installations,
- données générales : surface habitable, nombre de logements,
- puissances utiles,
- émissions de CO₂.

L'ensemble des besoins de chauffage et d'ECS ont été obtenus à partir des bases de données et de l'étude de caractérisation thermique du parc bâti résidentiel réalisé par l'a-urba, ainsi que de ratios tirés de retours d'expérience et de l'état de l'art.

Il est à noter que certaines données sont reliées à un facteur d'incertitude comme le taux de vacance des logements, le comportement des occupants ou encore le mode de chauffage des logements où les données (INSEE) datent de 1999. Ces données seraient, dans la mesure du possible, à affiner par la suite.

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques énergétiques du périmètre étudié :

	Résidentiel	Tertiaire/Commerces	TOTAL
Nombre d'îlots	-	-	28
Nombre de logements	3 343	-	3 343
Surface	152 500 m ²	49 000 m ²	201 500 m ²
Type de chauffage	Electricité : 70 % Gaz : 20 % (90 % individuel / 10 % collectif) Autre : 10 % CCI : 20 % / CCC : 2 %	Idem (supposé)	-
Besoins thermiques	Chauffage : 14 000 MWh (~ 100 kWh/m ² /an) ECS : 3 750 MWh	Chauffage : 3 400 MWh ECS : 250 MWh	Chauffage : 17 400 MWh ECS : 4 000 MWh
Consommations énergétiques actuelles estimées	23 000 MWh	4 700 MWh	27 700 MWh
Puissance utile	24 MW	4,9 MW	28,9 MW

Caractéristiques énergétiques du périmètre étudié sur le PNRQAD

D'un point de vue de la fonction du bâtiment, on remarque que les logements comptent pour 75 % de la surface totale de l'ensemble des bâtiments, laissant ainsi une part non négligeable aux activités professionnelles et de service (environ 25 %).

D'autre part, l'analyse des modes de chauffage montre la part prépondérante du chauffage électrique dans les logements (70 %). Ce phénomène peut sans doute s'expliquer en partie par la petite taille des logements du périmètre (46 m² en moyenne), pour lesquels l'installation de radiateurs électriques est souvent plus « commode » que le recours à un système central au gaz ou au fioul.

Concernant l'offre en chaleur pour desservir l'ensemble des bâtiments de ce secteur, la réponse la plus appropriée pour amener massivement de la chaleur renouvelable en centre ville reste le réseau de chaleur, à partir d'un système de production de chaleur. Celui-ci fournirait ainsi 28 500 MWh en sortie de chaufferie sur 5,2 km pour une puissance de 29 MW.

La densité énergétique serait alors de 5,5 MWh/ml (énergie) et 5,6 kW/ml (puissance), ce qui est bien au-delà des valeurs limites de 1,5 MWh/ml et 1 kW/ml décrites précédemment, justifiant ainsi le recours à cette solution de desserte énergétique.

Techniquement, la production de chaleur renouvelable peut provenir de la ressource bois, voire de la géothermie, mais à condition pour cette dernière que le réseau de chaleur présente un retour froid (inférieur ou égal à 40 °C). Les caractéristiques techniques pour chacune de ces installations sont données ci-dessous :

Chaufferie « Bois » : 1 chaudière bois de 17,4 MW + 2 chaudières gaz de 14,5 MW chacune / Surface nécessaire : 3 000 m²

Chaufferie « Géothermie » : 4 PAC de 4,4 MW + 4 chaudières gaz de 2,9 MW / Surface nécessaire : 5 000 m² par forage géothermique (temporaire)

Une étude économique a ensuite été réalisée selon le même principe que pour le tissu diversifié, avec une étude en coût global pour plusieurs scénarii, mêlant réseau de chaleur et/ou réhabilitation thermique, et faisant varier différents paramètres (augmentation du prix de l'énergie, subventions...). Cette étude montre également l'intérêt économique de recourir au réseau de chaleur, ainsi que l'intérêt environnemental en termes d'émission de GES et de réduction des consommations énergétiques non renouvelables.

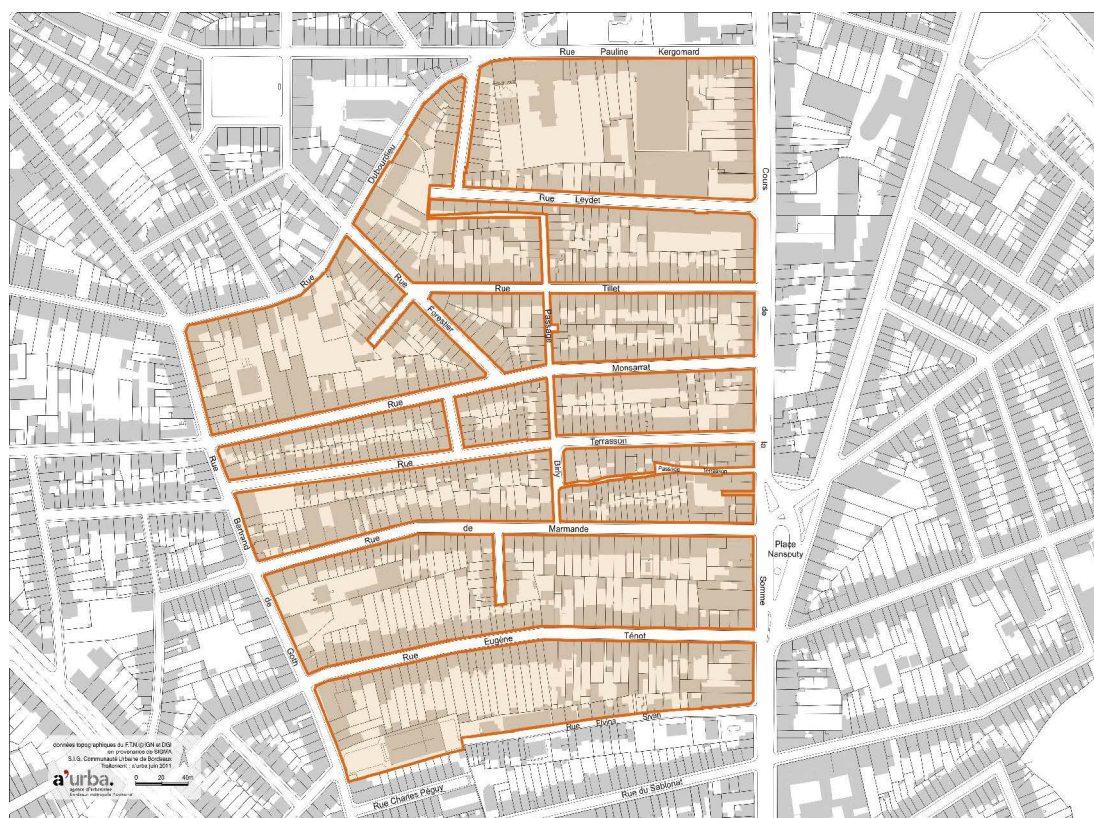
Cependant, l'implantation d'une chaufferie de ces dimensions sur le périmètre ou à proximité immédiate du périmètre n'est tout simplement pas envisageable en raison du manque de foncier disponible. Même si la construction d'une telle chaufferie pourrait peut-être être réalisée sur quelques emplacements au sein de la ville, cette solution ne semble pas reproductible à l'ensemble du tissu. Il faudrait en effet reproduire ce schéma entre 20 et 25 fois pour couvrir l'ensemble du tissu de centralité.

La prise en compte de travaux de rénovation, de type « BBC Rénovation », même si elle permet une forte diminution des besoins de chaleur à fournir (21 400 MWh → 8 900 MWh) et de la puissance à installer (28,9 MW → 14,5 MW), et donc du nombre de chaufferies et de la surface à mobiliser (de moitié environ), avec des ratios toujours favorables au réseau de chaleur (2,2 MWh/ml, 2,8 kW/ml), ne résout pas ce problème de disponibilité du foncier pour l'implantation des chaufferies, qui reste rare en centre-ville.

Localisation et composition du secteur d'étude du tissu d'échoppes



Situation du secteur d'étude du tissu d'échoppes sur la ville de Bordeaux



Les 14 îlots du secteur d'étude

5.3.2 | Le tissu d'échoppes : autour de Nansouty

L'étude du tissu d'échoppes a été menée sur un périmètre de 14 îlots, situé près de la place de Nansouty à Bordeaux (cf. cartes ci-contre).

Comme pour le tissu de centralité, la première étape de l'étude a consisté à qualifier et quantifier la demande en énergie de l'ensemble des bâtiments situés sur ce périmètre, constitué essentiellement de maisons et petits bâtiments de pierre de taille de 1 à 2 étages (ensemble homogène), abritant une majorité de logements, et dans une moindre mesure, quelques commerces et activités.

Pour chacun des îlots du périmètre, les données et indicateurs suivants ont été déterminés :

- besoins et consommations en chauffage / ECS,
- type d'énergie utilisée,
- caractère individuel ou collectif des installations,
- données générales : surface habitable, nombre de logements,
- puissances utiles,
- émissions de CO₂.

L'ensemble des besoins de chauffage et d'ECS ont été obtenus à partir des bases de données et de l'étude de caractérisation thermique du parc bâti résidentiel réalisé par l'a-urba, ainsi que de ratios tirés de retours d'expérience et de l'état de l'art.

Il est à noter que certaines données sont aussi reliées à un facteur d'incertitude comme le comportement des occupants ou encore le mode de chauffage des logements où les données (INSEE) datent de 1999.

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques énergétiques du périmètre étudié :

	Résidentiel	Tertiaire/Commerces	TOTAL
Nombre d'îlots	-	-	14
Nombre de logements	1 394	-	1 394
Surface	88 200 m ²	5 800 m ²	94 000 m ²
Type de chauffage	Electricité : 48 % Gaz : 45 % (97 % du CCI et 88 % du CCC) Autre : 7 % (dont bois) CCI : 41 % / CCC : 6%	Idem	-
Besoins thermiques	Chauffage : 13 700 MWh (~ 150 kWh/m ² /an) ECS : 1 900 MWh	Chauffage : 600 MWh ECS : ε MWh	Chauffage : 14 300 MWh ECS : 1 900 MWh
Consommations énergétiques actuelles estimées	22 400 MWh	900 MWh	23 300 MWh
Puissance utile	10 MW	0,6 MW	10,6 MW

Caractéristiques énergétiques du périmètre étudié sur le tissu d'échoppes

A la différence du secteur étudié sur le tissu de centralité, la part représentée par le tertiaire/commerces est bien moins importante (6 %), le reste étant constitué de logements, essentiellement individuels.

D'autre part, l'analyse des modes de chauffage montre une répartition plus homogène entre le chauffage électrique et le chauffage au gaz (entre 45 et 50 % chacun) qu'en centre-ville.

Concernant l'offre en chaleur pour desservir l'ensemble des bâtiments de ce secteur, la réponse la plus appropriée pour amener massivement de la chaleur renouvelable reste le réseau de chaleur, à partir d'un système de production de chaleur, qui fournirait 21 700 MWh en sortie de chaufferie sur 4,8 km, pour une puissance de 10,6 MW.

La densité énergétique serait alors de 4,5 MWh/ml (énergie) et 2,2 kW/ml (puissance), ce qui reste au-delà des valeurs limites de 1,5 MWh/ml et 1 kW/ml décrites précédemment, justifiant ainsi le recours à ce type de desserte.

Techniquement, la production de chaleur renouvelable peut provenir là aussi de la ressource bois, voire de la géothermie, toujours à condition pour cette dernière que le réseau de chaleur présente un retour froid (inférieur ou égal à 40 °C). Les caractéristiques techniques pour chacune de ces installations sont données ci-dessous :

Chaufferie « Bois » : 1 chaudière bois de 6,4 MW + 2 chaudières gaz de 5,3 MW chacune / Surface nécessaire : 1 100 m²

Chaufferie « Géothermie » : 2 chaufferies géothermiques de 3,2 MW + 2 chaudières gaz de 2,1 MW / Surface nécessaire : 5 000 m² par forage géothermique (temporaire)

L'étude de préfaisabilité réalisée sur ce périmètre montre aussi la possibilité technique et économique de recourir au réseau de chaleur, ainsi que l'intérêt environnemental en termes d'émission de GES et de réduction des consommations énergétiques non renouvelables, mais l'implantation d'une chaufferie de ces dimensions sur le périmètre ou à proximité immédiate du périmètre pose également un problème de disponibilité de surfaces foncières, comme évoqué pour le tissu de centralité. Cette solution n'est donc pas reproductible à l'ensemble du tissu, où il faudrait cette fois reproduire ce schéma environ 50 fois pour couvrir l'ensemble du tissu d'échoppes.

La prise en compte de travaux de rénovation, de type « BBC Rénovation », permet là aussi une forte diminution des besoins de chaleur à fournir (16 200 MWh → 4 600 MWh) et de la puissance à installer (10,6 MW → 5,3 MW), et donc du nombre de chaufferies et de la surface à mobiliser, mais ne résout pas ce problème de disponibilité du foncier pour l'implantation des chaufferies. De plus, les ratios de densité énergétique atteignent des valeurs critiques, proches voire en deçà des valeurs limites : 1,3 MWh/ml et 1,1 kW/ml.

5.3.3 | Généralisation de l'approche énergétique à l'ensemble des deux tissus

Le foncier étant donc rare sur les tissus de centralité et d'échoppes pour l'implantation d'un nombre important de chaufferies, la réflexion sur la desserte énergétique de ces tissus doit maintenant être portée à une autre échelle. Soit à un point de vue macroscopique, par la production de chaleur via des installations de grande puissance, situés en périphérie de ces deux tissus (là où du foncier est disponible) et permettant de couvrir des secteurs plus importants en taille que les périmètres étudiés précédemment ; soit à un point de vue plus restreint, par la production de chaleur via des petites installations au sein des quartiers, situées à l'intérieur des bâtiments.

Concernant l'approche à plus grande échelle, les possibilités sont :

- recours à l'UIOM de Bègles : en supposant une profonde restructuration de l'usine pour valoriser à terme (en 2025) 378 000 MWh thermiques (réseau à boucles multiples haute température et basse température, stockage inter-saisonnier avec un rendement de 70 %, récupération de chaleur sur les fumées sur le modèle de celle de Malmö en Suède), celle-ci pourrait couvrir une part importante des besoins de chauffage et d'ECS des deux tissus d'échoppes et de centralité, tout en conservant une production d'électricité ;
- construction de grosses chaufferies sur les zones à projet à proximité des tissus de centre ancien et d'échoppes, permettant ainsi de les alimenter (via des réseaux de chaleur) : l'objectif est d'établir une hiérarchie fonction de l'espace disponible pour l'implantation des chaufferies, de leur emplacement et de la capacité de desserte (maillage optimal) ; en outre, les besoins en électricité pour le fonctionnement des chaufferies pourrait être assuré par des panneaux photovoltaïques en toiture des bâtiments ;

Ces deux solutions possèdent la caractéristique de produire de la chaleur à haute température, qu'il est plus judicieux d'attribuer aux bâtiments anciens existants, que l'on retrouve en très grande quantité sur les deux tissus.

De manière plus localisée, les installations et gisements d'EnRR existants pourraient être exploités, à savoir les puits géothermiques déjà en place, la récupération de chaleur sur les eaux usées et la récupération de chaleur sur les eaux de la Garonne :

- o l'utilisation des puits géothermiques existants – non exploités ou en partie – pourrait être élargie à d'autres bâtiments, même s'ils ne desserviraient qu'une petite partie du tissu de centre ancien,
- o la récupération de chaleur sur les eaux usées permettrait de desservir certains bâtiments communaux ou résidences, suffisamment consommateurs, avec des besoins en chaud et en froid relativement homogènes sur l'année ; le potentiel de cette source d'énergie est cependant difficilement quantifiable aujourd'hui,
- o la récupération de chaleur sur les eaux de la Garonne pourrait alimenter de nombreux bâtiments neufs et/ou fortement rénovés, sous réserve de la faisabilité réglementaire ;

Ces solutions seraient plutôt adaptées à des bâtiments neufs ou fortement rénovés (chaleur basse température).

Enfin, à plus petite échelle, des chaufferies bois de plus faible puissance (quelques dizaines de kW), desservant une vingtaine de logements environ, pourraient être créées : la Ville de Bordeaux a notamment envisagé la possibilité de desservir plusieurs bâtiments via des chaudières « bois granulés » situés en sous-sol (où les "caves" sont alors mutualisées pour créer une taille suffisante à l'emplacement des chaudières). Bien que cette solution puisse sans doute être adaptée à certain nombre de cas, la question de la reproductibilité de cette solution reste totale en raison des normes de sécurité pouvant être contraignantes, de l'emplacement disponible pour ces chaudières ou encore de l'approvisionnement en bois sur une multitude de sites, qui plus est en centre-ville dense.

5.3.4 | Approche macroscopique de la desserte énergétique : l'exemple de « Bordeaux-Nord »

L'objectif est maintenant d'étudier la desserte énergétique des bâtiments des tissus de centralité et d'échoppes via des chaufferies d'importante puissance (approche à grande échelle), existantes ou non, pour les besoins de chaleur (chauffage et ECS). A l'heure actuelle, seules les UIOM de Bègles et des Hauts de Garonne existent possédant chacune un gisement important de récupération de chaleur. Les autres chaufferies seraient donc à créer sur les sites de projets, là où l'emprise foncière est disponible. La carte ci-contre présente les différents sites de projet à proximité de ces deux tissus, en distinguant les sites à réceptivité contrainte et ceux à réceptivité peu contrainte. La réceptivité d'un site de projet à l'installation d'une chaufferie de puissance importante est qualifiée de « contrainte » lorsque ce site fait déjà l'objet d'une programmation avancée et/ou d'une pression foncière forte. A l'inverse, la réceptivité d'un site de projet est qualifiée de « peu contrainte » lorsque ce site dispose encore d'une certaine latitude dans sa programmation.

A partir de la localisation de ces sites de projets, et de leur type, un premier travail de répartition a tout d'abord été réalisé en cherchant à implanter des chaufferies sur un certain nombre de ces sites, en faisant l'hypothèse de les plafonner à 50 MW, sans rénovation de l'existant tout d'abord puis en fixant un niveau de réhabilitation du type « BBC Rénovation » ensuite.

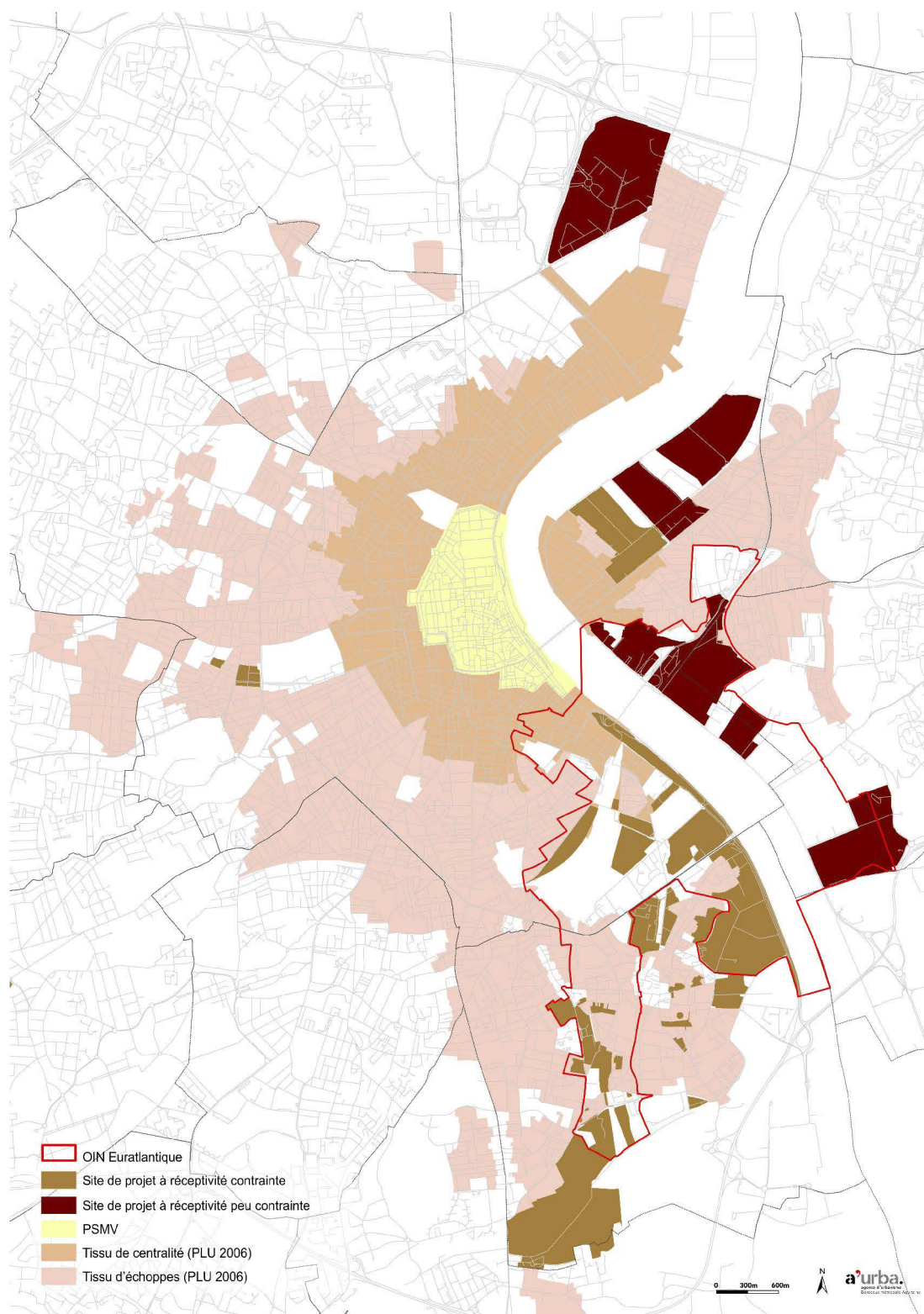
Les deux cartes figurant aux pages 68 et 69 présentent donc respectivement la configuration potentielle sans rénovation puis avec rénovation, en faisant apparaître l'emplacement de chacune des chaufferies proposées et leurs zones de couverture respectives pour les besoins en chaleur des logements.

Le choix du type d'énergie à installer a été réalisé en fonction des considérations suivantes :

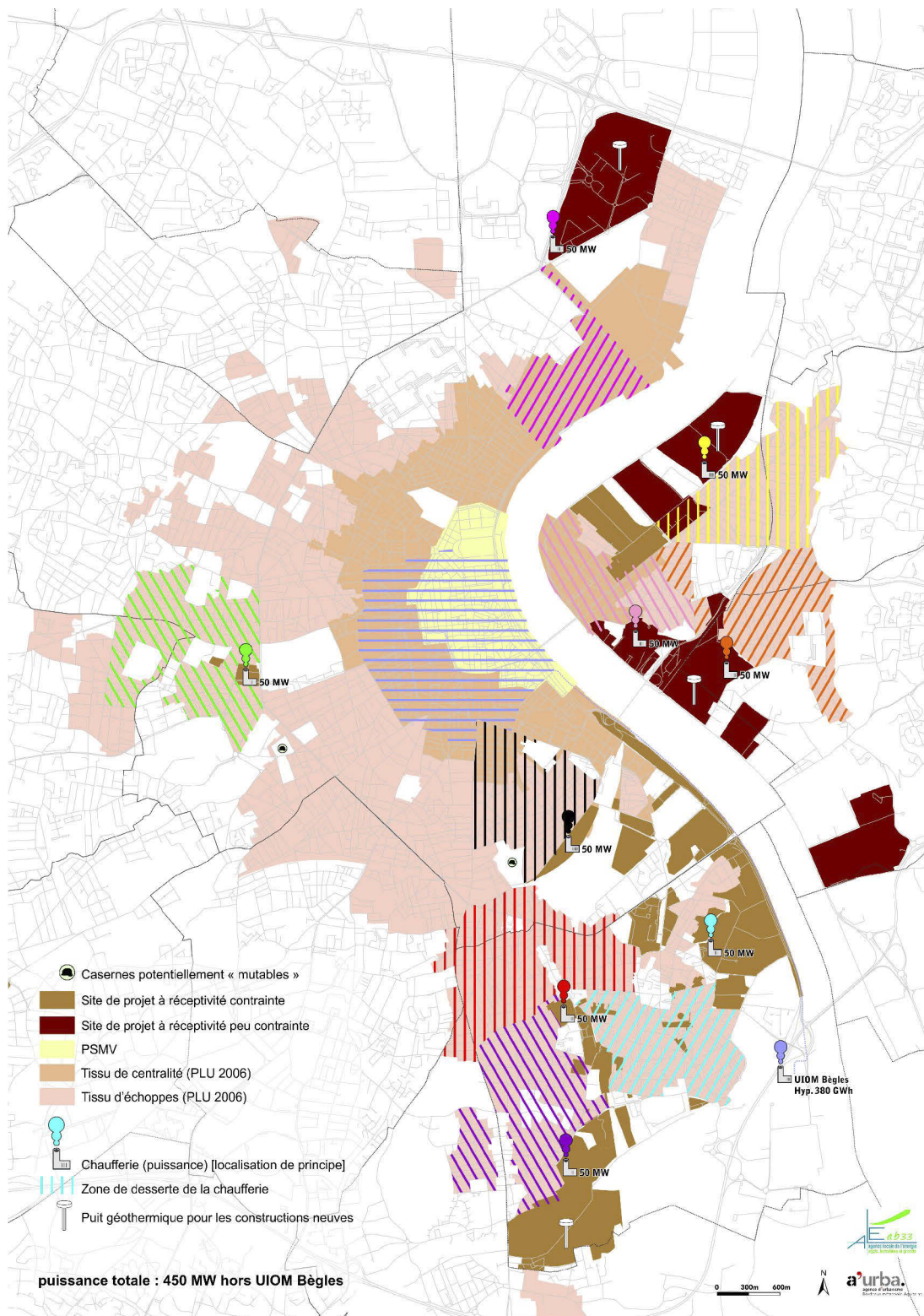
- les bâtiments situés sur ces deux tissus étant pour la plupart anciens (donc peu rénovés), une desserte en énergie haute température demeure plus appropriée, d'où un recours à des chaufferies bois pour les desservir ;
- la géothermie (énergie à très basse température) pourrait quant à elle desservir les futurs sites de projets qui sortiront de terre, qui seront soit de type BBC, passifs ou à énergie positive, et donc parfaitement adaptés à cette énergie.

Il est à préciser que l'objectif de ces cartes est de donner un premier aperçu de ce que pourrait être la desserte énergétique des deux tissus de centralité et d'échoppes, avec localisation, type et taille des infrastructures et zone de couverture, et qu'elles restent donc pour le moment théoriques.

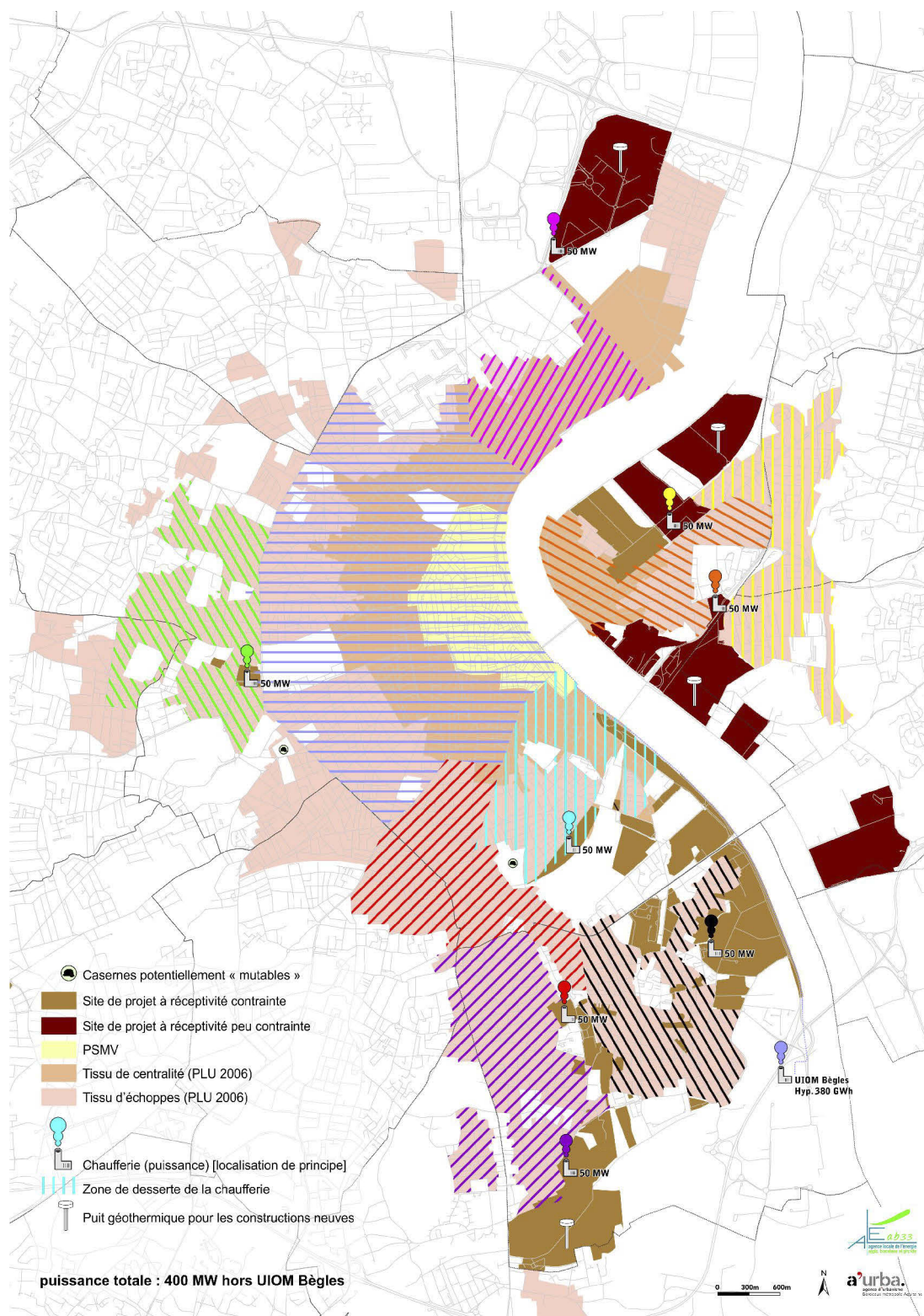
Les sites de projet à proximité des tissus anciens



Desserte théorique du bâti résidentiel *non rénové* par des chaufferies de 50 MW installées sur les sites de projet



Desserte théorique du bâti résidentiel rénové par des chaufferies de 50 MW installées sur les sites de projet



Bien que cette approche donne une première image à grande échelle de la desserte énergétique à terme de ces deux tissus, celle-ci reste théorique et il est difficile d'envisager – d'un point de vue organisationnel et juridique – le raccordement au réseau de centaines voire de milliers de logements aux propriétaires tout aussi nombreux ou presque, notamment dans l'existant.

Afin d'étudier un peu plus précisément l'adéquation entre création d'une chaufferie bois et couverture des besoins de chaleur des bâtiments en place, une analyse a été portée sur un secteur du nord de la ville de Bordeaux, proche d'un site de projets (« Extension Bordeaux-Nord »), dont le périmètre est précisé sur la carte suivante.



Localisation du secteur d'étude

Sur ce secteur, la première étape a consisté à qualifier et quantifier la demande en énergie des plus gros consommateurs, comme cela avait été fait avec l'étude sur le tissu diversifié et le quartier de Mérignac « Pichey-Yser ». Ont ainsi été identifiés les ensembles de plus de 50 logements et à plus de 75 % sociaux, ainsi que les équipements « consommateurs » pour lesquels une première estimation des besoins pouvait être réalisée.

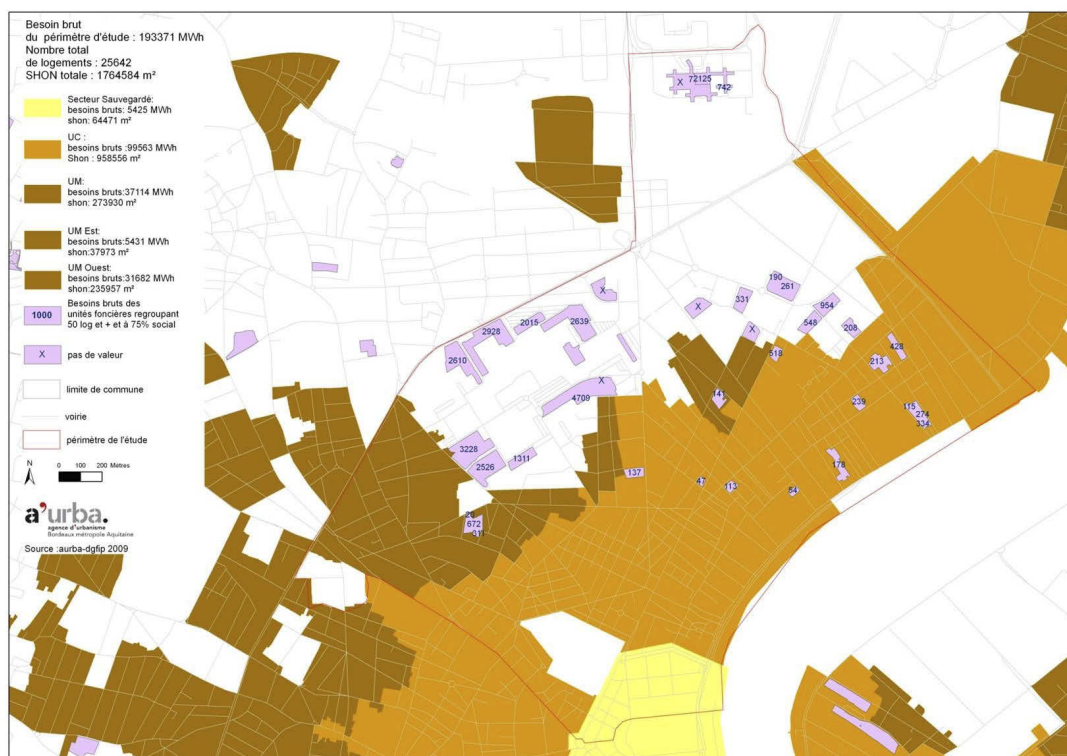
Les données et indicateurs suivants ont donc été ainsi déterminés :

- données générales : surface habitable, nombre de logements...,
- besoins et consommations en chauffage / ECS,
- puissances utiles.

Concernant les logements, l'ensemble des besoins de chauffage et d'ECS ont été également obtenus à partir de l'étude de caractérisation thermique du parc bâti résidentiel réalisé par l'a-urba.

Pour les équipements, les données ont été estimées à partir de ratios type par unité de surface ou par usager selon le type d'équipement (écoles, collèges, lycées, hôpitaux, maisons de retraite, piscines...). Dans un souci d'analyse plus fine, il serait souhaitable de pouvoir récupérer et travailler directement avec les valeurs réelles.

La carte ci-dessous représente les différents besoins en chauffage des logements situés sur les tissus de centralité et d'échoppes sur le périmètre étudié ainsi que ceux des ensembles de plus de 50 logements et à plus de 75 % sociaux (qui appartiennent à ces deux tissus mais aussi et surtout au tissu diversifié) :



Besoins de chauffage du périmètre étudié

D'autre part, les équipements retenus sont au nombre de 40 et sont listés dans le tableau ci-dessous :

Nom du bâtiment / site	Nom du bâtiment / site
Ecole Primaire Dupaty + Ecole maternelle Josephine	Ecole primaire Schweitzer + Ecole maternelle Schweitzer + Gymnase Grand Parc 2
Ecole élémentaire Balguerie	Lycée Condorcet + Ecole Primaire Condorcet + Ecole maternelle Condorcet
Collège St Louis - Ste Thérèse	Crèche du Grand Parc
Ecole maternelle Paul Berthelot	Ecole maternelle Sousa Mendes + Ecole Primaire Sousa Mendes
Lycée Professionnel des Chartrons	Collège Edouard Vaillant
Ecole Primaire Stendhal + Ecole maternelle Stendhal	Lycée technique St Louis
Gymnase des Chartrons	Lycée des métiers de l'automobile Rochas
Ecole Primaire Montgolfier + Ecole maternelle Montgolfier	Ecole Primaire Jean Monnet + Ecole maternelle Jean Monnet
Ecole Primaire St Louis - Ste Thérèse	Ecole Primaire Lac II + Ecole maternelle Lac II
Lycée Montesquieu	Ecole de Commerce Européenne (ECE)
Collège Cassagnol	Ecole de communication visuelle (ECV Aquitaine)
Ecole maternelle Lagrange	Crèche des Chartrons
Ecole Primaire David Jonhston	Polyclinique Bordeaux Nord
Ecole Primaire Bordeaux International School	Maison d'accueil / de retraite Maryse Bastie
Clinique Tivoli	Maison protestante de retraite
Collège Grand Parc	Ecole maternelle Lucien Faure
Piscine olympique Grand Parc	Ecole Primaire Assomption + Lycée Assomption
Gymnase Grand Parc 1	Maison de retraite Terre Nègre
Gymnase Grand Parc 3	Résidence de retraite médicalisée des Carmes
Ecole maternelle Pierre Trébod	Halte-garderie la souris verte

Ensemble des équipements intégrés dans l'étude de desserte énergétique

Du point de vue des caractéristiques énergétiques des logements et équipements étudiés, celles-ci sont synthétisées dans le tableau suivant, faisant apparaître les besoins en chaleur en sortie de chaufferie (pour le chauffage et l'ECS) et la puissance nécessaire à installer pour les couvrir, dans la situation telle qu'elle est aujourd'hui.

Secteurs/Bâtiments	Nb logements	Surface (m²)	Besoin chauffage (MWh/an)	Besoin ECS (MWh/an)	Besoin sortie de chaufferie (MWh/an)	Puissance (MW)
RESIDENTIEL						
Secteur sauvegardé	694	64 471	5 425	1 354	9 011	5,0
UC (hors UF > 50 logts et > 75 % social)	13 614	916 225	96 913	19 241	154 654	98,0
UM (hors UF > 50 logts et > 75 % social)	3 254	262 040	35 970	5 503	55 306	23,4
UF > 50 logts et > 75 % social (UC + UM + UD)	5 504	352 189	31 119	7 396	51 217	39,6
Sous-total	23 066	1 594 925	169 427	33 493	270 188	166,1
EQUIPEMENTS						
Enseignement		?	3 720	744	5 943	8,8
Sports		?	568	114	908	?
Hôpitaux		?	3 656	731	5 842	6,4
Maisons de retraite		3 053	2 971	594	4 747	5,9
Crèches		?	204	41	327	0,4
Sous-total		3 053	11 120	2 224	17 766	21,4
TOTAL	23 066	1 597 978	180 547	35 717	287 954	188

Besoins en chaleur et puissance des bâtiments étudiés avant rénovation

On s'aperçoit que 166 MW sont nécessaires pour desservir l'ensemble des logements, dont 40 pour les ensembles d'habitat social et qu'il faut 22 MW pour couvrir les équipements listés précédemment. **En visant une performance « BBC Rénovation »** pour l'ensemble des logements et des équipements, les caractéristiques énergétiques deviennent les suivantes :

Secteurs/Bâtiments	Nb logements	Surface (m²)	Besoin chauffage (MWh/an)	Besoin ECS (MWh/an)	Besoin sortie de chaufferie (MWh/an)	Puissance (MW)
RESIDENTIEL						
Secteur sauvegardé	694	64 471	1 934	1 289	4 244	3,3
UC (hors UF > 50 logts et > 75 % social)	13 614	916 225	27 487	18 325	60 318	65,3
UM (hors UF > 50 logts et > 75 % social)	3 254	262 040	7 861	5 241	17 251	15,6
UF > 50 logts et > 75 % social (UC + UM + UD)	5 504	352 189	10 566	7 044	23 186	26,4
Sous-total	23 066	1 594 925	47 848	31 899	104 999	110,7
EQUIPEMENTS						
Enseignement		0	1 860	744	3 447	4,4
Sports		0	284	114	527	?
Hôpitaux		0	1 828	731	3 388	3,2
Maisons de retraite		3 053	1 486	594	2 753	2,9
Crèches		0	102	41	189	0,2
Sous-total		3 053	5 560	2 224	10 305	10,7
TOTAL	23 066	1 597 978	53 408	34 123	115 304	121

Besoins en chaleur et puissance des bâtiments étudiés après rénovation

La puissance nécessaire pour desservir l'ensemble des logements, passe à 111 MW, dont 27 pour les ensembles de plus de 50 logements et à plus de 75 % sociaux, et celle pour couvrir les équipements diminue de moitié.

Comme cela a été précisé auparavant, le raccordement spontané à un réseau de chaleur de plusieurs centaines ou de milliers de logements étant illusoire, l'idée est de structurer le réseau à partir de gros consommateurs, à unicité de maître d'ouvrage, qui une fois rénovés, permettront d'étendre le réseau et d'y relier une partie des logements des deux tissus de centralité et d'échoppes.

Le tableau suivant présente cette logique de constitution du réseau, en faisant apparaître les puissances en jeu :

	Avant rénovation	Après rénovation
Logements (tissus de centralité et d'échoppes)	133 MW	89 MW
UF > 50 logements et > 75 % social du périmètre	40 MW	26 MW
Équipements	21 MW	11 MW
TOTAL	188 MW	121 MW

Puissances en jeu sur le secteur d'étude

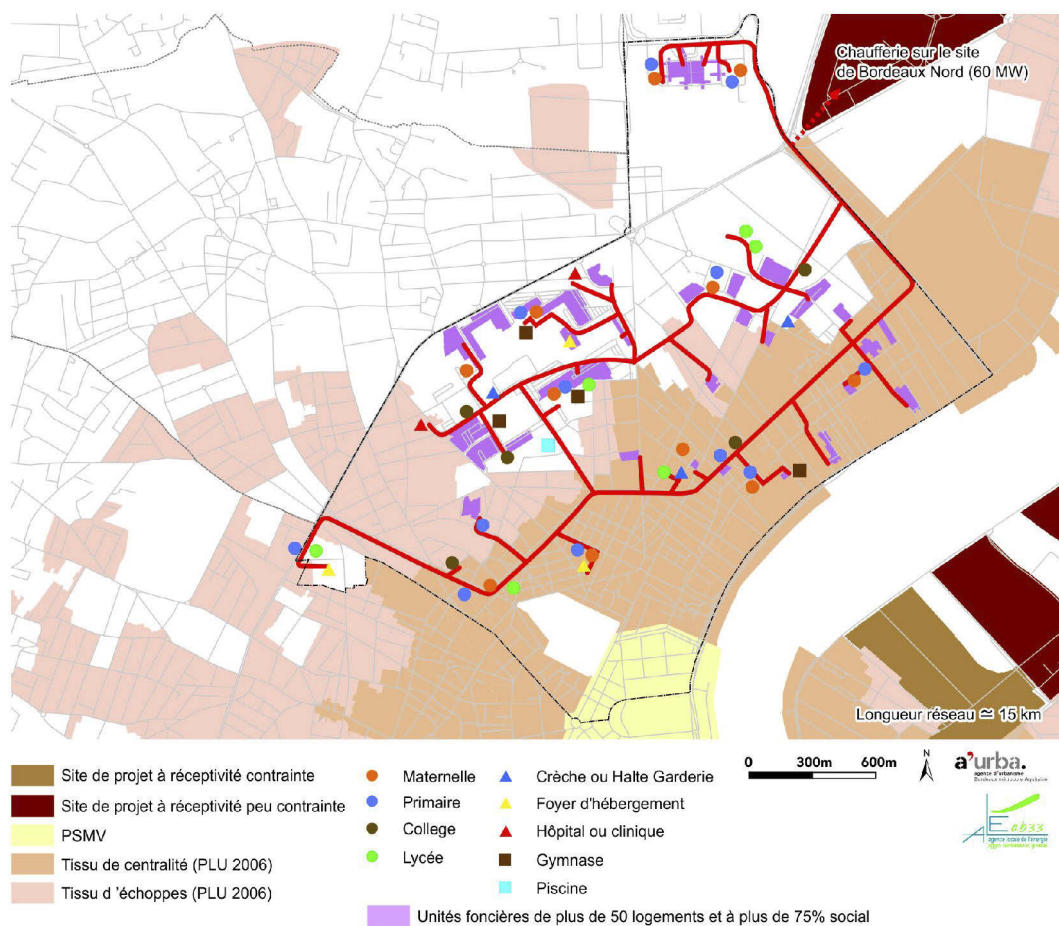
Dans un premier temps (avant rénovation), la création d'une chaufferie de 61 MW permettrait de desservir les ensembles de plus de 50 logements et à plus de 75 % sociaux et les équipements recensés (réseau structurant), qui une fois rénovés, dégageront de la puissance - $61 - 37 = 24$ MW - pour assurer la fourniture en chaleur d'environ 5 000 logements rénovés.

Même si cette approche reste à préciser en termes de périmètre de desserte ou de puissance maximale installable sur les sites à projets, la logique de mise en place d'un réseau de chaleur comprend les deux étapes suivantes :

- structuration du réseau autour des gros consommateurs à unicité de maître d'ouvrage (ensembles de logements collectifs, équipements),
- réhabilitation thermique de ces bâtiments consommateurs et extension du réseau aux logements des deux tissus de centralité et d'échoppes.

La carte ci-contre schématise la configuration potentielle d'un réseau de chaleur structurant sur ce secteur, desservant équipements et ensembles de plus de 50 logements et à plus de 75 % sociaux.

Proposition de réseau de chaleur pour le secteur nord de Bordeaux

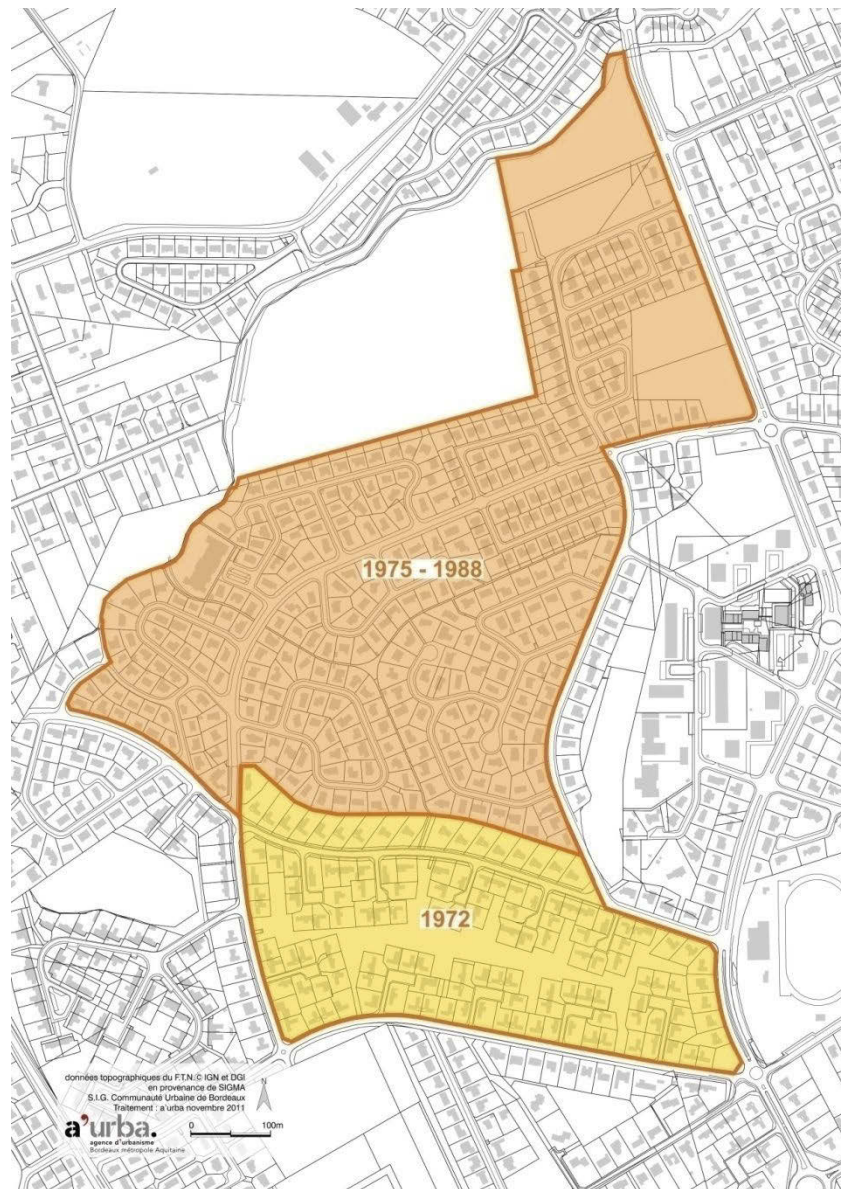


5.4 | Le tissu pavillonnaire

L'étude du tissu pavillonnaire – qui représente près de la moitié des besoins en chauffage du parc résidentiel de la CUB – s'est portée sur un quartier de Pessac situé au niveau de la ZAC Cap de Bos. Le périmètre comprend environ 500 maisons individuelles construites sur deux périodes – 1972 pour un quart d'entre elles et fin des années 1970 / début 1980 pour les autres – à côté duquel se situe une zone d'aménagement (Chappement-Lucildo).



Situation du secteur d'étude du tissu pavillonnaire sur la ville de Pessac



Répartition géographique en fonction des périodes de construction

Comme pour les trois autres tissus, la première étape de l'étude a consisté à qualifier et quantifier la demande en énergie de l'ensemble des bâtiments situés sur ce périmètre, constitué exclusivement de maisons individuelles.

Pour chacun des îlots du périmètre, les données et indicateurs suivants ont été déterminés :

- besoins et consommations en chauffage / ECS,
- type d'énergie utilisée,
- données générales : surface habitable...
- puissances utiles,
- émissions de CO₂.

L'ensemble des besoins de chauffage et d'ECS ont été obtenus à partir des bases de données et de l'étude de caractérisation thermique du parc bâti résidentiel réalisé par l'a-urba, ainsi que de ratios tirés de retours d'expérience et de l'état de l'art.

Il est à noter que certaines données sont aussi reliées à un facteur d'incertitude comme le comportement des occupants ou encore le mode de chauffage des logements où les données (INSEE) datent de 1999.

	Résidentiel
Nombre d'îlots	21
Nombre de logements	511
Surface	53 900 m ²
Type de chauffage	Electricité : 25 % Gaz : 68 % Autre : 7 %
Besoins thermiques théoriques	Chauffage : 12 900 MWh (~ 240 kWh/m ² /an) ECS : 1 100 MWh TOTAL : 14 000 MWh
Consommations énergétiques actuelles estimées	20 400 MWh
Puissance utile	12,3 MW

Caractéristiques énergétiques du périmètre étudié sur le tissu pavillonnaire

L'analyse des modes de chauffage montre la part prépondérante du chauffage au gaz dans les logements (environ 70 %), le chauffage électrique étant présent à hauteur de 25 %.

Du point de vue de la représentativité du périmètre par rapport à l'ensemble du tissu, celui-ci compte environ pour 1/200, que ce soit en nombre de logements, de surface ou de besoins énergétiques.

L'étude s'est attachée ensuite à regarder quelle était la réponse de desserte énergétique la plus adaptée, avec d'une part la faisabilité d'une solution collective, c'est-à-dire la création d'un réseau de chaleur, et d'autre part, la mise en place de solutions individuelles à l'échelle des bâtiments.

NB : Il est important de préciser que l'ensemble des solutions étudiées ici constitue un premier travail de l'analyse du tissu pavillonnaire et qu'il n'est donc pas exhaustif. Il conviendra d'élargir ensuite les solutions de desserte énergétique lors des prochaines études de quartier prévues sur ce type de tissu.

5.4.1 | Approche collective de desserte énergétique

En faisant le choix d'une desserte collective du quartier via un réseau de chaleur, l'offre en énergie pour fournir l'ensemble des bâtiments à partir d'un système de production de chaleur, devrait se porter à hauteur de 18 700 MWh en sortie de chaufferie sur 8,5 km, pour une puissance de 7,4 MW.

La densité énergétique serait alors de 2,2 MWh/ml (énergie) et 0,9 kW/ml (puissance), valeurs relativement proches des valeurs limites de 1,5 MWh/ml et 1 kW/ml décrites précédemment.

La prise en compte de travaux de rénovation, de type « BBC Rénovation », qui permet une forte diminution des besoins de chaleur à fournir (18 700 MWh → 3 600 MWh) et de la puissance à installer (7,4 MW → 5 MW), entraîne de ce fait une diminution des ratios de densité énergétique, qui deviennent alors bien inférieurs aux valeurs limites : 0,4 MWh/ml et 0,6 kW/ml.

Dans un souci d'atteindre le facteur 4 à l'horizon 2050, qui devra obligatoirement associer rénovation thermique et mutation vers des EnRR, la faible densité éner-

tique du tissu montre que la solution du réseau de chaleur n'est pas envisageable, au vu de ces ratios à valeur économique, pour desservir l'ensemble des maisons du périmètre, stricto sensu.

La distinction entre les deux périodes de construction (1972 et 1975-1988), qui pouvait laisser envisager des résultats différents au vu des variations de disposition des maisons et d'occupation de l'espace, conduit cependant à la même conclusion. Enfin, la zone de projet de Chappement-Lucildo située à proximité (avec l'hypothèse de construction de 470 logements BBC et de 5800 m² SHON de commerces et d'artisanat) ne semble pas pouvoir créer non plus d'effet dynamique de développement de réseau de chaleur, pour les mêmes raisons de densité énergétique, même si la mise en place d'un réseau de chaleur sur l'opération en elle-même ne peut être arbitrée sur ces simples ratios de densité.



Principe d'aménagement de la zone de Chappement-Lucildo

Bien qu'un réseau de chaleur ne semble pas envisageable sur ce quartier au vu des ratios calculés, il convient de préciser que ceux-ci ne constituent pas une fin en soi, comme cela a été précisé précédemment. Ces ratios pourraient d'une part évoluer au cours du temps (conséquences de l'augmentation des prix des énergies fossiles et fissiles), justifiant alors le recours au réseau de chaleur. D'autre part, la présence de gros consommateurs et de sites de projets denses à proximité pourrait aussi rendre la solution du réseau de chaleur intéressante pour desservir ce type de tissu. C'est notamment ce qu'étudieront l'ALEC et l'a-urba courant 2012 sur Blanquefort (cf. paragraphe 6.4). A cette étude pourront s'ajouter d'autres analyses et scénarii complémentaires comme la mise en place d'un réseau de chaleur avec stockage inter-saisonnier de chaleur solaire.

5.4.2 | Solutions individuelles

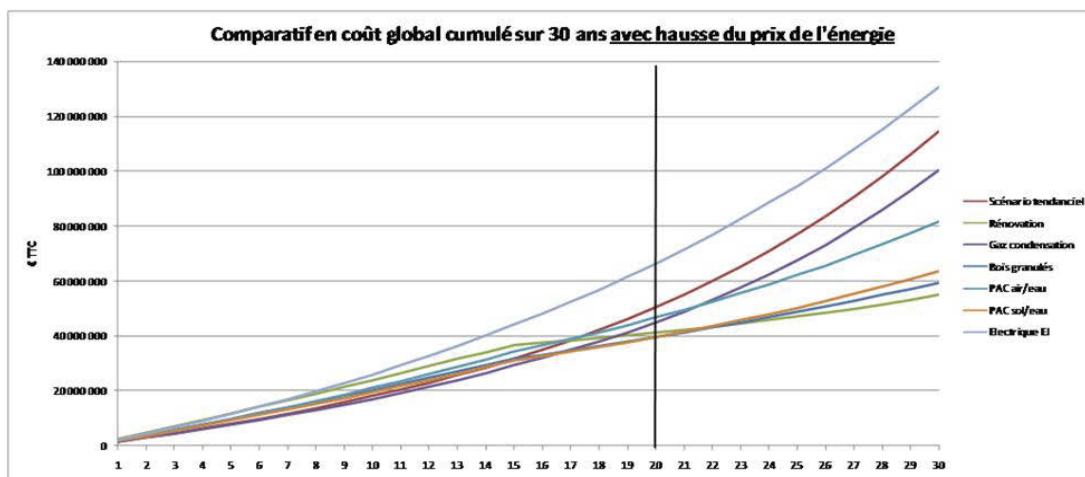
Plusieurs scénarii de production de chaleur individuelle ont ensuite été étudiés, en plus du scénario de base existant (i.e. la situation actuelle avec 70 % de chauffage gaz et 25 % de chauffage électrique direct), à travers les systèmes de production suivants :

- chaudière gaz condensation,
- chauffage électrique direct,
- chaudière bois granulés,
- PAC air/eau,
- PAC sol/eau.

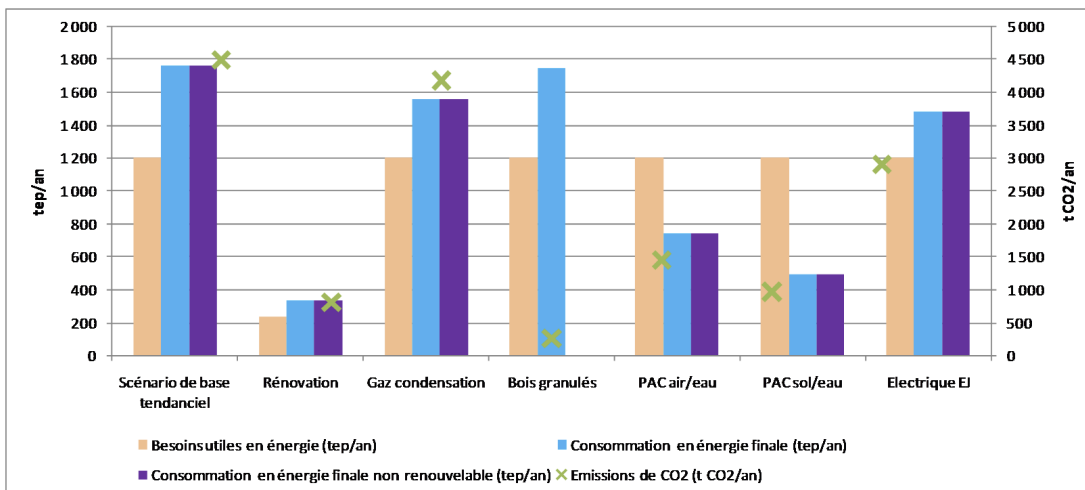
Chacun de ces moyens de production de chaleur (chauffage + ECS) a été associé ou non à un système de production d'ECS solaire et/ou à des travaux de réhabilitation thermique (niveau « BBC Rénovation »).

Ces scénarii ont ensuite été comparés entre eux d'un point de vue énergétique, économique (coût global : prise en compte des coûts de l'énergie, d'entretien et des différents investissements) et environnemental.

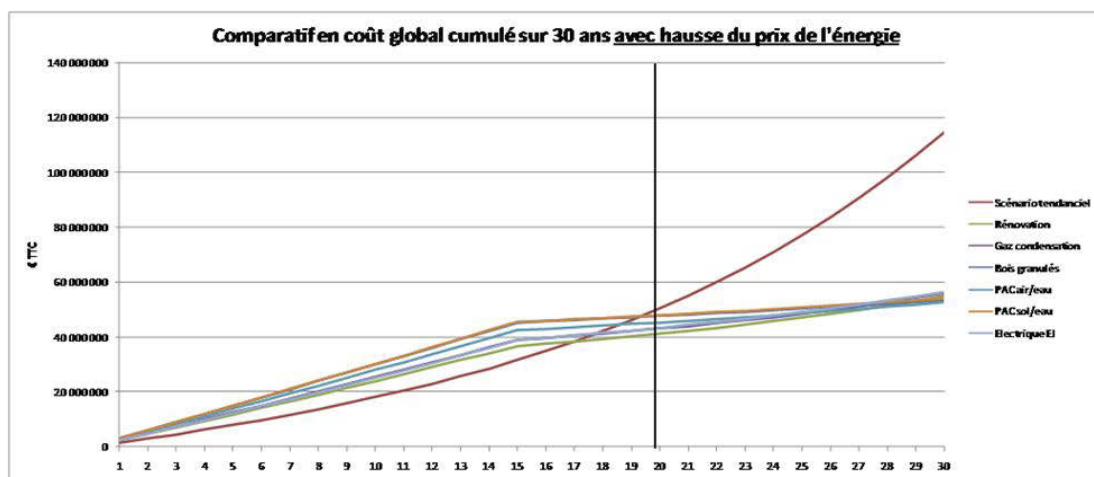
Les deux premiers graphiques ci-dessous présentent cette comparaison économique et environnementale, sans prise en compte de travaux de rénovation, et les deux suivants en considérant la réhabilitation thermique des logements.



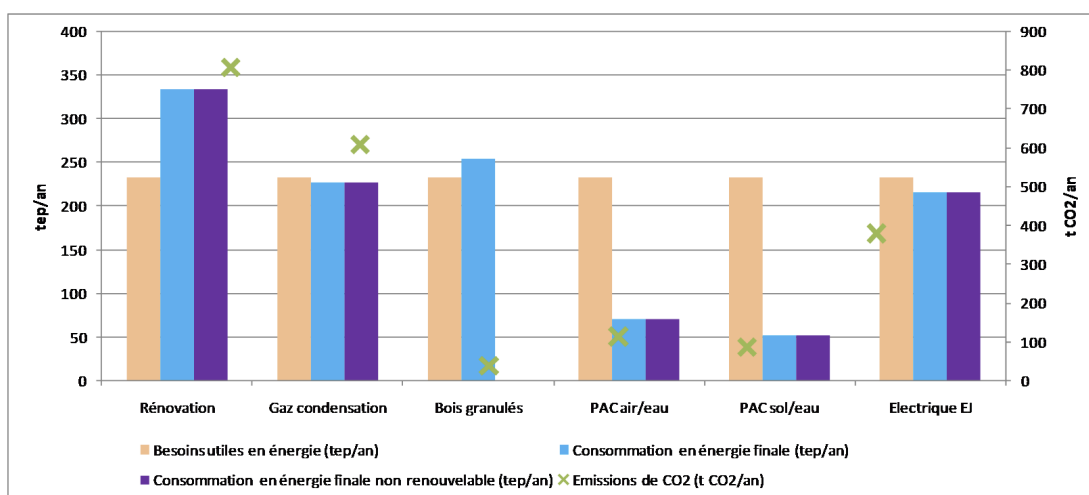
Comparatif en coût global cumulé sur 30 ans sans travaux de rénovation et sans ECS solaire



Bilan environnemental sans travaux de rénovation (sauf le scénario « Rénovation ») et sans ECS solaire



Comparatif en coût global cumulé sur 30 ans avec travaux de rénovation et sans ECS solaire



Bilan environnemental avec travaux de rénovation et sans ECS solaire

Les résultats montrent tout d'abord l'importance des travaux de rénovation sur ce type de tissu :

- gisement de « négaWatts » important,
- plus grande facilité technique de travaux (moins de contraintes),
- coût global et bilan environnemental performants et intéressants vis-à-vis du simple changement d'énergie.

Ensuite, les études en coût global permettent d'écarter certains scénarii, notamment hors rénovation (électrique direct, gaz condensation...), et montrent qu'il n'existe pas de solution unique de production de chaleur renouvelable à imposer à l'ensemble des maisons. En effet, compte tenu du manque de précision de certaines données et de la particularité de chaque bâtiment, la détermination du mode de chauffage est à définir au cas par cas, notamment via les Espaces Info Energie.

Le rôle de la planification énergétique sur le tissu pavillonnaire

Malgré les différentes possibilités de solutions énergétiques individuelles, qui peuvent être déterminées au cas par cas, la planification énergétique a son rôle à l'échelle macroscopique dans la quantification des ressources disponibles et de leur attribution à l'ensemble du territoire. En effet, l'orientation vers telle ou telle EnRR, au-delà des caractéristiques du bâtiment qui sera alimenté, doit tenir compte de la ressource mobilisable sur le territoire (quantité de bois disponible, nombre de forages géothermiques envisageables, etc.) et des choix d'approvisionnement qui sont faits sur les autres tissus ou quartiers.

De ce fait, se pose aussi la question de la place du solaire thermique sur ce tissu urbain. Bien qu'il représente un surcoût à l'investissement, et un surcoût en coût global sur 20 ans de l'ordre de 5 %, son intégration permet une économie d'énergie primaire non négligeable dans le bilan énergétique final d'un territoire. Le tissu pavillonnaire représente ainsi un terrain propice (inclinaison et orientation des toitures, moins de restrictions architecturales qu'en centre ancien...) pour récupérer cette énergie plutôt que d'utiliser d'autres ressources renouvelables qui pourraient être plus difficilement mobilisables (tensions sur la filière bois, puissances électriques appelées...).

Citons également par exemple le cas des PAC air/eau dont la multiplication à l'échelle d'un quartier pourrait entraîner des problèmes de "voisinage" (bruit des unités extérieures : compresseurs, ventilateurs), sans compter les impacts visuels et architecturaux, ainsi que des problèmes de pointe sur le réseau électrique, qui est double dans ce cas :

- pointe instantanée à chaque démarrage du compresseur,
- pointe cumulée d'un ensemble de PAC sur un quartier.

D'autre part, les liens entre énergétique et urbanisme sur ce type de tissu sont présents à deux échelles. Ils sont bien sûrs évidents lorsque la réflexion est portée à un ensemble d'îlots, avec une réponse collective, et une interaction entre plusieurs types de bâtiment, avec des dynamiques de territoire. Ils sont plus limités à l'échelle de la parcelle où ce sont finalement les caractéristiques intrinsèques de celle-ci qui peuvent conditionner le recours à une énergie ou à une autre : orientation et inclinaison de la toiture de la maison (solaire), surface de terrain disponible pour l'enfouissement de capteurs horizontaux (géothermie)...

Vers la réalisation de fiches typologiques « bâtiment »

La variété des typologies de bâtiments et des systèmes de chauffage observée sur ce tissu, couplée à l'importance de la rénovation, renforce la nécessité d'obtenir des données plus précises quant aux travaux de réhabilitation et à leurs coûts. Le bureau d'études La Calade mène actuellement pour le compte de la DREAL/CEBATRAMA une étude détaillée sur le bâti aquitain et l'élaboration de stratégies de réhabilitation énergétique, apportant de nombreuses informations technico-économiques sur ces travaux. Il serait ainsi intéressant de mener un travail collaboratif entre cette étude et la mission de planification énergétique afin d'amener une certaine cohérence dans les démarches entreprises, et de poursuivre ensuite la réalisation de fiches bâtiments commencée cette année par l'a-urba pour les maisons individuelles d'avant 1900 (cf. partie 5.5 suivante). Ces fiches sont nécessaires pour connaître les solutions techniques précises et pratiques de rénovation et leurs coûts

associés, pour chacune des typologies de bâtiment, et affiner les études de pré-faisabilité énergétiques menées dans le cadre de la mission de planification.

5.5 | Zoom sur la rénovation des logements

Les analyses réalisées dans le cadre des différents zooms s'attachent surtout à la question de la mutation énergétique des tissus urbains, même si la question de la rénovation thermique du bâti y est traitée de façon systématique, sous la forme de ratios « génériques ».

Pour autant, le bâti bordelais présente un certain nombre de spécificités qui appellent des solutions de rénovation adaptées. Les 14 types présentés dans la troisième partie de ce rapport constituent une première répartition typologique du bâti résidentiel communautaire mais celle-ci paraît encore trop générale pour rendre compte de la diversité des caractéristiques constructives de chaque période de développement urbain.

Un travail a donc été réalisé par l'a-urba et l'ALEC¹¹ pour préciser cette typologie et proposer une méthodologie visant à traiter la question de la rénovation « Facteur 4 » du parc résidentiel de la CUB.

La méthodologie proposée consiste à modéliser graphiquement (3D) et thermiquement chaque type de bâti caractéristique. Cette modélisation permet de calculer le besoin de chauffage du bâtiment, d'identifier ses faiblesses et d'évaluer l'efficacité de mesures d'amélioration des performances énergétiques vis-à-vis des déperditions par les parois (toiture, plancher, murs, ouvrants) et la ventilation. L'objectif est de dégager la ou les solutions offrant le meilleur rapport gain/coût par poste de travaux, sur la base d'un référentiel de solutions techniques à constituer.

L'ensemble de ces analyses sont alors synthétisées dans une fiche typologique. Le corpus de fiches typologiques ainsi constituées permet de répondre à trois grands objectifs :

- affiner les coûts de rénovation par type de bâtiment pour rendre plus « contextuelles » les analyses en coût global conduites dans le cadre d'études pré-opérationnelles ;
- disposer de fiches de travaux-types en vue d'une diffusion grand-public ;
- identifier les filières de construction à développer localement au vu des solutions proposées et évaluer les retombées économiques de la rénovation « Facteur 4 » du bâti.

Cette méthodologie a été testée dans le cas spécifique de « l'échoppe simple d'avant 1900 ». Il en est ainsi ressorti deux impératifs pour mener à bien un tel travail :

- d'une part, mettre autour de la table un certain nombre d'acteurs du bâtiment (architectes, bureaux d'études techniques, thermiciens, organismes professionnels...) afin de qualifier et de partager les solutions techniques à retenir ;
- d'autre part, disposer d'un retour d'expérience sur les solutions retenues avant diffusion « massive » auprès du grand-public et des acteurs du bâtiment.

11 « Rénovation thermique du parc bâti résidentiel de la CUB », a'urba-ALEC, 2011



6 | Conclusion : premiers enseignements

6 | Conclusion : premiers enseignements

6.1 | La pertinence des réseaux de chaleur en milieu urbain dense

La présente partie a pour objectif de rappeler la pertinence des réseaux de chaleur, alimentés en EnRR, en milieu urbain dense, en rappelant tout d'abord les principales conclusions tirées de l'étude de préféabilité énergétique réalisée sur le secteur de Mérignac « Pichey-Yser », et en précisant ensuite de manière générale les avantages des réseaux de chaleur et les aspects de mise en œuvre.

6.1.1 | Retour d'expérience de l'étude de Mérignac « Pichey-Yser » d'un point de vue technico-économique et environnemental

L'adéquation entre besoins et ressources énergétiques sur le secteur de Mérignac « Pichey-Yser », représentatif du tissu diversifié, a montré la nécessité de recourir au réseau de chaleur pour alimenter massivement en chaleur renouvelable l'ensemble des consommateurs et a ainsi pu être étudiée sur 12 ensembles de bâtiments, regroupant près de 1 700 logements et 5 bâtiments communaux, à travers 6 scénarii :

- (1) Situation actuelle
- (2) Réseau de chaleur bois (sans rénovation)
- (3) Réseau de chaleur géothermique (sans rénovation)
- (4) Réseau de chaleur gaz (sans rénovation)
- (5) Rénovation des logements uniquement
- (6) Rénovation des logements et réseau de chaleur (géothermique)

Face à la double exigence de réduction de la demande en énergie (rénovation thermique) et de conversion vers des énergies renouvelables (mutation énergétique), ces scénarii peuvent être regroupés en 4 catégories :

	Sans mutation énergétique EnR	Avec mutation énergétique EnR
Sans rénovation thermique	Scénario 1	Scénario 2
	Scénario 4	Scénario 3
Avec rénovation thermique	Scénario 5	Scénario 6

Bilan environnemental :

Du point de vue environnemental (émissions de CO₂ et consommations d'énergie), seul le scénario 6 (rénovation + réseau de chaleur) permet à la fois une réduction par 4 des émissions de GES et une diminution importante des consommations énergétiques liées au chauffage et à l'ECS. C'est vers ce scénario que devront tendre toutes les opérations de réseaux de chaleur à engager sur le parc de bâtiments du territoire de la CUB, au sens des deux exigences.

Les scénarii 2 et 3 permettent également d'atteindre le facteur 4 pour les émissions de GES ainsi que de diminuer considérablement les consommations d'énergie non renouvelable, mais les consommations d'énergie finale, elles, ne varient que très peu au final car les travaux de rénovation ne sont pas engagés.

Ces solutions, dans un contexte plus global, ne seraient donc pas viables à long terme, les ressources renouvelables mobilisées risquant de se retrouver limitées pour répondre à l'ensemble des besoins (physiquement et/ou économiquement).

Cependant, elles peuvent constituer une première étape stratégique de mutation énergétique avant de procéder à la rénovation thermique du bâti existant, rénovation qui pourra notamment permettre par la suite de raccorder d'autres bâtiments au réseau de chaleur.

Le scénario 5 donne lieu à une importante réduction des consommations énergétiques et des émissions de GES, mais il reste insuffisant dans l'objectif du facteur 4 et continue d'utiliser des énergies non renouvelables pour répondre aux besoins de chaleur.

Quant aux scénarii 1 et 4, ils ne permettent de réduire significativement ni les émissions de GES ni les consommations énergétiques.

Bilan économique :

Du point de vue économique (en raisonnant en coût global sur une durée de 30 ans), les scénarii les plus intéressants sont les scénarii 2 et 3, qu'il y ait ou non prise en compte d'une subvention de 30 % sur le coût du réseau de chaleur, celle-ci n'ayant finalement que peu d'impact - hormis sur la capacité d'investissement du maître d'ouvrage en début de projet.

Le coût des travaux ayant un impact important sur le coût global ainsi qu'en termes de capacité d'investissement (scénarii 5 et 6), les scénarii 2 et 3 peuvent être envisagés dans un premier temps avant d'engager progressivement la rénovation thermique du bâti existant.

Il est à noter que les hypothèses faites sur l'évolution des prix des énergies sont assez prudentes et réalistes. L'augmentation des prix des combustibles fossiles pourrait être plus élevée et d'autres coûts liés aux impacts environnementaux (externalités) pourraient être ajoutés (ex. taxe carbone), renforçant ainsi le choix de rénover et/ou d'engager une mutation énergétique.

Enfin, il convient de préciser que cette analyse en coût global fait intervenir différents coûts et différents acteurs : investissement dans un réseau de chaleur, investissement en partie privative des immeubles, coût de fonctionnement et d'exploitation. Il conviendrait par la suite de définir un plan de financement pour chaque partie prenante (ville, opérateur éventuel, bailleurs, locataires...).

Par ailleurs, les hypothèses prises sur le montage financier, qui ont permis de définir un prix unitaire de la part fixe et de la part variable de l'énergie issue d'un réseau de chaleur, pourraient être optimisées (taux d'emprunt, fonds propres, amortissement...)

6.1.2 | Le choix d'un réseau de chaleur : avantages et aspects de mise en œuvre

D'un point de vue technico-économique, la mise en place d'un réseau de chaleur représente donc une réponse de mutation énergétique pertinente : c'est aujourd'hui le seul moyen d'apporter massivement de la chaleur renouvelable en milieu dense urbain.

De plus, le choix du raccordement au réseau de chauffage urbain est une décision qui privilégie le long terme, aussi bien pour les occupants que pour les propriétaires, et qui présente de nombreux avantages :

- **Bouquet énergétique** : diversification des énergies utilisées et conversion énergétique facilitée pour une utilisation croissante des énergies renouvelables. Un réseau de chauffage urbain permet ainsi de choisir les sources d'énergie les plus avantageuses et de garantir la fiabilité de la fourniture de chaleur à chaque client.

- **Valorisation des ressources locales et renouvelables** : géothermie, bois énergie, biogaz, récupération sur eaux usées, élimination et valorisation des déchets ménagers, cogénération, solaire thermique (à terme)...
- **Réduction de la pollution atmosphérique locale** : mutualisation des moyens de production, traitement des fumées, surveillance continue des installations et de leurs rejets atmosphériques et respect de normes d'émissions.
- **Garantie de livraison** : gérée par un organisme compétent (Délégation de service public, Société d'économie mixte, Service public local, régie...), un réseau de chauffage urbain garantit la livraison de la chaleur 365 jours par an et 24h sur 24.
- **Maintenance simplifiée** : un réseau urbain de chaleur permet d'éviter la présence de chaufferies dans les immeubles ou de chaudières individuelles dans les appartements, ainsi que les contraintes associées à leur entretien, au ramonage des conduits de fumée...
- **Coût global stable et compétitif** : le coût global du chauffage collectif par réseau urbain de chaleur est compétitif avec celui des autres modes de chauffage, en raison de la stabilité tarifaire aussi bien de l'énergie distribuée que des charges d'entretien et de renouvellement des équipements, sur la durée de vie du poste de livraison. La tarification respecte l'égalité de traitement des usagers placés dans les mêmes conditions d'utilisation de l'énergie.
- **Pérennité des installations** : un poste de livraison de chauffage urbain est conçu pour durer plus de 30 ans sans accuser la moindre baisse de performances.
- **Gain de place** : l'utilisation de l'énergie par réseau nécessite beaucoup moins de place qu'une chaufferie locale collective de puissance équivalente. C'est également vrai dans les logements du fait de l'absence de ballon d'eau chaude ou de chaudières individuelles.
- **Sécurité des personnes et des biens** : sans stockage ou circulation de combustibles (gaz, fioul), ni combustion à l'intérieur des bâtiments, le fonctionnement du chauffage urbain garantit une plus grande sécurité. En outre, la mise à disposition d'une source de chaleur directement utilisable évite les nuisances liées au fonctionnement d'une installation de combustion dans l'immeuble.

Contraintes de mise en œuvre :

- Des investissements initiaux importants, mais qui trouvent leur équilibre dans une étude de coût global
- Phasage temporel :
 - Continuité de la fourniture de chaleur,
 - Adaptabilité de la puissance de production en fonction des puissances appelées (au fur et à mesure des raccordements des différents projets)
- Montages juridique et administratif complexe

Prise de compétence et forme juridique :

L'implication de la collectivité est indispensable pour apporter une vision globale et impulser une dynamique sur les questions d'approvisionnement énergétique. Concernant le montage juridique, de nombreuses solutions peuvent être envisagées.

La première question à se poser réside dans le choix du portage de la desserte énergétique et de son exploitation : public ou privé.

Choisir un portage public offre davantage de sécurité dans la maîtrise des coûts.

La CUB a notamment inscrit dans son plan climat sa volonté de développer les réseaux de chaleur en milieu urbain ; la prise de compétence « chauffage urbain et réseau de chaleur » serait dans ce cas un préalable. Sinon, ce pourrait être à l'échelle de la commune d'engager ce projet.

6.2 | Grands principes applicables au territoire communautaire

Les analyses issues des différents zooms, croisées avec les considérations d'ordre « macroscopique » abordées dans les chapitres 3 et 4, permettent de proposer un certain nombre de principes de la planification énergétique sur le territoire communautaire, qu'il conviendra de confirmer et de préciser dans la suite du travail.

Principe n°1 : « Solidarité entre le neuf et l'existant »

La configuration urbaine propre aux tissus de centralité (densité énergétique relativement élevée mais foncier « diffus » peu disponible) nous a amené à faire la proposition de mobiliser les sites de projet du centre de l'agglomération pour y installer des chaufferies visant à desservir les consommateurs existant à proximité des sites de projet, afin d'**opérer la mutation énergétique du parc ancien dans une logique d'effet levier à partir des dynamiques engagées sur les sites de projet**.

Compte tenu du nombre élevé de sites de projet sur l'ensemble du territoire communautaire (cf § 3.2), cette proposition pourrait être généralisée à l'échelle de la CUB. Les démarches engagées sur les sites de projet tendant à être de plus en plus exemplaires en matière de développement durable, notamment sur la question énergétique, il serait opportun de faire diffuser cette exemplarité au delà du seul périmètre de projet dès lors qu'une réflexion sur la mise en place d'un réseau de chaleur est engagée.

Il s'agirait donc de **promouvoir le développement de réseaux de chaleur que l'on pourrait qualifier « d'intégrateurs »**, c'est-à-dire intégrant construction neuve « concentrée » et parc existant.

Un certain nombre de questions relatives au montage opérationnel de tels réseaux « intégrateurs » restent cependant à approfondir, ce qui pourra être fait dans le cadre d'opérations en cours de développement sur la CUB.

Principe n°2 : « Equiper le territoire : du plus gros vers le plus fin »

Les analyses sur Mérignac « Pichey-Yser » (tissu diversifié) et Bordeaux nord (tissus de centralité et d'échoppes) ont montré l'intérêt que représentent les « gros consommateurs » pour structurer et rentabiliser un réseau de chaleur. Parmi ces « gros consommateurs », **les équipements publics et les grands ensembles de logements sociaux peuvent constituer des « facilitateurs »** de par leur maîtrise d'ouvrage unique d'une part et leur capacité à porter l'intérêt public d'autre part.

Il s'agit donc globalement de **s'appuyer sur un certain nombre de consommateurs énergétiques « clés »** afin d'équiper le territoire communautaire de réseaux énergétiques structurants.

L'on peut augurer que les consommateurs moins faciles à capter dans un premier temps (copropriétés privées, logements individuels) tendront à se raccorder à ces réseaux structurants **au fur à mesure que le « signal prix » sur l'énergie se renforcera, et surtout au fur et à mesure de la rénovation thermique des premiers bâtiments raccordés, qui générera de la puissance disponible pour desservir ces consommateurs.**

Principe n°3 : « La bonne énergie au bon endroit »

Qu'il s'agisse de systèmes de production énergétique mutualisée ou de systèmes individuels, les ressources renouvelables mobilisables sur le territoire de la CUB sont multiples, les analyses tant sur les tissus denses que sur le tissu pavillonnaire l'ont montré.

Pour autant, ces ressources ne sont pas illimitées et il a été montré que « l'équation du Facteur 4 » reste difficile à résoudre sur le territoire : **chaque énergie renouvelable ou récupérable devra être utilisée de façon optimale.** Il convient donc de les utiliser à bon escient, **par la meilleure adéquation possible entre la configuration urbaine ou architecturale en présence et les ressources localement disponibles.**

Concernant les réseaux de chaleur, trois grands gisements sont disponibles sur la CUB : le bois-énergie, la récupération des calories de l'incinération des déchets, la géothermie.

Le bois-énergie et la récupération des calories de l'incinération des déchets permettent de produire de la chaleur à haute température. Elles seront donc à réserver en priorité pour le parc existant avant rénovation, pour lequel ces ressources sont plus adaptées en raison de la faible isolation des bâtiments.

L'UIOM de Bègles pourrait constituer une ressource essentielle pour le centre ancien de Bordeaux (PSMV et ses abords) dans l'hypothèse d'une valorisation « intensive » de la production de chaleur qui lui est associée. Cette valorisation intensive nécessite une modification importante de l'usine (remplacement de la turbine à vapeur, etc.). Or pour le secteur central de Bordeaux, les alternatives sont faibles tant en termes de réseaux de chaleur (peu de foncier disponible, y compris au regard des sites de projet) que de solutions individuelles (fortes contraintes patrimoniales impactant les possibilités à la fois de réhabilitation et de mutation énergétique).

Les chaufferies bois nécessitant par ailleurs une emprise foncière importante, elles seront à privilégier sur les sites les moins contraints sur le plan foncier et, idéalement, sur ceux desservis par le fer, afin de minimiser les nuisances liées à l'approvisionnement. En outre, elles devront prendre en compte les contraintes d'ordre réglementaire, quant à l'implantation de chaufferies en milieu urbain.

La géothermie offre, pour sa part, de la chaleur à basse température. Cette source de chaleur sera donc à privilégier pour les constructions neuves, voire fortement rénovées. Du fait d'une emprise moins importante (sauf pendant le forage) que pour les chaufferies bois (mais de façon corollaire d'une puissance également moins élevée), les doublets géothermiques seront en outre à privilégier sur les sites les plus contraints sur le plan foncier.

En outre, la répartition des doublets sur le territoire communautaire devra prendre en compte les contraintes de distance minimale entre deux doublets ainsi que le potentiel globalement mobilisable sur chaque nappe, pour lequel des études détaillées restent à conduire.

Les solutions de chauffage pour la maison individuelle demandent elles aussi à être adaptées au contexte.

Mis à part le cas favorable d'une connexion du pavillonnaire à un réseau de chaleur, qui se réfère donc au paragraphe précédent, ce sont les caractéristiques intrinsèques de la parcelle qui peuvent conditionner le recours à une énergie ou à une autre : orientation et inclinaison de la toiture de la maison (solaire), surface de terrain disponible pour l'enfouissement de capteurs horizontaux (géothermie)...

Le tissu pavillonnaire semble également être un terrain plus propice (inclinaison et orientation des toitures, moins de restrictions architecturales qu'en centre ancien...) pour récupérer l'énergie solaire plutôt que d'utiliser d'autres ressources renouvelables qui pourraient être plus difficilement mobilisables (tensions sur la filière bois, puissances électriques appelées...).

Enfin, un certain nombre de ressources localisées (puits géothermiques existants peu ou non valorisés, calories contenues dans les eaux usées) sont probablement à privilégier pour des demandes spécifiques :

- logements neufs ou logements anciens fortement rénovés situés à proximité des puits géothermiques,
- « gros consommateurs » situés dans la bande des 300 mètres de part et d'autre des plus importantes canalisations d'eaux usées, en association avec des travaux de rénovation lourds, à l'instar de l'Hôtel de communauté de la CUB.

De manière générale, l'orientation vers telle ou telle EnRR, au-delà des caractéristiques du bâtiment ou du quartier qui sera alimenté, doit tenir compte de la ressource mobilisable sur le territoire (quantité de bois disponible, nombre de forages géothermiques envisageables, etc.) et des choix d'approvisionnement qui sont faits sur les autres tissus ou quartiers.

En effet, toutes les EnRR sont et seront nécessaires pour atteindre l'objectif du « Facteur 4 », chacune des ressources énergétiques ayant ses propres contraintes, que ce soit au niveau de ses caractéristiques intrinsèques (niveau de température, moyens de production, vecteur de distribution) et de son gisement. La quantité de

bois mobilisable « localement » n'est pas infinie, de même que les doublets géothermiques ne peuvent pas se multiplier indéfiniment. Cette réalité montre très clairement l'effort de réduction des besoins énergétiques à entreprendre afin de disposer de suffisamment de ressources pour couvrir les besoins utiles restants. La réflexion de mobilisation et de répartition des ressources doit donc être menée à l'ensemble du territoire de la CUB, en considérant l'ensemble des configurations de desserte énergétique possibles. Pour cela, il est nécessaire de connaître de façon relativement précise l'ensemble des gisements de chacune des EnRR à mobiliser et de réaliser des études de potentiel le cas échéant.

6.3 | Mutation énergétique ou rénovation thermique : quels enjeux ?

On le sait, l'atteinte du « Facteur 4 » nécessite de combiner baisse des consommations énergétiques et mutation vers des énergies non fossiles, et en toute logique, de commencer par engager la sobriété et l'efficacité énergétiques avant d'avoir recours aux EnRR.

Cela étant, les analyses en coût global conduites sur Mérignac « Pichey-Yser » et sur Pessac Cap-de-Bos montrent que, d'un point de vue économique, le problème de priorisation se pose différemment pour les solutions mutualisées et pour les solutions individuelles.

Ainsi, **dans le cas de réseaux de chaleur (tissus denses), le coût global le plus intéressant est atteint par la mutation énergétique seule.** La rénovation, si elle permet d'améliorer significativement le bilan environnemental, induit cependant un surcoût important par rapport à la seule mutation énergétique.

A l'inverse, **dans le cas du pavillon individuel, l'effet « rénovation » est prépondérant dans le bilan économique** : une fois la maison rénovée, les options de fourniture énergétique (fossiles ou renouvelables) semblent toutes équivalentes en coût global, même si, naturellement, le bilan environnemental avec les EnRR est bien meilleur et reste surtout en accord avec les objectifs du « Facteur 4 » visés.

Cette analyse, avec ses limites, permet de dégager les enseignements suivants :

- dans le cas de solutions mutualisées (réseaux de chaleur), la mutation énergétique présente un coût global intéressant et un impact environnemental positif alors que la rénovation thermique a un impact essentiellement environnemental ;
- dans le cas de solutions individuelles, la rénovation thermique seule et la mutation énergétique seule présentent chacune un coût global intéressant et un impact environnemental positif, mais une fois la rénovation thermique réalisée, le coût global ne permet pas de différencier sensiblement les solutions renouvelables des solutions « standard » (gaz, électrique direct...).

Ces considérations, **qui demandent à être approfondies**, peuvent inviter à **orienter les aides publiques en faveur des actions ayant un impact environnemental fort avec coût global peu avantageux :**

- rénovation thermique dans l'hypothèse de la création de réseaux de chaleur,
- mutation énergétique dans l'hypothèse de la rénovation d'un pavillon individuel.

6.4 | Suite à donner en 2012

Globalement, il est proposé que la poursuite de l'étude en 2012 s'organise en deux grands « chapitres » :

- l'un consacré à l'approche globale de la planification énergétique sur le territoire communautaire,
- l'autre à des travaux à portée opérationnelle.

Concernant l'approche globale sur le territoire communautaire, un jalon important pour l'année 2012 sera la mise au débat de la prise de compétence « Réseau de chaleur » généralisée par la CUB (débat prévu en juillet 2012).

Pour contribuer à cette réflexion, il est proposé d'identifier les secteurs favorables à l'implantation de réseaux de chaleur sur la CUB dans les 15-20 ans à venir. Cette identification reposera sur l'analyse des niveaux de gisements suivants :

1. Les secteurs d'ores et déjà favorables dans les tissus existants, selon des critères à définir (présence de gros consommateurs, foncier disponible...)
2. Les secteurs mutables dans les tissus existants (secteurs qui auront vocation à se densifier dans les 10-15 ans à venir) : travail réalisé dans le cadre de l'élaboration du PLU 3.1

Une visualisation et une première quantification du potentiel de développement des réseaux de chaleur seront réalisées à l'échelle de la CUB en superposant et articulant ces logiques selon trois échelles de temps : potentiel à 5 ans, 10 ans, 15 ans et plus. Ce travail sera en outre articulé avec le recensement des projets de réseaux de chaleur court et moyen termes mené par la CUB.

Il s'agira notamment de montrer comment les réseaux de chaleur pourraient évoluer sur le territoire selon différents processus : extension de réseaux, création de réseaux nouveaux, interconnexion des réseaux...

Ce travail sera traduit sous forme de cartes et d'un tableau de bord des sites favorables aux réseaux de chaleur. Un premier niveau d'analyse devra être réalisé pour la mi-2012 en vue du débat en conseil de communauté. Il pourra être affiné par la suite et déboucher à terme sur un outil SIG interactif permettant de quantifier et spatialiser la « densité » de l'offre et de la demande en énergie sur le territoire communautaire.

Afin de faire connaître la démarche de planification énergétique, des entretiens avec les 27 communes et les directions de la CUB en charge des opérations seront nécessaires dans les premiers mois de 2012. En outre, sur le plan technique, il conviendra, dès le début de l'année :

- d'une part, de fixer les grands principes généraux de la planification énergétique, afin de les diffuser auprès des communes et de la CUB lors des entretiens
- d'autre part, de vérifier globalement la congruence entre les ressources EnRR du territoire et l'analyse par « zooms » réalisée en 2011.

Enfin, un travail d'identification des incertitudes de la démarche (évaluation des gisements EnRR, évaluation des besoins...) et des « palliatifs » envisageables sera conduit sur l'ensemble de l'année 2012.

Concernant les travaux à portée opérationnelle, il est proposé de les phaser selon le degré d'urgence des projets d'une part, et le temps de travail disponible d'autre part.

Ainsi, le premier site étudié, dès début 2012, serait celui de Saint-Jean-Belcier/Euratlantique dans un double objectif :

- préciser la stratégie à adopter au regard du potentiel « chaleur » de l'UIOM de Bègles ;
- étudier les opportunités de raccordement de l'existant à un réseau de chaleur potentiel, en plus des futurs bâtiments qui y seront construits.

D'autres sites pourront être étudiés au cours de l'année, selon le plan de charge global de l'équipe : secteur de l'Ecoparc à Blanquefort, Campus universitaire, Hauts-de Garonne...



7 | Annexes

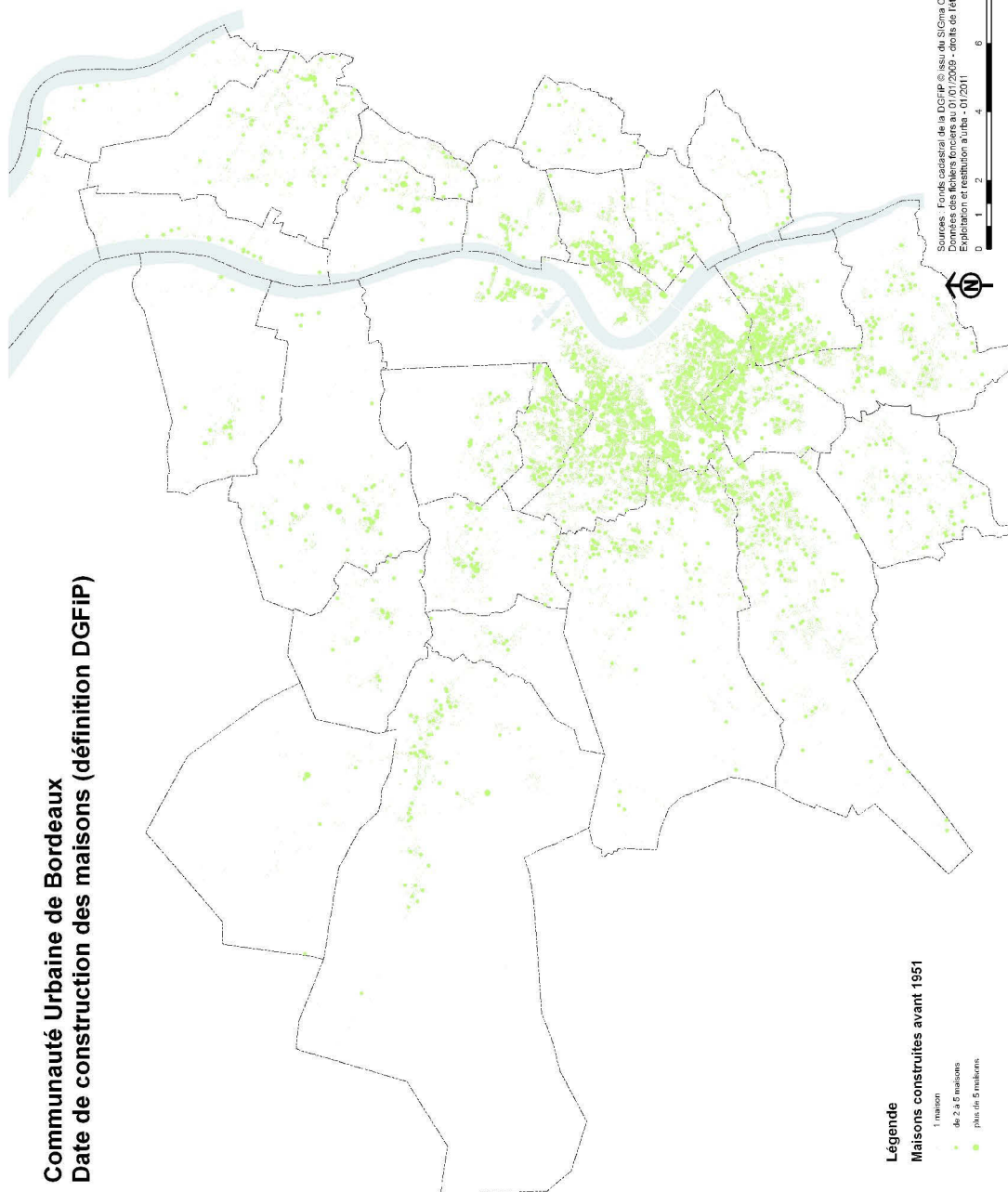
7.1 | Principaux sigles et abréviations utilisés

ALEC : Agence Locale de l'Energie et du Climat
AROSHA : Association Régionale des Organismes Sociaux pour l'Habitat d'Aquitaine
BBC : Bâtiment Basse Consommation
CEE : Certificat d'Economie d'Energie
COP : Coefficient de Performance
CUB : Communauté Urbaine de Bordeaux
DGFIP : Direction Générale des Finances Publiques
ECS : Eau Chaude Sanitaire
EnRR : Energies Renouvelables et de Récupération
GES : Gaz à Effet de Serre
ktep : kilotonne d'équivalent pétrole
kteqCO₂ : kilotonne d'équivalent CO₂
MW : Megawatt
PAC : Pompe à Chaleur
PLU : Plan Local d'Urbanisme
PNRQAD : Programme National de Requalification des Quartiers Anciens Dégradés
PSMV : Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur
RT : Règlementation Thermique
SHON : Surface Hors Œuvre Nette
UIOM : Usine d'Incinération des Ordures Ménagères

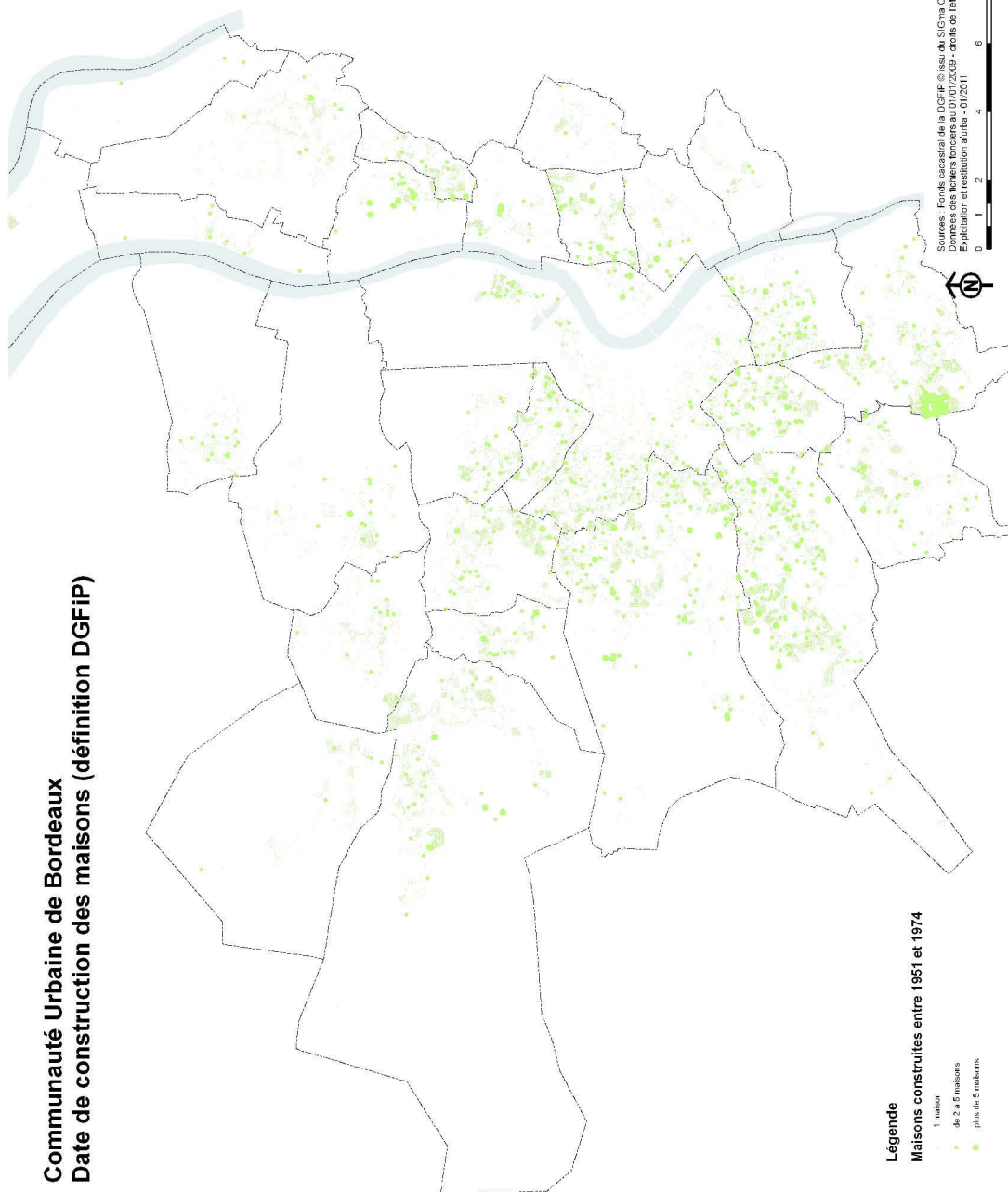
7.2 | Spatialisation du bâti résidentiel par période de construction

Nota Bene : La spatialisation a été réalisée sur la base de données de la DGFIP 2009. En cas de travaux sur le logement donnant lieu à modification de la base de taxation, c'est la date des dits travaux qui est considérée comme « nouvelle » date de construction par la DGFIP.

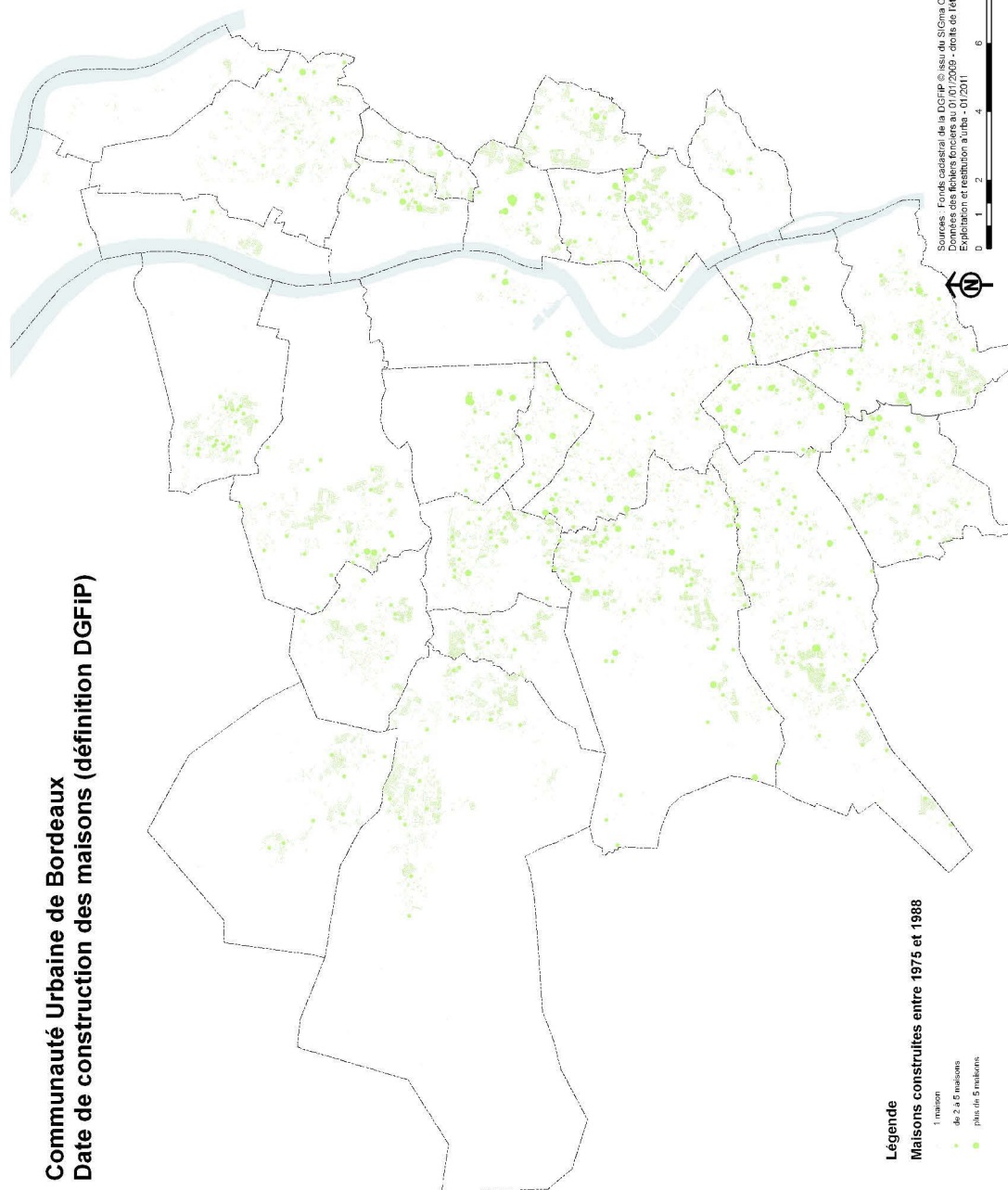
Communauté Urbaine de Bordeaux Date de construction des maisons (définition DGFIP)



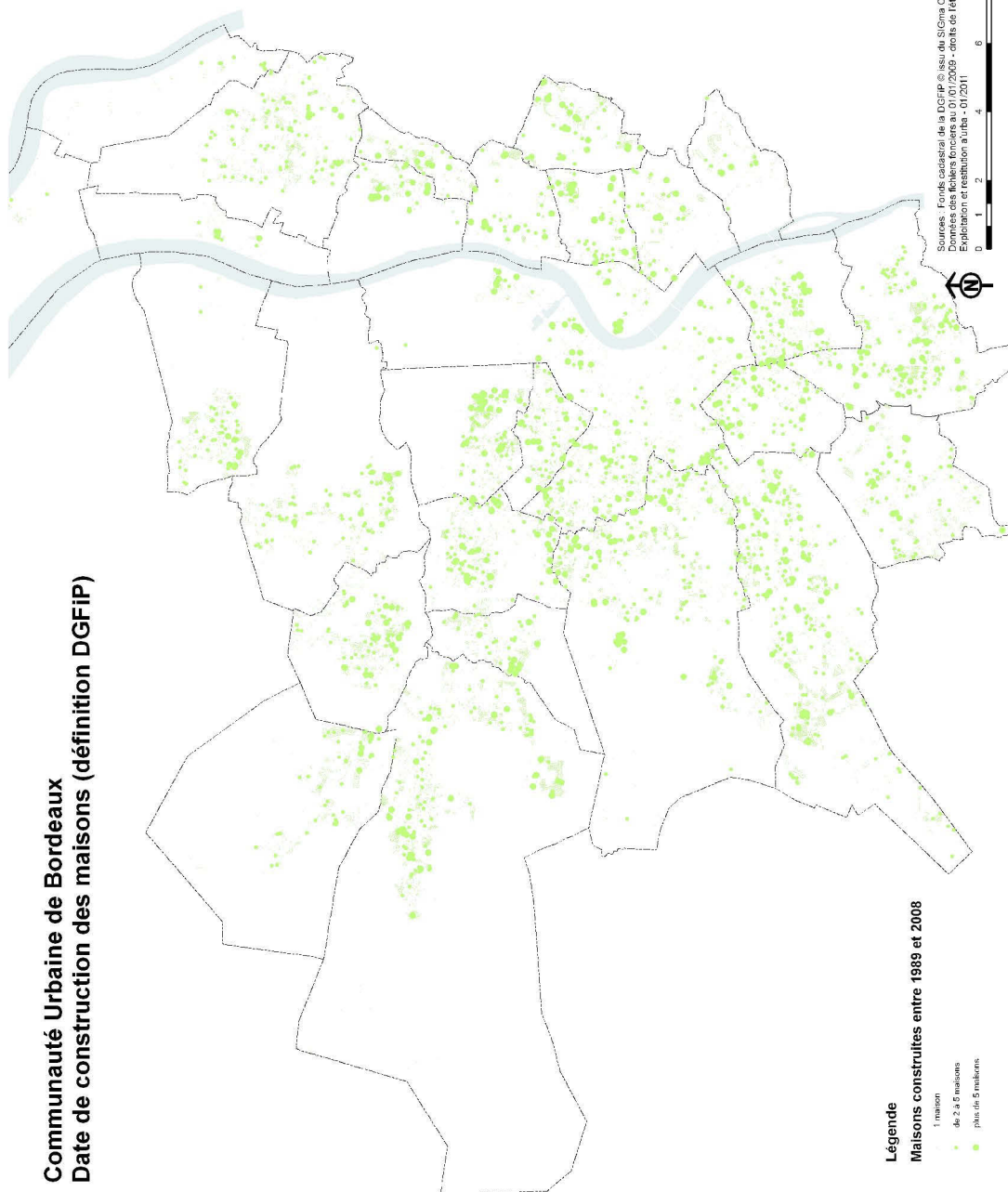
Communauté Urbaine de Bordeaux Date de construction des maisons (définition DGFIP)



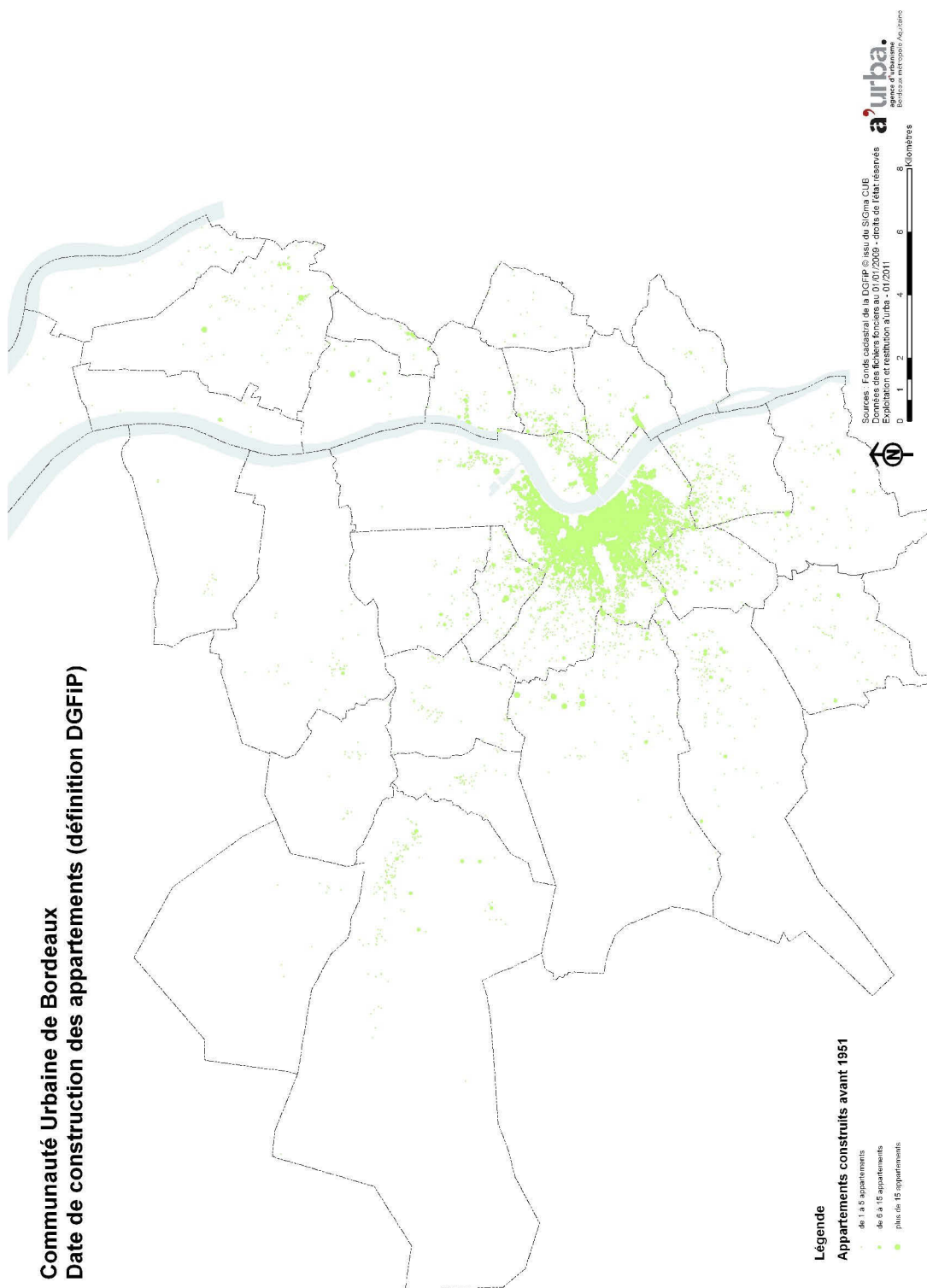
Communauté Urbaine de Bordeaux Date de construction des maisons (définition DGFIP)



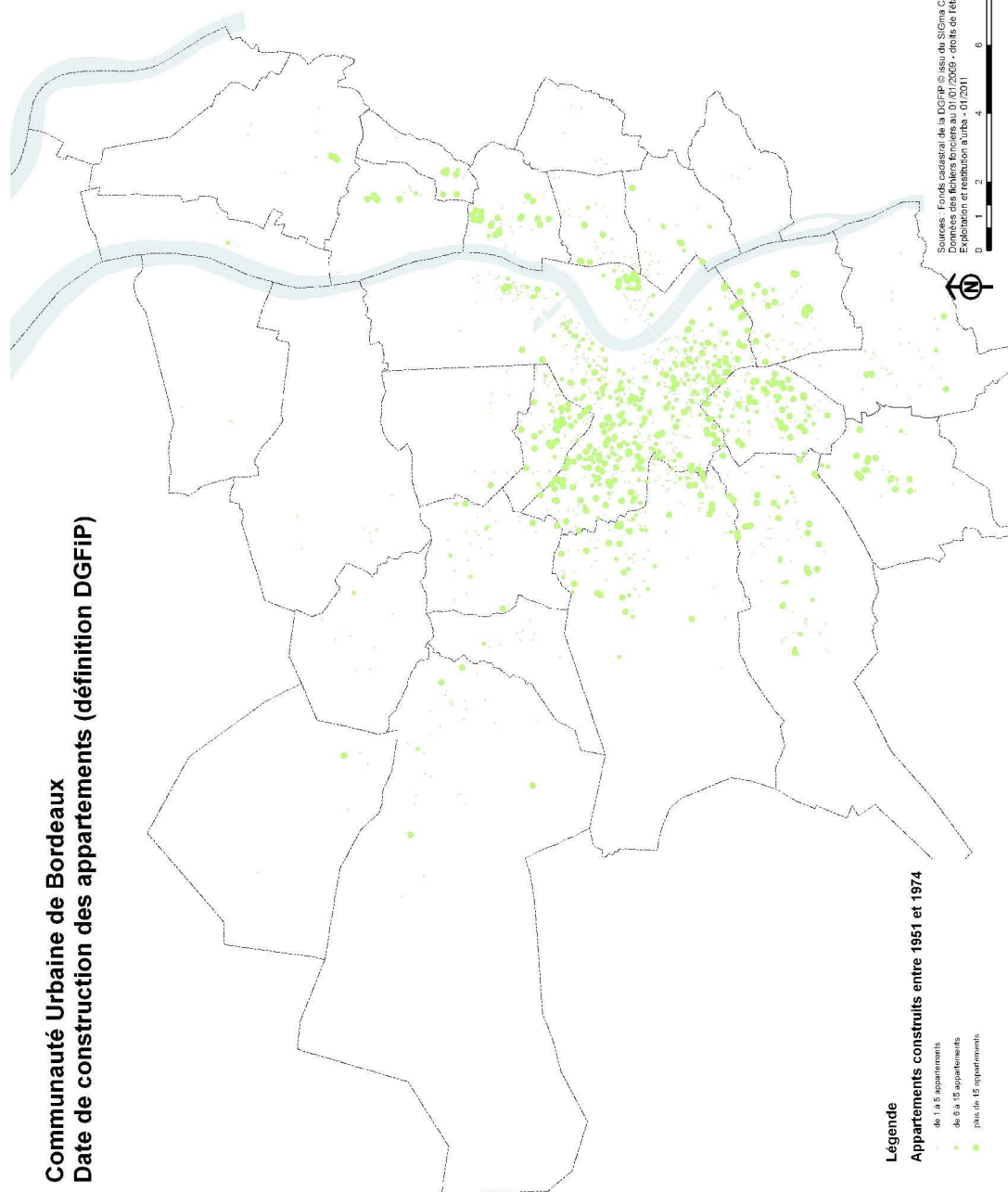
Communauté Urbaine de Bordeaux
Date de construction des maisons (définition DGFIP)



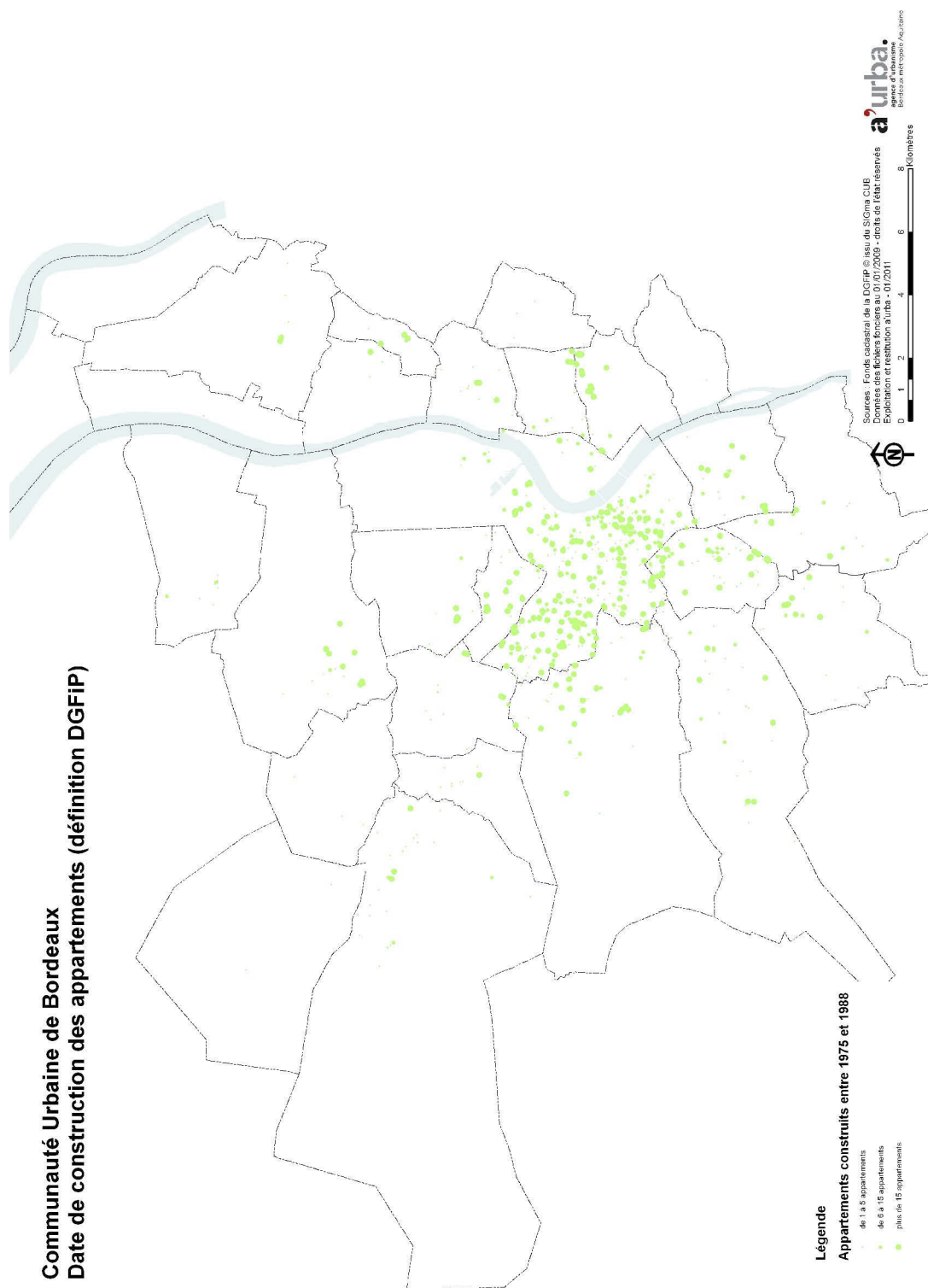
Communauté Urbaine de Bordeaux Date de construction des appartements (définition DGFIP)



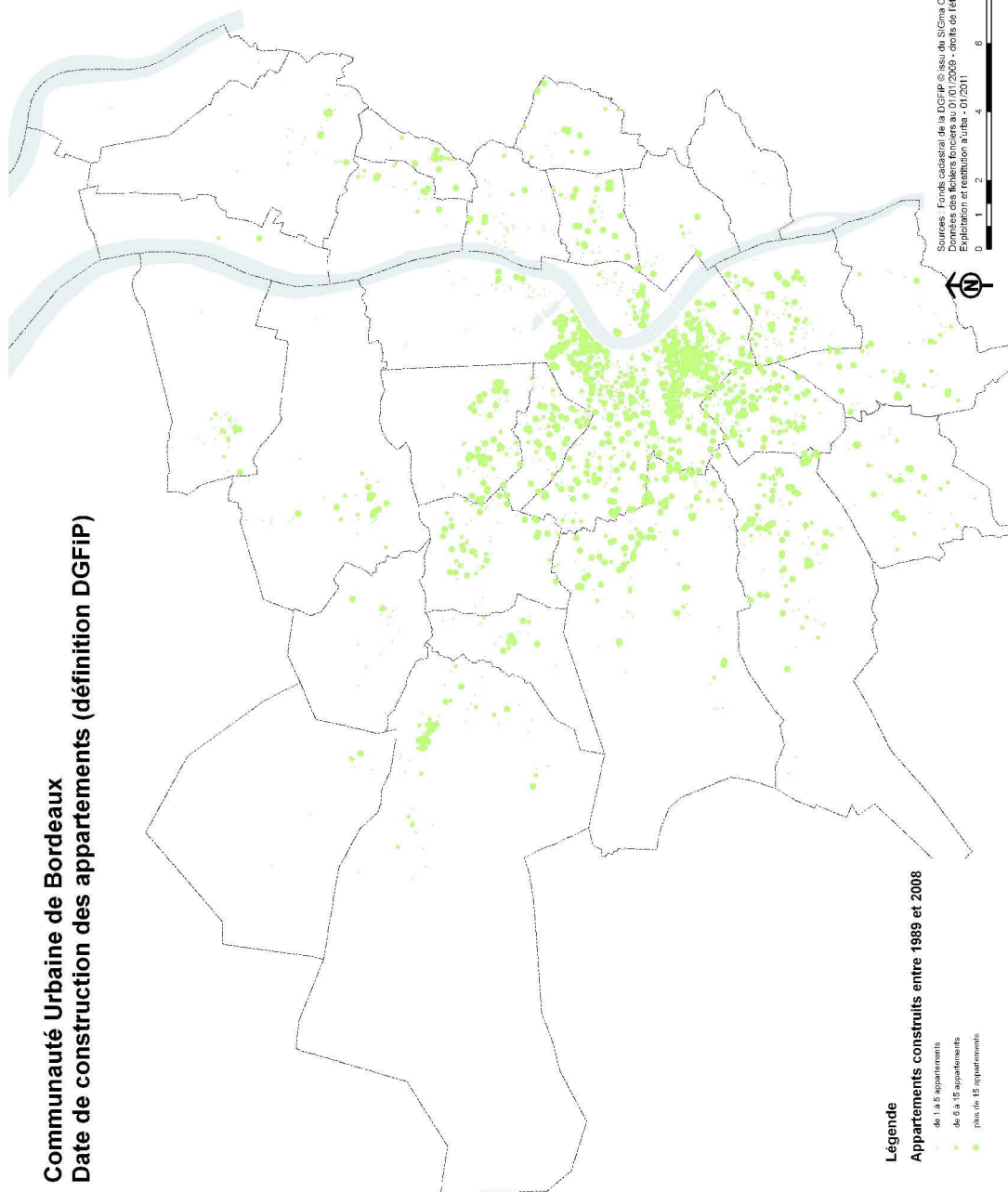
Communauté Urbaine de Bordeaux Date de construction des appartements (définition DGFIP)



Communauté Urbaine de Bordeaux Date de construction des appartements (définition DGFIP)



Communauté Urbaine de Bordeaux Date de construction des appartements (définition DGFIP)





Agence d'urbanisme Bordeaux Métropole Aquitaine
Hangar G2 – Bassin à flot n°1 BP 71
F-33041 Bordeaux cedex
tél.: 33 (0)5 56 99 86 33
fax : 33 (0)5 56 99 89 22
contact@aurba.org | www.aurba.org
© aurba



Agence Locale de l'Energie et du Climat
30 cours Pasteur
F-33000 Bordeaux
tél. : 33 (0)5 56 00 60 27
fax : 33 (0)5 56 24 75 54
contact@aleab33.fr | www.aleab33.fr