



Planification énergétique « Facteur 4 » de l'agglomération bordelaise

Années 2014 et 2015

Rapport d'étude 19/02/2016

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

Alec
Agence locale de l'énergie et du climat
Métropole bordelaise et Gironde

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'Énergie et du Climat), visant à traduire de façon opérationnelle les objectifs fixés dans le Plan Climat de la Cub (communauté urbaine de Bordeaux). Ce travail s'intéresse dans un premier temps au parc bâti résidentiel de Bordeaux Métropole et à ses besoins en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire), avec l'objectif de préparer sa transition énergétique (réalisation d'économies d'énergie et développement des énergies renouvelables).



Équipe projet

Sous la direction de
Antonio Gonzalez-Alvarez (a'urba)
François Menet-Haure (Alec)

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

Équipe projet

Pour l'a-urba
Béatrice Cuesta Gicquel
Christine Primet

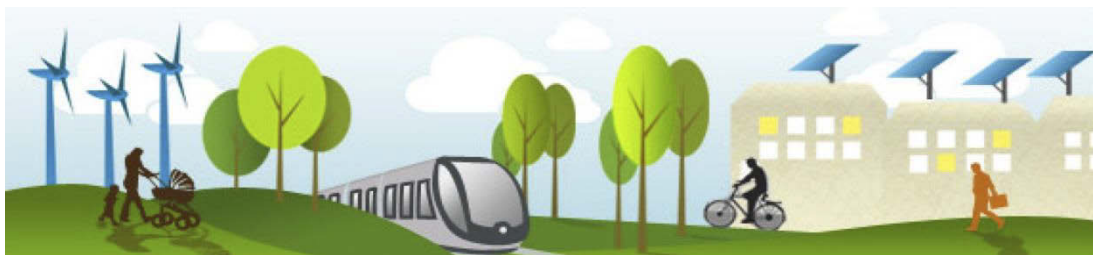
Pour l'Alec
Aude Rosener

Sommaire



1 Actions de communication	9
1.1 Présentation de la mission de planification énergétique	9
1.2 Publications relatives à la mission partenariale.....	10
2 Approche opérationnelle de la planification énergétique	15
2.1 Rappel de l'objet des études d'opportunité.....	15
2.2 Étude d'opportunité « Secteur des Hôpitaux Ouest à Pessac »	16
2.2.1 Contexte de l'étude.....	16
2.2.2 Déroulement du travail.....	18
2.2.3 Principales conclusions issues des scénarios intra et extra-rocade	21
2.3 Étude d'opportunité « Cité administrative ».....	22
2.3.1 Contexte de l'étude.....	22
2.3.2 Caractéristiques du secteur étudié.....	24
3 Approche macroscopique de la planification énergétique	35
3.1 Rénovation énergétique	35
3.1.1 Caractérisation du parc bâti résidentiel : vers une identification des typologies à enjeux	35
3.1.2 Analyse prospective à l'horizon 2050 : la nécessité d'atteindre des performances énergétiques élevées sur le bâti existant.....	37
3.1.3 Réalisation de fiches Rénovation.....	38
3.2 Desserte énergétique par réseau de chaleur.....	41
3.2.1 Rappel du travail réalisé en 2012	41
3.2.2 Intégration des bâtiments de l'État.....	43
3.2.3 Valorisation des chaufferies existantes.....	46
3.2.4 Une ressource complémentaire : la récupération des calories des eaux usées..	49
3.3 La problématique du froid.....	52
3.3.1 Les enjeux pour les villes.....	52
3.3.2 Le travail d'étude et de recherche suivi par l'Alec.....	52
3.3.3 État de l'art de la climatisation au niveau national	53
3.3.4 Quelle évolution pour les besoins de froid ?.....	57
3.3.5 La problématique du froid sur la métropole bordelaise.....	60
3.3.6 Techniques de production de froid	61
3.3.7 Modélisation de la demande en froid.....	62
3.3.8 Poursuite du travail	63
3.4 Electricité	64
3.4.1 Enjeux d'un travail prospectif sur les besoins en électricité	64
3.4.2 Étude de cas sur le secteur de Bordeaux Nord.....	65
Bibliographie.....	73
Annexes	77

Note de synthèse



Le présent rapport rend compte des travaux réalisés dans le cadre de la mission de planification énergétique « Facteur 4 » de l'agglomération bordelaise pour la période 2014-2015.

Cette mission initiée en 2011, et menée conjointement par l'a-urba et l'Agence locale de l'énergie et du climat (Alec), vise à traduire de façon opérationnelle les objectifs du Plan Climat Énergie Territorial 2011-2014 de la Cub. Elle comprend deux grands volets : l'un, stratégique, à l'échelle de l'ensemble du territoire de Bordeaux Métropole ; l'autre, plus opérationnel, à l'échelle de sites à enjeux.

Pour la période 2014-2015, la réflexion à grande échelle a porté sur quatre sujets :

- la réalisation de fiches de travaux types pour la rénovation énergétique des maisons individuelles, à destination du grand public ;
- la poursuite de la réflexion sur le développement des réseaux de chaleur ;
- une première analyse des besoins en froid sur le territoire ;
- la poursuite de l'analyse des besoins prospectifs en électricité.

Sur un plan plus opérationnel, deux secteurs ont fait l'objet d'analyses plus détaillées :

- le secteur des hôpitaux ouest (Haut-Lévêque et Xavier-Arnoz), avec la finalisation de la réflexion engagée en 2013, mettant en évidence l'opportunité d'un réseau de chaleur urbain de part et d'autre de la rocade ;
- le secteur de la Cité administrative à Bordeaux Caudéran.

Enfin, en termes de communication, rappelons la première tenue des Assises de l'Énergie à Bordeaux en janvier 2015, avec un atelier dédié à la planification énergétique.



1 | Actions de communication

1 | Actions de communication

Plusieurs actions de communication autour de la mission de planification énergétique ont été menées en 2014 et 2015, dans la continuité de celles réalisées les années précédentes. Celles-ci se composent aussi bien de présentations orales lors de diverses manifestations que de contributions écrites dans des supports de presse ou des publications spécialisées.

1.1 | Présentation de la mission de planification énergétique

En 2014

Une **journée technique**, organisée le 22 mai 2014 par l'AROSHA, l'association régionale des organismes sociaux pour l'habitat en Aquitaine, a permis de réunir plusieurs bailleurs aquitains sur la thématique des réseaux de chaleur et leur potentiel de développement. À ce titre, l'Alec et l'a-urba ont pu exposer le travail réalisé sur ce sujet au cours de la mission partenariale, en insistant notamment sur la réflexion stratégique de déploiement des réseaux à l'échelle de la métropole : projets en cours, identification des zones favorables, compétences de la métropole...

Le 5 septembre 2014, un **séminaire de travail entre la Fnau** (Fédération nationale des agences d'urbanisme) et ERDF (représentants du siège) a été organisé à Paris afin de réfléchir aux modalités de traduction opérationnelle de la convention signée entre les deux structures lors de la rencontre des agences d'urbanisme à Amiens en 2013. L'a-urba a présenté les travaux sur la planification énergétique, ce qui a permis de mettre en évidence l'opportunité d'engager un axe de travail sur ce thème au niveau national.

Les **Journées TEPOS** (Territoires à énergie positive), qui ont eu lieu du 24 au 26 septembre 2014 à Mimizan, ont rassemblé plusieurs centaines d'acteurs autour de démarches territoriales (essentiellement rurales), qui visent à réduire leurs besoins énergétiques et à les couvrir au maximum par des énergies renouvelables. L'Alec, à l'occasion d'un atelier sur l'aménagement du territoire et le rôle de l'urbanisme au service des enjeux énergétiques, a ainsi pu mettre en avant les liens qui existent entre connaissance énergétique locale (les bilans) et la mise en place de stratégies prospectives (la planification énergétique).

En 2015

Lors des **Assises de l'Énergie** à Bordeaux (27-29 janvier 2015), un atelier directement relatif à la mission partenariale, intitulé « La planification énergétique peut-elle bâtir une politique énergétique territoriale de long terme ? », a permis de partager les enseignements de la mission depuis 4 ans et de faire débattre les élus locaux, tout en profitant de l'expérience dunkerquoise en la matière.

Deux autres ateliers ont également présenté ou été illustrés par cette mission :

- « Développer des réseaux de chaleur dans le cadre d'une planification énergétique territoriale », atelier animé par AMORCE (association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur), qui a abordé plus spécifiquement la stratégie de développement des réseaux de chaleur en milieu urbain ;
- un atelier organisé par la Fnau, visant à présenter le dossier Fnau « Planification et Facteur 4 » (cf. ci-après). La planification énergétique de l'agglomération bordelaise a été retenue comme l'un des cas présentés lors de cet atelier.

Le 10 septembre 2015, le **PUCA** (Plan Urbanisme Construction Architecture), agence interministérielle créée par l'État, a organisé à Paris un **séminaire sur les gouvernances locales de la transition énergétique**, au cours duquel l'Alec a présenté la démarche de planification énergétique, en mettant notamment en avant les processus de l'animation territoriale.

Enfin, de façon générale, l'a-urba et l'Alec ont réalisé, en parallèle de ces actions et en continu, plusieurs présentations (non publiques) auprès de leurs partenaires, afin de les mobiliser autour de cette mission, d'approfondir certains sujets ou de leur faire part de l'état d'avancement de leurs travaux : État (DDTM), Bordeaux Métropole... Ces travaux ont également servi à alimenter les deux groupes de travail « Bois-énergie » et « Géothermie » animés par l'Alec.

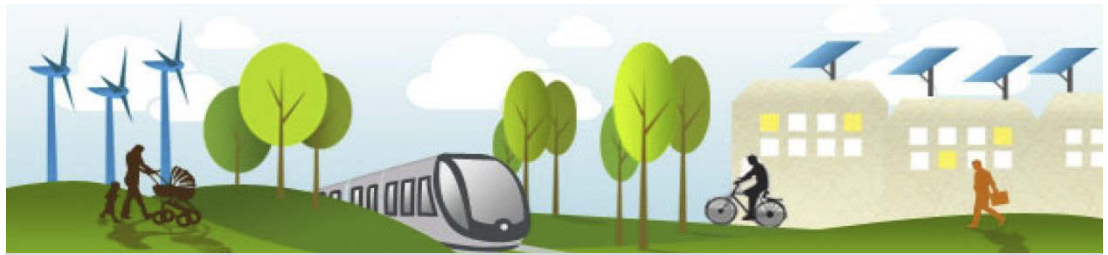
1.2 | Publications relatives à la mission partenariale

En parallèle, l'Alec et l'a-urba ont été sollicitées pour la rédaction d'articles ou de dossiers de presse, évoquant directement la mission de planification énergétique :

- une interview réalisée par le bureau d'études Franck Boutté Consultants pour le compte du **Club Ville Aménagement**, association qui cherche à favoriser la diffusion de savoirs et savoir-faire ainsi que le progrès en matière de conception et de réalisation des opérations d'aménagement urbain ;

- un article dans le magazine mensuel de l'ADEME « ADEME & Vous », qui a réalisé pour le numéro 87 de juillet 2015 un dossier relatif à la construction de la ville durable ;
- en janvier 2015, dans le cadre de sa convention avec l'ADEME, la Fnau a réalisé un dossier Fnau « Planification et Facteur 4 », consacré à la prise en compte des enjeux du Facteur 4 dans les travaux de planification urbaine des agences d'urbanisme. À ce titre, la planification énergétique de l'agglomération bordelaise a fait l'objet d'une présentation dans le chapitre « Une approche intégrée de l'énergie dans la planification urbaine » ;
- en outre, dans la perspective de la COP 21 qui s'est tenue à Paris en décembre 2015, la Fnau a publié, en octobre 2015, un second dossier Fnau « CLIMAT/iser LA PLANIFICATION », ouvrant plus largement aux relations entre énergie, climat et urbanisme. La planification énergétique de l'agglomération bordelaise y est présentée en tant que traduction opérationnelle du PCET de Bordeaux Métropole.

Sur le volet « rénovation énergétique » de la mission, l'Alec et l'a-urba ont également réalisé, en partenariat avec l'ADEME, trois fiches Rénovation Facteur 4 pour l'habitat individuel, qui ont été finalisées au cours de l'année 2015 (cf. partie 3.1 et annexe).



2 | Approche opérationnelle de la planification énergétique

2 | Approche opérationnelle de la planification énergétique

2.1 | Rappel de l'objet des études d'opportunité

Le travail de la planification énergétique s'articule autour de deux approches :

- l'une à l'échelle macro-territoriale qui vise à étudier l'adéquation besoins/ressources sur l'ensemble du territoire métropolitain (cf. partie 3) ;
- l'autre à l'échelle de sites ou quartiers, avec une analyse plus fine et détaillée, afin de mettre en application les grands principes de la planification énergétique et de les confronter à la réalité opérationnelle.

Ces deux approches sont réellement complémentaires et s'alimentent l'une l'autre de façon continue, les réflexions locales s'inscrivant d'une part dans la stratégie globale « Facteur 4 » du territoire métropolitain et l'approche macro-territoriale se nourrissant d'autre part des questions posées à l'échelle locale.

La réalisation d'études d'opportunité sur les quartiers et sites à enjeux permet ainsi de préciser les leviers de desserte et/ou de réhabilitation énergétique, en cohérence avec les premiers principes de la planification énergétique, ainsi qu'avec les composantes existantes du territoire et de donner une application concrète au travail de planification énergétique.

Dans ce cadre, l'Alec et l'a-urba ont proposé de formaliser leur contribution aux projets locaux sous la forme d'un « **porter à connaissance Énergie/Urbanisme** » auprès du ou des maîtres d'ouvrage du projet.

Le principe est de mettre à disposition du maître d'ouvrage des éléments d'informations et de stratégie issus de la planification énergétique, dans une logique de développement durable et de gestion des ressources énergétiques sur le long terme. Il restera ensuite à la charge du maître d'ouvrage de s'en saisir pour enrichir la conduite de son projet.

De façon plus précise, le « porter à connaissance Énergie/Urbanisme » comporte les éléments suivants :

- **un bref rappel des grands principes** de la planification énergétique ;
- **la définition d'un périmètre d'analyse pertinent**, intégrant le ou les projets concernés et les bâtiments et tissus existants situés à proximité ;
- **une identification des gros consommateurs** situés à proximité du projet (grands équipements, ensembles de logements sociaux, copropriétés...) et une estimation de leur besoin de chaleur (ou la consommation réelle si elle est connue) ;

- **une caractérisation des tissus résidentiels** bordant le projet : typologie, nombre de logements et surface de plancher, datation et domanialité, estimation des besoins de chauffage, mode et énergie de chauffage ; et à terme : puissance utile en chaleur des bâtiments, densité énergétique d'une ou plusieurs parties du périmètre... ;
- **une identification (qualitative et quantitative) des ressources renouvelables** mobilisables au droit du projet et au regard de « l'économie générale » des ressources renouvelables locales (impact des choix faits sur l'ensemble des sites de projets à proximité et plus globalement sur tout le territoire métropolitain).

Ces analyses s'appuient notamment sur des cartographies associées. Elles permettent de conclure en ouvrant sommairement sur des options de rénovation thermique et/ou de desserte en énergies renouvelables satisfaisant tout ou partie des besoins de chaleur en jeu.

En 2014 et 2015, cette approche locale sur des sites à enjeux a pu être réalisée ou engagée sur 3 secteurs :

- le secteur des Hôpitaux Ouest à Pessac (poursuite de l'analyse débutée en 2013) ;
- le secteur situé autour de la Cité Administrative (quartier « Bel Air – Primerose ») ;
- la zone d'aménagement de Bordeaux Nord (cf. partie 3.4).

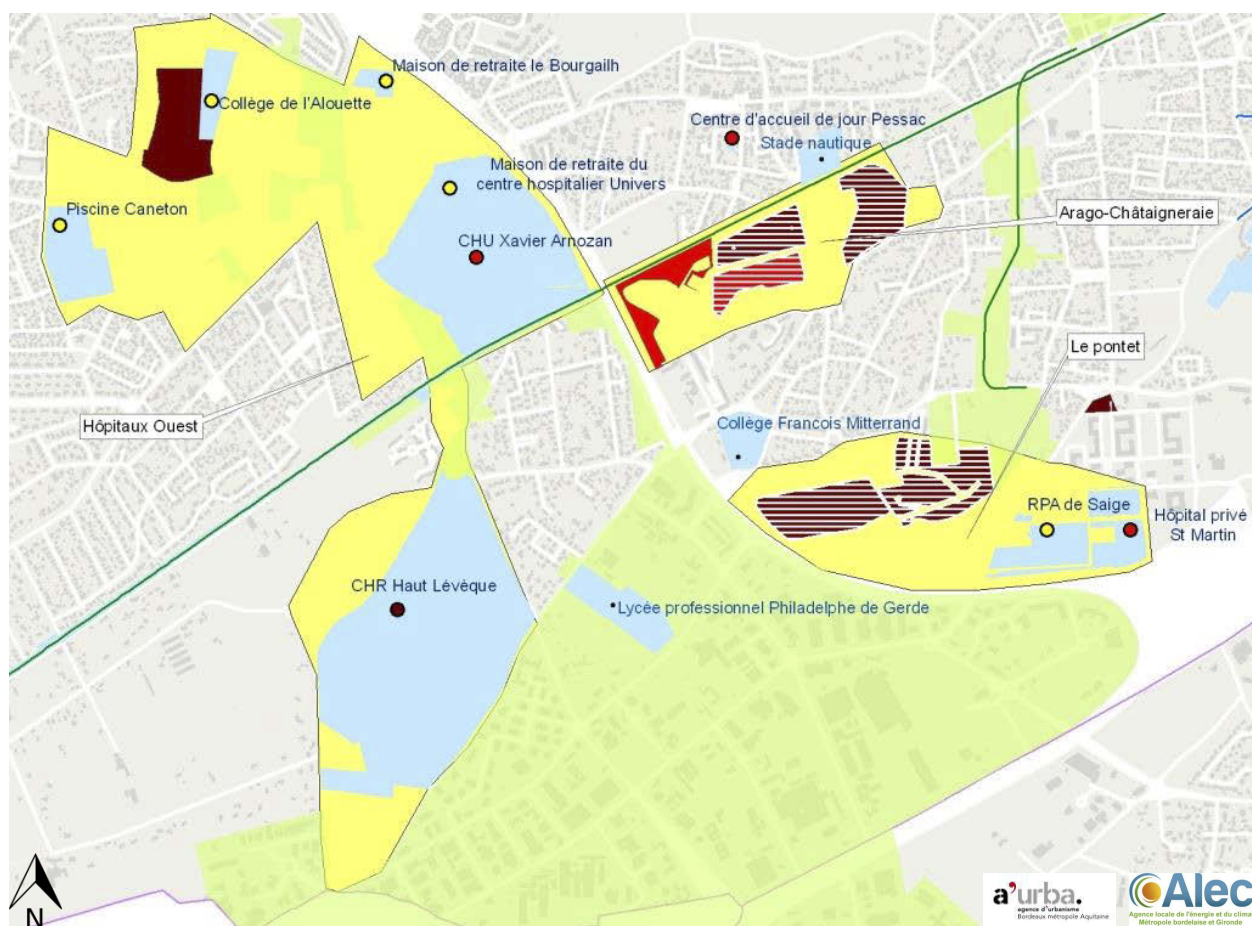
2.2 | Étude d'opportunité « Secteur des Hôpitaux Ouest à Pessac »

Cette partie présente de façon synthétique le porter à connaissance réalisé sur le secteur des hôpitaux Ouest à Pessac entre 2013 et 2014. Celui-ci a fait l'objet d'un rapport spécifique, auquel le lecteur peut se référer pour plus d'informations (cf. Rapport « Porter à connaissance énergétique sur le secteur des hôpitaux Xavier-Arnozan et Haut-Lévêque », a'urba, Alec, 2016).

2.2.1 | Contexte de l'étude

L'Alec et l'a-urba ont été sollicitées par le CHU de Bordeaux fin 2012 dans le cadre de la mise en œuvre de sa politique environnementale pour laquelle il réfléchit à des actions à mener en termes d'économie d'énergie (audits réalisés sur le patrimoine hospitalier) et de desserte énergétique, en développant les énergies renouvelables.

Parmi son patrimoine, les deux sites du CHU « Haut-Lévêque » et « Xavier-Arnozan » représentent deux très gros consommateurs d'énergie sur le secteur des « Hôpitaux Ouest », vaste zone située sur la commune de Pessac, à l'ouest de la rocade bordelaise, identifiée lors du travail de planification énergétique mené en 2012 comme une zone favorable au développement des réseaux de chaleur.

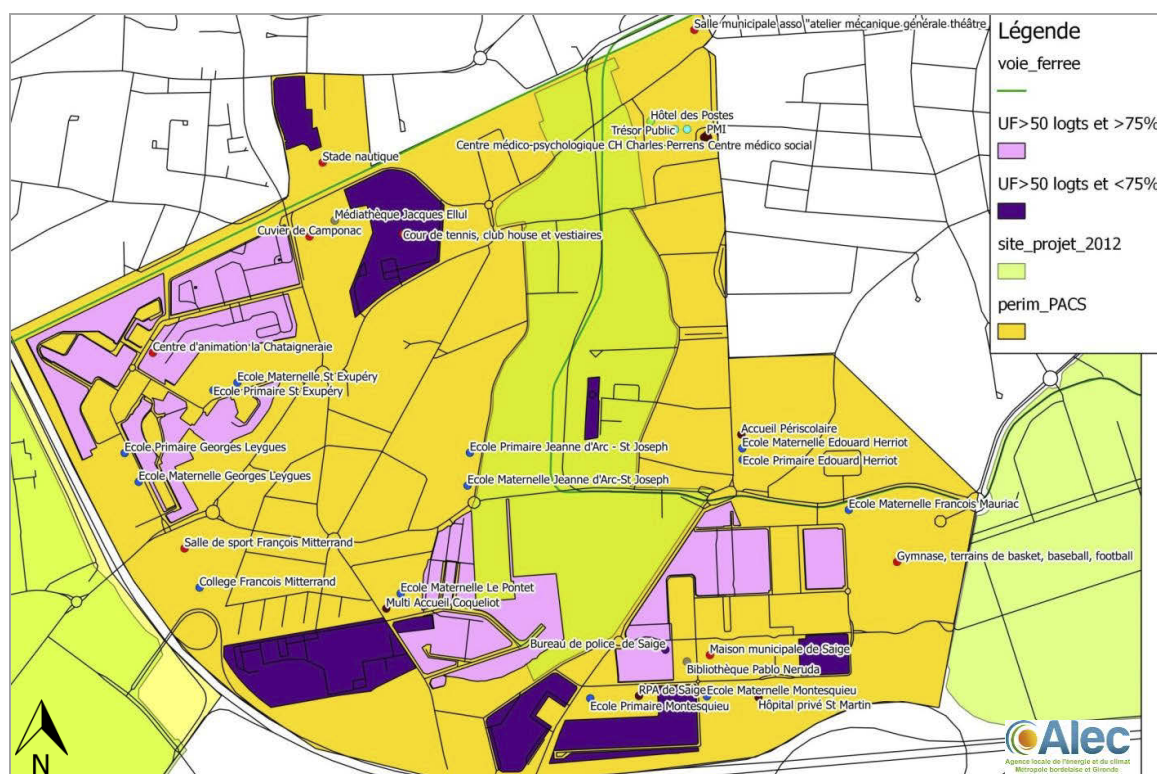


Sources : DGFIP 2010, SIGMA Cub

Secteurs favorables aux réseaux de chaleur « Hôpitaux Ouest », « Arago-Châtaigneraie » et « Le Pontet » sur la commune de Pessac

Ces deux sites pourraient ainsi constituer un élément moteur dans la création d'un réseau de chaleur sur la commune de Pessac, de par ses forts besoins énergétiques d'une part, et en mettant à disposition ce foncier pour l'implantation de la chaufferie du réseau d'autre part.

En outre, la Cub a lancé en 2013 une étude d'opportunité de création d'un service public de chauffage urbain sur les quartiers pessacais de Arago, Châtaigneraie, le Pontet et Saige, situés de l'autre côté de la rocade et du secteur des hôpitaux. Cette étude a été terminée courant 2014.



Périmètre d'étude pour la création d'un réseau de chaleur urbain sur la commune de Pessac et identification des consommateurs d'énergie et des zones de projets

Au vu de ce contexte, le travail de porter à connaissance s'est donc tout d'abord centré sur le secteur extra-rocade (cf. rapport Phase 3 - 2013), avant d'y intégrer les analyses intra-rocade en 2014, une fois les résultats de l'étude Cub connus.

2.2.2 | Déroulement du travail

Des stratégies de développement de réseaux de chaleur ont été étudiées en s'appuyant notamment sur l'ensemble des gros consommateurs déjà identifiés lors du travail d'identification des zones favorables aux réseaux de chaleur conduit en 2012 (résidences HLM, collège et piscine), mais aussi sur d'autres bâtiments importants répertoriés sur le secteur, ainsi que sur des sites de projets.

Le premier travail réalisé en 2013 avait déjà permis de mettre en avant une **pertinence technico-économique à étendre le réseau reliant les deux sites** – liaison envisagée à moyen terme par le CHU (besoins en chaleur de 34 800 MWh pour une puissance de 12,6 MW) – **au quartier de l'Alouette**, notamment en desservant une résidence de 350 logements sociaux et un collège (5 600 MWh, 2,8 MW), voire plusieurs bâtiments communaux relativement regroupés sur ce secteur.

De son côté, l'étude Cub réalisée en 2013 et 2014 sur les secteurs intra-rocade a mis en avant une réalisation possible en deux phases, correspondant à deux secteurs géographiques :

- Phase 1 (ouest) : chaufferie 1 desservant les quartiers de Châtaigneraie, Arago, Camponac et du Pontet ;
- Phase 2 (est) : chaufferie 2 desservant les quartiers de Saige, Montesquieu, Bougnard et projet urbain neuf du Pontet (pointillés rouges).



Source : Cap Ingelec

Pour chacune de ces deux phases, deux scénarios sont étudiés selon les modes de chauffage existants :

- un scénario de base où tous les bâtiments sont raccordés sauf ceux en chauffage électrique ou gaz naturel individuel ;
- une variante où tous les bâtiments sont raccordés sauf ceux en chauffage et ECS électriques.

Les densités énergétiques de ces deux scénarios sont très élevées (entre 5 et 7 MWh/ml et 3,5 kW/ml), montrant la pertinence technico-économique des différents scénarios envisagés.

L'alimentation en énergie renouvelable (EnR) peut être fournie par du bois ou par la géothermie profonde :

- une chaufferie bois de puissance variant de 6 à 12 MW selon la configuration du réseau ;

- un doublet géothermique à 150 ou 230 m³/h, mais avec un taux de couverture en EnR qui tend à se dégrader au fur et à mesure que le périmètre s'élargit (de 85 à 71 %).

En intégrant ces résultats, d'autres scénarios de desserte ont été envisagés, en rapprochant les deux réflexions territoriales (extra et intra-rocade) :

- CHU + Phase 1 (base et variante) ;
- CHU + Phase 1 + Phase 2 (base et variante) ;
- CHU + Pessac Alouette + Phase 1 (base et variante) ;
- CHU + Pessac Alouette + Phase 1 + Phase 2 (base et variante) ;

La carte suivante rappelle les besoins actuels sur chacun des secteurs, en indiquant notamment en orange les besoins pris en compte dans les scénarios « Variante » (Alouette, Phase 1 et Phase 2).



Répartition des besoins de chaleur et des puissances utiles sur l'ensemble du périmètre

Par la suite, chacun de ces scénarios a également été étudié en intégrant une rénovation lourde des bâtiments du CHU (40 % d'économies d'énergie).

2.2.3 Principales conclusions issues des scénarios intra et extra-rocade

Les résultats issus du travail de scénarisation sur l'ensemble du périmètre ont été présentés au CHU fin 2014.

Cas où le CHU n'est pas rénové

La géothermie n'est pas adaptée au niveau de température du réseau actuel du CHU. Il faudrait alors relever celui-ci de façon significative, ce qui induirait un **taux de couverture en EnR relativement faible** et donc non acceptable.

Afin d'avoir un régime de température adapté, il est nécessaire de recourir au bois énergie, en dimensionnant une chaufferie à 50 % de la puissance utile. Le **taux de couverture en EnR** reste important quel que soit le scénario ($\approx 85\%$), avec une puissance bois installée pouvant varier de **6 à 26 MW**.

Cas où le CHU est rénové

Le régime de température pour le CHU pouvant être abaissé (hypothèse à vérifier), le réseau de chaleur pourrait alors recourir à la géothermie ou au bois-énergie.

Dans le deuxième cas, le dimensionnement de la chaudière bois s'effectue toujours à hauteur de 50 % de la puissance utile. En cas de recours à la géothermie, le dimensionnement est basé sur un seul nouveau forage (soit à 1 000 m, soit à 1 600 m).

Le **taux de couverture en EnR pour la solution bois** reste important quel que soit le scénario ($\approx 85\%$), avec une puissance bois comprise **entre 4 et 24 MW**. En revanche, le **taux de couverture en EnR pour la géothermie** diminue logiquement et fortement pour les scénarios les plus étendus. Le recours à la géothermie resterait **satisfaisant** pour les scénarios suivants :

- CHU et CHU + Alouette, si un seul puits géothermique à 1 000 m (taux de couverture EnR trop faibles sur les scénarios incluant les secteurs intra-rocade) ;
- CHU, CHU + Alouette et CHU + Phase 1, si un seul puits géothermique à 1 600 m.

Au-delà de ces considérations techniques, il est à noter, d'une part, que la solution bois bénéficie de la proximité de la rocade pour la fourniture en combustible et de réserve foncière disponible, que ce soit sur le site du CHU ou à l'intérieur de la rocade et, d'autre part, que la géothermie demeure une ressource plus pérenne que le bois (possibles tensions selon le développement de la filière bois).

Au final, le développement d'un réseau de chaleur en EnR sur l'ensemble du périmètre étudié représente une réponse pertinente pour couvrir les besoins

en chaleur des secteurs identifiés, même en cas de rénovation lourde des bâtiments existants.

La consommation en chaleur du secteur habitat/tertiaire sur la ville de Pessac étant de près de 440 GWh (Alec, bilan énergétique 2010), la mise en place d'un réseau de chaleur sur ce périmètre permettrait de couvrir, selon les scénarios, de 7 à 20 % de cette consommation.

Une nouvelle étude de faisabilité sur ce périmètre va démarrer début 2016 suite à la réorganisation de Bordeaux Métropole et sa prise de compétence « Réseaux de chaleur » en 2015. En plus d'affiner et d'actualiser les données et les résultats existants, cette étude pourra également :

- envisager la possibilité de créer deux réseaux de chaleur séparés, qui seraient éventuellement reliés à terme ;
- combiner le bois et la géothermie selon les régimes de températures des bâtiments raccordés, ce qui rejoint ainsi le point précédent ;
- élargir la réflexion à la question du froid, puisque la mise en place d'un réseau de chaleur pourrait également permettre de répondre aux besoins de froid du CHU et éventuellement des zones environnantes (il existe en effet plusieurs installations en milieu hospitalier, en France et en Europe, où la production de chaleur est couplée avec celle du froid).

2.3 | Étude d'opportunité « Cité administrative »

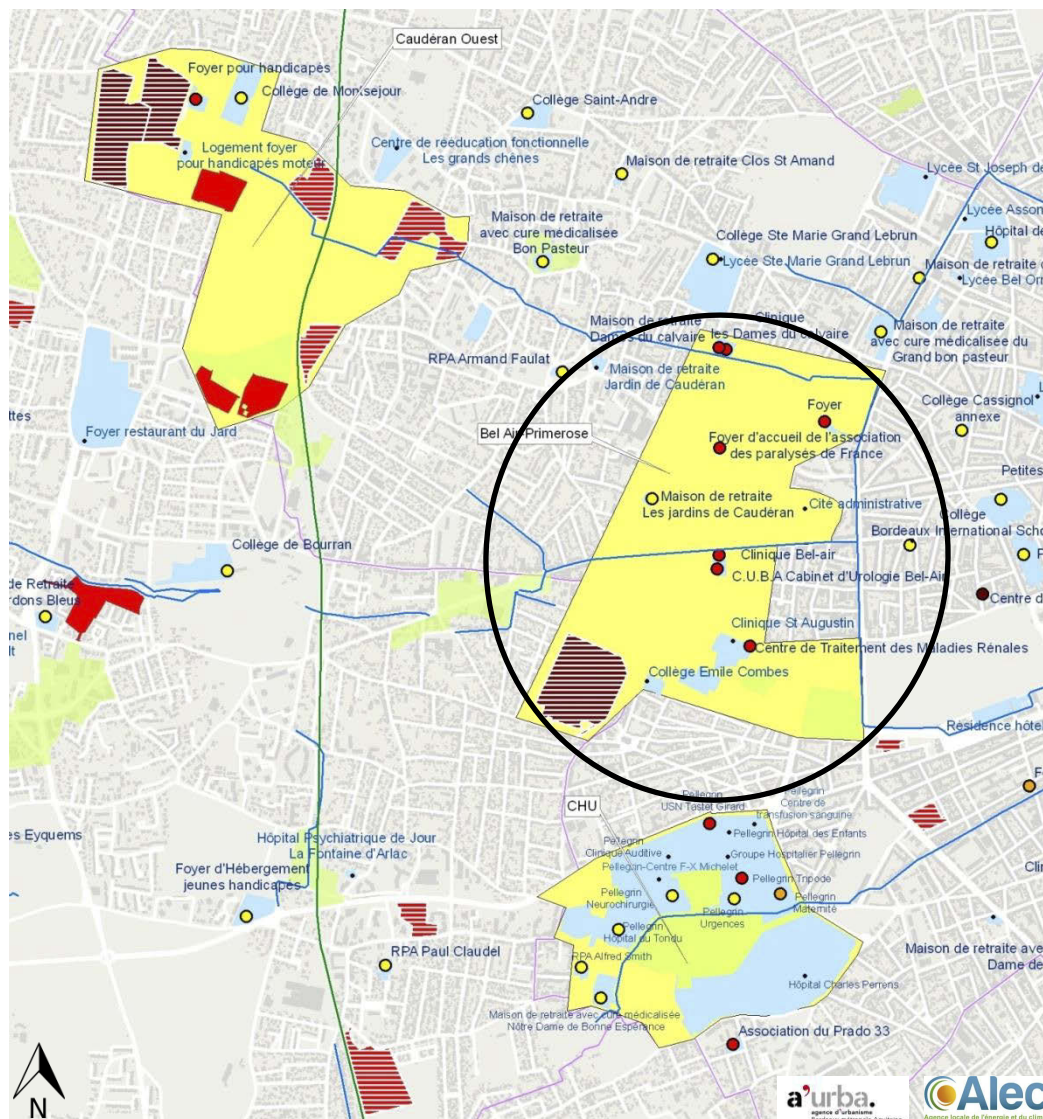
Ce porter à connaissance démarré fin 2015 sera poursuivi sur l'année 2016 et fera également l'objet d'un rapport spécifique, auquel le lecteur pourra se référer pour plus d'informations. Les paragraphes suivants présentent néanmoins la démarche initiale et les premiers résultats de ce travail.

2.3.1 | Contexte de l'étude

L'Alec et l'a-urba, qui ont privilégié de nombreux rapports avec l'État depuis le lancement de la mission de planification énergétique, ont réalisé un travail de cartographie de son patrimoine et notamment de ses consommations énergétiques (cf. partie 3.2.2).

Ce travail a notamment permis d'évaluer si certains bâtiments de l'État pouvaient être intégrés à des réflexions de desserte énergétique territoriales, notamment via un réseau de chaleur.

L'un des secteurs géographiques sur lequel plusieurs bâtiments importants de l'État se situent au sein de zones favorables au développement des réseaux de chaleur (travail Alec-a-urba 2012) correspond à la zone située autour de la Cité administrative (quartier « Bel Air – Primerose »). On y retrouve notamment, en plus de la Cité administrative, la caserne Battesti et ses 223 logements collectifs.



Sources : DGFIP 2010, SIGMA Cub

Zones favorables aux réseaux de chaleur autour de Cauderan

D'autre part, le travail mené autour de la thématique de récupération de chaleur sur eaux usées en lien avec la SGAC (Société de Gestion de l'Assainissement de la Cub, filiale de Lyonnaise des Eaux) avait mis en avant la Cité administrative comme un site potentiellement favorable à l'utilisation de cette énergie (cf. partie 3.2.4).

Ainsi, l'Alec et l'a-urba ont démarré la réalisation d'un porter à connaissance sur ce secteur, en prenant en compte ces deux approches.

2.3.2 | Caractéristiques du secteur étudié

Les bâtiments consommateurs initialement identifiés dans le travail de planification énergétique réalisé en 2012 au sein du secteur étudié sont :

- la Cité administrative d'État ;
- la caserne Battesti (dont 223 logements) ;
- le collège Émile Combes ;
- le lycée professionnel Saint-Augustin ;
- le groupe scolaire Sainte-Monique ;
- les cliniques Saint-Augustin et Bel-Air ;
- la maison de santé Marie Galène ;
- la maison de retraite les Jardins de Caudéran ;
- le foyer Pasteur.

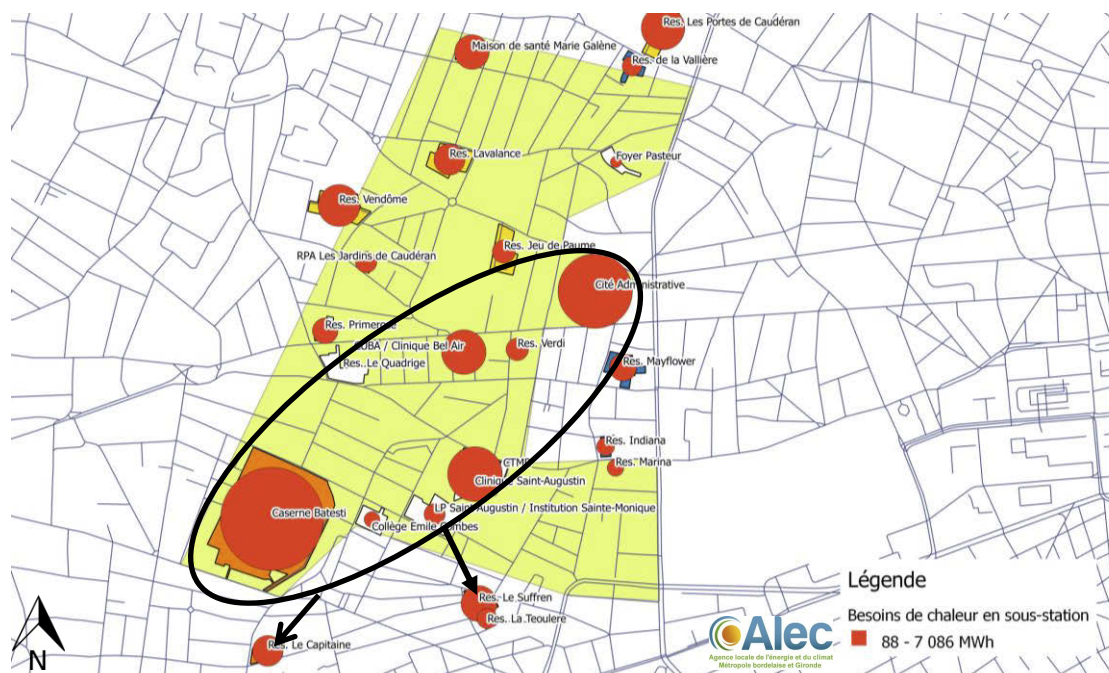
Les besoins en chaleur de ces bâtiments comptent pour **12 900 MWh** et **9,7 MW** de puissance utile.

La Cité administrative représente un élément majeur puisqu'elle consomme annuellement 3 700 MWh de chaleur, pour une puissance utile de 2,5 MW environ. Cette chaleur est produite pour moitié par trois chaudières gaz (appoint/secours compris) et pour autre moitié par deux pompes à chaleur (qui couvrent également les besoins de climatisation).

Sur ce secteur, un travail de caractérisation énergétique a également été mené pour identifier d'autres consommateurs plus modestes, mais relativement importants, afin de les intégrer à la réflexion de desserte énergétique, notamment les équipements et les résidences (sociales ou privées) de plus de 50 logements. Les énergies de chauffage principales ont également été déterminées afin d'identifier notamment les résidences en chauffage gaz collectif (et dans une moindre mesure celles en chauffage gaz individuel).

Ces consommateurs supplémentaires représentent un volume de **10 000 MWh** pour une puissance utile de **8,2 MW** ($\approx$ 1 200 logements).

La carte suivante montre la répartition de ces consommations d'énergie sur l'ensemble du périmètre étudié :



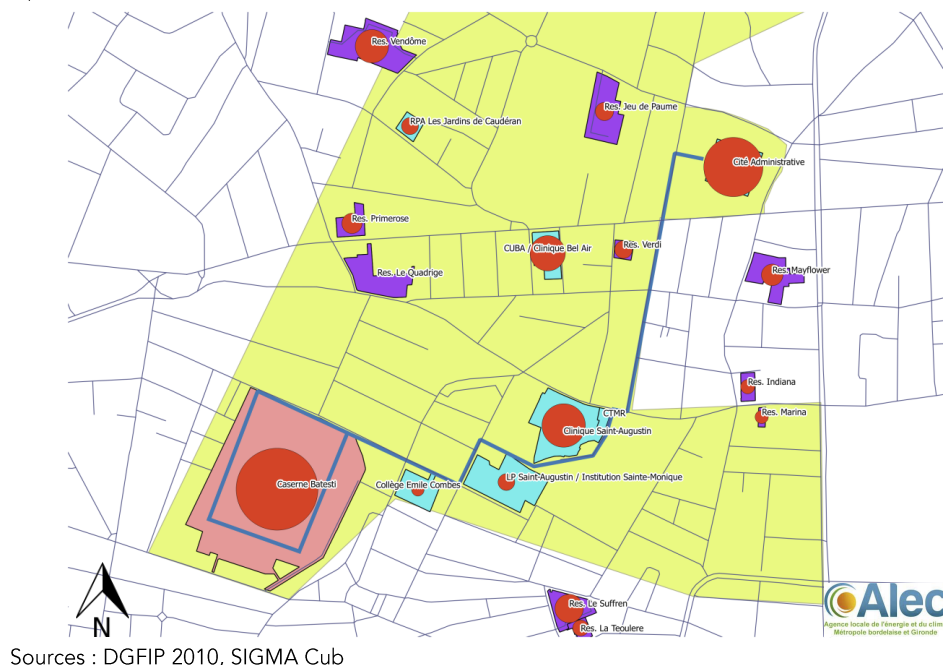
Sources : DGFIP 2010, SIGMA Cub

Principaux consommateurs d'énergie identifiés sur le périmètre étudié

On observe notamment une concentration des besoins plutôt vers le sud du périmètre, où les bâtiments sont aussi souvent à unicité de maître d'ouvrage et/ou desservis par un système de chauffage collectif.

Ainsi, trois scénarios de desserte ont été envisagés à partir de l'ensemble des éléments précédents :

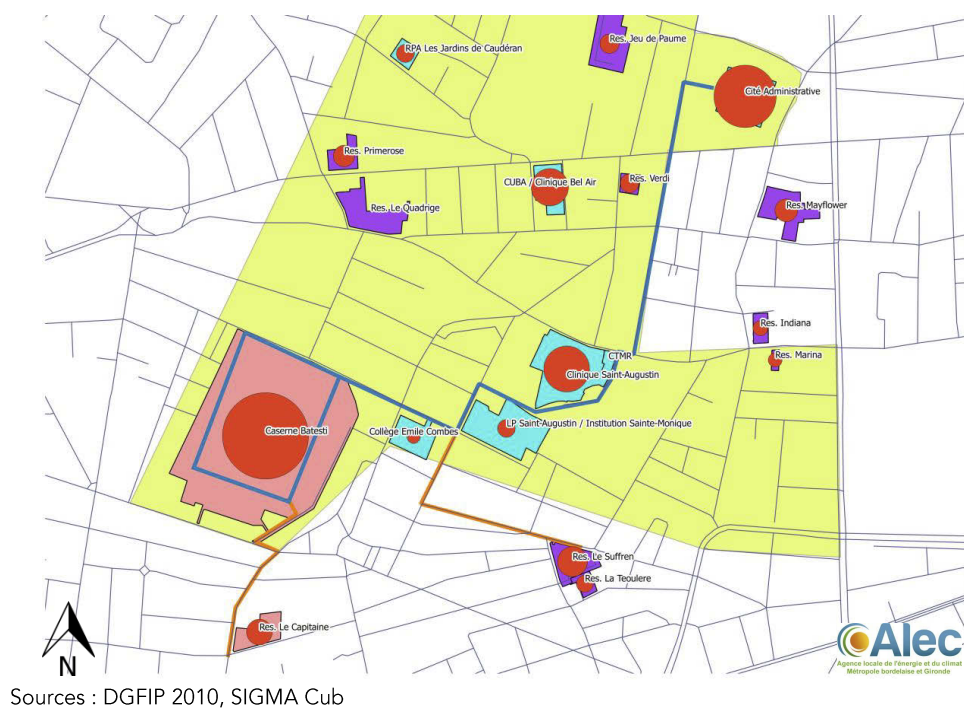
Scénario 1 = Cité administrative + Clinique Saint-Augustin + LP Saint-Augustin + Institution Sainte-Monique + Collège Emile Combes + Caserne Battesti (logements & locaux).



Tracé du réseau de chaleur pour le scénario 1

Ce scénario correspond au scénario le plus logique, reliant les trois plus gros consommateurs du périmètre, ainsi que trois bâtiments d'enseignement à proximité immédiate (tracé en bleu). Ces six sites représentent ainsi 45 % des besoins des gros consommateurs du périmètre. Ils sont également tous à unicité de maître d'ouvrage.

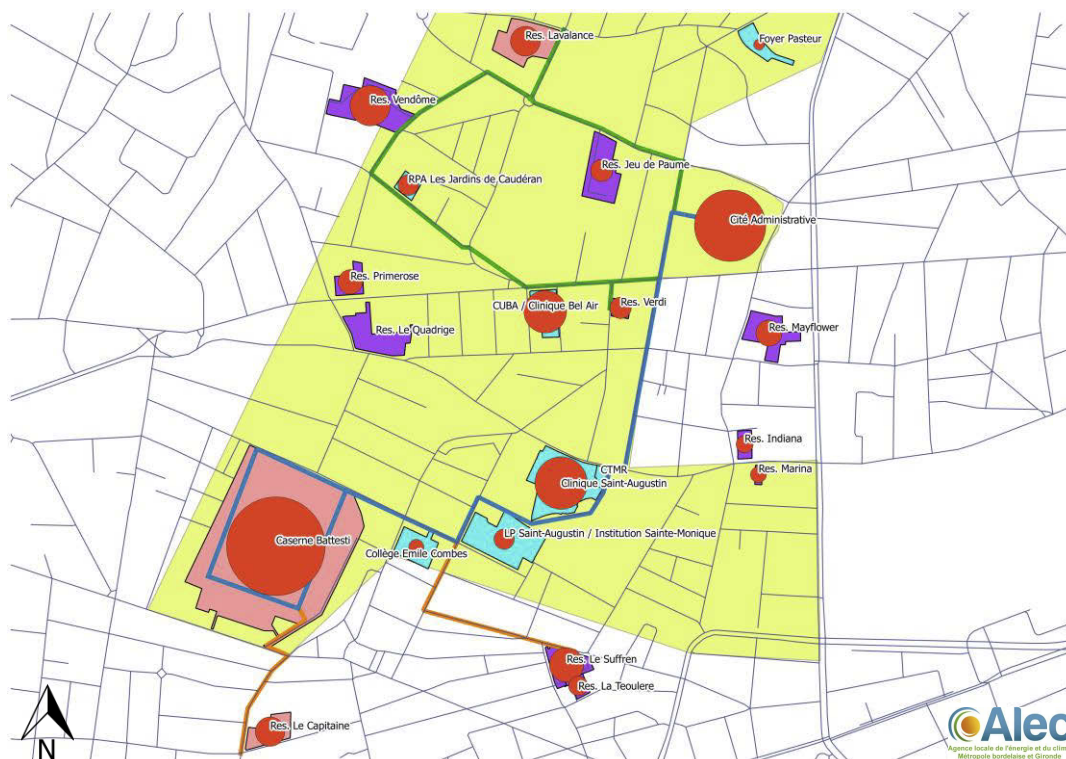
Scénario 2 = Scénario 1 + Résidence Le Capitaine + Résidence Le Suffren.



Tracé du réseau de chaleur pour le scénario 2

Le scénario 2 reprend le scénario 1 en l'étendant un peu plus au sud pour y raccorder deux résidences en chauffage central collectif gaz situées juste à proximité, dont une résidence sociale (unicité de maître d'ouvrage).

Scénario 3 = Scénario 2 + Clinique Bel Air + RPA Les Jardins de Caudéran + Résidence Verdi + Résidence Vendôme + Résidence Lavalance + Résidence Jeu de Paume.



Sources : DGFIP 2010, SIGMA Cub

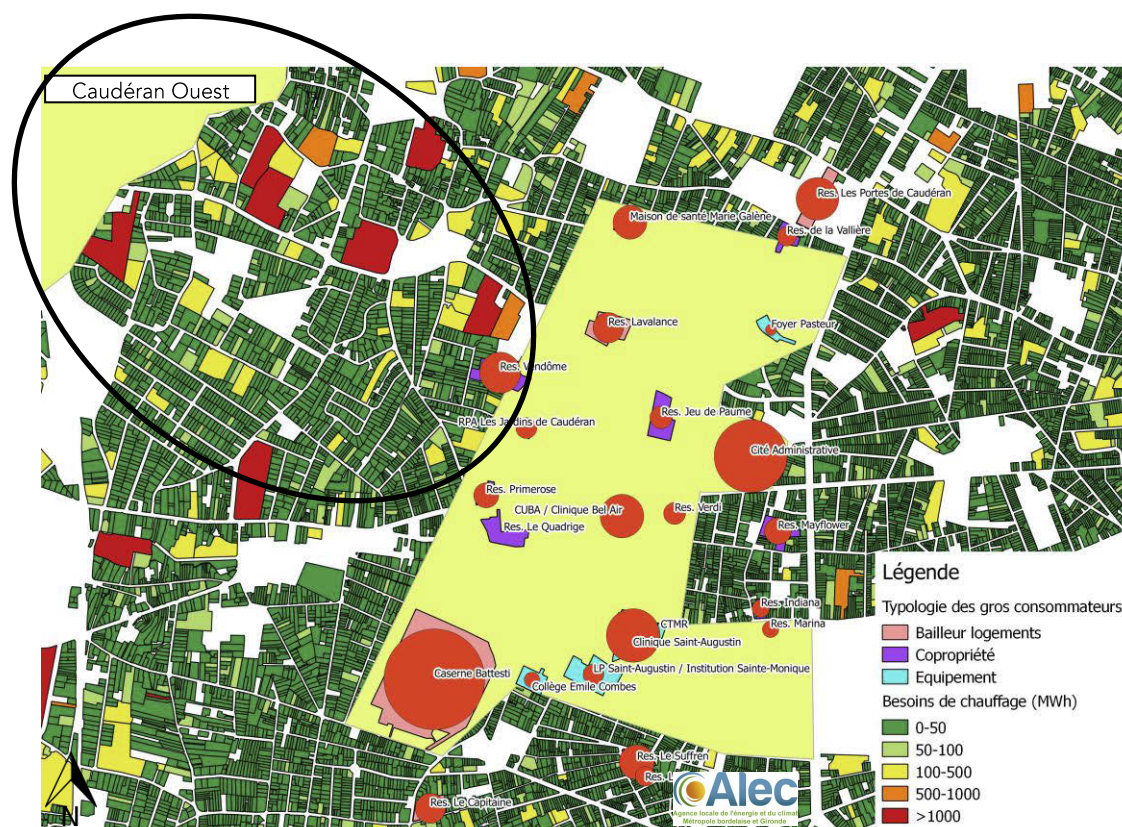
Tracé du réseau de chaleur pour le scénario 3

Le scénario 3 propose une extension vers le nord-ouest, en allant chercher une résidence pour personnes âgées, une résidence de logements sociaux et une clinique (trois sites avec un seul maître d'ouvrage), ainsi que trois résidences privées en chauffage gaz individuel situées sur le parcours.

Ces trois scénarios sont pertinents d'un point de vue technico-économique (densité énergétique allant de 3,8 à 5,8 MWh/ml) et envisageables au vu du nombre restreint de maîtres d'ouvrage et de la présence de sites en chauffage collectif au gaz. Le scénario 3 reste cependant conditionné, au moins en partie, à la conversion des chauffages individuels en chauffage collectif des trois résidences privées.

Afin d'envisager la possibilité d'alimenter la Cité administrative par un système indépendant de récupération de chaleur sur eaux usées (hors réseau de chaleur), ces trois mêmes scénarios ont été étudiés en retirant la Cité administrative des bâtiments desservis. Les résultats montrent que les réseaux de chaleur restent pertinents d'un point de vue technico-économique (densité comprise entre 3,1 et 5,7 MWh/ml). Cependant, la Cité administrative représente un vrai levier pour étendre le réseau à terme vers le nord / nord-ouest et sa non-intégration limiterait probablement le développement du réseau à la partie sud du périmètre. De plus,

la réalisation d'un réseau de chaleur proche de celui du scénario 3, incluant la Cité administrative, pourrait laisser envisager un développement du réseau vers le nord-ouest, au-delà du périmètre initial, au vu des quelques gros consommateurs d'énergie situés entre ce secteur et la zone favorable aux réseaux de chaleur de « Caudéran-Ouest » (voir carte ci-dessous et carte § 2.3.1).



Sources : DGFIP 2010, SIGMA Cub, a'urba

Besoins de chauffage à la parcelle autour du secteur « Bel Air – Primerose »

D'autres éléments sont également à prendre en considération sur ce secteur et mériteront d'être affinés par la suite :

- le foncier disponible pour l'implantation des unités de production de chaleur : le dépôt de bus Lescure sera maintenu mais avec la construction d'un front bâti de logements et de commerces en rez-de-chaussée. L'utilisation de la géothermie profonde (qui nécessite une surface de 5 000 m² au départ pour le forage, mais très peu ensuite pour l'exploitation) paraît compatible, à la différence d'une chaufferie bois qui demande davantage de surface ;
- l'utilisation de chaufferies existantes sur des immeubles de logements ou équipements collectifs pour structurer le réseau (travail démarré en 2015 et qui sera poursuivi début 2016) (cf. partie 3.2.3).

Une autre possibilité de desserte énergétique en EnR consistait à étudier l'utilisation de la récupération de chaleur sur eaux usées, de façon plus ciblée sur un ou plusieurs bâtiments, en place ou complémentarité d'un réseau de chaleur.

En effet, un certain nombre de bâtiments consommateurs situés dans l'hypercentre de la métropole (secteur sur lequel la mise en place de réseaux de chaleur est plus difficile en raison du manque de foncier disponible pour l'implantation des unités de production de chaleur) pourraient utiliser cette solution de desserte énergétique, à l'échelle d'un seul, voire de quelques bâtiments (moyennant le respect d'un certain nombre de différents critères techniques, cf. ci-après).

Ce type d'installation existe déjà sur Bordeaux, à l'Hôtel de la Métropole à Mériadeck depuis 2011 et bientôt également au Museum d'Histoire Naturelle. Il s'agit de l'offre « Degrés bleus » proposée par la Lyonnaise des Eaux. Sans vouloir faire le jeu commercial de la SGAC, qui cherche de son côté à creuser cette question dans le cadre de sa concession avec Bordeaux Métropole (développement des EnR pour l'atteinte des objectifs du Plan Climat), l'Alec et l'a-urba considèrent la démarche complémentaire à la réflexion déjà menée sur le développement des réseaux de chaleur. Celle-ci est donc conduite de façon objective, globale et transversale, en y associant à la fois économie d'énergie et développement des différentes énergies renouvelables.

Un travail d'identification des bâtiments potentiellement raccordables à l'échelle de la métropole a ainsi commencé (cf. partie 3.2.4) et sera poursuivi en 2016, en croisant différents éléments techniques (proximité avec le réseau d'eaux usées, débit d'eau minimum, besoins en chaleur, niveau de température...).

De son côté, la SGAC avait identifié la Cité administrative comme un site potentiellement favorable en premier abord :

- les deux tours de la Cité sont situées dans un rayon de 300 m autour d'un collecteur unitaire de diamètre supérieur à 1 200 mm (critère de rentabilité économique) ;
- les besoins de chauffage sont compris entre 3 et 4 GWh (> 1 GWh) ;
- le site présente à la fois des besoins de chaud et de froid, ce qui rentabilise particulièrement ce type d'installation.

Une question se pose néanmoins sur le régime de température de l'installation, qui doit être suffisamment bas (< 60 °C) pour que le système soit efficace, ce qui implique que des travaux de rénovation énergétique importants soient réalisés.

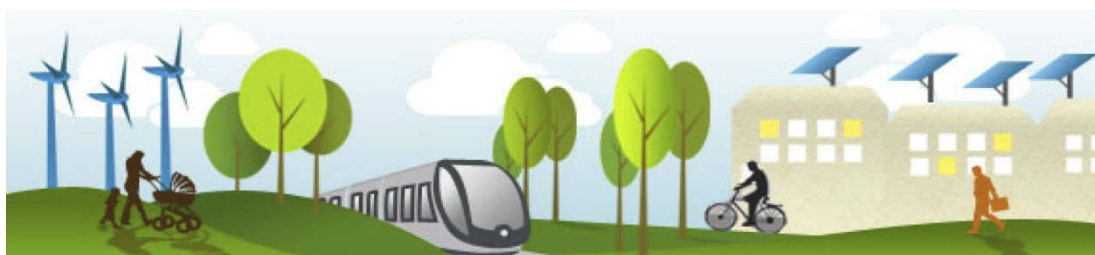
Une première présentation a donc eu lieu en novembre 2015 auprès de la DDTM afin de débattre de l'ensemble de ces premiers résultats.

Celle-ci a confirmé que le niveau de température du réseau interne de chauffage était relativement élevé et n'était donc pas compatible avec une installation de récupération de chaleur sur eaux usées. De plus, aucun programme de rénovation énergétique importante n'est envisagé à court terme et les chaudières gaz

alimentant le réseau ont été remplacées en 2009 et ne sont donc pas amorties d'un point de vue financier.

Après discussion, le porter à connaissance sera notamment enrichi en 2016 des deux réflexions suivantes :

- utiliser la récupération de chaleur sur eaux usées pour alimenter la caserne Battesti ;
- utiliser la récupération de calories sur eaux usées pour alimenter directement un réseau de chaleur (au moins en partie).



3 | Approche macroscopique de la planification énergétique : potentiel de rénovation des tissus existants

3 | Approche macroscopique de la planification énergétique

Cette partie traite de l'approche dite « macroscopique » de la planification énergétique, c'est-à-dire la réflexion d'ordre stratégique conduite à l'échelle de l'ensemble du territoire de Bordeaux Métropole.

Quatre sujets y sont abordés :

- la rénovation énergétique ;
- le développement des réseaux de chaleur ;
- les besoins de froid ;
- les besoins en électricité.

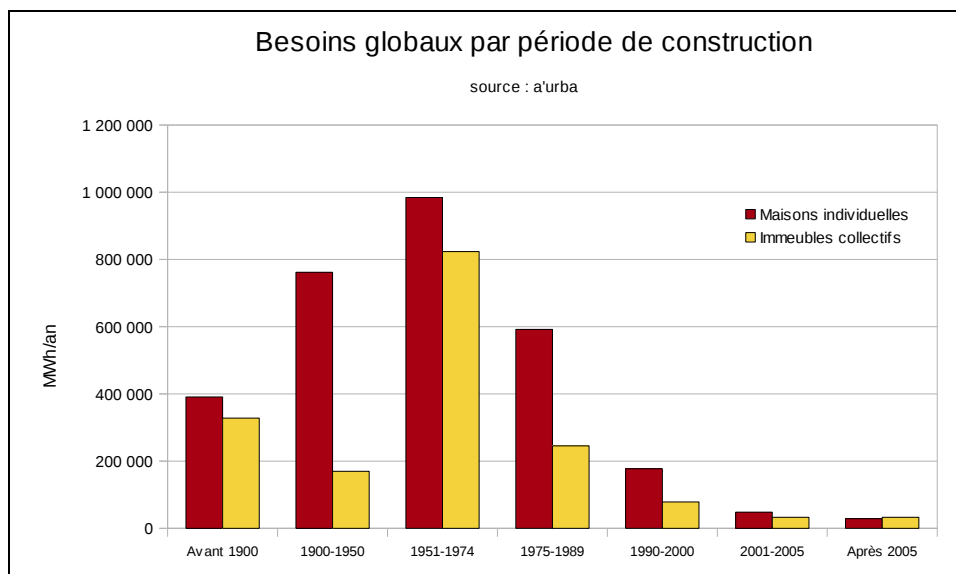
3.1 | Rénovation énergétique

3.1.1 | Caractérisation du parc bâti résidentiel : vers une identification des typologies à enjeux

En 2013, le travail de planification énergétique avait permis de mettre en évidence un certain nombre d'éléments concernant les besoins en chaleur du parc bâti résidentiel, à l'échelle de la métropole.

Ce parc bâti, qui au 1^{er} janvier 2012 comptait 382 600 logements (28 400 000 m²), dont 157 200 maisons individuelles (41 % des logements, 55 % des surfaces) et 225 400 appartements (59 % des logements, 45 % des surfaces), présente les caractéristiques suivantes :

- sur l'ensemble du territoire de la métropole, la **consommation annuelle de chauffage** du parc de logements s'élève à **3 383 GWh**, dont 61 % pour les maisons individuelles et 39 % pour les appartements. La **consommation annuelle d'eau chaude sanitaire** s'élève pour sa part à **560 GWh**. La **consommation de chaleur totale du parc de logements** est donc de **3 943 GWh**, soit une moyenne de 139 kWh/m²/an ;
- les **maisons construites entre 1900 et 1989**, ainsi que les **immeubles collectifs d'après guerre (1951-1974)**, constituent une **part importante de la demande** (67 % des besoins pour 44 % des logements) et sont également les logements les plus déperditifs à l'unité (en kWh/m²), comme indiqué sur le tableau ci-après :



- le gaz représente une part importante dans les maisons individuelles (66 % des maisons) et les parts de l'électricité (47 %) et du gaz (44 %) sont équivalentes pour les appartements ;
- tous logements confondus, le gaz représente 54 % (45 % pour le gaz en chauffage individuel, 9 % pour le gaz en chauffage central collectif), l'électricité 38 % et le chauffage urbain 4 %.

Le tableau suivant reprend les principales typologies consommatrices identifiées précédemment, en apportant des informations quant à leurs procédés constructifs, leur représentativité (en nombre et en poids énergétique) et l'énergie principale de chauffage.

Typologie	Matériaux de construction	Sous-catégories	Nb de logements	% du nb total de logements Cub	% des consos de chauffage Cub	Énergie de chauffage
Maison individuelle d'avant 1900	Pierre : 91 % Briques : 6 %	échope simple : 8 600 échope double : 7 600	19 975	5 %	9 %	Gaz : 69 % Élec. : 18 %
Maison individuelle 1900-1950	Pierre : 58 % Briques : 25 %	maison pierre à étage hôtel particulier	36 073	9 %	15 %	
Maison individuelle 1951-1974	Pierre : 7 % Béton : 24 % Briques : 67 %	maison de ville	34 648	9 %	15 %	Gaz : 85 % Élec. : 9 %
Maison individuelle 1975-1989	Béton : 14 % Briques : 79 %	maison de lotissement	31 941	8 %	11 %	Gaz : 56 % Élec. : 36 %
Appartements 1951-1974	Pierre : 7 % Béton : 83 % Briques : 8 %		57 310	15 %	15 %	Gaz CCI : 39 % Gaz CCC : 35 % Élec. : 4 %

Sources : DGFIP 2010, 2012, INSEE 2009

C'est donc sur ces typologies que des actions de rénovation énergétique devront être engagées prioritairement et sur lesquelles il faut inciter à l'action.

3.1.2 | Analyse prospective à l'horizon 2050 : la nécessité d'atteindre des performances énergétiques élevées sur le bâti existant

Un premier travail prospectif avait été réalisé en 2013 afin d'identifier, par catégorie de logements, les efforts à faire en termes de performance énergétique et le coût de ces travaux de rénovation.

L'objectif du PCET de la Cub est en effet d'atteindre une réduction de 66 % des consommations de chaleur (chauffage + eau chaude sanitaire) du parc bâti à l'horizon 2050, c'est-à-dire de passer d'une consommation de 3 943 GWh à 1 314 GWh, tout en tenant compte de l'évolution du parc de logements entre aujourd'hui et 2050 (constructions, démolitions).

À partir de certaines hypothèses faites sur le nombre de démolitions dans l'existant, le nombre de futurs logements et leur niveau de consommation (environ 30 kWh/m²/an pour le chauffage et l'ECS) et en supposant l'atteinte d'un niveau de performance du parc existant après rénovation de 50 kWh/m²/an pour ces mêmes usages (niveau BBC rénovation), le niveau de consommation globale en chaleur du parc bâti résidentiel atteindrait 1 754 GWh en 2050, soit 33 % de plus que l'objectif du PCET :

	Nombre de logements		Consommation chauffage + ECS	
2012	Existant	382 614	Existant	3 943 GWh
2050	Existant	316 255	Existant	1 175 GWh
	Neuf 2012-2030	135 000	Neuf 2012-2030	333 GWh
	Neuf 2030-2050	100 000	Neuf 2030-2050	246 GWh
	TOTAL	551 255	TOTAL Objectif PCET	1 754 GWh 1 314 GWh

Évolution du parc bâti résidentiel sur Bordeaux Métropole entre 2012 et 2050

Certes, certaines hypothèses peuvent être affinées (nombre de logements futurs, niveau de consommation des logements neufs...), mais cela montre qu'il faudra dans tous les cas atteindre un niveau de performance énergétique très élevé sur l'existant (à minima BBC Rénovation, voire davantage).

Par ailleurs, le coût des travaux à engager pour atteindre un niveau « BBC Rénovation » sur l'ensemble des logements en 2050 (consommation de 50 kWh/m²/an pour les usages de chauffage et d'ECS) représenterait environ 10 400 M€, soit 275 M€ par an.

3.1.3 | Réalisation de fiches Rénovation

Afin d'inciter à une rénovation énergétique ambitieuse des logements sur la métropole, notamment sur les typologies à enjeux, l'Alec et l'a-urba ont décidé, en partenariat avec l'ADEME, de réaliser des fiches rénovation par typologie permettant d'une part, d'aider les propriétaires dans leurs choix techniques et, d'autre part, d'inciter les entreprises du bâtiment à proposer une offre intégrée de rénovation thermique.

Plus précisément, ces fiches « grand public » visent à montrer aux particuliers, ainsi qu'aux artisans et entreprises du bâtiment, les **travaux types d'une rénovation énergétique niveau BBC**, en précisant les actions techniques concrètes à réaliser et celles à ne pas faire.

Démarche et partenaires associés

Afin de réaliser un travail qui soit à la fois consolidé techniquement et partagé par tous, il a été décidé d'y associer plusieurs partenaires du milieu du bâtiment et de l'architecture, à savoir : le CAUE, l'Ordre des architectes, les EIE (Espaces info énergie), la FFB (Fédération française du bâtiment), la CAPEB (Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment) et les Architectes des bâtiments de France. Ceux-ci ont été rencontrés de façon individuelle dans un premier temps au cours de l'été 2014 pour leur présenter ce travail et les y associer, puis réunis collectivement pour le déroulement du travail (excepté l'Ordre des architectes, qui pour des raisons de stratégie et de positionnement national, n'a pas souhaité intégrer cette démarche).

Choix des typologies

Sur la base du travail présenté dans la partie 3.1.1, la première étape a consisté à choisir les typologies sur lesquelles réaliser ces fiches.

De par leur représentativité au sein du parc bâti de la métropole ou leur prépondérance en termes de consommation de chauffage, les typologies ou sous-typologies suivantes ont été pré-identifiées :

- les échoppes (simples et doubles) ;
- les maisons de ville en pierre d'avant 1950 ;
- les maisons en briques de la période 1950-1970 ;
- les maisons en béton de la période 1950-1970 ;
- les maisons « industrielles » d'après 1975 (maisons de lotissement) ;
- les appartements d'après-guerre (1950-1975).

Après discussion avec les partenaires, il a été décidé, dans un premier temps, de se concentrer uniquement sur les maisons individuelles, les logements collectifs étant

plus difficiles à traiter dans leur globalité (nombre de propriétaires, type de propriétaire, type d'occupant, etc.).

D'autre part, afin de limiter le nombre de fiches, qui ne pourront de toute façon pas reprendre tous les cas particuliers existants, il a été décidé de simplifier le découpage et de ne retenir que les trois typologies suivantes :

- les échoppes et maisons de ville en pierre ;
- les maisons de la période 1950-1975 ;
- les maisons de la période 1975-2000.

Afin de tenir compte des spécificités architecturales diverses et variées que l'on peut rencontrer sur un certain nombre de maisons, il a également été décidé de rédiger une ou plusieurs fiches sur celles-ci (parois vitrées importantes, grand volume chauffé, toiture-terrasse, etc.).

Déroulement et résultats

La première typologie traitée a été les échoppes et les maisons de ville en pierre, pour laquelle l'a-urba et l'Alec avaient déjà réalisé une première fiche technique (cf. « Rénovation thermique du parc bâti résidentiel de la Cub, définition d'une méthodologie », a'urba, 2011). Un premier document technique de base, se voulant exhaustif et intégrant ainsi un maximum de considérations techniques, architecturales, urbanistiques, réglementaires ou encore d'organisation de projet, a été présenté et débattu, puis synthétisé et mis en forme pour ne garder que les éléments essentiels à valoriser. Les deux fiches suivantes ont, elles, été présentées et débattues directement dans leur version synthétique.

Trois fiches ont donc été réalisées au cours de l'année 2015, soit une pour chacune des trois typologies identifiées précédemment (cf. annexe). La ou les dernières publications sur les spécificités architecturales seront réalisées début 2016.

Chaque fiche bâtiment prend la forme d'une synthèse en 4 pages structurée en quatre parties :

- contexte et présentation de la typologie (page 1) : avantages de la rénovation, histoire et représentativité de la typologie concernée, description sommaire de la typologie ;
- fonctionnement du bâtiment (page 2) : avantages, pathologies, spécificités ;
- travaux de rénovation (page 3) : conseils techniques sur les travaux à engager par poste (toiture, murs, planchers, ouvertures, ventilation, chauffage et ECS, confort d'été) ;
- déroulement du projet (page 4) : phasage du projet, contacts vers les professionnels du bâtiment et les financements, impacts de la rénovation.

Dans le cadre de ce travail, l'Alec et l'a-urba ont également été invitées à présenter la démarche de réalisation des fiches au sein du Comité Local Unesco Bordelais (CLUB), en illustrant ce travail par la première fiche sur les échoppes et les maisons de ville en pierre.

Sources techniques utilisées pour les fiches

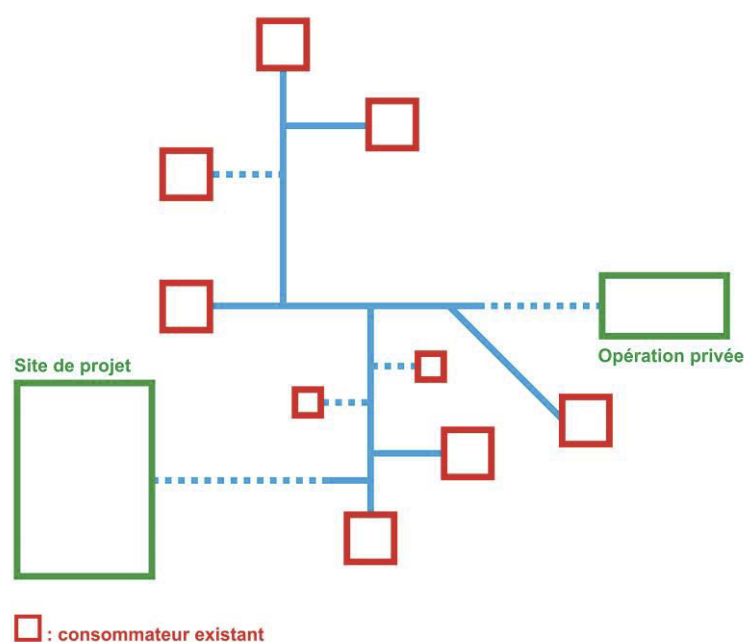
À titre informatif, ce travail a intégré, au-delà des apports des partenaires, des éléments techniques issus de différentes publications :

- fiches ATHEBA (Amélioration thermique du bâti ancien), Maisons paysannes de France : une douzaine de fiches avec des préconisations et des explications, notamment par poste de la construction, 2010 ;
- retours d'expériences (fiches) de l'appel à projets innovants concernant la réhabilitation énergétique en maison individuelle lancé par la Cub en 2012 ;
- « Maisons de Gironde » (tomes 1 & 2), Le Festin, 2009-2010 ;
- « Isolation écologique », Terre Vivante, 2008 ;
- « Le grand livre de l'isolation », Eyrolles, 2012.

3.2 | Desserte énergétique par réseau de chaleur

3.2.1 | Rappel du travail réalisé en 2012

Pour mémoire, avait été réalisé en 2012 un travail d'identification des zones favorables aux réseaux de chaleur dans les tissus constitués de Bordeaux Métropole¹. L'objectif était de localiser, en dehors du centre de Bordeaux qui recouvre des problématiques spécifiques (en termes de foncier disponible notamment), les secteurs présentant un potentiel de création de réseau de chaleur, selon le schéma défini dans les premiers travaux de la mission de planification énergétique (cf. Rapport « Planification énergétique phase 1 », 2011) :



*Schéma de déploiement de réseau de chaleur
à partir de gros consommateurs existants*

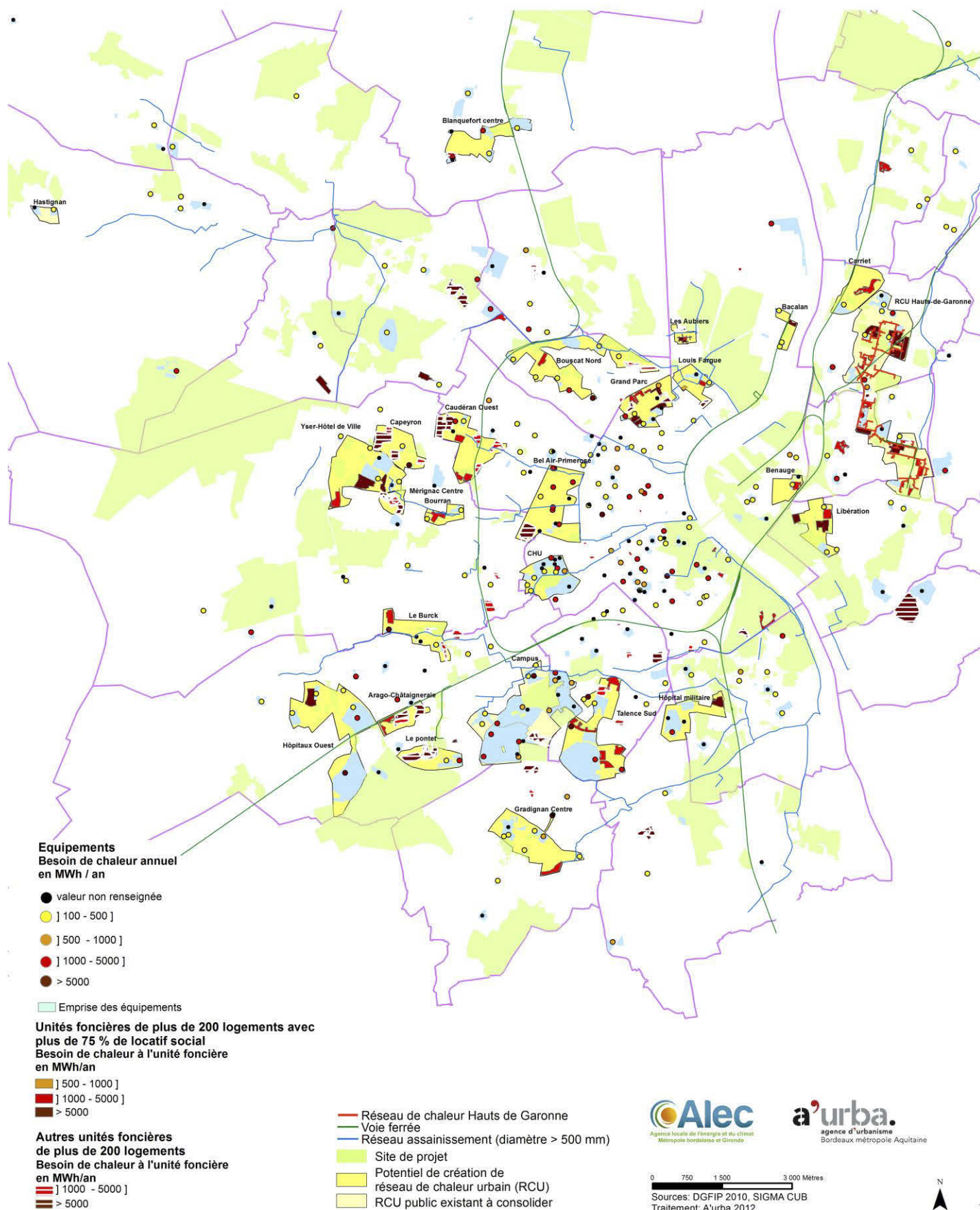
La détermination des secteurs favorables aux réseaux de chaleur s'est donc appuyée sur le recensement des gros consommateurs et la quantification de leurs besoins en chaleur. Pour cela, ont été cartographiés :

- les ensembles de plus de 200 logements et à plus de 75 % sociaux ;
- les ensembles de plus de 200 logements en copropriété privée ;
- les équipements publics et parapublics pour lesquels une quantification des besoins de chaleur et des puissances utiles est possible :
 - o écoles, collèges, lycées,
 - o hôpitaux, cliniques,
 - o maisons de retraite, foyers,
 - o piscines.

¹ Voir rapport « Planification énergétique phase 2 », 2012

Potential de création de réseaux de chaleur urbains dans les tissus constitués de la Cub

Identification des secteurs favorables (hors Bordeaux centre)



Pour chacun de ces consommateurs ont été calculés les besoins en chaleur et la puissance utile². N'ont ensuite été retenus que les équipements ayant un besoin supérieur à 100 MWh/an et les unités foncières (ensembles de logements) ayant un besoin supérieur à 500 MWh/an et en établissant une hiérarchie de ces consommateurs par niveau de consommation.

Au final, les zones où l'on observe une concentration de « gros consommateurs » permettent de définir un secteur potentiel pour la création de réseau de chaleur urbain. Le résultat de ce travail est la carte figurant page ci-contre.

3.2.2 | Intégration des bâtiments de l'État

Entre 2010 et 2011, la DDTM a réalisé un audit énergétique de l'ensemble du patrimoine de l'État sur le territoire girondin (hors bâtiments militaires). Pour chaque bâtiment, l'audit fournit :

- un état des lieux du bâtiment, de ses consommations et de ses niveaux de performance pour les différents postes énergétiques ;
- des préconisations, tant pour l'approvisionnement énergétique que pour l'enveloppe du bâti ;
- des stratégies de réhabilitation, avec des programmations de travaux associées.

Engageant, sur cette base, une réflexion sur une stratégie globale de mutation énergétique des bâtiments audités et ayant connaissance des travaux réalisés dans le cadre de la planification énergétique, la DDTM a souhaité s'intégrer dans cette réflexion d'ensemble sur le territoire de Bordeaux Métropole.

L'une des questions ainsi posées était de savoir si les bâtiments de l'État pouvaient s'intégrer dans les zones favorables aux réseaux de chaleur identifiées dans le cadre de l'étude conduite en 2012, voire, en générer de nouvelles.

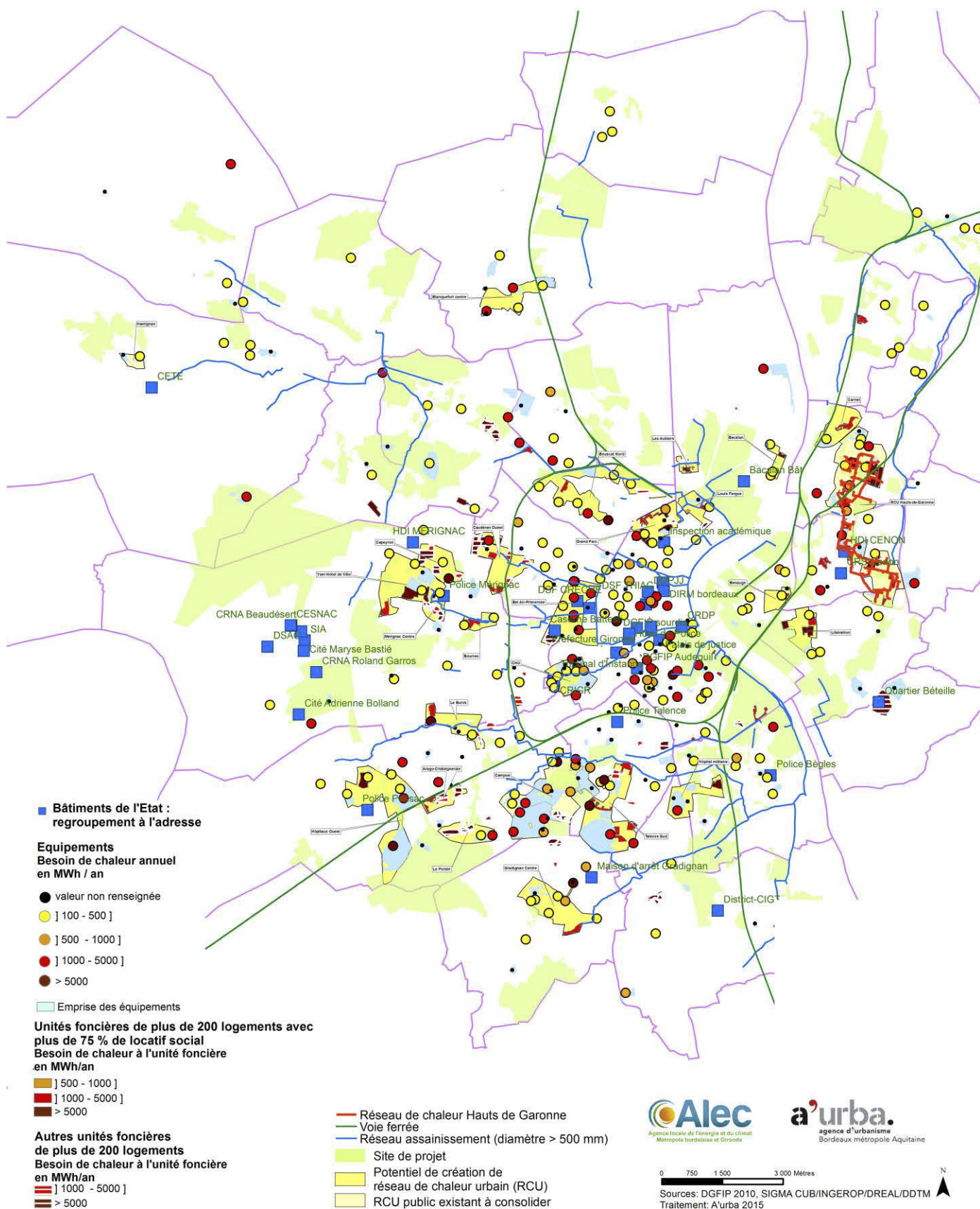
La DDTM a donc mis à disposition de l'a-urba et de l'Alec les résultats de l'audit, permettant ainsi à l'a-urba de géo-référencer les quelques 70 bâtiments ou groupements de bâtiments concernés sur le territoire de Bordeaux Métropole et à l'Alec d'en analyser des données énergétiques.

Là encore, dans une première analyse, n'ont ensuite été retenus que les bâtiments ou groupes de bâtiments présentant un besoin de chaleur supérieur à 100 MWh/an.

² Pour les équipements, les besoins et la puissance ont été calculés à partir de ratios de consommation par type d'équipement. Les besoins de chauffage des logements ont été estimés à partir de la caractérisation thermique du parc bâti résidentiel de la Cub réalisée par l'a-urba en 2009.

Potential de création de réseaux de chaleur urbains dans les tissus constitués de Bordeaux Métropole

Intégration des bâtiments de l'Etat



Ces bâtiments ont donc été intégrés à la carte des zones favorables aux réseaux de chaleur pour donner le résultat figurant page ci-contre (les bâtiments de l'État y sont symbolisés par un carré bleu).

La carte ainsi réalisée fait apparaître les résultats suivants :

- ponctuellement, **certain bâtiments pourraient être raccordés à des réseaux de chaleur existants** (réseau des Hauts-de-Garonne principalement). À noter sur ce point, le raccordement en cours de l'Hôtel des impôts de Cenon au réseau des Hauts-de-Garonne ;
- **le potentiel de certains sites favorables à la création de réseaux de chaleur est renforcé par la présence d'un ou plusieurs bâtiments de l'État**. C'est le cas notamment des secteurs Bel Air-Primerose et Mérignac Centre et, dans une moindre mesure, Grand Parc et Hôpitaux Ouest. Le secteur de Mérignac Centre fait actuellement l'objet d'une étude de faisabilité (étudiant notamment l'opportunité de la création d'un service public de chauffage urbain). Le secteur de Bel Air-Primerose, au vu de son potentiel, a fait l'objet de premières analyses dans le cadre de la mission de planification énergétique (cf. partie 2.3.2) ;
- **la concentration de bâtiments de l'État sur le secteur de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac pourrait faire émerger l'opportunité d'un site favorable à un réseau de chaleur à l'ouest de l'agglomération**. Cette hypothèse reste néanmoins à vérifier, dans la mesure où ces bâtiments s'insèrent soit dans le domaine aéroportuaire lui-même, soit dans un tissu de zones d'activités économiques pour lesquelles l'opportunité de création de réseaux de chaleur n'a pas encore été testée dans le cadre des travaux de la planification énergétique. À noter également la présence du forage géothermique de la BA 106 à proximité immédiate ;
- **enfin, la carte fait apparaître une concentration importante de bâtiments de l'État dans le centre de Bordeaux**. Dans ce secteur, la création de réseau est délicate à envisager du fait principalement du manque de foncier disponible pour l'installation de chaufferie. À noter cependant, la présence **du réseau de chaleur de Mériadeck** (alimenté par un puits géothermique) auquel est notamment raccordé le bâtiment de la préfecture de la Gironde. Au-delà de ce réseau, d'autres solutions sont à envisager sur le centre de Bordeaux, notamment **le recours à des chaufferies existantes (disposant à ce jour ou à terme de réserves de capacité) et la récupération des calories des eaux usées**. Ces deux points sont développés dans les parties suivantes.

3.2.3 | Valorisation des chaufferies existantes

« Faire modèle » à partir du cas des hôpitaux ouest

Dans les premiers travaux de la planification énergétique de l'agglomération bordelaise, deux schémas de développement des réseaux de chaleur avaient été proposés. Le premier, déjà rappelé au début de la partie 3.2, s'appuie sur les gros consommateurs existants, en étendant le réseau à terme à de petites opérations de construction (cf. Schéma 1 ci-dessous). Le second, symétrique au premier, concerne davantage l'hyper-centre de l'agglomération. Il s'agit, à partir d'un réseau de chaleur développé sur un site de projet d'envergure, d'en étendre le périmètre aux consommateurs existants au-delà du strict périmètre opérationnel du projet (cf. Schéma 2 ci-dessous).

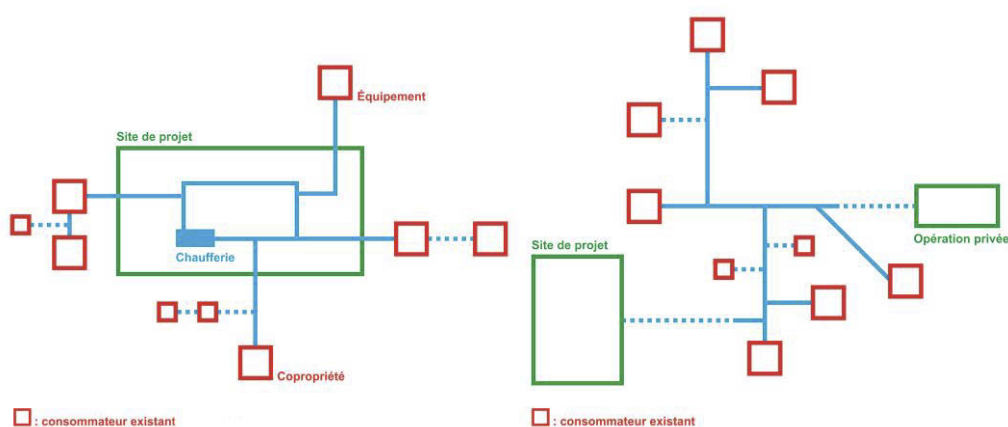


Schéma 1

Schéma 2

Les travaux réalisés en 2013 et 2014 sur le secteur des hôpitaux ouest (Xavier Arnozan et Haut-Lévêque) ont invité à s'interroger sur l'émergence d'un « troisième modèle ».

En effet, le principe envisagé sur ce secteur consiste, à partir d'un réseau existant (celui des CHR), d'imaginer un réseau rayonnant au-delà du périmètre du maître d'ouvrage initial. Ce développement est rendu possible, dans le cas précis de ce réseau, par une réserve foncière sur le site de Haut-Lévêque, permettant d'envisager une chaufferie plus importante que l'existante.

On peut également imaginer qu'un réseau existant puisse être étendu du fait d'une réserve de capacité de la chaufferie en service. Cette hypothèse a été confortée par les échanges avec les bailleurs sociaux dans le cadre de la journée technique organisée par l'AROSHA en mai 2014 (cf. partie 1.1). De fait, dans certains cas, les réseaux propres aux résidences d'habitat social sont élargis à des « clients extérieurs », bâtiments publics notamment.

Consommateur existant avec chaufferie importante

Projet neuf

□ : consommateur existant

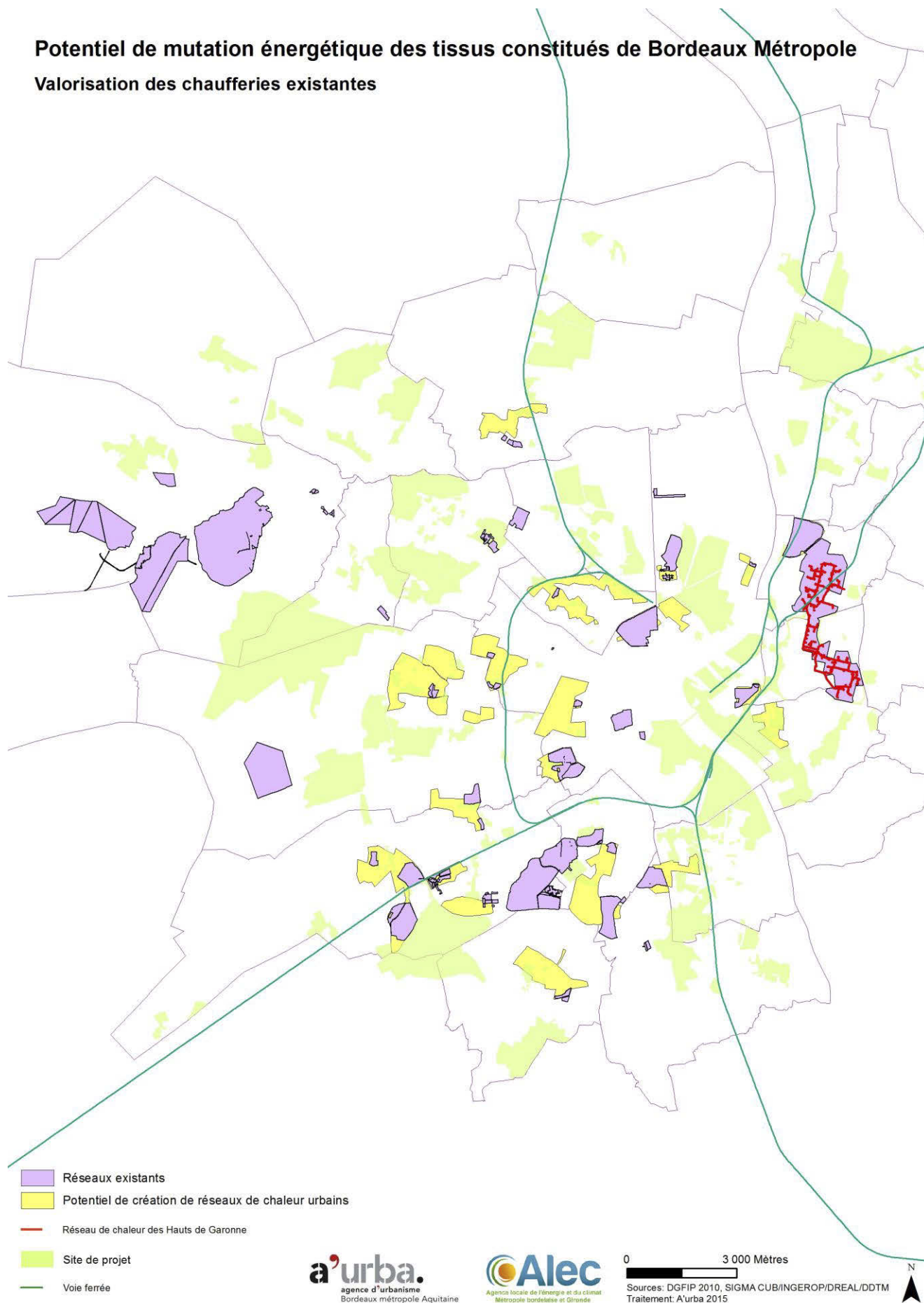
Un consommateur existant dispose d'une chaufferie importante. À l'occasion de travaux de rénovation par exemple, de la capacité est libérée, permettant d'envisager le raccordement de nouveaux « clients », bâtiments existants ou constructions neuves. Dans cette configuration, l'élargissement de la desserte du réseau peut amener à envisager une nouvelle maîtrise d'ouvrage du réseau, notamment par un acteur public.

Identification du potentiel à l'échelle de la métropole

³ Extrait du cahier des charges de la consultation, février 2012

Potentiel de mutation énergétique des tissus constitués de Bordeaux Métropole

Valorisation des chaufferies existantes



C'est ainsi un peu plus de 50 réseaux publics et privés qui ont été recensés sur le territoire. Pour chaque réseau, l'étude fournit un certain nombre de données (type de réseau, maître d'ouvrage, exploitant, surface desservie, puissance installée, type d'énergie, régime de température...). Cette base constitue donc un point de départ important pour identifier le potentiel de valorisation des chaufferies privées et publiques à des fins de création de réseau de chaleur de plus grande envergure.

Pour aller plus loin dans le travail envisagé, la première étape, réalisée en 2015, a consisté à géolocaliser les 53 réseaux recensés dans l'étude. À partir de la désignation du réseau faite dans l'étude de la Cub, nous avons défini un périmètre de desserte présumé du réseau de la façon suivante :

- en cas de copropriété, nous avons pris le périmètre de l'unité foncière correspondante (source : retraitement des données DGFIP par l'a-urba) ;
- en cas d'équipement, nous avons pris l'emprise de l'équipement, tel qu'il est renseigné dans la base « Équipements » de l'a-urba.

Le résultat est la carte figurant page ci-contre. On y retrouve notamment, sur la commune de Pessac, de part et d'autre de la voie ferrée, les deux réseaux existants des hôpitaux Haut-Lévêque et Xavier-Arnoz, s'insérant dans le secteur favorable à la création d'un réseau de chaleur élargi tel qu'identifié dans le travail conduit en 2012.

Sur la base de cette carte d'ensemble, il s'agira, dans la suite du travail, d'une part, de conforter les périmètres de desserte renseignés à ce stade et d'autre part, d'identifier les chaufferies disposant réellement d'un potentiel d'extension (réserve de capacité, présence de consommateurs raccordables à proximité, programmations prévues de travaux de rénovation...).

3.2.4 | Une ressource complémentaire : la récupération des calories des eaux usées

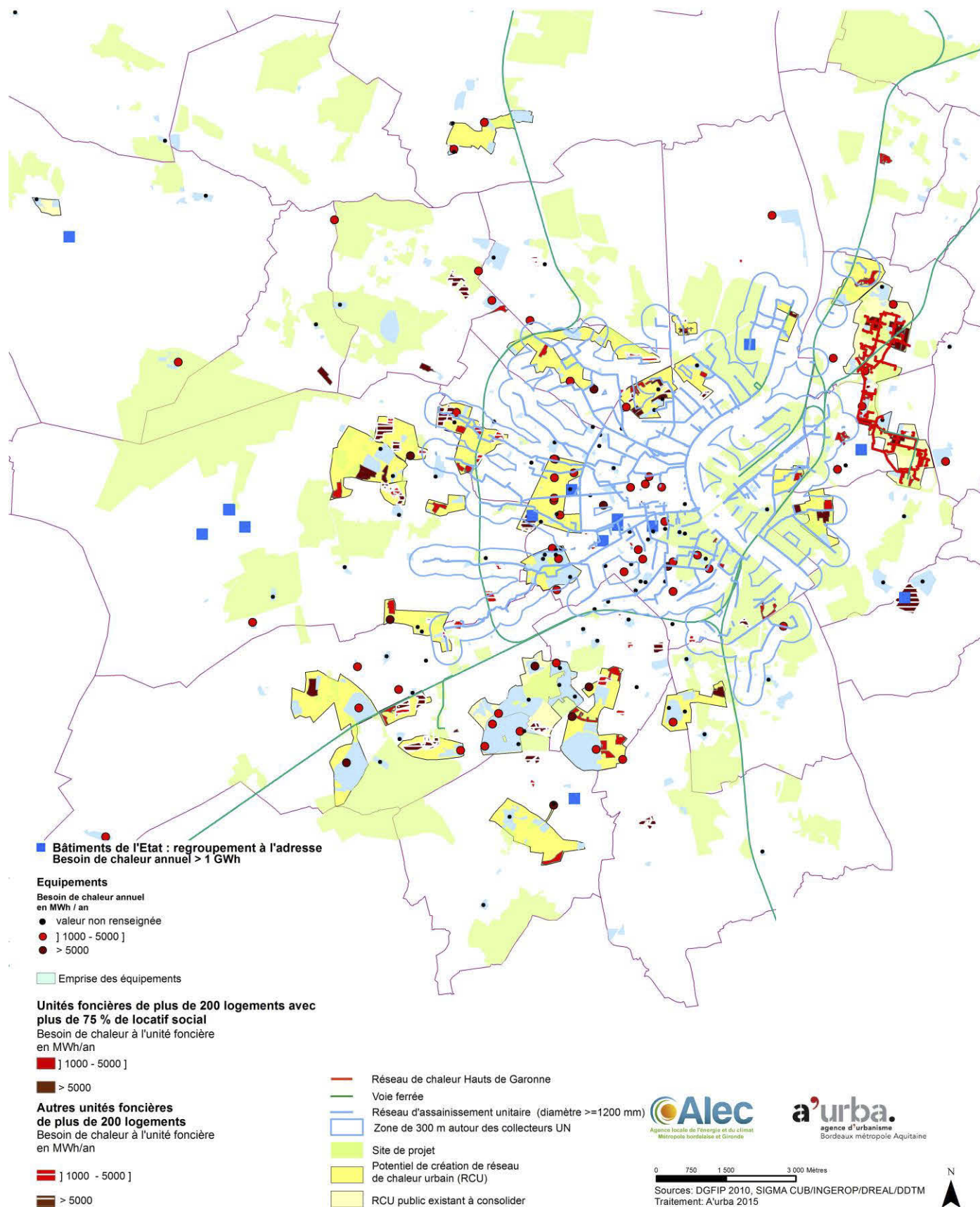
La carte de la page 42 fait apparaître un certain nombre de gros consommateurs d'énergie isolés sur le territoire. Dans cette situation, le raccordement à un réseau de chaleur est rarement envisageable.

À l'inverse, le centre de Bordeaux accueille de nombreux gros consommateurs énergétiques (bâtiments publics notamment) mais la création d'un réseau de chaleur *ad hoc* est compromise par manque de foncier, même si le chapitre précédent a permis de faire émerger une première solution alternative.

Dans ces deux configurations, une ressource alternative au réseau de chaleur réside dans la récupération des calories des eaux usées.

Potential de mutation énergétique des tissus constitués de Bordeaux Métropole

Récupération des calories des eaux usées



Les eaux usées ont une température moyenne de 20°C en été et de 12 à 15°C en hiver. Leur niveau de température relativement constant permet en hiver d'en récupérer des calories pour chauffer des bâtiments et l'été d'évacuer la chaleur des bâtiments pour ainsi les rafraîchir.

Le dispositif technique est constitué d'un échangeur, intégré à la canalisation d'eaux usées et d'une pompe à chaleur, installée dans une chaufferie, qui chauffe ou rafraîchit les bâtiments.

Historiquement, le premier bâtiment à avoir été équipé d'une telle technologie est l'Hôtel de la communauté urbaine de Bordeaux en 2011. Plus récemment, l'ensemble de la partie sud du projet des Bassins à flot a fait l'objet d'une réflexion pour la mise en place d'un réseau de chaleur alimenté à partir des calories de la canalisation de sortie de la station d'épuration Louis Fargues. Ce dispositif est aujourd'hui opérationnel.

Ayant l'avantage de mobiliser une énergie gratuite et « perdue », cette technologie a néanmoins quelques contraintes de faisabilité :

- d'une part, les bâtiments desservis doivent se situer dans une bande de 300 m de part et d'autre de la canalisation ;
- la canalisation doit avoir un diamètre minimum de 1 200 mm, afin notamment d'y installer l'échangeur à plaques ;
- le débit d'eaux usées dans la canalisation doit être supérieur à 15 l/s ;
- le bâtiment desservi doit avoir une consommation annuelle d'au moins 1 GWh, afin de valoriser les investissements (éventuellement entre 500 et 1 000 MWh en fonction de l'économie du projet) ;
- les températures de chauffe ne doivent pas être trop élevées (60°C maximum), afin de ne pas dégrader les performances des pompes à chaleur.

Il est également préférable que l'installation satisfasse au moins deux usages énergétiques, idéalement le chauffage et le rafraîchissement. Sur la base de ces contraintes, une cartographie a été produite (cf. page ci-contre), faisant apparaître :

- le réseau unitaire (>1 200 mm). C'est en effet sur ce réseau, de débit plus constant que le réseau séparatif, que cette technologie trouve son sens ;
- les très gros consommateurs (> 1 GWh) ;
- les sites favorables à la création de RCU identifiés en 2012.

Cette carte confirme l'intérêt de cette ressource pour la desserte des bâtiments de l'hyper-centre, les réseaux de diamètre élevé se situant principalement à l'intérieur de la ceinture ferroviaire. Si certains bâtiments isolés peuvent en outre bénéficier potentiellement de cette ressource, ceux-ci se situent *de facto* dans un périmètre proche du centre.

Il convient également de noter que les zones d'influence des canalisations éligibles intersectent certains des secteurs favorables à la création de RCU identifiés en 2012

(aplats jaunes sur la carte). Cette ressource peut donc être une alternative pour certains bâtiments de secteurs pour lesquels la création d'un RCU ne serait *in fine* pas retenue.

3.3 | La problématique du froid

3.3.1 | Les enjeux pour les villes

La problématique des besoins en froid suscite ces dernières années de plus en plus de questions dans les opérations d'aménagement et d'urbanisme et tend à devenir un véritable enjeu sur le territoire de la métropole, aussi bien pour le neuf que pour l'existant. Certes, la production de froid existe déjà sous différentes formes pour répondre aux besoins de climatisation ou de process de nombreux bâtiments (grandes surfaces, hôpitaux, industries, datacenters...), mais plusieurs constats font émerger le besoin de réfléchir de manière globale et transversale à une meilleure adéquation entre l'offre et la demande :

- la **multiplication**, depuis quelques années, de **l'offre en froid**, notamment pour assurer le confort d'été des logements (climatiseurs réversibles) et de ses conséquences sur **l'appel de pointe électrique** ;
- les prévisions climatiques pour les cinquante prochaines années, avec une **hausse des températures** et la **multiplication d'épisodes caniculaires** ;
- la multiplication de **phénomènes d'îlots de chaleur urbains** (élevations localisées des températures par rapport aux températures moyennes) ;
- la possibilité de **coupler la production de froid avec celle de chaleur** (parfois intéressante pour des sites ayant de forts besoins pour ces deux usages).

De nombreuses questions se posent ainsi pour les collectivités : quels sont les besoins actuels et quels seront les besoins futurs ? Comment prendre en compte des épisodes caniculaires plus fréquents et/ou plus importants ? Quelles sont les solutions renouvelables d'approvisionnement en froid ? Quelles conséquences pour le réseau électrique ? Comment prévenir et réduire les besoins de froid ? Où implanter d'éventuels réseaux de froid ?

Face à ces interrogations émergentes, la métropole a déjà commencé à réfléchir sur le sujet et a notamment lancé une étude sur les îlots de chaleur urbains, visant à les connaître davantage, les traiter et les anticiper.

3.3.2 | Le travail d'étude et de recherche suivi par l'Alec

Dans ce contexte, l'Alec a proposé à deux étudiantes de l'école d'ingénieurs ENSEIRB-MATMECA de Bordeaux de réaliser, dans le cadre de leur cursus scolaire, un travail d'étude et de recherche (TER) sur la problématique du froid à l'échelle de la métropole. Celui-ci, réalisé sur le premier semestre 2015, avait pour objectifs de :

- comprendre et faire **l'inventaire des techniques et des technologies de production de froid** : type d'équipement (compression, absorption...),

nature des usages (niveau de températures, profils de consommations...), recours aux énergies renouvelables... ;

- effectuer une **synthèse des retours d'expérience sur les réseaux de froid** déjà existants en France, ainsi que sur certaines grosses installations de production de froid à l'échelle d'un seul site, notamment dans le secteur tertiaire (hôpitaux, centres commerciaux, grands bâtiments de bureaux...) : puissance, consommation, densité énergétique, type de consommateur, coûts... ;
- **modéliser les besoins de froid des bâtiments à l'échelle de la métropole bordelaise** (en fonction des usages et des typologies), avec représentation cartographique, puis identifier les gros consommateurs de froid, ainsi que les zones favorables au développement de réseaux froid en fonction des énergies et des infrastructures mobilisables ;
- analyser les **paramètres à intégrer dans la réflexion d'adéquation besoins / ressources** : les infrastructures existantes, les îlots de chaleurs, les projets urbains ou d'activités, la mutualisation avec des réseaux de chaleur ;
- identifier les **meilleures adéquations possibles entre besoins en froid et offre en EnRR** (énergie renouvelable et de récupération) selon les configurations et les usages, au vu des éléments précédents ;
- effectuer un zoom sur un ou deux secteurs test identifiés afin de confronter la théorie aux problématiques de terrain.

Seules les phases de parangonnage (techniques de production de froid, retours d'expérience) et de modélisation des besoins ont pu être réalisées au cours du temps imparti. Elles sont décrites dans les sous-parties suivantes (3.3.3 à 3.3.8). Il restera, par la suite, à finaliser ce travail en consolidant la méthodologie de calcul des besoins et en identifiant les meilleures adéquations possibles entre besoins en froid et offre en EnRR selon les configurations et les usages (avec prise en compte de la présence d'îlots de chaleur, de la production décentralisée d'électricité, de l'évolution des besoins et des températures, de la mutualisation avec les zones favorables aux réseaux de chaleur...).

3.3.3 | État de l'art de la climatisation au niveau national

Relativement peu d'études ont été réalisées sur le sujet, que ce soit au niveau national ou à un niveau plus local, d'où une certaine difficulté à récupérer des données suffisamment précises et exploitables. Citons cependant les trois études suivantes qui ont permis d'obtenir plusieurs informations intéressantes :

- rapport du ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement sur la production de GES⁴ des systèmes de climatisation et leur impact sur l'écosystème et l'environnement, 2009 (étude réalisée à l'échelle nationale) ;
- étude CEREN-OREMIP, « La climatisation dans les secteurs habitat et tertiaire en Midi-Pyrénées », 2008 (étude sur la région Midi-Pyrénées) ;

⁴ Gaz à effet de serre

- étude MEDENER-ADEME : « Tendances de l'efficacité énergétique dans les pays du bassin méditerranéen », 2014 (étude sur plusieurs pays méditerranéens, dont la France).

Poids du froid dans les différents secteurs de consommation énergétique

Le tableau suivant reprend les consommations brutes estimées pour chaque secteur au niveau national, ainsi que leur part dans chacun d'entre eux et les usages qui en sont faits :

Secteur	Usages	Consommation énergétique de froid en 2007 (TWh)	Part de la consommation de froid dans le secteur (%)
Habitat	Climatisation	0,46	≈ 0,1 %
Tertiaire	Climatisation (locaux, espaces spécifiques)	13,6	6 à 7 %
Industrie	Climatisation Process	1,5 3,75	1,2 %
Transports	Climatisation embarquée	ND (surconsommation entraînant l'émission de 2,56 Mt eq CO ₂)	ND

Usages et consommations de froid par secteur

NB :

- seules les consommations d'électricité sont comptabilisées pour les usages de climatisation (peu de retour sur la climatisation gaz et nombre limité de réseaux froid en France) ;
- concernant le secteur des transports, la surconsommation de carburants par l'usage de la climatisation entraîne une émission de 2,56 Mt eq CO₂ par an. En prenant une moyenne de 270 g CO₂/kWh, cela représenterait environ 10 TWh de surconsommation (entre 1,5 et 2 % des consommations totales du secteur).

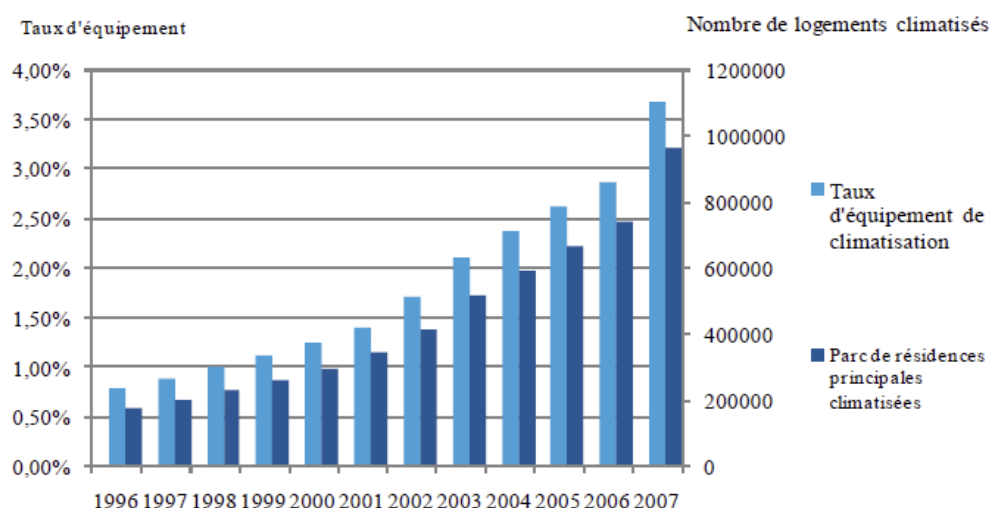
La consommation totale d'énergie liée aux usages de froid représenterait au final environ **30 TWh** en France, essentiellement pour les besoins de climatisation, soit 2 % de la consommation énergétique totale. Une part relativement faible mais qui présente des disparités selon les secteurs et avec des enjeux qui vont au-delà de la quantité d'énergie consommée en elle-même (puissance appelée, aménagement urbain...).

La climatisation dans le secteur résidentiel

Depuis l'important épisode caniculaire de 2003 (70 000 morts en Europe, dont 15 000 en France), le nombre de consommateurs ayant fait le choix de s'équiper de climatiseurs est en constante hausse.

Les derniers chiffres datent de 2007 et montrent que le taux d'équipement du parc de résidences principales en France était en moyenne de **3,6 %** (hors PAC réversibles), mais présentant d'importantes variations selon les régions. 961 000 logements étaient alors équipés d'un système de climatisation, dont 45 % sur le rivage méditerranéen et 31 % dans le sud-ouest et le centre-est, essentiellement des maisons individuelles (90 %). D'autre part, il s'agit de plus en plus des logements neufs.

Au final, le nombre de logements équipés a été multiplié par 3 entre 2001 et 2007 :



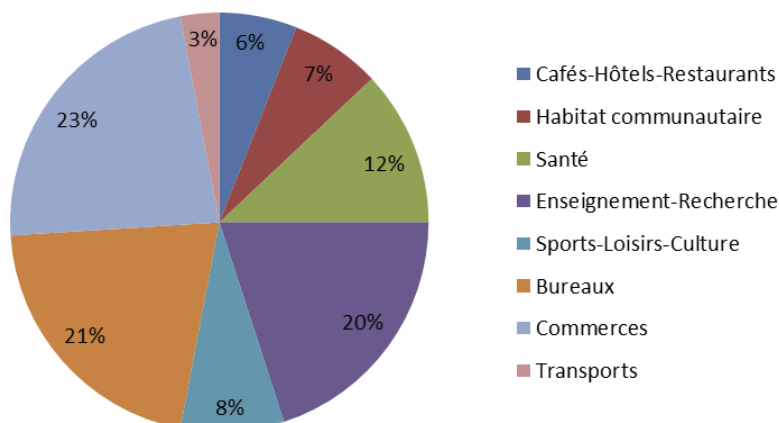
Nombre de logements climatisés et taux d'équipement en France entre 1996 et 2007

Source : ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

En moyenne, la consommation en climatisation d'un logement représente environ **500 kWh** (source : Étude MEDENER-ADEME).

La climatisation dans le secteur tertiaire

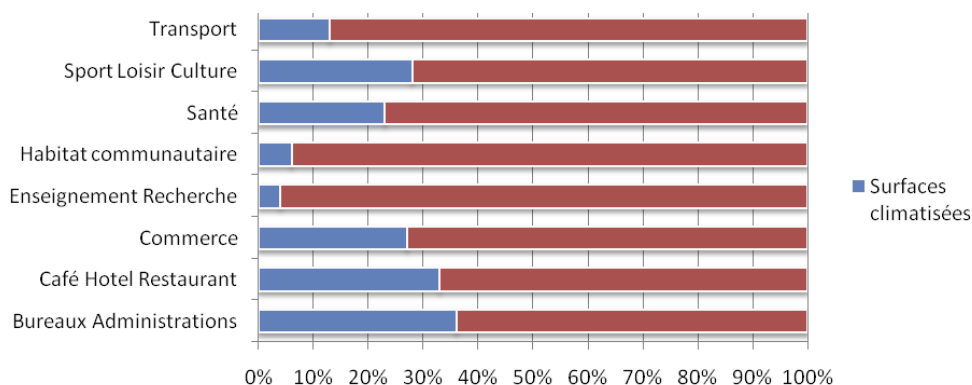
Le secteur tertiaire est souvent décomposé en 8 branches, dont les surfaces se répartissent ainsi :



Répartition des surfaces totales par branche du tertiaire en France

Source : CEREN, 2007

Cependant, le taux de surface climatisée n'est pas le même pour chacune des branches :



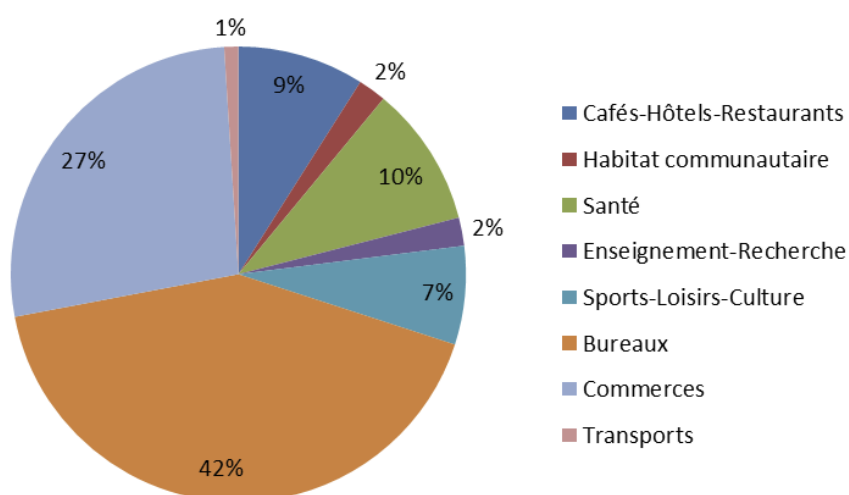
Part des surfaces climatisées par branche du tertiaire

Source : ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Au final (en combinant les deux graphiques précédents), ce sont 22 % des surfaces du parc tertiaire qui sont climatisées (194 sur 890 Mm²), dont **60 % de bureaux et de commerces**.

Contrairement au résidentiel, la canicule de 2003 n'a eu que peu d'impact sur l'évolution du taux d'équipement, mais celui-ci est tout de même en croissance régulière, avec environ 1 % du parc existant équipé chaque année.

Du point de vue de la consommation énergétique, le chiffre sectoriel national (13 600 GWh) donne deux ratios : 15 kWh/m² tertiaire ou 70 kWh/m² tertiaire climatisé. Ces ratios ne sont que des valeurs moyennes et varient bien évidemment selon les branches mais on retrouve bien les **commerces et les bureaux comme principaux consommateurs de froid, avec près de 70 % du total** :



Répartition par branche tertiaire des consommations liées à la climatisation

Source : ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

NB : Les consommations pour le tertiaire comprennent l'ensemble des consommations liées à l'installation d'une climatisation, à savoir les compresseurs froid, la ventilation des locaux et les consommations annexes. De plus, l'estimation des consommations de climatisation présentée ci-dessus diffère très fortement des seules surconsommations d'été liées uniquement à la production de froid. Étant donné que les utilisateurs font fonctionner leur ventilation presque toute l'année, les consommations calculées ne concernent pas seulement les mois d'été, mais s'étalent sur les 12 mois de l'année.

La consommation d'énergie du secteur tertiaire pour les besoins de climatisation représente ainsi environ 30 fois celle du secteur résidentiel (13,6 TWh contre 0,45 TWh), le taux de pénétration étant plus important (marché dans l'habitat encore jeune) et l'usage des appareils moins intensif dans le résidentiel.

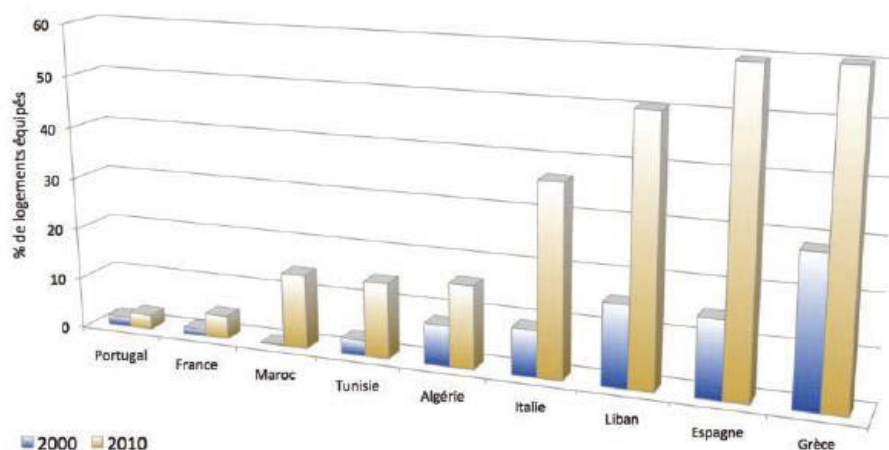
3.3.4 | Quelle évolution pour les besoins de froid ?

Les besoins futurs en froid sont aujourd'hui difficiles à estimer car ils reposent sur plusieurs variables peu évidentes à mesurer :

- amplitude et fréquence des épisodes de canicule, qui dépendra aussi de la volonté politique à lutter contre le réchauffement climatique ;
- aspect comportemental : aller vers plus de « confort », climatisation de plusieurs pièces au lieu d'une aujourd'hui ;
- pouvoir d'achat des ménages (capacité à acheter des climatiseurs, qui tendent à devenir de moins en moins chers) ;
- prise en compte du phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Si l'on regarde de plus près l'aspect climatique, il est intéressant d'analyser ce qui se passe dans les pays méditerranéens voisins, dont le climat actuel pourrait devenir le nôtre à l'avenir (au moins pour certaines régions).

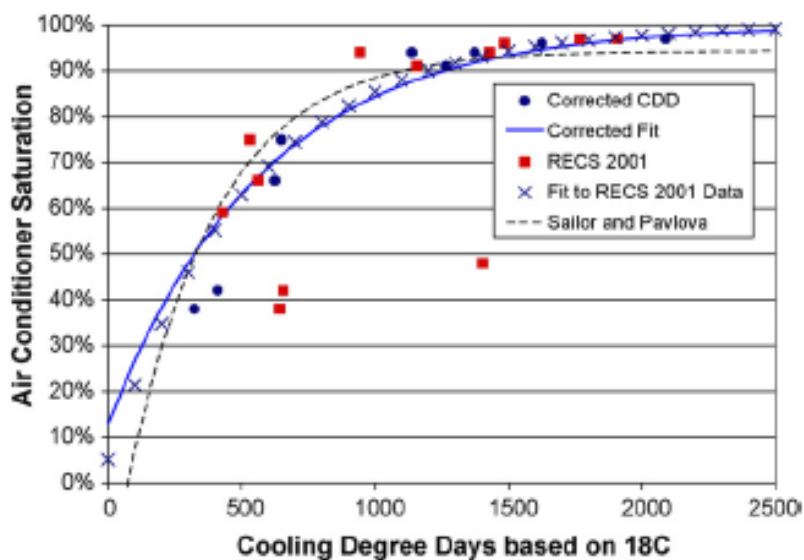
On s'aperçoit, dans ces pays (Italie, Espagne et Grèce notamment), que le taux d'équipement des ménages en climatiseurs varie aujourd'hui entre 35 et 60 %. Ces trois pays représentent d'ailleurs 67 % du marché européen, la France se positionnant juste derrière avec 7 %. De plus, ces taux ont doublé voire triplé entre 2000 et 2010.



Taux d'équipement des ménages en climatiseurs

Source : MEDENER-ADEME

Une étude réalisée aux États-Unis montre également une corrélation entre le nombre de DJU⁵ d'été et le taux de climatisation des résidences :



Taux de pénétration de la climatisation à saturation en fonction du nombre de degré-jours (McNeil & Letschet, 2010)

Source : ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Ces résultats sont cependant à nuancer car les notions de confort et de niveau de vie entrent également en jeu. C'est ce que l'on observe avec, d'un côté, des pays comme le Japon et les États-Unis, dont les taux d'équipement atteignent respectivement 85 % et 65 % et, à l'inverse, les pays du Maghreb qui présentent un taux d'équipement relativement faible au vu de leur climat (moins de 15 %).

En 2009, le groupe interministériel avait élaboré un scénario de l'impact du changement climatique sur l'évolution de la consommation électrique pour le chauffage et la climatisation (scénario A2 basé sur une croissance économique avec des échanges régionaux). Celui-ci montre que la quantité d'énergie supplémentaire pour les besoins de climatisation serait multipliée par 2 en 2050 et par 4 en 2100, mais qu'elle resterait finalement minime en valeur absolue, comparée notamment aux économies faites sur le chauffage.

Consommation A2 (TWH/an)	1980-1999	2020-2039	2040-2059	2060-2099
Chauffage	70,0	62,7	59,9	49,3
Variation	-	-7,3	-10,1	-20,7
Climatisation	0,9	1,3	1,9	3,7
Variation	-	0,4	+1,0	+2,8
Cumul variation annuelle	=	-6,9	-9,1	-17,9

Impact du changement climatique sur l'évolution de la consommation électrique pour le chauffage et la climatisation (Groupe Interministériel, 2009)

Source : ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

⁵ Degrés-jours unifiés : différence journalière entre la température extérieure et une température de référence (généralement 18 °C)

Cependant, ce scénario a été bâti avec un taux d'équipement de 35 %, qui pourrait en réalité être plus important. De plus, tous les facteurs n'ont pas été pris en compte (comportement notamment). Au final, les consommations de la climatisation résidentielle pourraient être multipliées par 4 ou 5 et ainsi annihiler les économies de chauffage.

Pour le tertiaire, il est raisonnablement envisageable que le taux d'équipement des locaux existants continue à augmenter. Ce secteur est et restera donc le principal secteur consommateur de froid, même si une forte hausse des taux d'équipement et des consommations est à prévoir pour le résidentiel.

Ainsi, l'ADEME envisage dans son scénario volontariste (cf. L'exercice de prospective de l'ADEME, « Vision 2030-2050 », 2013) que les consommations de climatisation dans les secteurs résidentiel et tertiaire soient les suivantes :

(consommations en TWh)	2010	2030	2050	évolution 2010-2050
Habitat	0,5	1,5	4,5	x9
Tertiaire	15	17,5	20,5*	X1,5

* estimation Alec selon une progression linéaire constante

Scénario volontariste ADEME 2030-2050

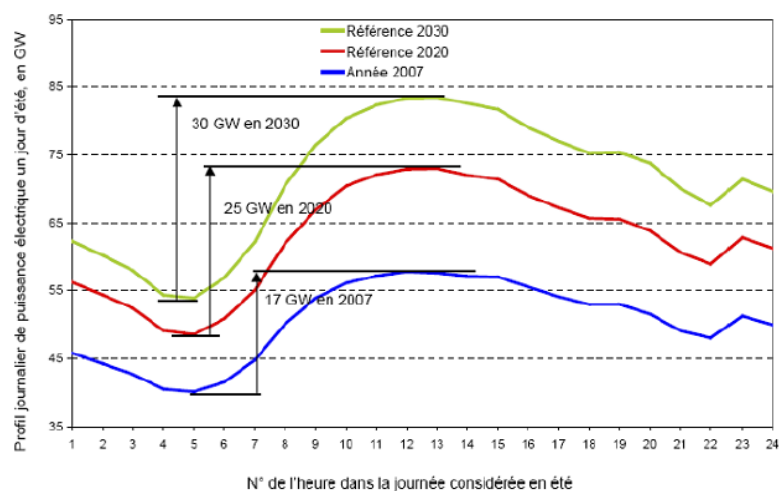
Ainsi, par rapport à aujourd'hui, les besoins de froid pourraient être, dans un scénario volontariste du point de vue de la réduction des consommations d'énergie, **multipliés par 9 d'ici 2050 dans le résidentiel et par 1,5 dans le tertiaire, pour atteindre au total 25 TWh, le tertiaire restant cependant le principal secteur consommateur (environ 20 TWh).**

Évolutions concernant la puissance électrique appelée

Concernant la puissance électrique appelée, qui représente également un enjeu important en termes de gestion des réseaux et donc de dimensionnement et de maîtrise des coûts pour les collectivités, celle-ci sera également amenée à augmenter.

RTE estime qu'un degré Celsius supplémentaire de température induit un appel de puissance d'environ 400 MW (contre 2 400 MW l'hiver), ce qui représente un gradient important au vu de la part des consommations de froid dans la quantité d'énergie totale.

Le scénario énergétique tendanciel de référence du ministère, réalisé en 2008 (Scénario énergétique de référence DGEMP-OE (2008), rapport de synthèse) montre que le pic de puissance pourrait atteindre 83 GW en 2030 contre 58 en 2007, soit une hausse de 25 GW, **dont 13 GW directement liés à l'utilisation de la climatisation.**



Évolution de l'amplitude journalière au cours d'une semaine d'été en 2007, 2020 et 2030 (source : source RTE, avec les hypothèses de l'Observatoire de l'énergie)

Source : ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

3.3.5 | La problématique du froid sur la métropole bordelaise

À l'échelle locale, très peu de données liées à la demande et à la production de froid sont disponibles. On peut malgré tout tenter d'aborder la question à partir des éléments précédents (§ 3.3.3 et 3.3.4).

Le parc bâti climatisé

Concernant le résidentiel, on peut estimer un taux de climatisation assez proche de 5 % (soit un peu plus que le taux moyen national de 3,6 %). C'est notamment ce qui est observé sur la région Midi-Pyrénées avec un taux de 5,1 % en 2006 (étude CEREN-OREMIP, 2008).

La métropole comptant environ 380 000 logements, on aurait donc au final **entre 15 000 et 20 000 logements climatisés**.

Pour le tertiaire, l'étude du ministère indique que 8,5 millions de m² de surfaces tertiaires sont climatisées en Aquitaine (données CEREN), avec un taux de climatisation de 22 % (6^e région en termes de taux de climatisation).

La surface tertiaire métropolitaine étant d'environ 16 millions de m², on aurait alors **3,5 millions de m² de surfaces climatisées** en gardant le même taux d'équipement.

Estimation des consommations de froid

Le bilan énergétique de la Cub réalisé par l'Alec sur l'année 2010 indique que la consommation d'énergie dans le bâtiment était de 8 300 GWh (5 000 GWh pour l'habitat, 3 300 GWh pour le tertiaire) et que la consommation d'électricité y était de 3 700 GWh (1 800 GWh pour l'habitat, 1 900 GWh pour le tertiaire).

Une première estimation, basée sur les observations faites au niveau national, donnerait en ordre de grandeur une consommation de froid de **10 GWh pour le résidentiel** et de **250 GWh pour le tertiaire pour l'année 2010**.

Concernant l'évolution de ces consommations, il est là aussi difficile d'établir des chiffres à un niveau très fin. Cependant, en reprenant les hypothèses de l'ADEME dans son scénario volontariste, les consommations de froid en **2050** pourraient atteindre respectivement **90 GWh pour l'habitat** et **400 GWh pour le tertiaire sur le territoire métropolitain**.

Les puissances appelées localement, spécifiquement à l'usage de la climatisation, sont en revanche plus délicates à estimer à partir des données disponibles actuellement.

3.3.6 | Techniques de production de froid

Il existe plusieurs procédés pour produire du froid, les deux principales étant la compression et l'absorption/adsorption, avec une large prédominance de la première.

La compression fonctionne sur le principe d'une pompe à chaleur, utilisant donc de l'électricité et présentant des COP⁶ souvent compris entre 2,5 et 3,5.

L'absorption est, elle, plutôt utilisée en présence de chaleur fatale⁷, que l'on va valoriser à travers un absorbeur. Le COP est d'environ 0,7 et les coûts sont généralement plus importants (notamment à faible puissance) mais elle peut permettre de valoriser une énergie renouvelable ou de récupération.

Le parangonnage des solutions de production de froid centralisé en France, réalisé par les deux étudiantes dans le cadre de leur TER, a notamment mis en avant les aspects suivants :

- une utilisation très forte dans le secteur tertiaire ;
- des tailles de réseaux très variables : de 100 à 40 000 équivalent logements ;
- une livraison en froid de l'ordre de 10 000 kWh/eq. Logt. ;
- une densité énergétique des réseaux de froid comprise entre 2 et 10 MWh/ml.

Concernant l'offre en énergie renouvelable qui pourrait être mobilisée pour la production de froid, les sources sont les suivantes :

- la géothermie ;
- le solaire thermique ;
- la chaleur issue des UIOM⁸ ;
- le free cooling⁹ (Garonne, boucle d'eau tempérée) ;
- la biomasse.

⁶ Coefficient de performance.

⁷ La chaleur « fatale » est la chaleur perdue par différents processus (incinération des ordures ménagères, calories des eaux usées...).

⁸ Usine d'incinération des ordures ménagères.

⁹ Le « free cooling » utilise un vecteur naturel « gratuit » (l'air, l'eau...) pour assurer le rafraîchissement d'un fluide.

Cependant, aucune donnée chiffrée quant au potentiel d'utilisation de ces EnR n'a pu être calculée. Ce travail sera à réaliser lors de la phase de mise en adéquation « besoins / ressources », en intégrant les conditions de mise en œuvre de chacune de ces EnR (niveau de température, disponibilité de la ressource, existence ou possibilité de récupération de chaleur fatale...).

3.3.7 | Modélisation de la demande en froid

Le travail de modélisation des besoins, des consommations et des puissances en froid a été réalisé pour l'habitat et en partie pour le tertiaire dans le cadre du TER.

Dans le résidentiel

Les besoins et les consommations en climatisation dans les logements ont été calculés, à l'échelle de la parcelle, selon deux méthodes.

La première, assez simple dans sa formulation, est basée sur des ratios de consommation par m² (méthode 3CL-DPE issue de l'arrêté du 9 novembre 2006, relatif aux diverses méthodes de calcul pour le diagnostic de performance énergétique).

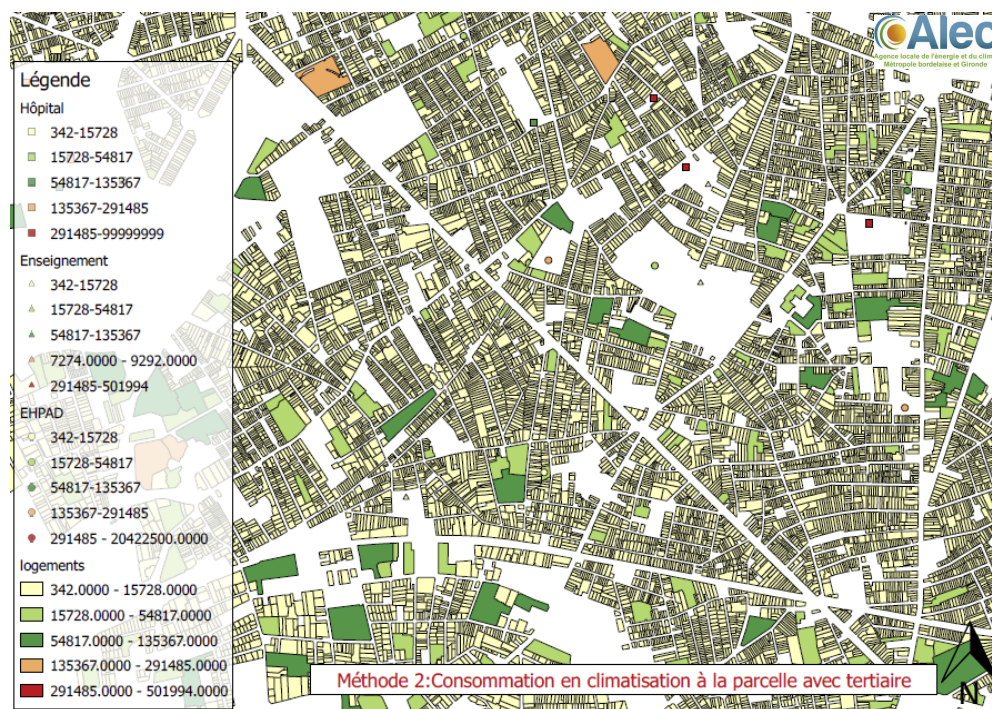
La deuxième, plus complexe mais plus précise, intègre dans son calcul l'ensemble des flux de chaleur présents ou entrants au sein d'un bâtiment. Sont ainsi pris en compte les apports internes (personnes, équipements, éclairages, flux de chaleur des pièces avoisinantes) et les apports externes (transferts thermiques par les parois extérieures et la ventilation, apports solaires).

La puissance à installer a également été dimensionnée à partir de cette deuxième méthodologie.

Dans le tertiaire

Concernant le tertiaire, les consommations ont été calculées à partir de ratios moyens, uniquement pour les établissements de santé et d'enseignement, pour lesquels des données caractéristiques étaient disponibles à l'échelle de la parcelle (nombre de lits, nombre d'élèves). Pour les autres types de bâtiments tertiaires (cafés – hôtels – restaurants, commerces, bureaux, établissements de sports – loisirs – culture), il n'existe pour le moment pas de base de données précisant soit la typologie de bâtiment tertiaire, soit une donnée caractéristique. Ce travail pourra cependant être complété en partie sur certaines zones d'activités de la métropole, sur lesquelles l'a-urba a mené un travail fin d'identification et de collecte des données.

La carte suivante montre, à titre d'exemple, une modélisation des consommations de froid (habitat + tertiaire en partie) à l'échelle de la parcelle, sur un quartier de la métropole.



Sources : DGFIP 2010, SIGMA Cub

Exemple de modélisation des consommations en froid (en kWh)

Ce travail de modélisation reste cependant à finaliser avant d'en diffuser plus largement les résultats.

Il est également important de préciser, en comparaison avec le travail de caractérisation thermique du parc bâti résidentiel réalisé en 2009 par l'a-urba, que bien que la méthodologie de modélisation et la représentation cartographique présentent de fortes similitudes, l'approche offre / demande qui en est faite n'est pas la même. En effet, il n'y a pas forcément une logique de dimensionnement de l'offre pour répondre aux besoins de froid (en tout cas pour les logements individuels), mais plutôt un principe de scénarisation selon plusieurs taux d'équipement.

3.3.8 | Poursuite du travail

La démarche engagée, suite au TER des deux étudiantes et à ces premiers éléments, nécessite d'être approfondie et sera poursuivie en 2016 :

- finalisation de la méthodologie de dimensionnement de la demande ;
- application de la méthodologie sur d'autres typologies tertiaires, en intégrant notamment les données de l'a-urba sur certaines zones d'activités de la métropole ;
- caractérisation de l'offre locale : disponibilité, conditions de mise en œuvre... ;
- mise en adéquation besoins / ressources : potentialité de développement de réseaux froid, mise en parallèle avec l'étude sur les îlots de chaleur urbains, etc. ;
- test sur des « quartiers » : confrontation des données modélisées et de leur analyse avec la réalité.

3.4 | Electricité

3.4.1 | Enjeux d'un travail prospectif sur les besoins en électricité

Le fort développement de l'agglomération bordelaise s'accompagne potentiellement d'un besoin de renforcement des infrastructures électriques (réseaux et postes sources) pour :

- répondre aux besoins nouveaux, notamment en matière d'électricité spécifique mais aussi de développement du tramway, des véhicules électriques... ;
- absorber la production délocalisée d'électricité d'origine renouvelable ;
- garantir le fonctionnement efficace des réseaux dans leur gestion dynamique.

Pour autant, ces enjeux nouveaux doivent également être croisés avec les politiques locales de maîtrise de la demande en énergie et de recours aux énergies renouvelables (notamment pour les besoins de chaleur : chauffage et eau chaude sanitaire, ainsi que de froid).

Une réflexion prospective sur les besoins en électricité doit donc s'inscrire dans une approche énergétique globale et constitue donc à ce titre « une brique » importante d'une planification énergétique territoriale.

L'on peut en effet imaginer que, sur un secteur en développement, les besoins nouveaux en électricité puissent être pour partie optimisés par :

- le recours à d'autres sources d'énergie pour les besoins de chaleur des constructions neuves ;
- la rénovation énergétique des constructions existantes situées dans la zone d'influence du poste source concerné et, le cas échéant, la suppression ou l'amélioration des performances des chauffages électriques des constructions existantes ;
- le développement de réseaux intelligents (smart grids), permettant une optimisation des besoins entre les différents usages (résidentiel, tertiaire, mobilité...).

Les enjeux se situent donc à la fois sur le plan environnemental (contribuer à l'atteinte du Facteur 4) et économique (optimiser les dépenses publiques en matière de renforcement des réseaux électriques).

L'aménagement urbain est, lui aussi, interpellé de multiples façons par la question électrique :

- en termes de programmation : existe-t-il une mixité fonctionnelle optimale permettant la mise en place de réseaux intelligents pour travailler sur les complémentarités de besoins électriques entre les différentes fonctions urbaines ?

- en termes de mobilité : la stratégie de déplacement induit-elle une augmentation ou une diminution des besoins en électricité ?
- en termes d'îlots de chaleur urbain : la conception du projet, à la fois du point de vue des bâtiments et des espaces publics, induit-elle une baisse significative des températures en cas de forte chaleur et par là même, une réduction des besoins en climatisation, donc une baisse des appels de puissance en pointe estivale¹⁰ ?

Ainsi, d'un sujet strictement « technique », la question électrique s'impose de plus en plus, du point de vue de l'urbanisme, comme un facteur de projet essentiel.

3.4.2 | Étude de cas sur le secteur de Bordeaux Nord

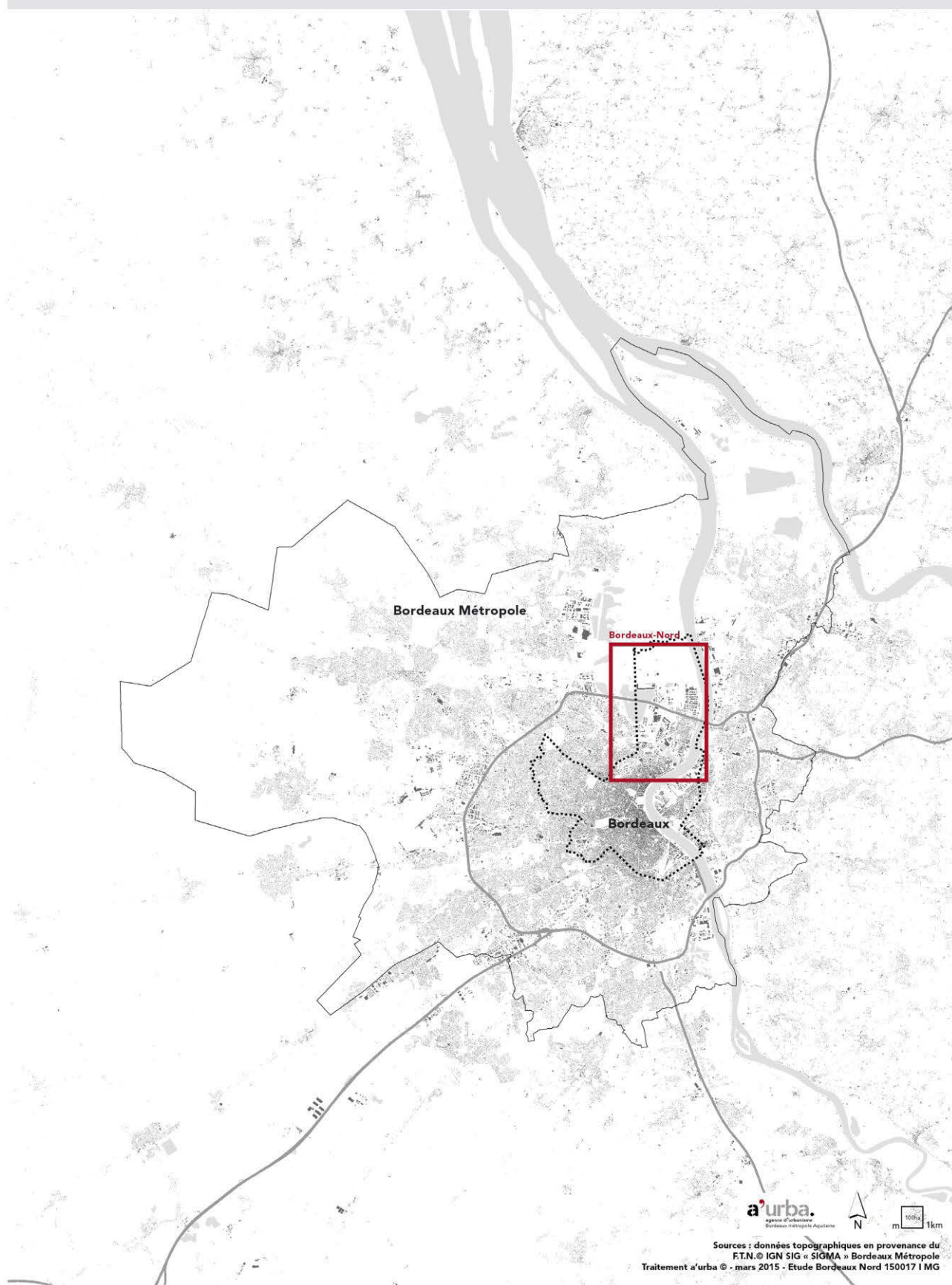
En 2012 et 2013, une première analyse prospective des besoins en électricité avait été réalisée sur le secteur de la Plaine rive droite (cf. Rapports « Planification énergétique phase 2 » et « Planification énergétique phase 3 », 2013). Ce travail visait, sur un secteur élargi, à interroger les différents paramètres impactant la demande en électricité, tel que décrit dans la partie précédente.

Si ce travail a permis d'aboutir à un certain nombre d'analyses, il a aussi mis en évidence la limite d'un « travail en chambre » : sur un sujet aussi complexe que la gestion dynamique de l'adéquation offre-demande en électricité, s'est rapidement imposée la nécessité d'une collaboration technique avec ERDF.

Des rapprochements avec le gestionnaire historique du réseau se sont donc mis en place, conduisant à un intérêt commun à tester des méthodes de travail pour une meilleure anticipation de la question électrique dans la conception des projets urbains.

¹⁰ Si les réseaux électriques sont avant tout dimensionnés sur la pointe hivernale, la question de la pointe estivale se pose de façon accrue du fait, d'une part, du dérèglement climatique et de l'augmentation globale des températures et, d'autre part, de la moins forte capacité des réseaux à dissiper les calories en cas de forte chaleur.

Bordeaux Nord, un large territoire au coeur de la métropole



Dans cette perspective, il a paru opportun de commencer ce travail exploratoire sur un site en devenir, disposant encore de marges de manœuvre importantes dans sa conception, mais sur lequel des tensions sur la demande en électricité étaient manifestement prévisibles. Le secteur de Bordeaux Nord est apparu comme le site répondant le mieux à l'ensemble de ces critères.

Le devenir du secteur de Bordeaux Nord

Bordeaux Nord, vaste territoire compris entre les Bassins à flot et le grand stade occupant toute la partie nord de la ville de Bordeaux (cf. plan de situation ci-contre), est l'un des futurs grands sites d'évolution de l'agglomération.

Après avoir fait l'objet par le passé de nombreuses attentions et donné lieu à plusieurs plans guides, ce territoire de projet revient à nouveau aujourd'hui sous le feu des projecteurs, le contexte ayant depuis fortement évolué, suscitant ainsi la demande de Bordeaux Métropole et de la ville de Bordeaux de relancer les réflexions : les quartiers des Bassins à flot et de Ginko sont en chantier, les études urbaines du quartier des Aubiers et de la cité Claveau sont avancées, une partie du parc reliant le Lac aux Bassins à flot est partiellement accessible au public et l'impact de l'arrivée du pont Chaban-Delmas devient lisible.

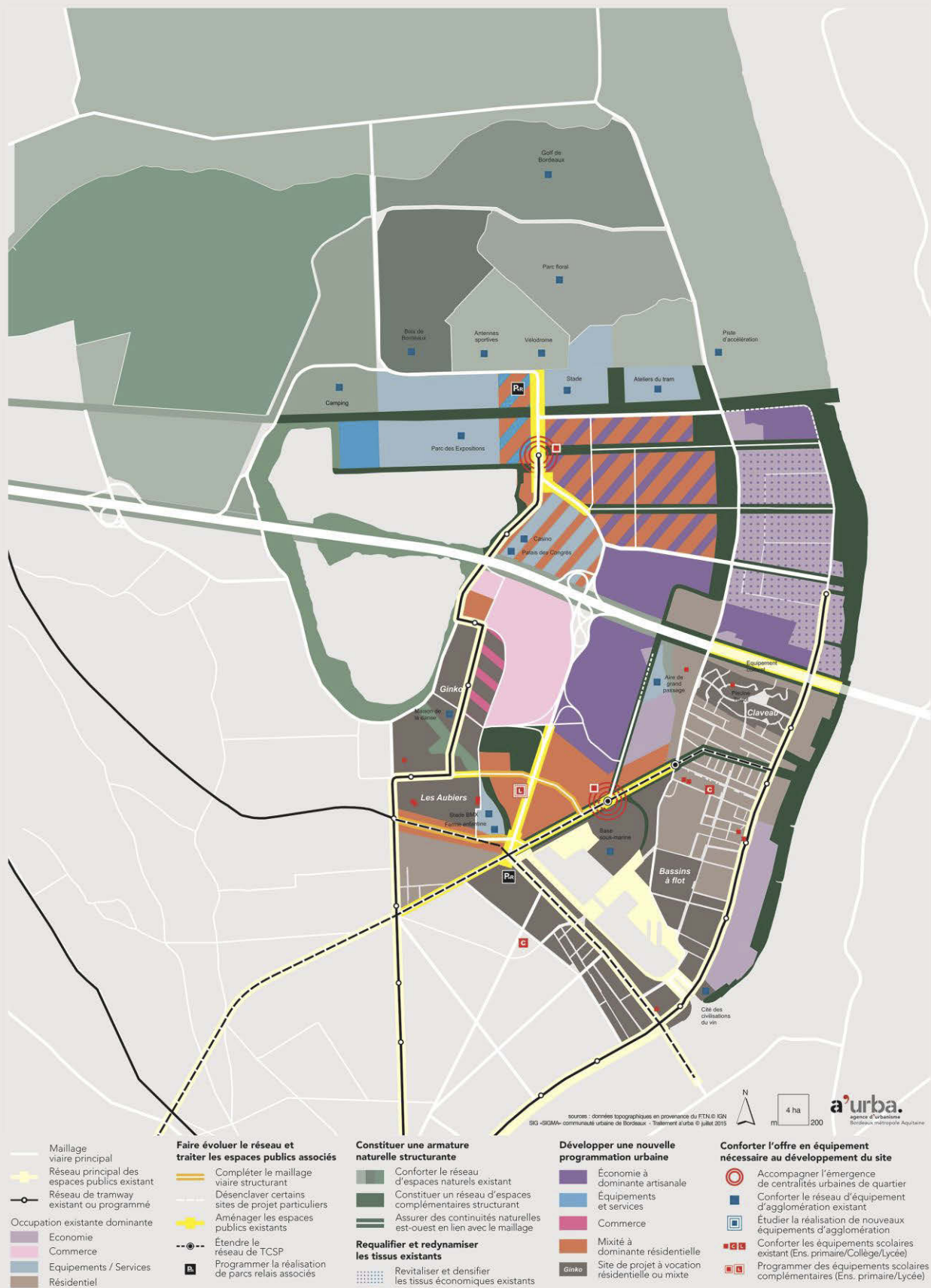
S'ajoutent à cela la réalisation du grand stade, un nouveau regard des équipes OMA et AUC sur ce territoire dans le cadre de la démarche des « 50 000 logements » et celui proposé par l'agence TER dans la démarche « 55 000 ha pour la nature », mais aussi les effets indirects de l'OIN sur ce territoire et un projet métropolitain ambitieux qui montre la nécessité de construire plus de logements sur Bordeaux d'ici 2030.

Dans ce contexte changeant, il s'agit aujourd'hui de reconsidérer le site sous un angle nouveau, de questionner la stratégie publique à long terme en s'interrogeant en particulier sur l'équilibre entre le renforcement d'un quartier économique existant et le déploiement de tissus résidentiels nouveaux et ainsi définir, en lien avec Bordeaux Métropole et la ville de Bordeaux, une stratégie de développement à long terme (2040/2050).

L'a-urba a ainsi été missionnée pour réfléchir au devenir de ce quartier. Dans un premier temps, le travail s'est concentré sur la définition des grands choix programmatiques préalables à partir d'une réflexion globale et prospective en termes de programmation à l'échelle de Bordeaux Métropole et de la ville de Bordeaux. Sur la base d'une analyse comparée entre une perspective « tout résidentiel » et une perspective « tout économique », l'intérêt d'une programmation mixte s'est confirmé, plutôt défavorable au tertiaire déjà fortement programmé dans d'autres sites de projet (OIN notamment), dans une logique de renouvellement urbain. Sur cette première base, plusieurs scénarios programmatiques ont été déclinés.¹¹

¹¹ Voir « Bordeaux Nord, étude de programmation urbaine », a'urba, 2015

Devenir de Bordeaux Nord : scénario 4



C'est le scénario 4, résultat des premiers scénarios étudiés, qui a été retenu pour conduire le travail prospectif sur les besoins en électricité.

Ce scénario s'articule autour de deux axes forts (cf. plan page ci-contre) :

1/ La poursuite de la ville résidentielle le long du Lac et du tramway jusqu'au grand stade

En lien avec la refonte des grandes voiries circulantes de l'intra-rocade, un nouveau quartier émerge à la charnière des quartiers des Aubiers, de Ginko, des Bassins à flot et de Bacalan. Et dans le prolongement, le Lac de Bordeaux, le tramway et le grand stade deviennent les points d'appui d'une nouvelle offre urbaine qui se déploie de l'autre côté de la rocade.

2/ La poursuite de la ville économique sur un site de production renforcé le long d'un axe de nature

En appui des sites existants, un vaste espace économique, connecté et renforcé dans sa vocation productive, se déploie le long d'un axe de nature structurant.

C'est sur cette base programmatique qu'a été engagé le travail d'analyse des besoins en électricité.

Méthodologie de travail retenue

Dans le cadre du projet européen TRANSFORM, développé sur le secteur de la Part-Dieu à Lyon, ERDF a élaboré un outil de simulation de la demande en électricité adapté au projet urbain.

Dans ses grands principes, cet outil consiste à :

- découper le secteur d'étude en îlots présentant une cohérence en termes d'évolution ;
- pour chaque îlot, renseigner les données par fonction urbaine en termes de surface de plancher existante, démolie, construite, réhabilitée ;
- compléter ces informations en termes de ressources énergétiques mobilisées pour les différents usages (chauffage, eau chaude sanitaire, froid, électricité spécifique...) et de performances énergétiques de bâtiments ;
- en déduire une courbe de charge en termes d'appel de puissance.

Le tableau ainsi renseigné permet alors d'élaborer différents scénarios, permettant de mesurer l'impact en termes d'appel de puissance, de différents leviers de projet tels qu'une rénovation lourde d'un îlot ou la mise en place d'un réseau de chaleur.

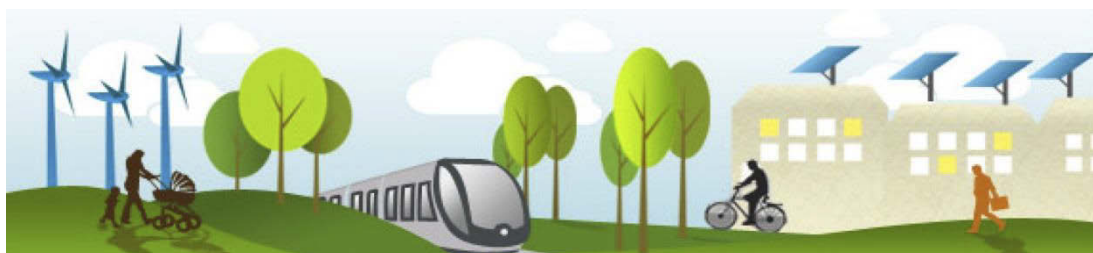
Il permet donc de construire le scénario conduisant à l'optimum des investissements et des gains environnementaux associés.

Cet outil constituait donc une réponse méthodologique adaptée au travail envisagé sur le secteur de Bordeaux Nord dans le cadre de la mission de planification énergétique de l'agglomération bordelaise.

Au stade actuel d'avancement du travail, ont été réalisés :

- le découpage du secteur en 35 îlots géo-référencés ;
- le renseignement des données en termes de surface de plancher (existante, démolition et construction neuve projetées), par grands postes (résidentiel, locaux d'activité, entrepôts, bureaux, commerces, équipements, hôtels) ;
- une première quantification des besoins de chaleur à l'îlot, ainsi que l'identification des gros consommateurs d'énergie et des modes et énergies de chauffage.

En raison de difficultés à finaliser la convention avec ERDF, les données ainsi constituées ne peuvent être présentées dans ce rapport. Si la poursuite de ce travail est confirmée, il conviendra de compléter ces données par des hypothèses en termes de ressources et performances énergétiques envisagées sur le secteur, afin de définir le scénario répondant le mieux aux enjeux environnementaux et financiers à court, moyen et long termes.



Bibliographie

Bibliographie

- ADEME, « L'exercice de prospective de l'ADEME "Vision 2030-2050" », 2013, 297 p.
- a'urba, Alec, « Planification énergétique "Facteur 4" de l'agglomération bordelaise - Première phase », 2011, 105 p.
- a'urba, Alec, « Planification énergétique "Facteur 4" de l'agglomération bordelaise - Seconde phase », 2013, 149 p.
- a'urba, Alec, « Planification énergétique "Facteur 4" de l'agglomération bordelaise – Troisième phase », 2014, 74 p.
- a'urba, Alec, Porter à connaissance énergétique sur le secteur des hôpitaux Xavier-Arnoz et Haut-Lévêque, 2016, 57 p.
- a'urba, « Rénovation thermique du parc bâti résidentiel de la Cub, définition d'une méthodologie », 2011, 48 p.
- CAUE de la Gironde, « Maisons de Gironde – Tomes 1 et 2 », Bordeaux : Le Festin, 2009, 112 p.
- CEREN-OREMIP, « La climatisation dans les secteurs résidentiel et tertiaire en Midi-Pyrénées », 2008, 63 p.
- Direction générale de l'énergie et des matières premières, Observatoire de l'énergie, « Scénario énergétique tendanciel à 2030 pour la France », 2004, 21 p.
- Gallauziaux T., Fedullo D., « Le grand livre de l'isolation », Paris : Eyrolles, 2012, 678 p.
- Maisons paysannes de France, Cete SO, Fiches « Amélioration thermique du bâti ancien (ATHEBA) », 2010, 43 p.
- MEDENER-ADEME, « Tendances de l'efficacité énergétique dans les pays du bassin méditerranéen », 2014, 80 p.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, « Rapport sur la production de gaz à effet de serre des systèmes de climatisation et leur impact sur l'écosystème et l'environnement », 2009, 86 p.
- Oliva J-P, Courgey S., « L'isolation thermique écologique - Conception, matériaux, mise en œuvre - Neuf et réhabilitation », Mens (38) : Terre vivante, 256 p.



Annexes

Annexes

Fiches Rénovation Facteur 4



RÉNOVER SON ÉCHOPPE / SA MAISON EN PIERRE

DU PROJET À LA RÉALISATION



> Rénovation énergétique : qu'est-ce que j'y gagne ?

- je réduis **mes factures énergétiques**, notamment pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire
- J'améliore le **confort thermique, visuel et acoustique**
- J'améliore l'**environnement et la sécurité de mon logement** : qualité de l'air intérieur, désordres sur le bâti (humidité), les équipements électriques et de chauffage
- C'est l'occasion d'améliorer l'**esthétique et l'aménagement du bâtiment** : agrandissement, modernisation, embellissement...
- J'augmente la **valeur patrimoniale** de mon logement
- J'adopte une démarche de **développement durable** en réalisant un logement sain et moins impactant pour l'environnement

> Échoppe / maison en pierre : de quoi parle-t-on ?

L'ÉCHOPPE BORDELAISE : UN PATRIMOINE À PRÉSERVER

Les maisons individuelles en pierre d'avant 1950 représentent une part importante du paysage de Bordeaux, (environ 40 000 logements, soit 10 % du parc), et d'autres communes de Gironde. Elles présentent une lisibilité et une cohérence remarquables de par leurs proportions, leurs volumes, leurs matériaux et l'ordonnement de leurs façades.

Il faut donc préserver l'identité de ces quartiers, valoriser et faire évoluer cet héritage.

On distingue parmi ce patrimoine :

- **les échoppes** (simples et doubles), petites maisons urbaines en pierre de taille, construites entre les années 1850 et 1930. Elles étaient destinées à l'origine à loger les ouvriers. Ce sont des maisons basses de plain pied, sur parcelle étroite et profonde, avec façade donnant sur rue. A l'arrière, la maison est souvent agrémentée d'un jardin et/ou d'une véranda.
- **les maisons en pierre à étage**, ou échoppes surélevées.

DES CARACTÉRISTIQUES SINGULIÈRES

La façade est en pierre de taille calcaire, les autres murs en pierre voire parfois en mâchefers.

La cave est construite sur un terre-plein, indispensable à la respiration du sol et entourée des murs de fondation ventilés grâce aux soupiraux.

Le chauffage est au gaz dans près de 70 % des maisons devant l'électricité (18 %).

UN FONCTIONNEMENT SPÉCIFIQUE

La maison en pierre est conçue comme un système respirant (à la différence des bâtiments modernes) : il gère son air, sa température et son humidité, grâce notamment à son inertie et à l'utilisation de matériaux perméables à la vapeur d'eau et sa ventilation naturelle permanente.

Il faudra donc veiller lors de travaux de rénovation à bien conserver les atouts du bâtiment et éliminer ou limiter ses défauts potentiels.



Comment ça fonctionne ?



POINTS FORTS :
Éléments à conserver



POINTS FAIBLES :
Défauts à corriger



La **ventilation naturelle** déterminante pour le renouvellement d'air et la régulation de l'humidité



L'**inertie importante des murs** en pierre apporte un confort thermique sans égal : c'est elle qui permet, l'hiver, d'accumuler la chaleur avant de la restituer progressivement, et l'été, de stocker puis de distribuer la fraîcheur la nuit et de limiter les surchauffes



Le **chauffage central** avec son réseau "eau chaude" et ses radiateurs en fonte



L'inconfort l'hiver dû à l'**effet de paroi froide⁽¹⁾** sur les murs



La **respiration du bâtiment** : la pierre laisse passer l'humidité et évite ainsi les excès d'humidité dans l'air intérieur ; l'évaporation de l'eau dans les murs apporte de la fraîcheur l'été



La **valeur esthétique et culturelle** : façades en pierre, menuiseries anciennes, volets et portes en bois



Les **remontées capillaires⁽²⁾ d'humidité**
Elles peuvent provoquer :
- un pourrissement des lattes de bois au niveau du plancher bas non isolé
- un dépôt de salpêtre sur la surface des murs

Attention, en cas de surélévation par le passé, celle-ci a pu être mal conçue et entraîner des défauts d'étanchéité des toits terrasses et une dégradation des murs de soubassement liée à la charge des charpentes ou des maçonneries.

⁽¹⁾ *paroi froide* : phénomène caractérisé par une température de paroi inférieure de plus de 3°C à la température de l'air ambiant, en raison d'un manque d'isolation de celle-ci

⁽²⁾ *remontées capillaires* : remontées naturelles d'eau dans les murs provoquées par l'attraction de l'eau au contact de matériaux poreux

⁽³⁾ *ponts thermiques* : zone ponctuelle ou linéaire où l'isolation n'est pas continue (intersection de deux parois par exemple) et qui provoque des fuites de chaleur

⁽⁴⁾ *frein vapeur* : film ayant la propriété de freiner la diffusion de la vapeur d'eau, sans être complètement étanche (à la différence du pare vapeur)

> A faire / A ne pas faire : conseils et mises en garde

Les prescriptions techniques proposées ci-dessous ne sont ni restrictives ni exhaustives. Elles se veulent indicatives, sans privilégier de solution unique (que ce soit dans les matériaux ou les procédés utilisés) pour atteindre les niveaux de performance recherchés. Les **+** indiquent le degré de priorisation par poste en termes de gains énergétiques et de confort.

1 LA TOITURE **+++**

- Je privilégie l'isolation de la toiture qui présente le meilleur retour sur investissement.
- Je retire l'isolation existante, qui a souvent perdu sa capacité de résistance thermique.
- J'isole au plus près du volume chauffé, en privilégiant les produits respirants (stables à l'humidité) et avec une bonne inertie pour l'isolation l'hiver et le confort d'été : de 20 cm en combles habitables à 30 cm en combles non habitables + frein vapeur⁽⁴⁾.
- Je veille à assurer la continuité de l'isolation au niveau des éventuelles fenêtres de toit.
- Je ne mets surtout pas de produits étanches afin de laisser circuler la vapeur d'eau.
- J'évite les isolants minces qui présentent de moindres performances thermiques.

2 LES MURS **++**

- Je veillerai à ne pas isoler tous les murs de la même façon (murs donnant sur l'extérieur, murs mitoyens, murs internes au logement).
- Je réalise une isolation thermique par l'intérieur : isolant perméable de 12 à 15 cm + frein vapeur⁽⁴⁾ + parement intérieur (préservation des propriétés hygrométriques des murs en pierre, atténuation du phénomène de parois froides).
- Je n'isole pas les murs porteurs séparatifs internes qui jouent le rôle de régulateur thermique été comme hiver.
- Je bannis tout enduit ou jointement avec des matériaux étanches qui vont bloquer la circulation de la vapeur d'eau.
- Je préserve la qualité architecturale des façades en pierre.

3 LES OUVERTURES **+**

- Je préserve la qualité architecturale de mon logement : menuiseries, portes et volets en bois.
- Je restaure les menuiseries d'origine en réalisant une isolation périphérique de la fenêtre.
- Je renforce le vitrage, en appliquant un survitrage ou en posant une double fenêtre (notamment pour les secteurs à fort caractère patrimonial)
- Dans le cas contraire, je remplace l'ensemble de la fenêtre, en installant une menuiserie bois et un double vitrage.

4 LES PLANCHERS BAS **+**

- Je recherche l'inertie thermique et la perméabilité à la vapeur d'eau en proscrivant les films et isolants étanches afin d'éviter le déplacement de l'humidité dans les murs périphériques :
 - Sur terre-plein : dalle ou chape de 15 cm (chaux et sable, argile expansée, pouzzolane, terre crue compactée ...) + panneaux isolants incompressibles (liège, laine de bois spécial ...) + hérisson ventilé en cailloux + isolant en vrac (chènevotte, liège, vermiculite ...).
 - Sur espaces non chauffés : chape isolante de 15 cm (mortier de chaux et billes d'argile expansée) + couche d'égélation en tout-venant + plaques de plâtre ou de bois.
- Je limite au maximum les ponts thermiques⁽³⁾ (en assurant la continuité avec l'isolation intérieure), car ils peuvent générer une concentration de l'humidité.

5 LA VENTILATION **++**

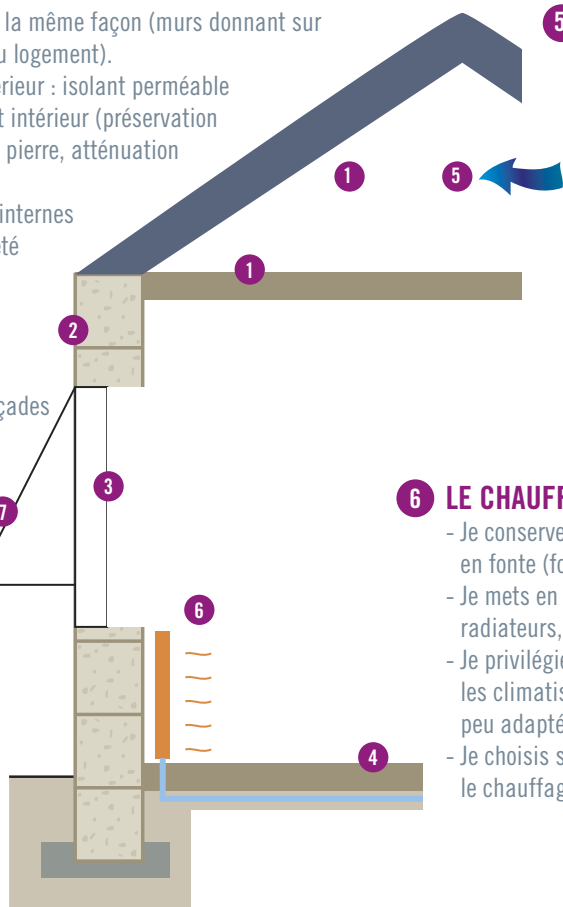
- Deux solutions (qui peuvent être complémentaires) pour un renouvellement d'air suffisant, qui puisse à la fois extraire l'air vicié et apporter de l'air neuf :
- Je conserve la ventilation naturelle initiale.
 - J'installe une ventilation mécanique contrôlée (VMC) pour mieux contrôler les débits.

6 LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE **++**

- Je conserve le réseau « eau chaude » et ses radiateurs en fonte (forte inertie).
- Je mets en place des robinets thermostatiques sur les radiateurs, ainsi qu'un thermostat et une programmation.
- Je privilégie les énergies renouvelables et j'évite notamment les climatisations réversibles et le chauffage électrique, peu adaptés au bâti ancien.
- Je choisis si possible un système assurant simultanément le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

7 LE CONFORT D'ÉTÉ **++**

- Je me protège du rayonnement solaire direct au sud : pergolas, stores, volets fermés ...
- Je ferme les fenêtres aux heures chaudes pour éviter les entrées d'air chaud.
- Je minimise la production de chaleur des équipements (cuisson, lampes, ordinateur ...) à l'intérieur, grâce à des appareils performants, disposés intelligemment et utilisés rationnellement.
- Je dissipe le soir la chaleur emprisonnée le jour : j'ouvre les fenêtres pour créer une circulation d'air.
- Je privilégie les espaces plantés dans mon jardin pour préserver une fraîcheur naturelle.



> Je ne me lance pas à la légère !

La rénovation en profondeur d'un logement nécessite du temps et de l'argent, ainsi qu'une cohérence renforcée des différents travaux engagés. J'établirai donc les différentes phases de mon projet, entouré de professionnels qualifiés à chaque étape.

Définition du projet

- Dans l'idéal, je chercherai à réaliser simultanément l'ensemble des travaux, en définissant un projet de rénovation globale. Lorsque cela n'est pas possible (manque de temps, de budget...), je procéderai idéalement dans cet ordre :
 - Je réalise d'abord tous les travaux liés à l'isolation thermique de l'enveloppe et à l'étanchéité à l'air, ainsi que la rénovation du système de ventilation
 - J'effectue ensuite les travaux liés aux équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire pour les dimensionner de manière adaptée
- Je peux réaliser **un audit énergétique** de mon logement : il s'agit d'une étude précise, à la fois technique et architecturale, qui identifiera les forces, les faiblesses, le potentiel du bâtiment et ses performances énergétiques.

Les **Espaces Info Energie** pourront utilement :

- me renseigner sur mon logement, les travaux possibles, les exigences réglementaires, les points de vigilance à observer.
- m'orienter vers différents professionnels du bâtiment.

► N°Azur 0 810 140 240

Le **CAUE de la Gironde** pourra m'apporter des conseils gratuits liés à la qualité architecturale de mon logement. Il pourra entre autres me renseigner sur les contraintes d'urbanisme liées à la sauvegarde du patrimoine.

Mise en œuvre du projet

- Je prends le temps de choisir et de rencontrer des entreprises et artisans susceptibles d'intervenir. Je fais établir des devis et je compare.
- La marque « **RGE** » (**Reconnu Garant de l'Environnement**) est le moyen de les reconnaître et de bénéficier de certaines aides financières publiques.

Le recours à un architecte ou un maître d'œuvre peut également s'avérer utile, voire indispensable.

Je finance mes travaux

- Je sollicite les différentes aides disponibles, nationales et locales. Je me tiens informé car ces dispositifs changent parfois d'une année sur l'autre.
- Je peux également bénéficier d'une TVA réduite selon la nature des travaux.

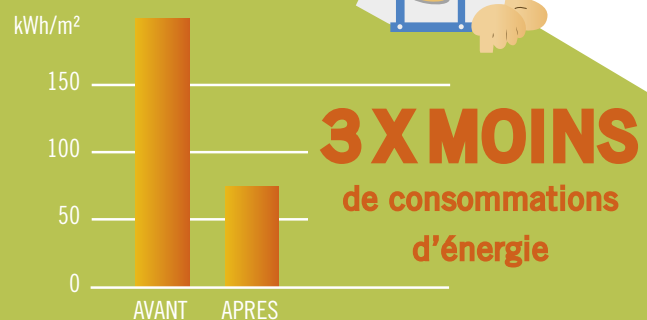
Les **Espaces Info Energie** pourront m'aider à bâtir mon plan de financement et m'informer sur les aides publiques disponibles

Suivi du projet

- Une fois le chantier terminé et livré, je veillerai la première année à suivre les consommations du logement pour identifier les éventuelles malfaçons ou dérives.

> J'éco-rénove, j'économise

Afin de diminuer nos consommations énergétiques et lutter contre le changement climatique, la France s'est engagée à réduire fortement ses émissions de gaz à effet de serre. Cet objectif passe notamment par un niveau de performance énergétique très élevé dans les logements.



RÉNOVER

SA MAISON DES ANNÉES 1950-1975



DU PROJET À LA RÉALISATION

> Rénovation énergétique : qu'est-ce que j'y gagne ?

- Je **réduis mes factures de gaz et d'électricité**, notamment pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS)
- J'améliore le **confort thermique, visuel et acoustique**
- J'améliore les **aspects sanitaires** et la **sécurité** de mon logement : qualité de l'air, désordres sur le bâti, équipements électriques et de chauffage
- C'est l'occasion de modifier l'**esthétique et l'aménagement du bâtiment** : agrandissement, modernisation, embellissement, changement d'aspect (isolation par l'extérieur)...
- J'augmente la **valeur patrimoniale** de mon logement
- J'adopte une démarche de **développement durable** en réalisant un logement sain et moins impactant pour l'environnement

> Rénover sa maison : pourquoi et comment ?

LES MAISONS DES ANNÉES 1950-1975 : UN BÂTI COMPACT AVEC DE FORTES DÉPERDITIONS THERMIQUES À COMBLER

Les maisons individuelles construites après la guerre, jusqu'au début des années 1970 (avant la première réglementation thermique) représentent environ 35 000 logements sur la métropole bordelaise, soit 9 % du parc. Elles sont essentiellement regroupées en zones pavillonnaires en périphérie des centres villes de la métropole ou parfois en mitage, fruit d'une volonté d'une partie de la population d'accéder à la propriété.

Au sein des îlots, le découpage parcellaire est régulier et homogène. Ces maisons sont généralement isolées en retrait par rapport à la voirie, avec un jardin privatif. L'orientation est variable, mais plus fréquemment au sud.

Il s'agit de maisons constituées d'un ou deux niveaux (R+1), avec une cave ou un rez-de-chaussée utilisé comme garage, atelier, buanderie ou chaufferie. Le logement a pu être réaménagé en installant les pièces de vie au rez-de-chaussée, côté jardin, ou en créant un logement locatif (studio d'été, chambre étudiante).



> Description et caractéristiques principales des maisons de 1950-1975

PRINCIPES DE CONSTRUCTION

La charpente et couverture

- Structure bois et tuiles girondines

Les murs et façades

- Blocs béton ou briques de 30 cm
- Double-cloisons avec lame d'air (blocs béton ou briques + lame d'air + cloison)
- Cloisons en blocs béton ou briques

Les menuiseries

- Menuiseries Bois - fenêtres simple vitrage + volets battants ou repliables extérieurs (persiennes ou pleins)

Les éléments d'accompagnement

- Balcon

Les planchers et plafonds

- Dalle béton avec poutrelles métalliques et hourdis
- Plancher bas non chauffé ou sur vide sanitaire ou sur terre-plein
- Combles perdus non isolés

SYSTÈMES DE CHAUFFAGE, D'ECS (EAU CHAUDE SANITAIRE) ET DE VENTILATION

→ **Chauffage principal** : chauffage central gaz (85 % des cas), parfois radiateurs électriques ; dans une moindre mesure, fioul, pompe à chaleur ou chauffage bois.

→ **Eau chaude sanitaire** : chauffe-eau électrique ou couplée à la chaudière - éventuellement solaire thermique en toiture.

→ **Ventilation** : Ventilation naturelle permanente par entrée d'air au niveau des menuiseries en raison de leur manque d'étanchéité. Les pièces humides peuvent être équipées de grilles de ventilation en façade.

FONCTIONNEMENT, AVANTAGES, DÉFAUTS, SPÉCIFICITÉS



POINTS FORTS : Éléments à conserver

- La compacité de ce type de maison est souvent bonne
- La taille des ouvertures est assez confortable en général permettant les apports solaires
- L'orientation de la façade principale est souvent au sud
- L'inertie est forte en raison des matériaux mis en œuvre (béton, briques, carrelage au sol) et de la non isolation des façades.



POINTS FAIBLES : défauts à corriger

- L'isolation est souvent inexistante
- Les vitrages sont peu performants, avec infiltrations d'air au niveau des menuiseries générant de fortes déperditions énergétiques
- Phénomène de paroi froide⁽¹⁾
- La faible mitoyenneté de ces maisons en milieu de parcelle engendre des surfaces déperditives plus importantes (4 façades sur l'extérieur)
- Déperditions de chaleur par ponts thermiques tout particulièrement en présence d'un balcon périphérique

⁽¹⁾ paroi froide : phénomène caractérisé par une température de paroi inférieure de plus de 3°C à la température de l'air ambiant, en raison d'un manque d'isolation

⁽²⁾ ponts thermiques : zone ponctuelle ou linéaire où l'isolation n'est pas continue (intersection de deux parois par exemple) et qui provoque des fuites de chaleur

⁽³⁾ frein vapeur : film ayant la propriété de freiner la diffusion de la vapeur d'eau, sans être complètement étanche (à la différence du pare vapeur)

> A faire / A ne pas faire : conseils et mises en garde ?

Les prescriptions techniques proposées ci-dessous ne sont ni restrictives ni exhaustives. Elles se veulent indicatives, sans privilégier de solution unique (que ce soit dans les matériaux ou les procédés utilisés) pour atteindre les niveaux de performance recherchés. Les **+** indiquent le degré de priorisation par poste en termes de gains énergétiques et de confort.



LA FORME ARCHITECTURALE

Je recours à un architecte pour donner une forme plus compacte à ma maison. Ce travail permettra notamment de dimensionner plus efficacement l'installation d'un nouveau système de chauffage et l'isolation des murs. L'isolation par l'extérieur peut être l'occasion de changer l'aspect de ma maison si elle n'a pas de qualité architecturale particulière, sans perdre de surface habitable.

1 LA TOITURE +++

- Je priorise l'isolation de la toiture qui présente le meilleur retour sur investissement. Si elle est ancienne :
- J'enlève l'isolation existante, qui a souvent perdu sa capacité de résistance thermique.
- J'isole en privilégiant des produits respirants (stables à l'humidité) avec une bonne inertie (ouate de cellulose, laine de bois...) pour l'isolation l'hiver et le confort d'été : de 30 cm à 40 cm en combles perdus sans oublier la pose d'un frein vapeur⁽³⁾.
- Lorsque la structure du toit le permet, je peux réaliser une isolation par l'extérieur, au moyen de panneaux de toiture porteurs comprenant le support ventilé de couverture, l'isolation de 30 cm et le parement de sous-face.
- Je ne mets surtout pas de produits étanches afin de laisser circuler la vapeur d'eau.
- J'évite les isolants minces qui présentent de moindres performances thermiques.

2 LES MURS +++

- En présence de double cloison avec lame d'air, j'évalue la qualité des murs afin de déterminer le type d'isolation le plus adapté
- Je privilégie l'isolation par l'extérieur lorsque le cas s'y prête, afin d'assurer une isolation continue de l'enveloppe : par exemple structure bois + isolant perméable de 15 à 20 cm + bardage ou enduit
- Lorsque l'isolation par l'extérieur n'est pas possible, je réalise une isolation thermique par l'intérieur : isolant perméable de 15 cm + frein vapeur⁽³⁾ + parement intérieur (atténuation du phénomène de paroi froide⁽¹⁾).
- Je bannis tout enduit ou jointement avec des matériaux étanches qui vont bloquer la circulation de la vapeur d'eau.

5 LA VENTILATION ++

- Je contrôle l'état de fonctionnement ou j'installe une VMC simple flux pour un renouvellement d'air suffisant du point de vue sanitaire. Celle-ci extrait l'air vicié et apporte de l'air neuf. Les débits sont ainsi mieux contrôlés.

3 LES OUVERTURES +

- Je remplace les simples vitrages par un double vitrage performant ($U_w \leq 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).
- En cas d'isolation par l'extérieur, je mets en œuvre les menuiseries dans l'épaisseur du nouvel isolant.
- Je privilégie les menuiseries bois ou bois-aluminium, qui présentent de très bonnes performances thermique et acoustique, tout en alliant résistance et durabilité.
- J'intègre des entrées d'air neuf dans les menuiseries.

6 LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE ++

- Je conserve le réseau « eau chaude » si la maison en est équipée et j'évalue le système de distribution existant pour repérer d'éventuels dysfonctionnements.
- Je peux profiter des travaux d'isolation du plancher pour installer un système de chauffage par plancher chauffant.
- Je mets en place des robinets thermostatiques sur les émetteurs, ainsi qu'un thermostat et une programmation.
- Je privilégie les énergies renouvelables et j'évite les climatisations réversibles et ainsi que le chauffage électrique par convecteurs.



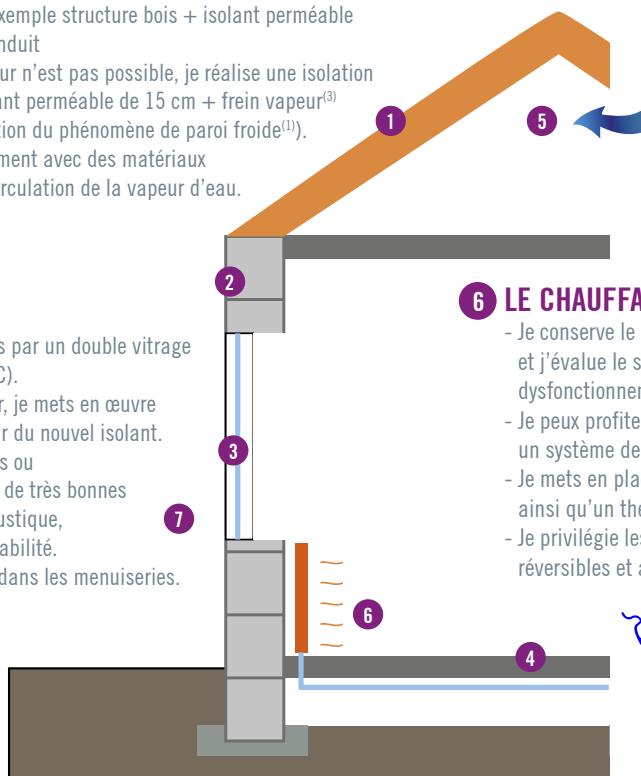
En ligne, recommandations ADEME pour le chauffage dans les maisons individuelles

4 LE PLANCHER +

- J'isole l'espace chauffé :
- sur terre-plein, je réalise une isolation de 10 à 15 cm avant de poser mon revêtement de sol. Idéalement, je refais la dalle et je peux en profiter pour intégrer un plancher chauffant.
- Sur espaces non chauffés, je réalise une isolation de 10 à 15 cm par-dessous le plancher (avec parement), du côté de l'espace non chauffé, tout en assurant une isolation continue au niveau des murs d'angle et des appuis de plancher pour traiter les ponts thermiques.

7 CONFORT ET BIEN-ÊTRE ++

- Je me protège du rayonnement solaire direct au sud : installation de pergolas, stores, volets fermés...
- Je ferme les fenêtres aux heures chaudes pour éviter les entrées d'air chaud.
- Je minimise la création de chaleur des équipements (cuisson, lampes, ordinateur...) à l'intérieur, grâce à des appareils performants, disposés intelligemment et utilisés rationnellement.
- Je dissipe le soir la chaleur emprisonnée le jour : j'ouvre les fenêtres pour créer une circulation d'air.
- Je privilégie les espaces plantés dans mon jardin pour préserver une fraîcheur naturelle.



> Je ne me lance pas à la légère !

La rénovation en profondeur d'un logement nécessite du temps et de l'argent, ainsi qu'une cohérence renforcée des différents travaux engagés. J'établirai donc les différentes phases de mon projet, entouré de professionnels qualifiés à chaque étape.

Définition du projet

- Dans l'idéal, je chercherai à réaliser simultanément l'ensemble des travaux, en définissant un projet de rénovation globale. Lorsque cela n'est pas possible (manque de temps, de budget...), je procéderai idéalement dans cet ordre :
 - Je réalise d'abord tous les travaux liés à l'isolation thermique de l'enveloppe et à l'étanchéité à l'air, ainsi que la rénovation du système de ventilation
 - J'effectue ensuite les travaux liés aux équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire pour les dimensionner de manière adaptée
- Je peux réaliser un **audit énergétique** de mon logement : il s'agit d'une étude précise, à la fois technique et architecturale, qui identifiera les forces, les faiblesses, le potentiel du bâtiment et ses performances énergétiques

Les **Espaces Info Energie** pourront utilement :

- me renseigner sur mon logement, les travaux possibles, les exigences réglementaires, les points de vigilance à observer.
- m'orienter vers différents professionnels du bâtiment.

☎ N° Azur 0 810 140 240

Le CAUE de la Gironde pourra m'apporter des conseils gratuits liés à la qualité architecturale de mon logement, tant au niveau de l'aspect extérieur que de l'aménagement intérieur. Il pourra également me renseigner sur les contraintes d'urbanisme (règlement PLU et autorisation de travaux).

Mise en œuvre du projet

- Je prends le temps de choisir et de rencontrer des entreprises et artisans susceptibles d'intervenir. Je fais établir des devis et je compare.
- La marque « **RGE** » (**Reconnu Garant de l'Environnement**) est le moyen de les reconnaître et de bénéficier de certaines aides financières publiques.

Le recours à un architecte ou un maître d'œuvre peut également s'avérer utile.

Je finance mes travaux

- Je sollicite les différentes aides disponibles, nationales et locales. Je me tiens informé car ces dispositifs changent parfois d'une année sur l'autre.
- Je peux également bénéficier d'une TVA réduite selon la nature des travaux.

Les **Espaces Info Energie** pourront m'aider à bâtir mon plan de financement et m'informer sur les aides publiques disponibles

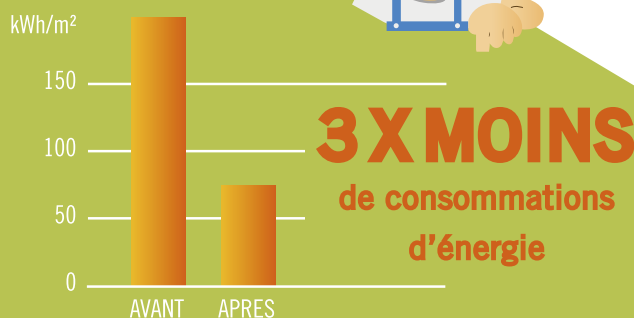
Suivi du projet

- Une fois le chantier terminé et livré, je veillerai la première année à suivre les consommations du logement pour identifier les éventuelles malfaçons ou dérives.



> J'éco-rénove, j'économise

Afin de diminuer nos consommations énergétiques et lutter contre le changement climatique, la France s'est engagée à réduire fortement ses émissions de gaz à effet de serre. Cet objectif passe notamment par un niveau de performance énergétique très élevé dans les logements.



RÉNOVER

SA MAISON DES ANNÉES 1975-2000



DU PROJET À LA RÉALISATION



> Rénovation énergétique : qu'est-ce que j'y gagne ?

- Je **réduis mes factures de gaz et d'électricité**, notamment pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS)
- J'améliore le **confort thermique, visuel et acoustique**
- J'améliore les **aspects sanitaires** et la **sécurité** de mon logement : qualité de l'air, désordres sur le bâti, équipements électriques et de chauffage
- C'est l'occasion de modifier **l'esthétique et l'aménagement du bâtiment** : agrandissement, modernisation, embellissement, changement d'aspect (isolation par l'extérieur)...
- J'augmente la **valeur patrimoniale** de mon logement
- J'adopte une démarche de **développement durable** en réalisant un logement sain et moins impactant pour l'environnement

> Rénover sa maison : pourquoi et comment ?

LES MAISONS DES ANNÉES 1975-2000 : DES PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES QUI FACILITENT LA MISE EN OEUVRE DE TRAVAUX DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUES

Ces pavillons représentent une part importante du paysage bordelais (environ 50 000 logements, soit 13 % du parc). On les retrouve surtout en périphérie des centres-villes de la métropole. Ils ont le plus souvent été construits au cœur de lotissements, par des promoteurs, dans une période de croissance et d'étalement urbain.

Ces maisons sont généralement isolées au centre de la parcelle ou bien accolées en bande, sans recherche d'orientation particulière. La construction s'est faite principalement en fonction de la forme des terrains et des règles d'urbanisme.

La construction de ces maisons a suivi l'évolution des différentes réglementations thermiques en vigueur à partir de 1974. Leurs formes relativement simples laissent de nombreuses possibilités en termes de rénovation thermique.



> Description et caractéristiques principales des maisons de 1975-2000

PRINCIPES DE CONSTRUCTION

Les murs et façades

- Panneaux préfabriqués béton fibré sur ossature métallique ou blocs béton-isolant ou brique
- Doubles cloisons avec isolation par lame d'air ou isolant intercalé.
- Cloisons en plâtre

Les éléments d'accompagnement

- Terrasse, véranda, auvent...

La charpente et couverture

- Charpente traditionnelle en bois ou métal ou charpente fermette (industrielle)
- Tuiles

Les menuiseries

- Bois, métal ou PVC - fenêtres simple ou double vitrage
- Volets battants extérieurs ou volets roulants PVC

Les planchers et plafonds

- Dalle béton avec poutrelles métalliques et hourdis
- Plancher sur sous-sol ou sur vide sanitaire / terre-plein
- Plafonds plaque de plâtre
- Combles perdus, parfois isolés et aménagés

SYSTÈMES DE CHAUFFAGE, D'ECS (EAU CHAUDE SANITAIRE) ET DE VENTILATION

→ **Chauffage principal** : central gaz ou électricité par convecteurs ; dans une moindre mesure, pompe à chaleur ou chauffage bois

→ **Eau chaude sanitaire** : chauffe-eau électrique ou couplée à la chaudière - parfois panneaux solaires thermiques en toiture

→ **Ventilation** : VMC simple flux principalement. L'entrée de l'air s'effectue par les menuiseries ou coffres de volets roulants dans les pièces sèches et saines (salon, chambre); l'extraction dans les pièces humides (salle de bain, WC, cuisine) ou ventilation par ouverture des fenêtres.

FONCTIONNEMENT, AVANTAGES, DÉFAUTS, SPÉCIFICITÉS



POINTS FORTS : Éléments à conserver

- Les murs extérieurs ont parfois été isolés (aux normes thermiques de l'époque)
- La mise en chauffe du bâtiment est assez rapide en raison de l'isolation intérieure



POINTS FAIBLES : défauts à corriger

- L'isolation de la toiture est souvent insuffisante et en mauvais état en raison de son âge
- Inconfort par le plancher bas lorsque la maison est sur terre-plein ou vide-sanitaire non isolé
- Peu d'inertie due à l'utilisation de matériaux légers dans les murs, cloisons et plafonds
- Vitrages peu performants, avec des infiltrations d'air au niveau des menuiseries générant de fortes pertes énergétiques
- Phénomène de paroi froide⁽¹⁾
- La situation isolée de ces maisons isolées en milieu de parcelle engendre des surfaces de déperdition importantes

⁽¹⁾ paroi froide : phénomène caractérisé par une température de paroi inférieure de plus de 3°C à la température de l'air ambiant, en raison d'un manque d'isolation

⁽²⁾ ponts thermiques : zone ponctuelle ou linéaire où l'isolation n'est pas continue (intersection de deux parois par exemple) et qui provoque des fuites de chaleur

⁽³⁾ frein vapeur : film ayant la propriété de freiner la diffusion de la vapeur d'eau, sans être complètement étanche (à la différence du pare vapeur)

> A faire / A ne pas faire : conseils et mises en garde ?

Les prescriptions techniques proposées ci-dessous ne sont ni restrictives ni exhaustives. Elles se veulent indicatives, sans privilégier de solution unique (que ce soit dans les matériaux ou les procédés utilisés) pour atteindre les niveaux de performance recherchés. Les **+** indiquent le degré de priorisation par poste en termes de gains énergétiques et de confort.



LA FORME ARCHITECTURALE

Je recours à un architecte pour donner une forme plus compacte à ma maison. Ce travail permettra notamment de dimensionner plus efficacement l'installation d'un nouveau système de chauffage et l'isolation des murs. L'isolation par l'extérieur peut être l'occasion de changer l'aspect de ma maison si elle n'a pas de qualité architecturale particulière, sans perdre de surface habitable.

1 LA TOITURE +++

Je priorise l'isolation de la toiture qui présente le meilleur retour sur investissement. Si elle est ancienne :

- J'enlève l'isolation existante, qui a souvent perdu sa capacité de résistance thermique.
- Je privilégie des produits respirants (stables à l'humidité) avec une bonne inertie (ouate de cellulose, laine de bois...), pour le confort tant l'hiver que l'été : de 30 cm en combles habitables à 40 cm en combles perdus sous l'été (pose d'un frein vapeur⁽³⁾).
- Lorsque la structure du toit le permet, je peux réaliser une isolation par l'extérieur, au moyen de panneaux de toiture porteurs comprenant le support ventilé de couverture, l'isolation de 30 cm et le parement de sous-face.
- Je ne mets surtout pas de produits étanches afin de laisser circuler la vapeur d'eau.
- J'évite les isolants minces qui présentent de moindres performances thermiques.

2 LES MURS ++

- J'évalue la composition et la qualité des murs afin de déterminer le type d'isolation le plus adapté
- Si je ne connais pas l'isolation des murs ou si une isolation par l'intérieur a été faite par le passé, j'isole par l'extérieur afin d'assurer la continuité de l'enveloppe : structure bois + isolation de 15 à 20 cm + bardage ou enduit.
- Sinon j'isole par l'intérieur : isolant perméable de 15 à 20 cm + frein vapeur⁽³⁾ + parement intérieur, qui atténue le phénomène de paroi froide⁽¹⁾.
- Je bannis tout enduit ou jointement avec des matériaux étanches qui vont bloquer la circulation de la vapeur d'eau.

5 LA VENTILATION ++

- Je contrôle l'état de fonctionnement ou j'installe une VMC simple flux pour un renouvellement d'air suffisant du point de vue sanitaire. Celle-ci extrait l'air vicié et apporte de l'air neuf. Les débits sont ainsi mieux contrôlés.
- Je peux aller plus loin en mettant en œuvre une VMC double flux, qui récupérera une bonne partie des calories de l'air vicié, à condition d'assurer une parfaite étanchéité de l'enveloppe du bâtiment.

3 LES OUVERTURES +

- Je remplace les simples vitrages par un double vitrage performant ($U_w \leq 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).
- En cas d'isolation par l'extérieur, je mets en œuvre les menuiseries dans l'épaisseur du nouvel isolant
- Je privilégie les menuiseries bois ou bois-aluminium qui présentent de très bonnes performances thermique et acoustique, tout en alliant résistance et durabilité.

6 LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE ++

- Je conserve le réseau « eau chaude » si la maison est équipée et j'évalue le système de distribution existant pour repérer d'éventuels dysfonctionnements.
- Si ma maison est chauffée à l'électricité, je peux :
 - > passer sur un réseau « eau chaude »
 - > installer une pompe à chaleur
 - > remplacer les radiateurs par des émetteurs plus performants
- Je peux profiter des travaux d'isolation du plancher pour installer un système de chauffage par plancher chauffant
- Je mets en place des robinets thermostatiques sur les émetteurs, ainsi qu'un thermostat et une programmation.
- Je privilégie les énergies renouvelables.

 En ligne, recommandations ADEME pour le chauffage dans les maisons individuelles

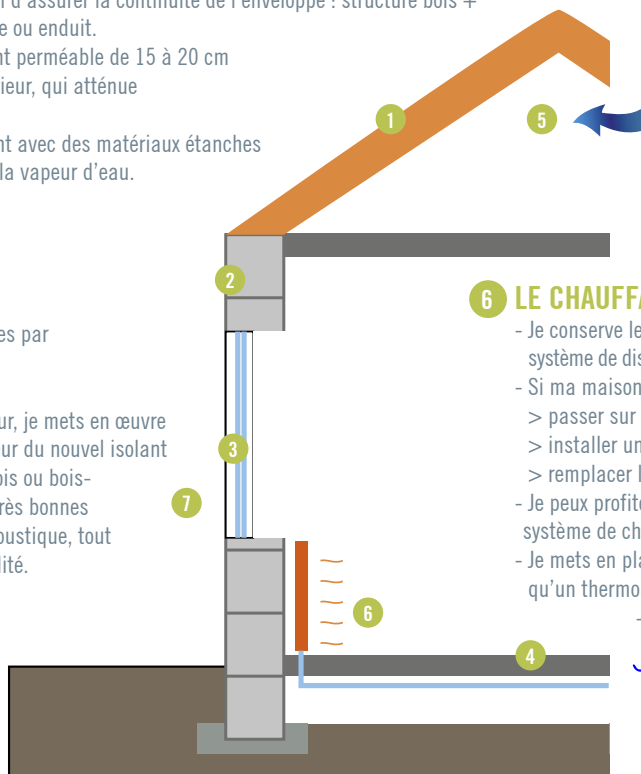
4 LE PLANCHER +

J'isole l'espace chauffé :

- sur terre-plein ou sur vide sanitaire, je réalise une isolation de 10 à 15 cm avant de poser mon revêtement de sol. Idéalement, je refais la dalle et je peux en profiter pour intégrer un plancher chauffant.
- sur espaces non chauffés, je réalise une isolation de 10 à 15 cm par-dessous le plancher (avec parement), du côté de l'espace non chauffé, tout en assurant une isolation continue au niveau des murs d'angle et des appuis de plancher pour traiter les ponts thermiques.

7 CONFORT ET BIEN-ÊTRE ++

- Je me protège du rayonnement solaire direct au sud : installation de pergolas, stores, volets fermés...
- Je ferme les fenêtres aux heures les plus chaudes pour éviter les entrées d'air chaud.
- Je minimise la création de chaleur des équipements (cuisson, lampes, ordinateur...) à l'intérieur, grâce à des appareils performants, disposés intelligemment et utilisés rationnellement.
- Je dissipe le soir la chaleur emprisonnée le jour : j'ouvre les fenêtres pour créer une circulation d'air.
- Je privilégie les espaces plantés dans mon jardin pour préserver une fraîcheur naturelle.



> Je ne me lance pas à la légère !

La rénovation en profondeur d'un logement nécessite du temps et de l'argent, ainsi qu'une cohérence renforcée des différents travaux engagés. J'établirai donc les différentes phases de mon projet, entouré de professionnels qualifiés à chaque étape.

Définition du projet

- Dans l'idéal, si le temps et le budget le permettent, je réaliserai simultanément l'ensemble des travaux. Sinon procéder dans cet ordre :
 - Je réalise d'abord tous les travaux liés à l'isolation thermique de l'enveloppe et à l'étanchéité à l'air, ainsi que la rénovation du système de ventilation
 - J'effectue ensuite les travaux liés aux équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire pour les dimensionner de manière adaptée
- Je peux réaliser un **audit énergétique** de mon logement :
- il s'agit d'une étude précise, à la fois technique et architecturale, qui identifiera les forces, les faiblesses, le potentiel du bâtiment et ses performances énergétiques

Les **Espaces Info Energie** pourront utilement :

- me renseigner sur mon logement, les travaux possibles, les exigences réglementaires, les points de vigilance à observer.
- m'orienter vers différents professionnels du bâtiment.

☎ N° Azur 0 810 140 240

Le CAUE de la Gironde pourra m'apporter des conseils gratuits liés à la qualité architecturale de mon logement, tant au niveau de l'aspect extérieur que de l'aménagement intérieur. Il pourra également me renseigner sur les contraintes d'urbanisme (règlement PLU et autorisation de travaux).

Mise en œuvre du projet

- Je prends le temps de rencontrer et de choisir des entreprises et artisans susceptibles d'intervenir. Je fais établir des devis et je compare.
- La marque « **RGE** » (**Reconnu Garant de l'Environnement**) est un critère de choix des professionnels et permet d'obtenir certaines subventions.

Le recours à un architecte ou un maître d'œuvre peut également s'avérer utile.

Je finance mes travaux

- Je sollicite les différentes aides disponibles, nationales et locales. Je me tiens informé car ces dispositifs changent parfois d'une année sur l'autre.
- Je peux également bénéficier d'une TVA réduite selon la nature des travaux.

Les **Espaces Info Energie** pourront m'aider à bâtir mon plan de financement et m'informer sur les aides publiques disponibles

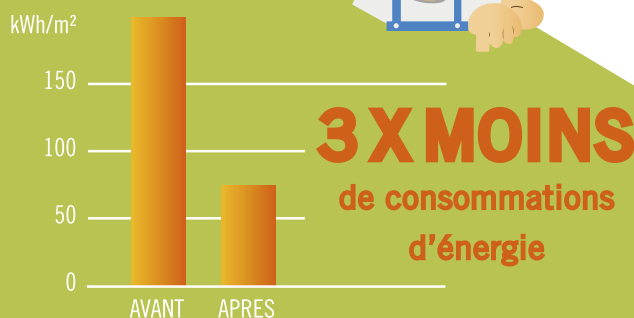
Suivi du projet

- Une fois le chantier terminé et livré, je veillerai la première année à suivre les consommations du logement pour identifier les éventuelles malfaçons ou dérives.



> J'éco-rénove, j'économise

Afin de diminuer nos consommations énergétiques et lutter contre le changement climatique, la France s'est engagée à réduire fortement ses émissions de gaz à effet de serre. Cet objectif passe notamment par un niveau de performance énergétique très élevé dans les logements.





30 cours Pasteur

33000 Bordeaux

tél. : 33 (0)5 56 00 60 27 | fax : 33 (0)5 56 24 75 54

contact@alec-cub33.fr | www.alec-cub33.fr



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 | février 2016